

**T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANAN
HIZLI ŞARJ İSTASYONU TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rüştü GÜNDOĞDU

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kemal ERMİŞ

Haziran 2022

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANAN
HIZLI ŞARJ İSTASYONU TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rüştü GÜNDOĞDU

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 06/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ	BAŞARI DURUMU
Jüri Başkanı: Prof. Dr. Kemal ERMİŞ	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Mehmet ÇALIŞKAN	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Ethem TOKLU	BAŞARILI

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Rüştü GÜNDOĞDU

06/06/2022

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Kemal ERMİŞ' e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca projenin hayat geçirilmesi kapsamında yapmış oldukları değerli yardımlarından dolayı Sn. Müh. Hüseyin AYTUMUR ve Sn. Müh. Fatih UYAR' a teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	i
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR	v
SİMGELER	vii
TABLOLAR LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xiv

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Literatür Araştırması	3

BÖLÜM 2.

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE TİPLERİ	8
2.1. Elektrikli Araç Nedir ve Çeşitleri Nelerdir	8
2.2. Hibrit Elektrikli Araçlar (HEA)	9
2.2.1. Şarj edilmeyen hibrit elektrikli araç (HHEA)	10
2.2.2. Şarj edilebilir hibrit elektrikli araçlar (PHEA).....	10
2.3. Tamamen Elektrikli Araçlar (TEA)	11
2.4. Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar	12

BÖLÜM 3.

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ SİSTEMLERİ İÇİN STANDARTLAR VE BAĞLANTI TÜRLERİ	14
3.1. Şarj Konnektör Bağlantıları ve Standartlara Dayalı Modlar	15
3.1.1. Mod 1	15
3.1.2. Mod 2	15

3.1.3. Mod 3	16
3.1.4. Mod 4	17
3.1.5. CHAdemo	18
3.1.6. Kombine şarj sistemi (CC S combo).....	18
3.2. Şarj Standartlarına Göre Kablo ve Soket Yapıları	19

BÖLÜM 4.

GÜNEŞ ENERJİLİ ŞARJ İSTASYONU PROJESİ GENEL BAKIŞ VE

ANALİZ	21
4.1. Elektrikli Araçlar Çerçevesinden Değerlendirme	21
4.2. İhtiyacı Karşılama Adına Değerlendirme	22
4.3. Kullanılacak Ürün ve Malzemelerin Belirlenmesi Adına Değerlendirme	23

BÖLÜM 5.

FOTOVOLTAİK PANELLER VE İNVERTÖRLER

5.1. Fotovoltaik Panel Çeşitleri	25
5.2. Kurulması Planlanan Tesiste Kullanılacak Panel Seçimi	27
5.3. İnvertör	29
5.3.1. İnvertörlere genel bakış.....	29
5.3.2. Şebekeye bağlı invertör (on-grid invertör).....	34
5.3.3. Şebekeden bağımsız invertör (off-grid invertör)	35
5.3.4. Hibrit invertör	37
5.3.5. Maksimum güç noktası izleme (MPPT)	38
5.3.6. Sistem için uyumlu invertör seçimi değerlendirmesi.....	40
5.4. Sistem İçin Seçilen Panel, İnvertör ve MPPT Bağlantısı Hesaplama	42

BÖLÜM 6.

PLANLANAN BÖLGE ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....

6.1. Sistem Kurulum Planı İçin Seçilen Alan Değerlendirmesi	47
6.2. Şarj İstasyon Cihazı Seçim ve Değerlendirme	53
6.2.1. Şarj ünitesi yapı ve türlerinin seçimi ve değerlendirme	53
6.3. Pano Tertibatı ve Kullanılacak Ürün Seçimleri	56
6.4. Kablolama Aşaması ve Kablo Türleri Değerlendirmesi	59
6.4.1. Kablo seçimi, kablolama hesapları, kısa devre, konnektör, kayıp ve topraklama hesaplaması aşaması	60
6.5. Sistem İçin Uzaktan Haberleşme Projesi Kurulumu Değerlendirmesi	65
6.5.1. SCADA sistemi ve mevcut tesise adaptasyon değerlendirme.....	66
6.6. TEDAŞ Şartnameleri, Uyumluluk, Ücretlendirme ve Değerlendirme	69

BÖLÜM 7.

PROGRAMLAMA, YAZILIM, SİMÜLASYON AŞAMASI VE SİSTEM

DEĞERLENDİRMESİ.....	72
7.1. Simülasyon Aşaması	73
7.1.1. Kurulum için seçilen modüllerin test aşaması	73
7.1.2. Seçilen panel, evirici ve modüllerin değerlendirilmesi.....	76
7.2. Kayıt Edilen Elektrikli Araç Grupları	80
7.3. Simülasyondan Elde Edilen Değerler ve Sonuçlara Bağlı Grafikler	83
7.4. Sistemin Enerji Bilançosu	91
7.5. Genel Yapının Simülasyon Sonuçları	92

BÖLÜM 8.

FİNANSAL ANALİZ, MALİYET HESAPLAMALARI, İTERASYON

DESTEKLİ SİMÜLASYON ÖLÇÜMÜ	96
8.1. Pano Maliyet Hesaplaması	96
8.2. Kablo ve Kablolama Teçhizatları Maliyeti	97
8.3. Yıllık İhtiyaçlar Bazlı Maliyet Değerlendirmesi.....	98
8.4. Kurulan Sistemin Toplam Maliyet Hesabı.....	98
8.5. Gelir-Gider Dağılımları ve Finansman Sonuçları İçin İterasyon Uygulanmış Simülasyon Değerlendirmesi	99
8.6. 20 Yıl İçin Yapılan Sistem Gelir-Gider Bazlı Simülasyon Değerlendirilmesi	101

BÖLÜM 9.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER	106
-----------------------------------	------------

KAYNAKLAR	108
------------------------	------------

KISALTMALAR

AC	: Alternatif akım
DC	: Doğru akım
DCFC	: Doğru akım hızlı şarj
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
EV / EA	: Elektrikli araç
EPDK	: Enerji Piyasaları Denetleme Kurumu
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EVSE	: Elektrikli araç tedarik ekipmanı
FCEA	: Yakıt hücreli elektrikli araç
GES	: Güneş enerji santrali
HEA	: Hibrit elektrikli araç
IEC	: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
İYA	: İçten yanmalı motorlu araç
İYM	: İçten yanmalı motor
KAKR	: Kaçak akım koruma rölesi
MPP	: Maksimum güç noktası
MPPT	: Maksimum güç noktası takibi
OFF-GRID	: Şebeke bağlantısız
ON-GRID	: Şebeke bağlantılı
PHEA	: Fişli hibrit elektrikli araç
PLC	: Programlanabilir lojik kontrol

PV	: Fotovoltaik
RFID	: Radyo frekansı tanımlaması
RMS	: Efektif değ�r
SAE	: Kuzey Amerika Otomotiv Mühendisleri Derneği
SOC	: Şarj durumu
TEA	: Tamamen elektrikli araç
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Őirketi
TEHAD	: Türkiye Elektrikli ve Hibrit Araçlar Derneği
TEİAŐ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Őirketi
THD	: Toplam harmonik distorsiyon
TMŐ	: Termik manyetik Şalter
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

SİMGELER

A_0	: Doğru akım bileşeni
f_{maks}	: Maksimum AC çıkış frekansı
f_{min}	: Minimum AC çıkış frekansı
f_r	: Nominal AC çıkış frekansı
h	: Harmonik derecesi
I	: Akım
I_0	: Kablo akım taşıma kapasitesi
I_{chg}	: Şarj akımı
$I_{k1''}$	: Toprak-faz kısa devre akımı
$I_{k2''}$	: Faz-faz kısa devre akımı
$I_{k3''}$	: Üç faz kısa devre akımı
I_{maks}	: Maksimum akım
I_{mpp}	: Nominal akım
I_{ph}	: Fotovoltaik hücre akımı
I_{sc}	: Kısa devre akımı
I_{scm}	: Maksimum kısa devre akımı
$I_{sc}(t)$	: Belirli hücre sıcaklığında kısa devre akımı
K_F	: Kapasite faktörü
L_1	: Faz 1
L_2	: Faz 2
L_3	: Faz 3

N	: Nötr
P	: Güç
Pacr	: Nominal güç
PE	: Toprak
Pk	: Yükte kayıp
Pmaks	: Maksimum güç
Pmpp	: Modül nominal gücü
Sn	: Nominal görünür güç
t	: Anlık hücre sıcaklığı
tst	: Standart test koşullarındaki sıcaklık (genellikle 25 derece)
%Uk	: Yüzde bağıl kısa devre gerilimi
Un	: Nominal faz arası gerilim
%Ur	: Yüzde aktif gerilim düşümü
%Ux	: Yüzde reaktif gerilim düşümü
Vmaks	: Maksimum gerilim
Vmpp	: Nominal gerilim
Voc	: Açık devre gerilimi
Vocmk	: Maksimum açık devre gerilimi
Vocmn	: Minimum açık devre gerilimi
Voc(t)	: Belirli hücre sıcaklığında açık devre gerilimi
Xtr	: Trafo reaktansı
β	: Malzeme direncinin sıcaklık katsayısının tersi
θ_f	: Son sıcaklık
θ_i	: İlk sıcaklık (genellikle 20 derece)

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1 : Konnektör bağlantı ve türleri.....	20
Tablo 5.1 : Seçilen panelin teknik özellikleri.....	28
Tablo 5.2 : Seçilen invertörün teknik özellikleri.....	41
Tablo 5.3 : Panel – İnvörtör uyumu Excel tablosu.....	44
Tablo 5.4 : PVSol simülasyonunda panel-invertör ve MPPT-panel dizi bağlantısı ..	45
Tablo 6.1 : Seçilen yapının mahya bölümünden güney alanda kalan kısım yerleşim bilgileri.....	50
Tablo 6.2 : Kablo türleri ve iç yapıları.....	61
Tablo 6.3 : AC kablo akım taşıma ve gerilim düşümü hesaplama tablosu	64
Tablo 7.1 : Test aşamasında seçilen güneş paneli özellikleri.....	73
Tablo 7.2 : Seçilen invertörlerin özellikleri.	74
Tablo 7.3 : Seçilen paneller için ortalama fiyat ve enerji üretimi değerleri.....	74
Tablo 7.4 : Seçilen invertörler için ortalama fiyat ve enerji değerleri.	75
Tablo 7.5 : Test edilen panellerin her bir modül ile elde edilen sonuçları.....	75
Tablo 7.6 : Panel kurulumu için seçilen panelin teknik özellikleri.....	76
Tablo 7.7 : Evirici yapısal ve teknik özellikleri ve MPPT modül değerleri.	77
Tablo 7.8 : Sistemin genel yapısına ait veri değerleri.....	78
Tablo 7.9 : Sistemin yıllık panel enerji üretimi, sistem kullanım oranı ve CO ₂ emisyon değerleri.	79
Tablo 7.10 : Çatı alanında panel yerleşimleri, konfigürasyonu ve güneş panellerinin yıllara göre verim oranı değişimi.....	80
Tablo 7.11 : Sisteme kayıtlı olan araçların adet, marka, model, şarj tipi ve menzil özellikleri.....	81
Tablo 7.12 : Kullanılan panel modelinin 20 yıllık sürede verim düşümüne bağlı üretim miktarları.	83
Tablo 7.13 : Dış ortam sıcaklığının panel sıcaklıkları ve montaj alanları yönüne göre etkisi.....	84
Tablo 7.14 : Kullanılan invertörlerin kablolama ve çatı konumlaması farkına bağlı sistem kullanım oranı (PR) aylık yüzdeleri.	86
Tablo 7.15 : AC değerinde invertör çıkışlarından ölçülen panel üretim miktarları.	87
Tablo 7.16 : Yatayda ve çatı bölgesi eğimli yüzeylerine düşen ışıınım miktarı aylık olarak verilmiştir.....	88
Tablo 7.17 : Toplam panel üretimleri, kayıtlı ve kayıtsız toplam elektrik tüketimleri, panel ve şebekeden kullanım miktarları ve geri besleme miktarı.....	89
Tablo 7.18 : Sistem enerji bilançosu değerleri kayıpların negatif olarak belirtildiği şekilde.....	92
Tablo 7.19 : Simülasyon programında elde edilen sistemin genel değerleri, sonuçları ve emisyon değeri ölçümleri.....	94
Tablo 8.1 : Pano tertibatı maliyet hesaplaması birim ve toplam ücretleri.	96
Tablo 8.2 : Kablo ve Kablolama teçhizatları birim ve toplam ücretleri.....	97

Tablo 8.3 : Yıllık sürekli maliyetler toplamı değerleri.	98
Tablo 8.4 : Sistemin toplam maliyetinin hesaplanması için toplam birim ve tutarlar.	98
Tablo 8.5 : Sistemin genel üretim, tüketim değerlerinin kullanım oranları dahilinde ölçülmesi ve amortisman süresi.....	99
Tablo 8.6 : Sistemin finansal analiz değerleri bazında toplam maliyet ve araç yolculuk başına enerji maliyet oranları ve parametreler.	100
Tablo 8.7 : Sistemin finansal değerlerinin 20 yıllık bazda iterasyon ile ölçümü.....	102



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 : Kullanılan kaynakların dağılım oranı.	2
Şekil 1.2 : Ulaştırma tipine göre nihai enerji tüketimi. (TEP: Ton eşdeğer petrol)	3
Şekil 2.1 : Yakıt tiplerine göre araç yapıları.	9
Şekil 2.2 : Şarj edilemeyen hibrit elektrikli araç yapısı.	10
Şekil 2.3 : Şarj edilebilir hibrit elektrikli araç yapısı.	11
Şekil 2.4 : Tam elektrikli araç batarya ve motor yapısı.	12
Şekil 2.5 : Yakıt hücreli elektrikli araç iç yapısı.	13
Şekil 3.1 : Mod 1 tipi şarj araç ve priz girişi.	15
Şekil 3.2 : Standart prizden kablo üzerinde yer alan sınırlı iletişim veya güvenlik bağlantısı ile şarj	16
Şekil 3.3 : Özel belirlenmiş soket üzerinden tam iletişim ve güvenlik bağlantısı ile şarj.	17
Şekil 3.4 : DC Hızlı Şarj OFF-Board Şarj istasyonu vasıtasıyla şarj.....	18
Şekil 3.5 : Nissan LEAF CHAdeMO araç girişi ve yapısı.....	18
Şekil 3.6 : Mod 3 + mod 4 CCS Soketi yapısı.	19
Şekil 5.1 : Güneş paneli iç yapısı katmanları.	24
Şekil 5.2 : Polikristal ve Monokristal panel örnekleri.....	26
Şekil 5.3 : Panel fiziksel ve elektriksel özellikleri yapı ve grafiği.....	29
Şekil 5.4 : İnvertör iç yapısı örneği.	30
Şekil 5.5 : Örnek merkezi invertör yapısı.	31
Şekil 5.6 : String invertör bağlantı yapısı.....	32
Şekil 5.7 : Mikro invertör ve dizi invertör bağlantı farkını gösteren örnek yapı.	33
Şekil 5.8 : Örnek bir şebekeye bağlı invertör bağlantısı.	35
Şekil 5.9 : Örnek bir şebekeden bağımsız invertör kurulum yapısı.	36
Şekil 5.10 : Şekil örnek bir hibrit invertör bağlantı yapısı.	38
Şekil 5.11 : Örnek bir MPPT Şarj Kontrol Cihazı.	40
Şekil 5.12 : İnvertör dahili MPPT örnek devre yapısı.	40
Şekil 5.13 : Seçilen invertörün verim grafiği ve devre diyagramı.	42
Şekil 5.14 : Çatı yapısı panel ve kablo bağlantıları 1.görsel kuzey bölüm, 2. görsel güney bölüm.	46
Şekil 6.1 : Seçilen lokasyonun uydu görüntüsü.	48
Şekil 6.2 : Seçilen lokasyonun ön cephe görüntüsü.....	48
Şekil 6.3 : PVSOL modelleme görüntüsü 1	49
Şekil 6.4 : PVSOL modelleme görüntüsü 2	49
Şekil 6.5 : OPENSOLAR programı ile tasarlanan tam ölçekli panel yerleşim modeli.	50
Şekil 6.6 : Bölgenin Aurora Solar simülasyonunda ufuk çizgisi konfigürasyonu.	51
Şekil 6.7 : PVSYST programında hesaplanan güneş yörüngesi ve azimut/yükseklik diyagramı.	51

Şekil 6.8 : PVGIS programında öncelikli fizibilite çalışması amaçlı panel başına üretim değerleri ile kurulu simülasyon aylık üretim değeri sonuçları.	52
Şekil 6.9 : Seçilen şarj istasyonu ünitesi ZES 90 kWh DC 4giriş şarj ünitesi.	55
Şekil 6.10 : NA2XH Alüminyum kablo özellik ve detayları.	61
Şekil 6.11 : N2XH Bakır kablo özellik ve teknik detayları.	62
Şekil 6.12 : NAYY (YAVV) Alüminyum kablo özellik ve teknik detayları.	62
Şekil 6.13 : NYY (YVV-U) Bakır kablo özellik ve teknik detayları.	63
Şekil 6.14 : Örnek PLC görseli.	67
Şekil 6.15 : Örnek SCADA bağlantı şeması görseli.	68
Şekil 6.16 : Şartnameden sisteme uygulanan yansıma fraksiyonu ve kayıp değerleri.	69
Şekil 7.1 : Sistemin simülasyon için hazırlanmış şeması.	79
Şekil 7.2 : Elektrikli araçların oluşturulan gruplara göre panellerden şarj edilme oranları.	82
Şekil 7.3 : Yapılan 20 yıllık iterasyon sonucu panelin verim düşüm oranına bağlı üretim miktarı değişimi.	84
Şekil 7.4 : Panellerin kurulu oldukları yönde modül alanı başına sıcaklık eğrileri grafiği.	85
Şekil 7.5 : Evirici başına sistem kullanım oranı (PR) grafiği.	86
Şekil 7.6 : Panelden gelen enerjinin evirici başına aylık çıkış değerleri grafiği.	87
Şekil 7.7 : Yatay ışınlam ve modül alanları başına ışınlam grafiği.	88
Şekil 7.8 : Panellerde üretilen elektrik ve şebekeden alınan elektriğin toplam tüketime oranı.	90
Şekil 7.9 : Panellerde üretilen enerjinin sistemin genel tüketimine oranı.	90
Şekil 7.10 : Toplam tüketimin panel ve şebekelerden karşılanma oranlarını gösteren grafik.	91
Şekil 7.11 : Sistemin toplam tüketim, elektrik alım ve satım miktarları modellemesi.	95

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANAN HIZLI ŞARJ İSTASYONU TASARIMI

ÖZET

Dünyanın kendisinden dahi eski kabul edilen enerji insanlığın her dönem ihtiyacı olmuş, özellikle günümüze yaklaştıkça artan nüfus ve gelişen teknoloji ile birlikte daha fazla alan ve türden ihtiyaç için kullanılmaktadır. Bu ihtiyaçların başında gelenlerden olan ulaşım özellikle kişisel araçların yaygınlaşması ile daha da artarak uzun yıllardır kullanılan fosil yakıtlı araçların çevreye zararlı etkilerinden özellikle bu konuda dışa bağımlı ülkelerde daha fazla görülen derecede enerji krizlerine sebebiyet vermeye başlamıştır. Tam da bu kısımda gelişen teknoloji ile çok sayıda ülkenin alternatif yakıt ve araçlar için yapmış olduğu çalışmalar özellikle günümüz teknolojisinin en önemli noktasında olan elektrikli araçlar ve alternatif kaynaklı şarj sistemleri üzerinde olup, ülkemiz gibi fosil kaynaklarda dışa bağımlı olmasına karşın alternatif elektrik enerjisi üretiminde geniş imkanlara sahip bir bölge için çok önemli bir sistem haline gelmiştir.

Yapılan bu çalışmada ülkemizin bu teknolojiye atılımında öncü bölgelerden olan Bursa/Gemlik bölgesinde kurulması planlanan çatı tipi güneş enerjili ve şebekeye bağlı şarj istasyonu projesi ile güneş panellerinden elde edilen elektrik ile araçların şarj edilmeleri sağlanırken sistemin yetersiz olduğu anlarda şebekeden enerji alabileceği ve üretilen fazla elektriğin geri beslemesi ile kazanç sağlayan, ayrıca kullanılacak olan dahili kart sistemi ile daha fazla sayıda kullanıcıya ulaşmayı planlayan, haberleşme sistemi ile sürekli inceleme, uzaktan kontrol ve geliştirmeye açık yapıda olan sistem, TEDAŞ şartname esaslarına bağlı kalacak şekilde PVSYST, OPENSOLAR, PVGIS ve GOOGLE HYBRID programlarında yapılan detaylı incelemeler sonrası PVSOL programında simülasyonu gerçekleştirilmiş ve bu doğrultuda sisteme dahil edilen kayıtlı araçların ölçümleri, önlenen emisyon değerleri, fizibilite raporları, enerji bilançoları ve maliyet analizleri elde edilerek kuruluma hazır hale getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araç, hızlı şarj istasyonu, güneş enerjisi, maliyet analizi

DESIGN OF A FAST CHARGING STATION USING SOLAR ENERGY IN ELECTRIC VEHICLES

SUMMARY

Energy, which is considered older than the world itself, has always been the need of humanity. One of these needs, transportation, especially with the spread of personal vehicles, has increased and started to cause energy crises, especially in foreign-dependent countries, due to the harmful effects of fossil fuel vehicles that have been used for many years. Exactly in this part, the studies carried out by many countries for alternative fuels and vehicles with the developing technology are especially on electric vehicles and alternative source charging systems, which are at the most important point of today's technology, and although our country is dependent on foreign sources in fossil resources, it has wide opportunities in alternative electric energy production. It has become a very important system for a region.

In this study, with the roof type solar powered and grid-connected charging station project planned to be established in Bursa/Gemlik region, which is one of the leading regions in our country's breakthrough in this technology, the electricity obtained from the solar panels is provided to charge the vehicles, while the system can receive energy from the grid when the system is insufficient and the excess electricity produced is fed back. The system, which is open to continuous inspection, remote control and development with its communication system, which plans to reach more users with the internal card system to be used, and which is open to continuous inspection, remote control and development, detailed information made in PVSYST, OPENSOLAR, PVGIS and GOOGLE HYBRID programs in accordance with TEDAŞ specifications. After the examinations, it was simulated in the PVSOL program and made ready for installation by obtaining the measurements, avoided emission values, feasibility reports, energy balances and cost analysis of the registered vehicles in the system.

Keywords: Electric vehicle, fast charge station, solar energy, price analysis, balance

BÖLÜM 1. GİRİŞ

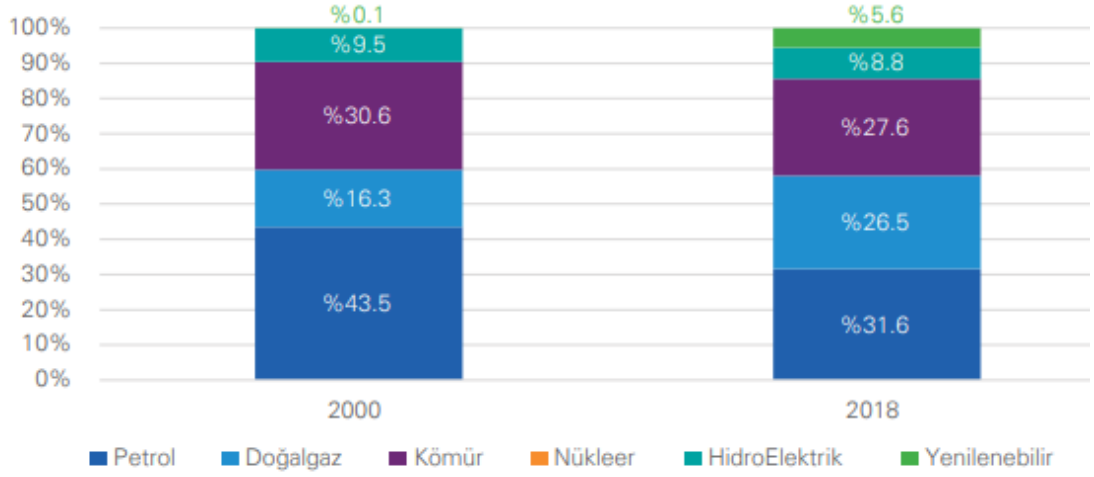
Dünya üzerinde hızla tükenen petrol kaynakları, azalan bu kaynaklar sonucu olabilecek enerji krizleri, fosil yakıtların oluşturduğu çevresel sorunlar ve daha birçok etken enerji sektöründe yeni arayışları beraberinde getirmiştir. Bu sorunları çözmek amacıyla geri dönüşümlü ve çevreye zararı minimum olan alternatif enerji yöntemleri araştırılmaktadır. Bu araştırmalar sonucunda günümüzde elektrikli araçlar piyasaya sürülmeye başlanmış hatta bazı firmalar seri üretime geçmiştir.

Bununla birlikte birçok yeni firmalar araç üretimine yalnızca elektrikli araçlar üretimi yaparak dahil olacağını açıklayarak ilk seri üretim model araçlarını hızla piyasaya sürerken bazı köklü otomotiv firmaları da değişen şartlara uyum sağlayarak geleceğe yönelik yatırımlar açısından önemli adımlar atmak hususunda geri kalmamış ve bundan sonraki dönemde fosil yakıtlı araçlar üretmeyi bırakmaktadırlar.

Teknolojinin hızla gelişmesi ve otomotiv sektöründe elektrikli araç üretimi kısmında oluşan gelişmeler elektrikli araçların günümüzde hala toplum tarafında en büyük sorunlardan biri olarak gördükleri elektrikli araçların menzil ve batarya kapasitesi imkanlarının hızla gelişme ve bunun yanı sıra araçları cazip kılacak yeni özellikler eklemelerine olanak sağlarken, çevreye zararın yanı sıra ekonomik açıdan yüksek maliyetlere ulaşan fosil yakıt kaynaklarının ve içten yanmalı motora sahip araçların sık bakım gerektiren yapısından kaynaklı maliyetinde karşısında makul bir alternatif olarak bulunmaktadır.

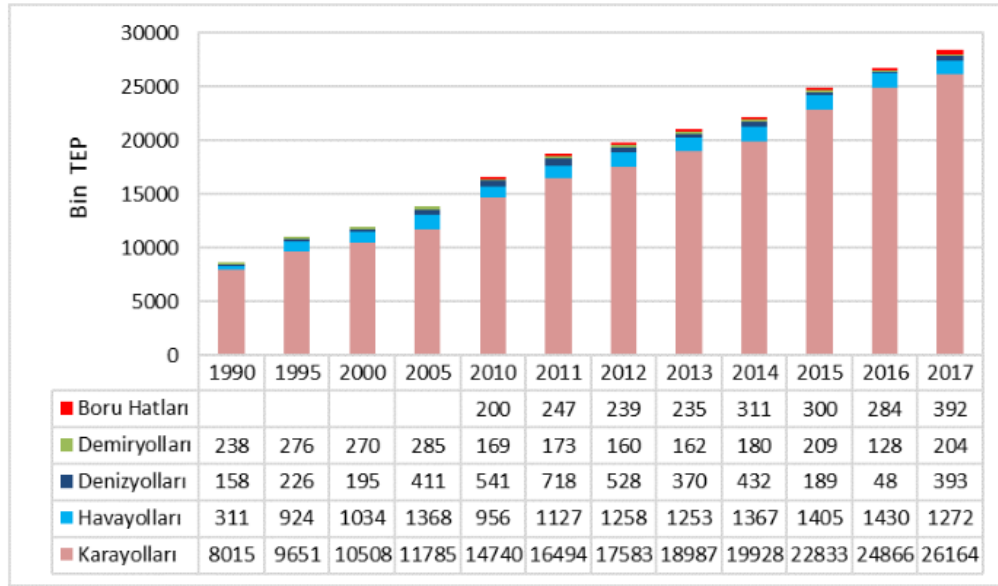
Özellikle ülkemizde mevcut dönemde daha çok ekonomik açıdan zor dönemlerden geçtiğimiz zamanlarda bu maliyetler yapılacak bu köklü değişimin özellikle tüketici tarafında bir engelle daha karşılaşmasına neden olurken elektrikli araç şarj maliyetlerinin artması da bu hususta pek yardımcı olmamıştır. Yine de petrol ve türevleri bakımından bu denli dışa bağımlı olmasına karşın özellikle güneş panellerinden üretim ve barajlar gibi alternatif üretim kaynakları ile elektrik üretimi açısından Avrupa bölgesinden çok daha şanslı bir coğrafyada olan ülkemiz petrol türevi kaynaklara bağımlılığın azalması ve

ihtiyacı kendi bünyesinde karşılamak için kuracağı GES ve diğer alternatif kaynaklı santrallerle yürütebileceği elektrikli şarj istasyonu ağı ile elektrikli araç piyasasında çok önemli bir yere sahip olabilir ve bu sayede dışa bağımlılıktan yüksek ihracat oranlarına ulaşmaya kadar giden önemli bir atılım yapmış olur. Aşağıda Şekil 1.1’de kaynakların kullanım oranları 2000 ve 2018 yıllarına aittir.



Şekil 1.1 : Kullanılan kaynakların dağılım oranı. (IEA, 2018)

Mevcut dönemde enerji tüketiminde petrol tüketiminin oransal olarak azalmakta olduğu görülse de ihtiyacın artması ve artan nüfus nedeniyle toplam miktarı artmaktadır. Burada paylaşılan bilgiler ışığında özellikle ulaşım alanında yapılacak olan köklü bir elektriğe dönüş hamlesi enerji sektöründe karbon salınımı ve sera gazı yayılımını çok yüksek oranda azaltacağından yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüşü de yüksek oranda destekleyecek bir sonuca yol açacak ve enerji sektöründe bu alanda önemli bir atılım olacaktır. Şekil 1.2’de bu konudaki ölçüm değerleri verilmektedir.



Şekil 1.2 : Ulaştırma tipine göre nihai enerji tüketimi. (TEP: Ton eşdeğer petrol) (EPDK, 2019)

Toplumlar için uzun zaman önce bir lüks olmaktan çıkmış olan ulaşım ihtiyacı günümüz göz önüne alındığında, giderek kişisel araç yoğunluğuna daha da gömülmüş ve pandemik durumların da içinde bulunduğumuz bu süreçte daha da kişisel araçlara yönelme eğilimine yol açmıştır. Burada sorulacak asıl soruların başında böylesi kaotik duruma gelmiş ulaşım sektöründe yeşil enerji odaklı bir sisteme tam geçiş ne denli mümkün olacaktır. Bu yönelimi mümkün kılabilmek için atılacak adımların başında neler gelmelidir sorusuna, gelişen teknoloji otonom araçlar gibi gelişmeleri de ihtiyaç haline getirirken bu yeni ihtiyaçlara cevap olacak enerji kabul edilen elektrik enerjisi ne şekilde ve nasıl bir yöntemle kullanılmaktadır ve gelecekte nasıl kullanılacaktır. Bu düşünceden hareketle öncelikle elektrikli araç türleri ve bu araçların şarj yapılarını incelemekte faydalı olacaktır.

1.1. Literatür Araştırması

Literatür araştırması safhasında öncelikli olarak yüksek lisans kapsamında kabul edilmiş olan tez ve makale çalışmaları incelenmiş daha sonrasında dünya çapında hazırlanmış olan tez ve makale çalışmalarına yer verilmiş ve bununla beraber incelenen bu çalışmaların örnek aldığı ilk çalışmalar hem ülke hem de dünya genelinde incelenmiştir. Bunun yanı sıra otomobil şirketlerinin konu hakkında yayınlamış olduğu panel

alışmaları, makaleleri, sitelerinde yer alan bilgi içerikleri de incelenmiş ve çalışmanın bu safhasında yer verilmiştir.

Bu çalışmada elektrikli araçların şebekenin enerji kalitesi içerisindeki etkileri içerisinde durulmuştur. Farklı araç modellerinin çeşitli şarj istasyonları kullanılarak şarj edilmesi sonucunda oluşturdukları harmonik seviyeleri pek çok kaynaktan toplanarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında elektrikli araç şarj sistemlerinin şebekeye olan etkileri incelenmiştir. Elektrikli Araçların Dağıtım şebekesine Entegrasyonu Memduh Emrah zcan Marmara niversitesi 2019 çalışmasından pano tertibatı içerisine faydalı bilgiler edinilmiştir.

J.R. Gomez ve arkadaşları tarafından Ekvator lkesinin Cuenca eyaletinde araçlar içerisinde teste dayanan çalışmalar yapılmıştır. Yapılan alışmada EVSE-RS Aerovironment model bir şarj nitesi kullanılmış olup şarj için kullanılan araç KIA Soul EV modelidir. Test için kullanılan araç içerisinde 27 kWh batarya bulunmakta olup aracın şarj edilmesi için şarj ekipmanından tek faz 208-240 V gerilim ve 30 A (AC) 60 hertz akım altında şarj edilmesi işlemleri yapılmıştır. Deneysel alışma sonucunda görülmüştür ki aracın oluşturduğu voltaj harmonik değeri THDv: 0,93% ve akım harmonik değeri THDi: 6,61% olarak elde edilmiştir.

R. Carter ve arkadaşları tarafından elektrikli araç içerinden alınan “datalogger” kullanılarak yapılan çalışmada araçların şebeke içerisine etkileri incelenmiştir. Arabaların şarjları sırasında toplanan veriler MatLab programı içerisinde FFT (hızlı “fourier” dönüşümü) metodu kullanılarak işlenmiştir. şebekeden şarj esnasında toplanan gerilim ve akım değerleri kullanılarak harmonik datalarının elde edilmesi işlemleri yapılmıştır. Yapılan alışmada 13 A ve 32 A şarj akım değerleri içerinden çalışmalar yapılmış olup, neticede elde edilen değerler OpenDSS ve Matlab programları içerisinde değerlendirilmiştir.

Elektrikli araçların şebekeye etkilerini modelleme yaparak alışan Joon Nittsoo ve arkadaşları alçak gerilim şebekesi kullanarak çalışmışlardır. şebeke içerisinde elektrikli cihazların modellemesi sonrası harmonik analiz sonuçları elde etmişler ve sonrasında ise bu alçak gerilim şebekesine elektrikli araç şarj istasyonunu da ilave ederek harmonik seviyelerindeki değişiklikleri incelemişlerdir.

Bu tez kapsamında, İzmir ili için alışveriş merkezlerinde geçirilen süreler, mevcut araç (100) ve şarj istasyonu sayısı (12) referans alınarak fotovoltaik panel (2,75-15 kWp) ile desteklenmiş şebekeye bağlı bir şarj istasyonunun Matlab\Simulink aracılığıyla yenilenebilir enerji, talep ve güç dengesi blokları kullanılarak bir simülasyon modeli oluşturulmuştur. Elektrikli Kara Araçları İçin Güneş Enerjisi Destekli Bir Şarj İstasyonu Tasarımı Atahan Çobanoğlu Ege Üniversitesi 2020 yayımladığı projede ele aldığı konulardan baz alınarak MPPT incelemesine yoğunluk verilmiştir.

EV davranışlarının dikkate alındığı hem EV şarj sistemi hem de dağıtım ağı için rastlantısal bir ortak planlama çerçevesini ele almışlardır. Planlama konusu hem sermaye yatırımı maliyeti hem de hizmet kolaylığı optimize edilmiş çok amaçlı bir model olarak formüle edilmiştir. Şehir içi araç şarj sisteminin optimal planlaması, hizmet yarıçapı ve sürüş mesafesinin görece sınırlı olduğu bu çalışmada hedef coğrafi planlama alanıdır. (Yijia Wang Sydney Üniversitesi, 2019). Proje maliyet analizi kapsamında yol gösterici etkiye sahiptir.

Elektrik talebi ölçeklendirmesine genel bakış başlığı altında yapılan Enerjibeş sitesi kurucularının yapmış olduğu webinar söyleşi kapsamında sistem taleplerinin doğurduğu maliyet farklarının simülasyona adapte sürecinde faydalanılmıştır.

Yeşil Solar Akademisi platformu tarafından düzenlenen programda sistem simülasyonu için kullanılan programlar ve kısa tanıtımları neticesinde simülasyon ve iterasyon denemeleri yapılmış olup sistem simülasyonları açısından önemli bir bilgilendirme yapılmıştır.

Enerjibeş santral fizibilite çalışmaları kapsamında kurdukları web site üzerinden yapmış oldukları aktif işlem projesi ile katılımcılar ile birlikte Excel de kurulu maliyet ve fizibilite çalışması yanı sıra konfigürasyonların nasıl düzenleneceği eğitimi verilmiştir.

Yine Enerjibeş tarafından oluşturulan panelde 500 kWh üretim kapsayan bir sistemin genel ihtiyaç değerlendirmesi yapılmış ve sistemin kurulmasına dair önemli bilgiler kaydedilmiştir.

ABB-Voltimum Türkiye kapsamında yapılan çalışmalar incelenerek panel ve invertör yapı ve seçimlerinde ele alınması gereken hususlar değerlendirilmiş ve katılımda bulunan bu panelde sistem gereksinimine dair notlar alınmıştır.

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Bursa Şubesi tarafından yayımlanan makale ve webinar da sistem tasarımı hususunda genel bilgiler tekrar gözden geçirilerek özellikle PR yapısı üzerine çalışmalara yön verilmiştir. Yine bu makaleler kapsamında teorik bilgi açısından geliştirmeye olanak sağlayacak fikirler çıkarılmıştır.

Technical firması tarafından düzenlenen webinar ve sonucunda yapılan dosya paylaşımları kapsamında sistemin genel ihtiyaçlarına yönelik açıdan temel ekipmanların genel unsurları üzerine hesaplama ve formül eklemeleri yapılmasına yardımcı bir kaynak olmuştur.

Technotic firmasının paylaştığı webinar ve makaleler incelenerek MPPT ve PWM modülleri seçimlerinde dikkat edilecek hususlar ve bu bağlamda seçilecek invertör seçimi konusunda formüllerin kullanımı açısından yardımcı kaynaklar olmuştur.

Çatı tipi GES ile beslenen elektrikli araç şarj istasyonu çalışması ile Tahsin Boyekin tarafından hazırlanan tez incelenerek özellikle TEDAŞ şartname gereksinimleri ve pano tertibatı gereklilikleri konusunda bilgi sahibi olunmuş ve sistem kurulumu öncesi kablolama ile birlikte formüllerin uygulanması aşamasında önemli kaynak oluşturarak genel yapı ve konstrüksiyon çalışmaları da bu bağlamda incelenmiştir.

Hüseyin Aytumur tarafından yapılan çalışmalar incelenerek kendisinin çalışmaları kapsamında irtibata geçilip kablolama hesaplamaları ve panel-invertör uyum hesaplamaları kısmı ve PVSOL programı simülasyon sistemleri ve uygulaması üzerine yardım alınmış ve projeyi hayata geçirme kapsamında kendisi tarafından yapılan bu çalışmalar önemli yer tutmaktadır.

“LQRE” modellemesi ile kapsamlı bir lokasyonun seçimi, fiyatlandırma, yerleşke yapısı, otopark yönetim ve araç park sistemi sorunlarını tek potada eriterek tüm bu sorunlara” LQRE” modellemesi ile yanıt bulmaya çalışmış ve yine çalışma içerisinde bu modelleme geliştirilerek 2-Level Nested “LQRE” şeklinde bir modelleme ile son halinin alarak Singapur bölgesi için bir yol haritası belirlemiştir. (Yanhai Xiong, Nanyang Teknoloji Üniversitesi 2018)

Araçların şarj edilmesi gereken anlarda dağıtım şebekesi kayıpları, gerilim değişimleri, fider ve trafoların yüklenmeleri gibi şebeke parametreleri incelenmiştir ve sonucunda düzgün yönetilmeyen istasyonların öncelikle fider ve trafolarla ardından da şebekeye uğrattıkları kısa ve uzun vadeli zararlar gözlemlenmiş ve bu nedenle kontrol ve

yönetiminde dikkate alınması gereken hususlar irdelenmiştir. (Rauf Yapıcı, Doruk Güneş, Prof. Dr. Nuran Yörükeren, Kocaeli Üniversitesi 2016) Bu projeden trafolarla oluşacak dalgalanma ve zararların önlenmesi konusunda alınan bilgiler pano tertibatı kurulumunda fayda sağlamıştır.

İnceleme yapmış olduğum diğer bir çalışma KPMG Türkiye firmasını yapmış olduğu çalışmadır. Yapılan bu çalışma içerisinde öncelikle dünya genelinde sonrasında Türkiye özelinde hazırlanmış olan sektör enerji bazlı çalışma ülkenin enerji üretimi, tüketimi ve bu üretim – tüketim dağılımının gayri safi milli hasıla bazında olan değişimi bununla birlikte yenilenebilir temiz enerji, bu enerjinin üretim oranı ve yıl içine dağılımı hakkında detaylı bilgilere bulunmaktadır.

EA'ların bağlı olduğu yönetsel sistemde araçların toplam yolculuk süresini kısaltacak şekilde rota ve istasyon seçim tavsiyesini araçlara gönderen modelleme ve çalışmalar De Weerd vd. (2013), Malandrino vd. (2015), Adler (2014) projelerinde yer almaktadır.

Huang vd. (2014), kontrol teorisi kullanan araştırmaların avantajının, kontrol sistemleri modelleme, tasarım ve analizinde hali hazırda kullanılan gelişmiş yöntemlerden faydalanmaları olduğunu belirtmektedir. Kontrol teorisi yöntemini kullanarak geri beslemeli kontrol metoduyla servis performansını kontrol eden çalışmalar arasında Stankovic vd. (1999), Parekh vd. (2001), Abdelzaher vd. (2002), Diao vd. (2005) bulunmaktadır.

Muhammet Cihat Mercan projesinde İstanbul Teknik Üniversitesi 2018 yılında (Life Cycle Analysis of PV-Assisted Charging Station) projesi kapsamında edinilen bilgiler ile panel verim-kullanım ömrü bağlamında destek bilgiler alınmıştır.

BÖLÜM 2. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE TİPLERİ

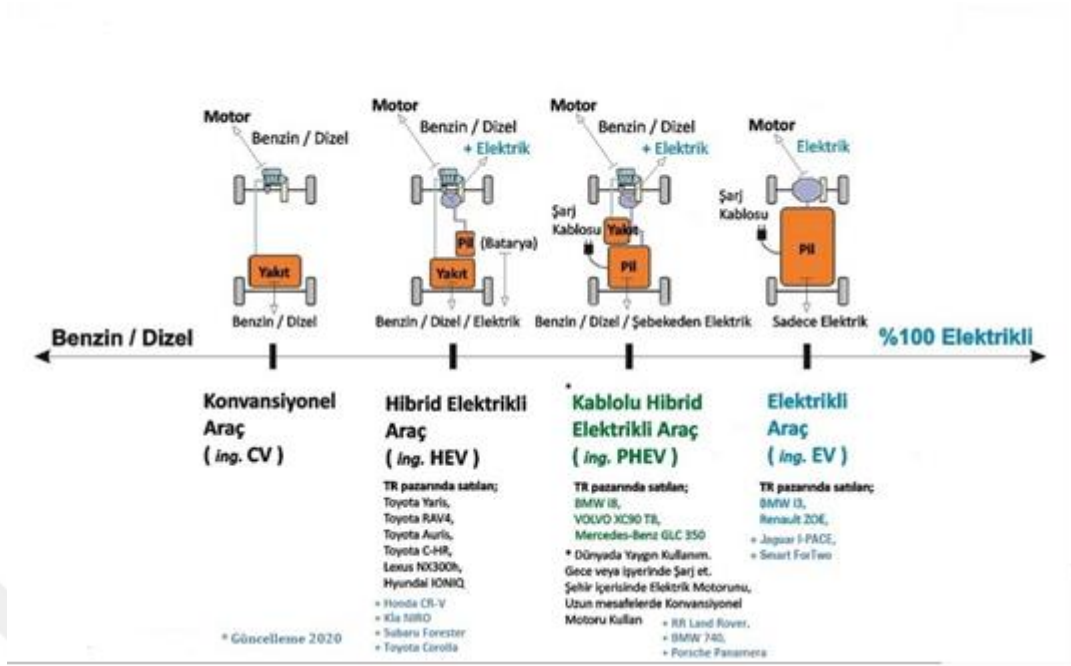
2.1. Elektrikli Araç Nedir ve Çeşitleri Nelerdir

Günümüzde araç teknolojisinde tahrik mekanizması olarak içten yanmalı motorlar ve enerji kaynağı olarak da fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Fosil yakıtların dünya üzerindeki rezervleri giderek azalmakta ve ekonomik krizler nedeniyle petrol fiyatları giderek artmaktadır. Hatta geçmiş yıllarda yaşanan olaylarda dönemsel olarak fosil yakıtlarının temininde problemler yaşanmıştır. Aynı zamanda mevcut araçların egzozlarından çıkan gazların çevreye olan tüm etkileri bilinmekte fakat bu etkilerin insan sağlığına ve çevreye etkileri hala araştırılmaya devam etmektedir.

Gelişen ekonomi doğrultusunda gelişmiş devletler ve otomotiv üreticileri olan ülkeler yukarıdaki nedenlerden dolayı mevcut araç teknolojisine alternatif çözümler için çalışmalar yapmaktadırlar. Bu alternatiflerden güncelliğini en çok koruyan ve geleceğin araç teknolojisi olarak tanımlanan elektrikli araç teknolojileridir. (Boyalı, A., 2008)

Bu teknolojinin günümüzdeki türlerini tanımak ve araç türü incelemesi yapılarak kurulması planlanan sisteme müşteri olacak olan araç türlerine yakından bakarak ihtiyaçları doğru anlaşılmalı sistem buna göre kurulmalıdır. Yapısal sistemleri açısından bakacak olunursa Şekil 2.1. görselinden hareketle mevcut araç tiplerini 3 başlık altında inceleyebiliriz.

- Tamamen elektrikli araçlar (TEA)
- Hibrit elektrikli araçlar (HEA)
- Yakıt hücresel elektrikli araçlar



Şekil 2.1 : Yakıt tiplerine göre araç yapıları.

Şekilde görüldüğü üzere içten yanmalı motora sahip olan aslında 3 çeşit araç varken bunlardan 2 tanesi elektrik enerjisiyle de çalışabilmekte olup toplam 3 adet elektrik enerjisini sahip olan araç türü bulunmaktadır.

2.2. Hibrit Elektrikli Araçlar (HEA)

Sistemlerinde hem içten yanmalı motor teknolojisini hem de elektrik enerjisi ile hareket etmeyi hedefleyen sistem baz alınarak özellikle kısa mesafeler kat etmede ve şehir içi fazla dur kalk yapılan yolculuklarda fazla yakıt tüketiminin önüne geçme amaçlı destek ünitesi olarak üretime başlanan tür sonrasında elektrikli motora uzun yollarda destek sağlayan içten yanmalı motor üretilen araçlar halini almıştır.

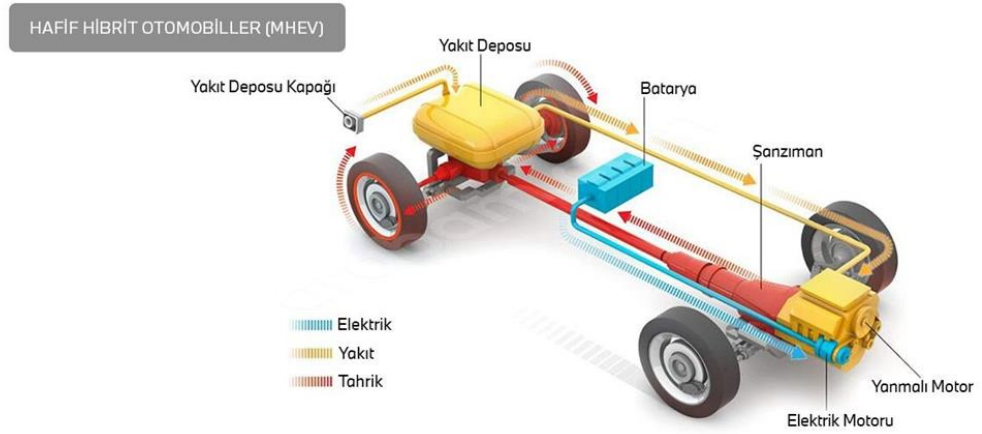
Frenleme sisteminden dahi jeneratörlerle araca elektrik sağlayan araç türü konvansiyonel araçlara oranla optimize bir sistem ile çalışarak yakıt ve emisyon değerlerini daha uygun hale getiren sistemler barındırır. Tamamen elektrikli araçlara göre içlerinde anlık ihtiyacı karşılamada kullanılacak olan konvansiyonel motora sahip olmaları ve içten yanmalı araçlara göre daha uygun tüketim oranları ve sorunsuz geçiş ve düşük yakıtlı çekiş ve kalkış hareketleri bu araçları avantajlı duruma getirmekte olmasına karşın aynı anda iki motora sahip olmaları ve sistemleri nedeniyle daha ağır ve pahalı olmaları yanında bakım maliyetleri daha fazladır.

HEA'lar kendi içlerinde 2 gruba ayrılır;

- Şarj edilebilir hibrit elektrikli araçlar (PHEA)
- Şarj edilemeyen hibrit elektrikli araçlar

2.2.1. Şarj edilmeyen hibrit elektrikli araç (HHEA)

Sisteminde hem içten yanmalı motor hem de elektrikli araç teknolojisi barındırır. Frenleme sistemine bağlı jeneratörler ile kalkış ve frenleme gibi ani sürtünmelerden ve içten yanmalı motor tarafından sağlanan enerji aktarımı ile Şekil 2.2'de görüldüğü üzere elektrik üretimi sağlayarak fosil yakıtlı motora destek veren elektrikli motor mantığında çalışmakta olup mevcut içten yanmalı araçlara göre daha ağır olsa da daha az yakıt tüketimi ve karbon salınımı yapmaktadır.

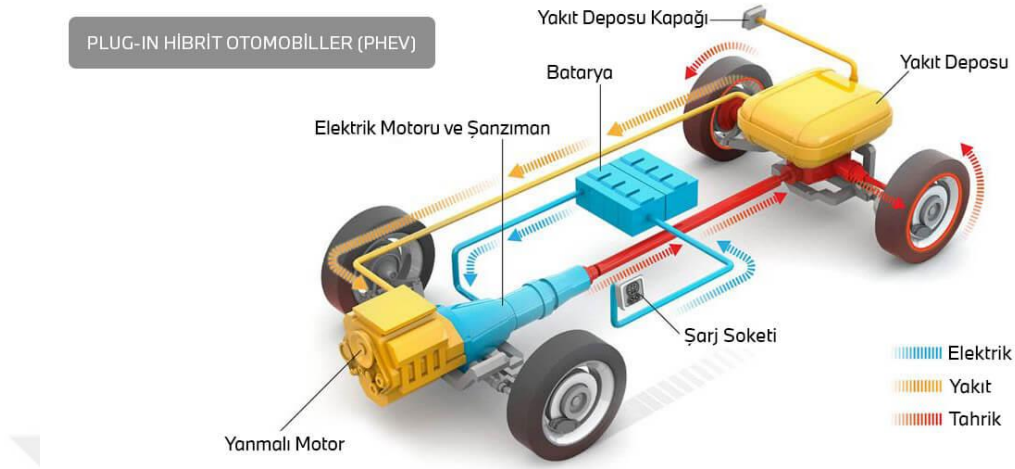


Şekil 2.2 : Şarj edilemeyen hibrit elektrikli araç yapısı.

2.2.2. Şarj edilebilir hibrit elektrikli araçlar (PHEA)

Hibrit elektrikli araçlar kısmında sistemde kullanım yapacak olan türlerden biri olan şarj edilebilir PHEA'lar içten yanmalı motorlara sahip yapıları yanı sıra şarj edilebilir elektrik motoruna sahip olduklarından dolayı genellikle elektrik enerjisinin tükendiği anlarda konvansiyonel motor yapısını kullanma ihtiyacına düştükleri anlarda ya da yüksek performans ihtiyacında aracın 2 motor desteğiyle hareket ettiği zamanlarda kullanım sağlarlar. Tüm hibrit araç yapılarında olduğu gibi Şekil 2.3. görselinde görüldüğü gibi yine rejeneratif frenleme teknolojisine sahip olarak frenleme ve kalkış anı gibi

durumlardan şarj kazanırken menzil durumu elektrik motoru kısmında yetersiz kaldığında içten yanmalı motor devreye girer.



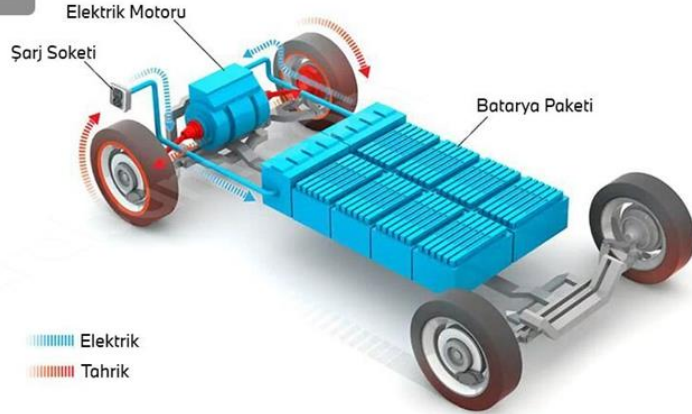
Şekil 2.3 : Şarj edilebilir hibrit elektrikli araç yapısı.

2.3. Tamamen Elektrikli Araçlar (TEA)

Tam elektrikli araçlar sıfır emisyonlu araçlar olarak adlandırılmakta ve çevreye duyarlı araçlar olmaları nedeniyle konvansiyonel araçlara alternatif olarak gösterilmektedirler. Bu araçların ön plana çıkan özelliklerinden birisi de şarj işlemi için aracın bir fiş ile şebekeye bağlanabilmesidir. Bu sayede elektrik olan her yerde TEA şarj edilebilmektedir. Ancak günümüzde bu araçların yaygınlaşmasını sınırlandıran bazı faktörler bulunmaktadır. Şu anda sınırlayıcı etkenlerin başında TEA'ların menzilleri ve batarya maliyetleri gelmektedir. (Gomez, J.C, Medhat, M.M, 2015.)

TEA'ların menzilleri, gelişen batarya teknolojisine bağlı olarak artmaktadır. Ayrıca batarya teknolojisindeki gelişmeler sayesinde batarya maliyetlerinin azalması öngörülmektedir. Bu gelişmeler TEA'lar için önem arz etmektedir, bu sayede TEA'lar istenilen özelliklere kavuşmakta (Şekil 2.4.) ve popülerlikleri de artmaktadır. (Morcos,2018)

TAMAMEN ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLER



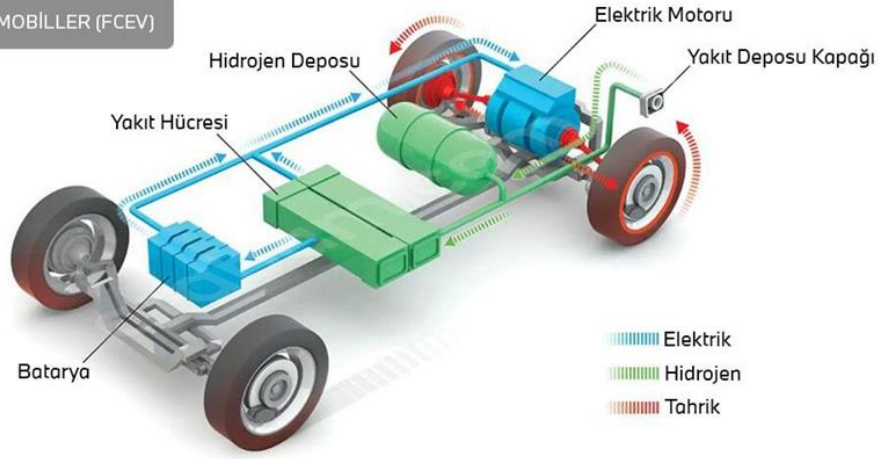
Şekil 2.4 : Tam elektrikli araç batarya ve motor yapısı.

2.4. Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar

Yakıt hücreli otomobil, elektrik motorunu çalıştırmak için bir yakıt hücresi kullanan veya bir akü veya süper kapasitörle birlikte kullanan bir elektrikli otomobil türüdür. Araçlardaki yakıt hücreleri, genellikle havadan oksijen ve sıkıştırılmış hidrojen kullanarak motora güç vermek için elektrik üretir. Çoğu yakıt hücreli araç, yalnızca su ve ısı yayan sıfır emisyonlu araçlar olarak sınıflandırılmaktadır. İçten yanmalı taşıtlarla karşılaştırıldığında, hidrojenli taşıtlar, hidrojenin tipik olarak reforme edilmiş doğal gazdan türetildiği hidrojen üretimi sahasında kirleticileri merkezileştirmektedir. Hidrojenin taşınması ve depolanması da kirletici maddeler yaratabilir. (Union of Concerned Scientists, 8 Mart 2019)

Yakıt hücreli EA'lar, TEA'ların menzilin azlığı ve bataryalarının uzun şarj süresi problemleri üzerine ön plana çıkan bir araç tipidir. Yakıt hücreli EA'lar, konvansiyonel araçlara göre enerji bakımından daha verimli ve çevre dostu bir uygulamadır. Günümüzde taşıt emisyonlarının çevre kirliliği üzerindeki etkileri düşünüldüğünde, yakıt hücreli EA'larda yakıt olarak hidrojen kullanıldığından emisyon olarak sadece su meydana çıkmaktadır. Menzil açısından diğer EA'lar ile karşılaştırıldığında ise, TEA'lar ve HEA'lar arasında bir menzile sahiptir. Şu anda bu aracın en önemli problemleri ise hidrojenin depolanması ve yakıt hücresi teknolojisinin pahalı olmasıdır. Örnek araç modeli yapısı Şekil 2.5.'teki gibidir. Bu problemlerden dolayı yakıt hücreli EA'lar, yakın gelecekte ticari olarak kullanılmaları mümkün gözükmeyen uzun vadeli bir çözümdür. (Husain, İ., 2003)

YAKIT HÜCRELİ OTOMOBİLLER (FCEV)



Şekil 2.5 : Yakıt hücresi elektrikli araç iç yapısı.

BÖLÜM 3. ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ SİSTEMLERİ İÇİN STANDARTLAR VE BAĞLANTI TÜRLERİ

Elektrikli araç şarj edilmesi hususu kendi içinde farklı tür ve tiplere ayrılmış ve üreticilerin bağlı oldukları sistemler, üretim yaptıkları ülkelerin mevcut standartları ve araca entegre sistemin şarjlanma yapısına göre değişiklik göstermesi üretilen tüm araçlara uygun standart ve güvenlik sistemlerini kapsayan şarj sistemleri geliştirilmesi durumuna yol açmıştır.

Bu durumların ışığında ülkeler şarj sistemleri için belirli değerlere göre belirli standartlar getirmiş ve üretici firmaların bu standartları baz alarak üretim sağlamaları ve yine üretilen şarj istasyonlarının da bu standartlar neticesinde üretilmesi ile kaosu önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Mevcut durumlar göz önüne alınsa da AC ve DC elektrik türleri için evlerde kullanıma yönelik ya da işletmelerde sağlanmaya yönelik 1 faz ya da 3 faz gerilim tiplerine uygun olacak hızlı ya da daha yavaş fakat sabit ve özellikle evlerde kullanım amaçlı tüketimi maliyet bazında da düşünmesi gereken bir çok şarj tipi bu standartların içerisine entegre olarak şarj mod çeşitlerinin doğmasına yol açmış ve şarj sistemleri bu modlar baz alınarak üretime geçilmiş ve araçlar üretimlerini bu sisteme göre oluşturmuşlardır.

Şarj standartların;

1. AC – On-Board

- Avrupa için; IEC 62196-2
- ABD için; SAE J1772

2. DC – Off-Board

- Uzakdoğu ve Japonya için CHAdeMO
- Avrupa ve Amerika için CCS Combo, IEC 62196-2

Bu standartlar kapsamında düzenlenen voltaj ve çıkış değerlerine göre geliştirilen şarj modları ve bu modların içerdiği gerilim türü, soket tipi, voltaj ve akım değerlerini inceleyecek olursak sistemler kısaca aşağıdaki gibidir.

3.1. Şarj Konnektör Bağlantıları ve Standartlara Dayalı Modlar

3.1.1. Mod 1

Elektrikli aracın direkt olarak AC bir prize bağlanarak şarj edilmesini tanımlar. Akım 16 A, Gerilim ise tek fazda 250V veya üç fazda 480V ile sınırlandırılmıştır. Topraklama gerekmektedir.

Amerika dahil çeşitli ülkelerde Mod 1 tipi şarjlanma (Şekil 3.1.) güvenlik nedeniyle (özellikle çoğu prizde topraklama olmamasından ve koruyucu cihazların yetersiz ya da eksik olmasından dolayı) yasaklanmıştır. Bu durumu çözebilmek için Mod 2 geliştirilmiştir. (TEHAD, 2017)



Şekil 3.1 : Mod 1 tipi şarj araç ve priz girişi.

3.1.2. Mod 2

Bu şarjlanma modu yine direkt olarak AC prize bağlanarak şarj edilmeyi içerir, ancak fark olarak kablo üzerinde bir haberleşme adaptörü zorunlu kılar. Bu adaptör, akımı ancak priz tarafında topraklama varsa iletmektedir. Enerjinin sağlandığı tarafta bir kontrol pini bulunmamaktadır. Akım 32A, Gerilim ise tek fazda 250V ve üç fazda 480V ile sınırlandırılmıştır.

Elektrikli aracınızla standart olarak sunulan kablo Mod 2 tipi şarjlanma (Şekil 3.2.) gerçekleştirebilmek için verilmektedir. Ancak bu şarjlanma modunda genelde prizden

daha düşük akımlar (10-12A) alınabildiğinden dolayı süreler uzamaktadır. (TEHAD, 2017)



Şekil 3.2 : Standart prizden kablo üzerinde yer alan sınırlı iletişim veya güvenlik bağlantısı ile şarj.

3.1.3. Mod 3

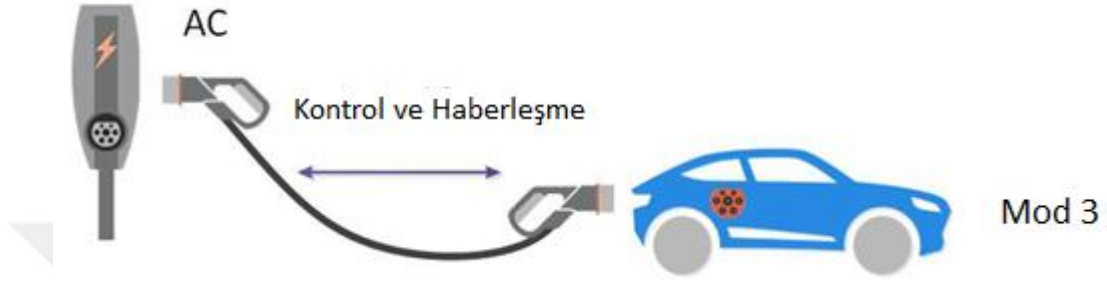
Bu şarj modunda, standart AC priz yerine örnek olarak en çok tercih edilen ve marka ürün benzeşmesine yol açan Mennekes tipi bir konektörle bağlantı yapılmaktadır ve şarj istasyonuna bağlanmalıdır. Üzerinde 7 pin bulunan giriş sistemi mevcuttur. Bu 7 pinin farklı fonksiyonları mevcuttur.

- Üç ayrı faz (L1, L2, L3),
- Nötr bağlantısı
- Topraklama bağlantısı
- Kontrol ve haberleşme pinleri

Bu şarj modunda araç istasyona bağlandığında bir haberleşme başlar. Araç kabul edebileceği akım seviyesini şarj istasyonuna bildirir ve istasyonda kendi içerisinde akımı ayarlayarak araca aktarılır. Mod 2’den farklı olarak yapılan bu karşılıklı haberleşmeye ek olarak artık enerji kaynağı tarafında da sistem korumaları (aşırı akım, kaçak akım, parafidur, vs.) bulunmaktadır. Ayrıca, şarj istasyonu kurulurken istasyonu besleyen kablounun kesiti, gerekli gücü sağlayabilecek şekilde ayarlanabilmektedir. Bu nedenlerle Mod 3, Mod 2’ye kıyasla çok daha güvenli ve hızlı bir şarjlanma imkanı sağlamaktadır.

Şarj istasyonunun gücü ve araç üzerindeki redresör gücü arasındaki en küçük değer, şarj işleminin gücünü verir. Şekil 3.3.’te şarj işlemi gücü arttıkça, bataryayı doldurmak için gerekli şarj süresi düşer. (TEHAD, 2017) Mod 3’te, şarj gücüne göre (akım ve faz sayısı) 4 adet şarjlanma kademesi bulunmaktadır;

- 3.7 kVA (16A, Tek Faz – 230V AC)
- 7.4 kVA (32A, Tek Faz – 230V AC)
- 11 kVA (16A, Üç Faz – 400V AC)
- 22 kVA (32 A, Üç Faz – 400V AC)



Şekil 3.3 : Özel belirlenmiş soket üzerinden tam iletişim ve güvenlik bağlantısı ile şarj.

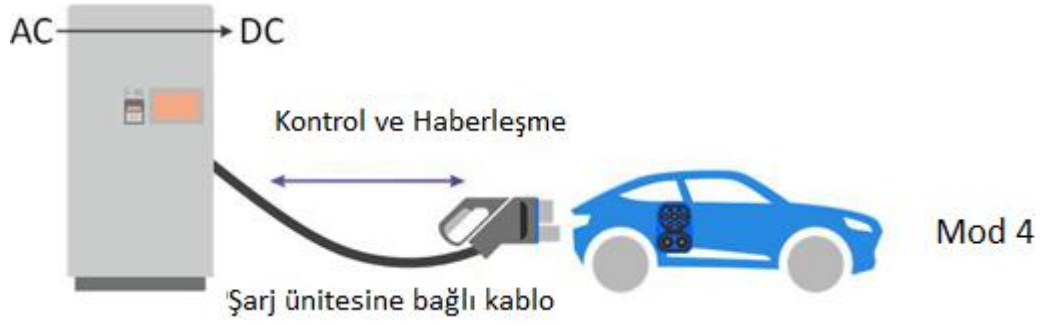
3.1.4. Mod 4

Bu hızlı şarja yönelik düzenlenmiş bir moddur ve DC güç veren istasyonlardan 500 A'e kadar olan şarjlanmayı kapsamaktadır.

Elektrikli araçlar genel olarak şebekeden aldıkları AC kaynağı redresör (on board charger) üzerinden DC'ye çevirerek bataryalarını şarj ederler. Bu redresöre yönelik hem termal sınırlamalar hem de maliyet unsurları dolayısıyla 100 A'e kadar (Mod 3 tipi) izin verilmektedir.

Mod 4 ise şebekeden çekilen AC kaynağın bir hızlı şarj istasyonunda invertör üzerinden DC'ye çevrilerek aracın batarya grubuna direkt (redresöre girmeden) verilmesini sağlamaktadır. (Şekil 3.4.) Bu durum yüksek akımlara ve dolayısıyla hızlı şarj olmaya imkan tanımaktadır. (TEHAD, 2017)

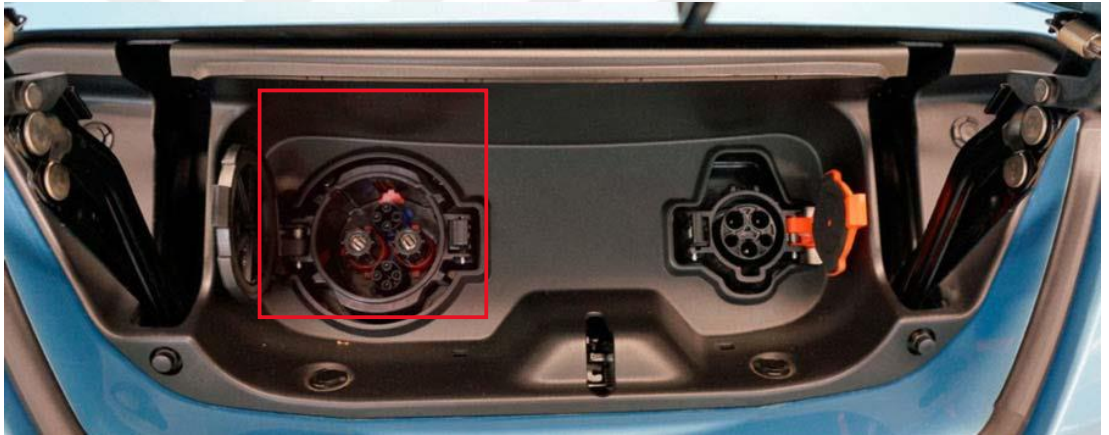
Günümüzde bu değer DC CCS şarj soketleri sistemleri ve uyumlu araçlarda 300 kWh değere kadar çıkmaktadır.



Şekil 3.4 : DC Hızlı Şarj OFF-Board Şarj istasyonu vasıtasıyla şarj.

3.1.5. CHAdeMO

Uzakdoğu’da ortaya çıkan bu şarj standardında Mod 3 tipi şarjlanma yapabileceğiniz soketin yanında ayrıca bir DC soketi daha bulunmaktadır. Şekil 3.5.’de görseli verilmiş olan giriş yapısı ile 250V DC ve 200A değere kadar şarj imkanı sunmaktadır.



Şekil 3.5 : Nissan LEAF CHAdeMO araç girişi ve yapısı.

3.1.6. Kombine şarj sistemi (CC S combo)

Avrupa ve Amerikalı araç üreticileri ise birleşik bir soket geliştirmişlerdir buna göre Mod 4 tipi tabanca soketlere komple bağlanmaktadır. Bağlanan enerji kaynağının tipine ve gücüne göre üstte kalan 7-pinli kısım Mod 3 tipi şarj olmayı ve alttaki kısım ise Mod 4 tipi şarj olmayı gerçekleştirmektedir.

DC şarj istasyonu, 22 kW seviyesinden 300 kW seviyesine kadar şarj gücüne sahip olup, aracın kapasitesine göre değişim gösteren sürelerde şarj edebilmektedir. İstasyon, CCS / CHAdeMO standartlarında 1 adet Fiş ve Mod 3, Tip 2 şarj prizine sahiptir. Opsiyonlu

olarak aynı anda aracın AC ya da DC şarj edebilmesi için fiş /priz içermektedir. Şekil 3.6. görselinde soket ve giriş yapısı verilmiştir.



Şekil 3.6 : Mod 3 + mod 4 CCS Soketi yapısı.

3.2. Şarj Standartlarına Göre Kablo ve Soket Yapıları

Önceki bölümde bahsedilen şarj protokolleri ve modların uygun bağlantıyı sağlamak için geliştirilmiş ve standartlara uygun güvenlik sistemleri eklenerek kullanıma sunulmuş şarj soketleri üretilmiş ve bunlara karşılık gelen girişler araç üreticileri tarafından araçlara entegre edilmiştir.

Aşağıdaki Tablo 3.1.'de şarj kablo tipleri giriş modül yapıları ve standartları kapsamında güç değerleri verilmiştir. Bu kablo yapıları bağlantılı bulundukları konnektör modellerinin soket yapılarına göre değişim göstermekte ve bu soket yapıları da bağlı bulundukları ülkelerin standartlarına göre farklılık göstermektedir. Ülkelerin kendi şarj standart değerleri de aşağıdaki tabloda verilmiştir ve bu standartlardan ülkemizde de Avrupa standartları kullanılmakta olup ülkemizde üretimi yapılmakta olan araç giriş yapıları şarj istasyonu soketleri de bu yapıya uygun olmaktadır.

Tablo 3.1 : Konnektör bağlantı ve türleri.

Konnektör standardı	Konnektör ve giriş yapısı	Konnektör özellikleri
IEC 62196-2		230V (1 faz) – 400V (3 faz) 16A/32A/64A 3,7 kW – 43 kW Şarj akımını sınırlama yeteneği TİP 1 (SAE J1772), TİP 2 (MENNEKES), TİP 3 (SCAME)
SAE J1772		120V (1faz) – 240V (2faz) 16A/32A Şarj akımını sınırlama yeteneği
CHAdeMO		250V DC 200 A'e kadar Şarj akımını sınırlama yeteneği
IEC 62196-3 – CCS COMBO		500V DC 600A 300 kW Şarj akımını sınırlama yeteneği TİP 4

BÖLÜM 4. GÜNEŞ ENERJİLİ ŞARJ İSTASYONU PROJESİ

GENEL BAKIŞ VE ANALİZ

4.1. Elektrikli Araçlar Çerçevesinden Değerlendirme

Günümüzde mevcut fosil kaynaklı yakıtların yüksek maliyetleri önceki dönemlere nazaran içten yanmalı motorların bakım, onarım, yakıt vb. masraflarındaki yükseliş ve sera gazları ve doğaya verdikleri zarar açısından gün geçtikçe daha da büyük sorunlar halini almaya başlarken öte yandan günümüzde her ne kadar ilk satın almada maliyetleri hala yüksek olmakla birlikte gelişen teknoloji ışığında menzilleri, pil kapasiteleri, km başına ihtiyaç duydukları elektrik ihtiyaçları ve bakım gerektirmeden uzun süre kullanım imkanları ve en önemlilerinden biri olan doğaya zararının çok daha düşük oranlarda olması sebebiyle büyük firmalarında giderek tamamıyla geçişe başladıkları elektrikli araçları çok yakın gelecekte yollarda daha sık görmeye başlanacaktır.

Tabi ki mevcut ekonomik şartlarda fiyatları özellikle orta gelirli ailelerin tercih etmesi adına henüz istenilen ölçülere yaklaşmasa da ülkelerin de teşvikleri ile sayıları giderek artmaktadır. Burada tıpkı cep telefonları gibi düşünecek olursak, tuşlu telefonların en şaşalı dönemini yaşadığı zamanda ilk çıkan dokunmatik telefonlarda hibrit araçlar gibi tuşlu dokunmatik şeklinde üretildiler ve az miktarda ama memnun müşterileri mevcuttu. İlerleyen zamanda yalnızca dokunmatik telefonlar üretime başlandı fakat şarj süreleri, sundukları özellikler, performans gibi konularda ya yetersiz ya da fiyat performans bazında makul bulunmuyorlardı. Yavaş yavaş neredeyse tüm firmaların dokunmatik telefon üretimine geçmesi, bazı firmaların yalnızca dokunmatik telefon üretimine dönmesi ve bu durum ışığında kısa sürede fiyat-performans açısından çok daha iyi ürünler ortaya çıkması ile tahmin edilenden çok çok daha kısa bir sürede tüm dünya genelinde geçiş yaşandı ve artık neredeyse tuşlu telefon görmeyecek kadar kullandığımız dönemin çok yakın geçmiş olmasına karşın yeni sisteme kısa sürede adapte olmuş durumdayız. Verilen örneklerden de yola çıkarak Tesla, Lucid Motors, NIO, TOGG, Aiways, Lightyear gibi yalnızca elektrikli araç üreten büyük ölçekli firmalar dışına yakın dönemde

AUDI, Jaguar, General Motors gibi artık yalnızca elektrikli araç üreteceğini açıklayan firmalar ve bu firmalar ile yarıştan kopmak istemeyen ve rekabet sağlayacak ölçüde araçlar üreten diğer büyük firmaların çıkardıkları araçlar, ayrıca özellikle performans aracı da denilen süper hızlı otomobiller olarak tabir edilen yüksek hızlı yüksek performanslı örneğin Pagani Huayra, Bugatti Chiron, Lamborghini Aventador gibi araçlarında tahtını alan elektrikli araçlar bu piyasanın çok hızlı büyüüp yayılacağını işaret etmektedir.

4.2. İhtiyacı Karşılama Adına Değerlendirme

Yukarıda bahsetmiş olunan yaygınlaşma ışığında en azından günümüz ihtiyaçlarını karşılarken yaygınlaşma ile birlikte kendini amorti edeceği döneme yaklaştıkça yani yeniden yatırım yapabileceğimiz gelir elde edildikçe artan ihtiyacı yeniden karşılamaya yönelik yatırıma imkan sağlayan bir şarj istasyonu kurma amacıyla proje geliştirildi.

Burada kurulumun yapılması için gereken elemanların seçiminde öncelikli düşünülmesi gereken konular bulunmaktadır. Bunların en önemlisi kurulan sistemin şebekeye bağlı mı yoksa kendi kendine yetebilen batarya bağlantılı yapıda mı olması gerektiği sorusudur. Kullanılacak malzemelerin maliyetleri dışında şebekeye bağlı olan ya da şebekeden bağımsız olan yapıda aynı oranda ihtiyaca cevap vermesi gereklidir.

Mevcut dönemde hem şebekeye bağlı hem bataryalar tarafından desteklenen hibrit modellerde üretime başlanmış ürünler olsa da günümüz şartlarında örneğin tesisin yarısının şebekeye bağlı olduğu yarısının şebekeden bağımsız olduğu bir kurulumun maliyeti kadar yüksek fiyatlı, amorti süresi çok uzun olan ve konunun ileri safhalarında kullanılacak ürünleri tanıtırken daha detaylı bilgileri verilen farklı sorunlar ve bu sorunların çözümü için de ekstra maliyet gerektiren bir durum olduğu görülmüştür. Yapılan araştırmalar sonucu kullanılacak şebekeye bağlı sistemin mevcut elektrik kesintisinde kullanım dışı kalma durumu olmasına karşın detaylı anlatılacak fizibilite çalışması sonucu daha az maliyetli, amorti süresi daha kısa, güneş olmayan dönem kullanımına daha uygun ve ayrıca ihtiyaca göre ekstra güç istenen duruma daha hızlı cevap veren ve yüksek üretim anında geri satış yaparak gelir elde edilmesine olanak sağlayan bir sistem olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra mevcut geliştirmelerin gösterdiği durum, kurulan sistemin amorti süresine yaklaşıldıkça hibrit ürün

fiyatlarındaki değişim ve sisteme adapte etme imkanında maliyet yönünden ve olası ihtiyaç artışında genişletilebilecek tesiste hibrit sisteme geçiş için gelir ve kurulumu tamamlanarak şebekeye bağlanılmış bir tesis imkanı sunmaktadır.

4.3. Kullanılacak Ürün ve Malzemelerin Belirlenmesi Adına Değerlendirme

Şarj istasyonu kurulumu yapmak için gerekli ürünler ve bu ürünlerin seçimi tamamen ihtiyaca karşılık gelen bir sistem üzerinden hareketle yapılmalıdır. Maliyet ve bakım masrafları da bunun yanı sıra hesaba katılması gereken ilk konu başlıklarının arasında yer alır. Kurulum için düşünülmesi gereken ilk husus araç ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik mevcut ortalama değer durumlarından ziyade oluşacak yoğunluk anı üzerinden hesaplama yapılmasıdır. Amaç sistemde kullanılacak şarj cihazlarının tamamında örneğin sistemde kullanılması düşünülen 4 adet şarj istasyonunun hepsinde aynı saat içerisinde DC hızlı şarj özelliği kullanarak dolum yapılma anını kaldırabilecek yaklaşık 200 kWh değerinde bir sistem için elemanların seçimi yapılması gerekmektedir.

TEDAŞ şartnamesinden alınan detaylar üzerinden düşünüldüğünde ticari tip şarj istasyonlarında AC olarak saatte 22,5 kWh ve DC 50 kWh limitler ile belirlenen yapı modeli içinde kullanım izinleri için gerekliliklerin sağlanmış olması ve sistemin maksimum ihtiyaç anında 4 cihaz üzerinden saatlik 200 kWh ihtiyaca paneller vasıtasıyla cevap verecek ölçüde olması gerekmektedir. Bu çalışma sonucunda bölge içerisinde bulunduğu öngörülen araçların özellikle hafta içi iş saatleri kullanımını hafta sonu daha farklı saat aralıklarına dağılımı şeklindeki tüketim yöntemi ve piyasada bulunan elektrikli araçların ortalama depolama kapasitesinin 48,76 kWh olduğu ve ortalama tüketim oranlarının 1 kWh elektrik ile 7-10 km arasında olduğu hesabı ışığında ortalama 29,6 kWh ihtiyaca tekabül ettiği ve yıl için hesaplandığında yaklaşık 190 mWh elektrik ihtiyacı olduğu ve bunun ortalama % 65 oranında kısmının mevcut panellerden üretilen elektrik ile karşılanması bu miktarın dışında kalan kısmın şebekeden karşılanacağı düşünüldüğünde bu değerin ortalama 2 katı miktarda şebekeye geri besleme yapılması gerektiği hususu üzerinden hesaplamalar yapılmıştır ve kullanılacak malzeme seçimleri de bu yapı üzerinden yola çıkılarak hesaplanmıştır.

BÖLÜM 5. FOTOVOLTAİK PANELLER VE İNVERTÖRLER

Fotovoltaik panel nedir ve nasıl çalışır, çeşitleri nelerdir kısaca bahsetmek gerekirse, güneş paneli, fotovoltaik panel olarak isimlendirilen ürünler üzerinde güneş ışınlarını soğuran ve bu ışınları içerisinde birden çok fazla kez kırarak tekrar güneşten ışın gelmiş gibi bir davranış sergileyen hücrelerinde fotonlardan kopardığı elektronların ekleme dolaşması şeklinde elektrik üreten yapılardır.

İçlerindeki hücre yapısında bulunan n-tipi yarı iletken n-tipi silisyum alandan p-tipi yarı iletken p-tipi silisyum alana elektron akışı ile DC şeklinde elektrik üretimi olmaktadır. Şekil 5.1. görselinde panel yapısı ve iç elemanları verilmiştir.



Şekil 5.1 : Güneş paneli iç yapısı katmanları.

Yapının temel elemanları sırasıyla;

- Alüminyum çerçeve,
- Havalı cam,

- Enkapsülant – EVA,
- Güneş hücreleri,
- Arka örtü,
- Elektrik bağlantı kutusu

Genel yapı bu şekilde olmakla birlikte güneş açısı izleme cihazları, uzaktan kontrol sistemleri gibi birçok ek bağlantı elemanı da içeren yapıda ürünler ayrıca mevcuttur.

5.1. Fotovoltaik Panel Çeşitleri

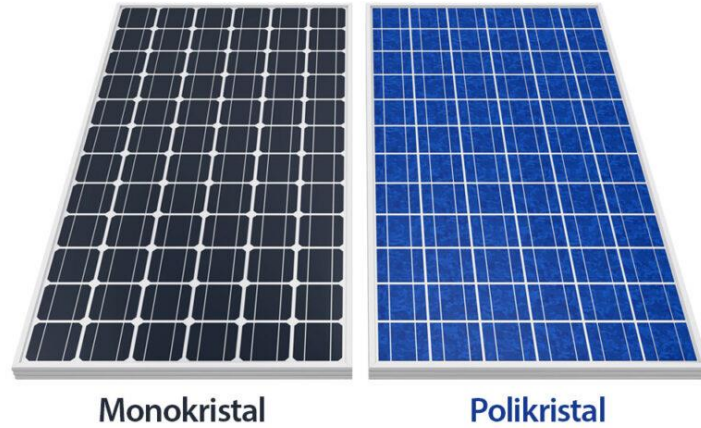
Fotovoltaik paneller hücre yapılarına göre olduğu gibi farklı malzeme türlerine göre veya üretim yöntemleri gibi çeşitli yollarla da kendi içlerinde ayrıca gruplara ayrılır.

- Kristal silisyum hücreler
- Tek kristal (Monokristal) silisyum hücreler
- Çok kristal (Polikristal) silisyum hücreler
- 2. Nesil güneş pilleri
- İnce tabaka amorf silikon güneş hücreleri
- CIS temelli ince film
- Kristal silikondan yapılmış ince film güneş hücresi
- Entegre seri devrelerle yapılan ince film güneş hücreleri
- Nano gözenekli “dye” güneş hücreleri
- Kadmiyum tellür
- Bakır indiyum galyum güneş hücresi
- 3. Nesil güneş pilleri
- Çok eklemlili (tandem) güneş pilleri
- Kuantum parçacık güneş pilleri
- Organik güneş pilleri

- İletken polimerler
- İki katmanlı organik güneş pilleri

Burada bulunan panel türlerinden en verimlileri 3. Nesil güneş pilleri, ince film ve amorf silikon piller olsa da çok yüksek fiyatlarda olmaları nedeniyle fiyat-performans açısından en çok tercih edilen ve uzun ömürlü olanlar kristal silisyum hücrelerdir olduğu için bu paneller tercih edilmektedir. (Ceyda Mülayim, 29 Mart 2020)

Polikristal paneller: Güneş hücrelerini oluşturmak için birden çok sayıda silikon kristal kullanımı ile üretimi yapılmasından dolayı bu ismi almıştır. (Aydınlatma Portal Panel Çalışması Emre Yılmaz 2018) Dünya genelinde özellikle çok büyük çapta GES projeleri kurulurken tercih edilen paneller polikristal panellerdir. Fiyatlarına göre üretici firmalar tarafından dahi ortalama 20-25 yıl gibi yüksek bir kullanım süresi vadettikleri ve günümüzde %20 civarına ulaşan verimleri ile satın alınacak panel sayısı artması tercih edilmelerini arttıran unsur haline gelmektedir. Şekil 5.2.'de monokristal ve polikristal yapıları verilmiştir.



Şekil 5.2 : Polikristal ve Monokristal panel örnekleri.

Monokristal paneller: Polikristal panellerden farklı olarak tek bir silikon kristal eritilmesi ile oluşturulan hücrelere sahiptir. Bu sayede polikristal panellere göre daha verimlidirler ve bunun başlıca nedeni üretim aşamasında kullanılan farklı sayıda kristal ergitme safhası sonucu polikristal den daha az dalgalı bir yapıya sahip olmalıdır. (Emre Yılmaz, 2018).

Günümüz piyasasında ortalama %24'lere varan verimlere ulaşmıştır ve genel olarak üretim safhası farkından kaynaklı siyah yapıdadırlar. Polikristal panellerle ortak ve onları birbirinden ayıran özelliklerden bahsedilirse;

Gölge alan ve yüksek sıcaklık yanı sıra çok düşük sıcaklık durumları üretimi engelleyen en büyük etkenlerdir. Ortalama 25 derece sıcaklık en uygun çalışma sıcaklığı olup gölge yapabilecek herhangi bir etmen (bulut, ağaç, yakın bir bina, temizlenmeyip biriken toz vb.) verimlerinin düşmesine neden olacağı gibi ortalama değerden uzaklaşan sıcaklık değerleri de verimlerini etkiler. Ayrıca kullanım yılları da giderek verimlerini azaltır alınan ürünler üzerinde bu etkilenme değerleri: her sıcaklık değişimi, kullanım yılı, gölge oranı vb. etkenlerde verimlerinde düşüş meydana gelmektedir.

Bu değerler monokristal panellerde polikristal panele göre daha makul sayılabilecek oranlarda azalırken ayrıca verimleri daha yüksek ve gerçek zamanlı kullanımda daha uzun ömürlü olduklarını ispatlamıştır fakat bu sebeple de daha yüksek fiyatlara sahiptir.

5.2. Kurulması Planlanan Tesiste Kullanılacak Panel Seçimi

Yukarıda bahsedilen sebepler ve bununla birlikte tesisin yapısına göre tercih edilecek panel seçiminde aranılan özellikler düşünüldüğünde;

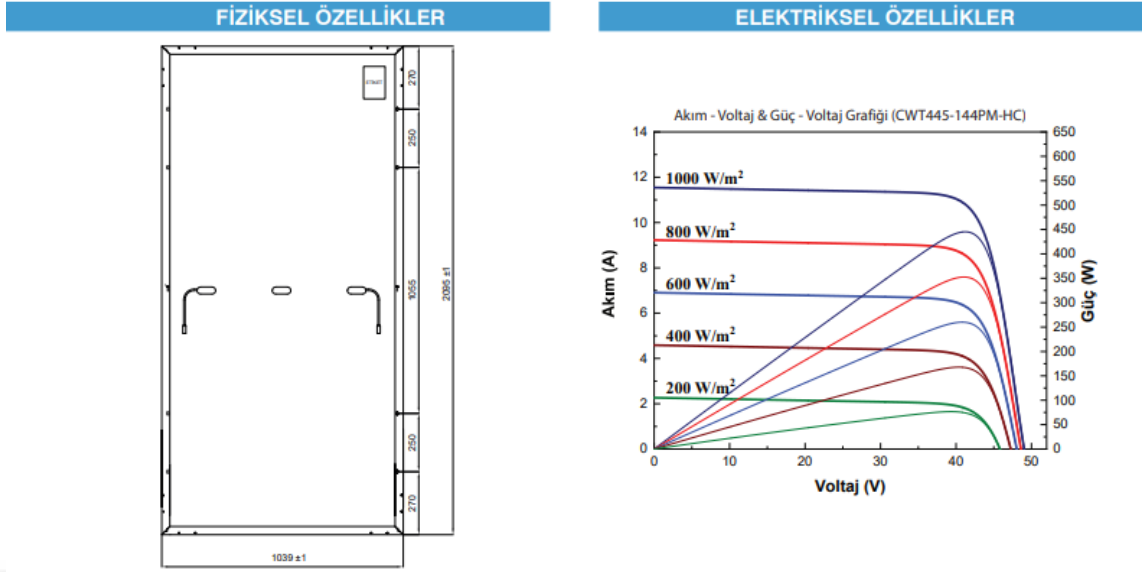
- Tek panelden üretilen watt miktarı,
- Çatı ölçülerine göre en verimli sayıda kurulacak panel sayısı,
- Verim oranları,
- Nominal voltaj, maksimum voltaj, kaçak akım değerleri,
- Kullanılacak invertör ve MPPT ile uygunluğu,
- Seri ve paralel dizi ile bağlantı uygunluğu.

Yukarıda listelenen sebepler ışığında belirlemeler yapılmıştır. Örneğin bir güneş paneli birbirleri ile seri bağlandığında çıkış voltajları toplanarak hesaplanırken, paralel bağlantı durumunda voltaj tek panel voltajı gibi düşünülüp akımları toplanır yani kısacası bir devre elemanı gibi düşünülerek hesabı yapılır. Bu bilgiler ışığında panel seçimi yapılmış olup monokristal panel ve polikristal panel arası farklar ölçülüp tartılmış, diğer tesis elemanları düşünülerek $V_{maks.}$, $V_{min.}$, I_{sc} , V_{oc} değerleri ölçülüp hesaplama işleminde

kullanılmıştır. Ayrıca sistemin kurulacak olduğu yerleşke çatı kurulumunda çatı mahyasından güney bölüm ve kuzey bölümü 530’ar metre kare olarak bilgisi alınan yer için alandan tasarruf ve hesaplar doğrultusunda 5 ila 7 yıl sürecinde 300 W polikristal panellerden daha avantajlı ve fiyat farkını amorti eden bir ürün olan yerli üretici firma CW Enerji Mühendislik Ticaret Sanayi Ltd. Şti. firmasına ait CWT450-144PM-HC ürünü seçilmiştir. Ürün bilgileri aşağıdaki Tablo 5.1’de ve Şekil 5.3’te yer almaktadır.

Tablo 5.1 : Seçilen panelin teknik özellikleri.

Üretici	CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti.	
Hücre tipi	Monokristal	
Sadece trafo eviricileri uygundur	hayır	
Hücre sayısı	144	
By-Pass diyotların sayısı	3	
Yarım hücre modülü	evet	
Mekanik veriler		
Genişlik	1039	Mm
Yükseklik	2095	Mm
Derinlik	40	Mm
Çerçeve genişliği	35	Mm
Ağırlık	24,5	Kg
STC’da bulunan I/V parametreleri		
MPP gerilimi	41,4	A
MPP akımı	10,87	A
Nominal çıkış	450	Wp
Verim	20,67	%
Açık devre gerilimi	49,2	V
Kısa devre akımı	11,61	A
Dolum faktörü	78,78	%
Işınım	200	W/m ²
Kısmi Yükteki MPP gerilimi	39,13	A
Kısmi yükte MPP akımı	2,17	A
Açık devre gerilimi (kısmi yükte)	44,29	V
Kısmi yükte kısa devre akımı	2,32	A
İleriki		
Gerilim katsayısı	-149,6	mV/K
Elektrik katsayısı	5,8	mA/K
Çıkış katsayısı	-0,36	%/K
Açı düzeltme faktörü	99	%
Maksimum Sistem Gerilimi	1000	V



Şekil 5.3 : Panel fiziksel ve elektriksel özellikleri yapı ve grafiğı

Yukarıda panel seçimi yapılmış olup çatı yerleşkesine toplamda 488 adet kurulum yapılması planlanmıştır. Seçilen panellere uygun invertör seçimi hesaplaması amacıyla gerekli işlemler yapılmıştır.

5.3. İnvörtör

5.3.1. İnvörtörlere genel bakış

Güç çevirici yani diğeri bir deyişle evirici olarak bilinen invertörler doğru akımı alternatif akıma çeviren elektriksel güç çeviricilerdir. İnvörtör çıkışında üretilen AC güç, kullanılan transformatörlere, anahtarlama ve kontrol devrelerine bağılı olarak herhangi bir gerilimde ve frekansta olabilir. (Wikipedia)

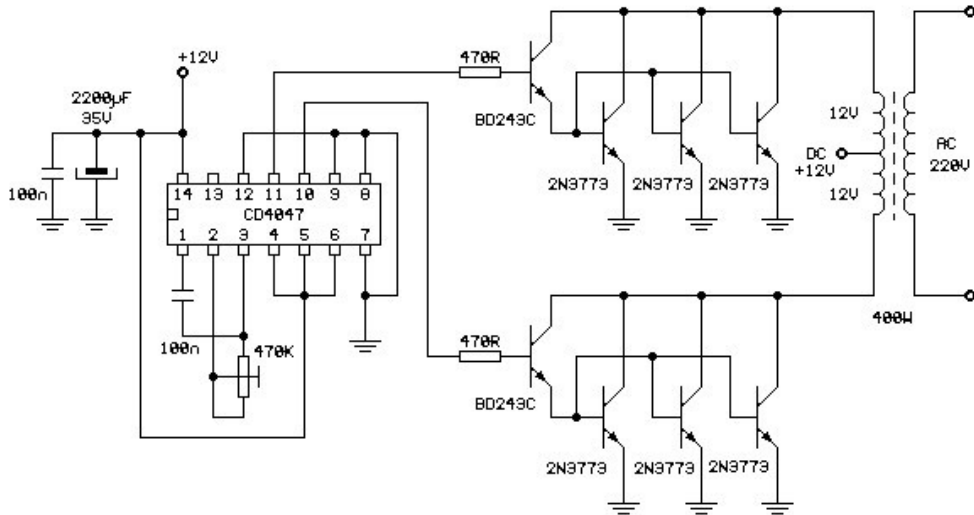
Kullanım alanları açısından PC'ler içindeki mini boyutta anahtarlama güç kaynaklarından çok büyük ölçekli sanayi ve santral sistemlerine kadar kullanım alanları mevcuttur. Amacı DC elektriğı AC elektriğıne çevirme olarak ihtiyaç duyulan sistemlerin ögesidir.

- Kare dalga invertör
- Sinüs benzeşim invertör (Modifiye sinüs invertör)
- Tam sinüs invertör

Olarak 3 grupta incelenebilen invertörleri kısaca açıklayacak olursak girişlerindeki yarı iletken yapı üzerinden doğrultma şeklinde bir yapı ile çalıştığını kısaca varsayabiliriz. Diğer bir deyişle bu 3 grup ayrılırken bilindiği üzere DC olarak bildiğimiz adından anlaşılan doğru akım doğrusal bir şekilde akış gösterirken AC dalga kısmında bu akış sinüzoidal bir akış sergilemektedir.

Burada örneğin kullandığımız alan olan GES gibi alanlarda panelde üretilen DC elektriğin AC olarak kullanılmasını sağlamada kullanılacak invertörün çok daha uygun fiyatlı olanları olan kare dalga invertör AC elektriği çıkışta kare dalga olarak vermektedir. Fakat bu invertörler hassasiyet gerektirmeyecek cihazlarda kullanılmalı aksi halde örneğin buzdolabı, çamaşır makinası, TV ve benzeri ürünlerde arızaya sebep olacak durumlara yol açabilmektedir.

Modifiye sinüs invertörler daha sinüs dalgaya yakın şekilde karakteristik çıkış veren ürünler olarak hassasiyeti daha makul seviyelere çeken düşük maliyetli ürünler olsalar da özellikle sistemimiz olan GES gibi yapılarda yalnızca gerçek sinüs dalga veren tam sinüs invertörler kullanılır. Ayrıca önemli hususta solar invertörlerin ev ya da işletme tipi olarak 230V AC tek faz ya da 380V AC 3 faz çıkış verebilen nitelikte olduğudur. Şekil 5.4.'te örnek invertör iç yapısı görülmektedir.



Şekil 5.4 : İntervör iç yapısı örneği.

GES sistemlerinde kullanılan invertörler bahsedildiği üzere tam sinüs invertör olmakla birlikte kendi içinde günümüzde gelişen yeni modelleri ile 4 gruba ayrılmaktadır;

- Şebekeye bağlı invertörler (On-Grid invertör)
- Şebekeden bağımsız invertörler (Off-Grid invertör)
- Hibrit (batarya ve şebekeyi aynı anda kullanan invertörler)
- Mikro invertörler

Türlerden kısaca bahsetmeden önce tamamının güneş enerjisi sistemi invertörü dediğimiz ürün portföyünün içinde barındırdığı özellikler mevcuttur. Özellikle yüksek ölçekli sistemler için daha da kapsamlı şekilde sağlanan bu özellikler sistemin büyüklüğü halinde seçenek olarak düşünülen merkezi, dizi (sıralı bağlantı) ve mikro invertörlerden merkezi ve dizi seçenekleri daha büyük sistemlere daha kapsamlı özelliklerde sağlayabilmektedir.

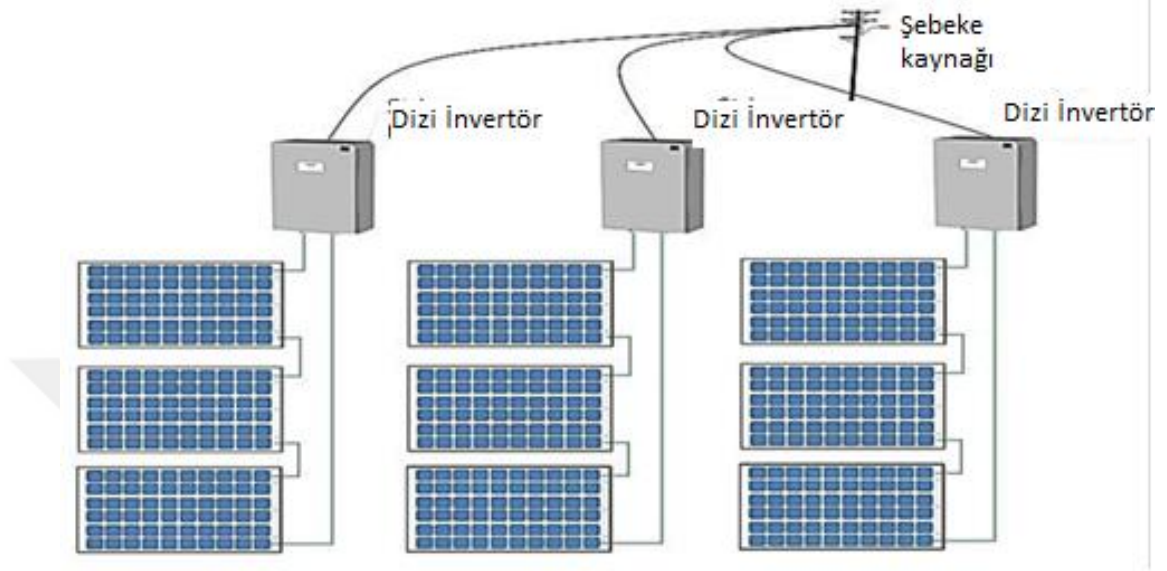
Burada ayrıca bahsedilmesi gereken hususlardan biri olan kısım merkezi, dizi ve mikro invertör konusunda merkezi invertör sistemin genellikle kapsadığı tüm elektrik üretimine özellikle kWh seviyelerinden yaklaşık 5-7 mWh seviyelerine kadar yapıdaki sistemin evirici vazifesini tek başına yapabilen ölçüdeki invertörlerdir. (Şekil 5.5.)



Şekil 5.5 : Örnek merkezi invertör yapısı. (DSI Solar 2020)

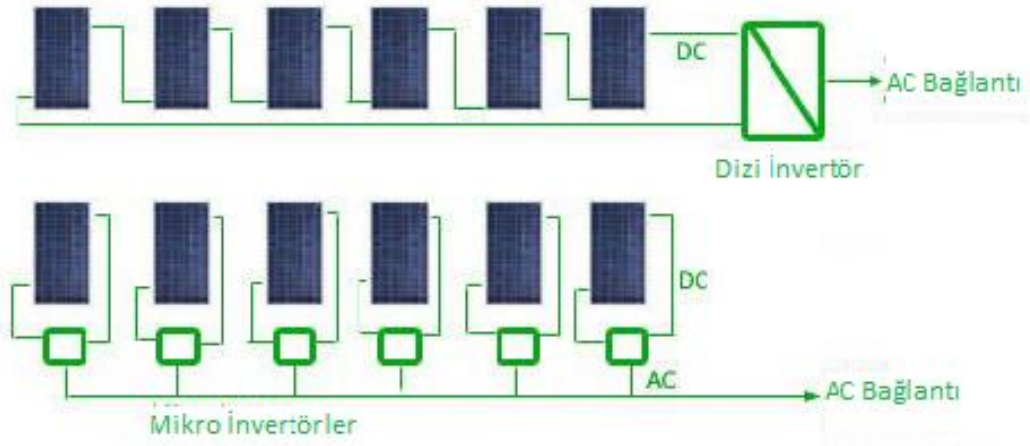
Diğer bir seçenek olan dizi invertör daha ziyade çok büyük ölçekli yapılarda maliyet açısından ya da panellerin kurulum alanları farklı olduğunda veya 300 kWh gibi üretim seviyelerinin altında olan sistemlerde kısaca ayrı alanlarda planlanan bölümlerde

panellerin voltaj ve akım değerleri ile hesap edilerek merkezi g noktası takibi (MPPT) elemanlarının uygun olduğu değerdeki panel dizi bağlantıları ile sisteme entegre edilmektedir. Şekil 5.6.'da dizi invertör yapısı rneği verilmektedir.



Şekil 5.6 : String invertör bağlantı yapısı.

Mikro invertörler aslında çalışma mantığı açısından içerisinde bulunan MPPT'nin elverdiği ölçekte genel kullanımda 1, 2, 4, 8 panel aynı anda bağlantı yapılması şeklinde kullanılan en yaygın olarak 2 ve 4 panele 1 mikro invertör şeklinde kullanımı olan hem panellerin izleme kolaylığı hem de bağlantı kolaylığı açısından kullanımı en uygun cihaz olmakla birlikte fiyatının çok yüksek olması özellikle GES gibi ev tipinden daha fazla sayıda panel içeren hatta sayısı binlere ulaşan panellerde 4 panele 1 pahalı invertör kullanma durumlarında maliyet açısından uygun olmamaktadır. Özellikle Amerika'da fiyat düzenlemesi ve desteklemeler ile satın alınma sayısı artmış olsa dahi maliyetleri sebebiyle tercih edilmemektedirler. Şekil 5.7. rnek mikro invertör bağlantı örneğinden yararlanılmaktadır. (Researchgate Scientific Diagrams Panel 2017)



Şekil 5.7 : Mikro invertör ve dizi invertör bağlantı farkını gösteren örnek yapı.

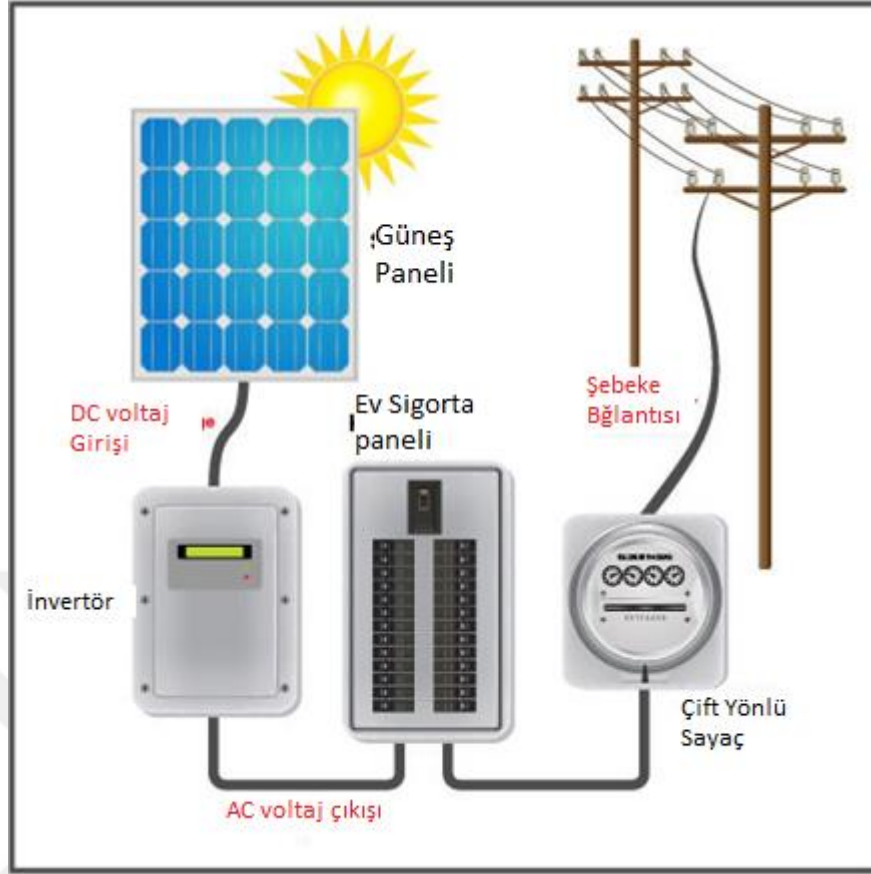
- Kablosuz haberleşme PLC destekli
- Akıllı dizi akım-voltaj değeri gösterme destekli
- Ücretsiz uzaktan izleme
- Maksimum verimlilik 99 %, Avrupa verimliliği 98.8 %
- Dahili tip II DC ve AC aşırı gerilim korumaları
- DC bağlantı kesme entegresi
- Güvenli ve uygun bakım
- Toprak arızası koruması
- Dahili kaçak akım izleme birimi
- 25 yıla kadar garanti opsiyonu
- IP65 koruma sınıfı

İnvörtör özellikleri açısından mevcut evirici ve güvenlik özellikleri yanı sıra uzaktan haberleşme protokolleri vb. özelliklerinde sistem için çok önemli olduğunu çıkarımı yapılmakla beraber özellikle güneş sistemlerinin en önemli dahili parçalarından olan maksimum güç noktası izleme cihazı mevcut devre içindeki en önemli elemanların başında sayılabilir ve bu nedenle solar invertör türlerinin (şebekeye bağlı, şebekeden bağımsız, hibrit) tamamında bulunan modüller olduğu bilinmektedir.

5.3.2. Şebekeye bağlı invertör (on-grid invertör)

Projelendirme yapılırken ihtiyaç olan enerji tespit edilir ve bu bağlamda güneş enerjisinden üretilen DC enerji invertöre gönderilir ve AC elektriğe dönüştürülmesi aşamasına gelinmektedir. İşte bu aşamada üretilen bu enerjiyi yüksek çevrim güçlü merkezi şebekeye bağlanabilen bir invertör ile doğrudan şebekeye ara da çift yönlü sayaç bağlantısı ile hem aktaran hem de ihtiyaç anında panellerin yetmediği ya da üretimde olmadığı dönemlerde şebeke enerjisini kullanmayı sağlayan invertör türüne şebekeye bağlı invertör adı verilir.

Mevcut durumlardan dolayı fazla enerjinin şebekeye aktararak satılmasına olanak sağlama ve ihtiyaç duyulan zamanlarda şebekeden elektrik temin etme gibi imkânlarını aynı anda içinde barındıran bu invertör türü GES projelerinde en çok tercih edilen ve neredeyse tamamında kullanılan tür olarak bilinmektedir. Sistemin 2 adet dezavantajı bulunmaktadır ki bunlardan ilki olası elektrik kesintisi anında sistemin kendini tamamen kapatması ve paneller üretim halinde olsalar dahi üretilen enerjiyi kullanmaktadırlar. Tabi ki günümüzde elektrik kesintilerinin giderek azalmakta olması ve olası sorunların kısa sürede çözüme ulaştırılması problemin büyümesini engelleyen durumu ortaya koysa da sistemin büyük akım ve voltaj değerlerine sahip olmasından dolayı olası kesintilere yol açma ve üretimlerde kayıp yaşanması durumu oluşturabilmektedir. Şekil 5.8. bağlantı görselini içermektedir. Diğer bir dezavantajlı durum kendi içerisinde ilk duruma neden olan sebeptir ki şebekeye bağlı invertörlere batarya paketi bağlantısı bulunmamaktadır. Bu nedenle de ilk durumda belirtilen kesinti anında kullanım dışı kalma olayı güvenlik nedeniyle yaşanmaktadır.



Şekil 5.8 : Örnek bir şebekeye bağlı invertör bağlantısı.

5.3.3. Şebekeden bağımsız invertör (off-grid invertör)

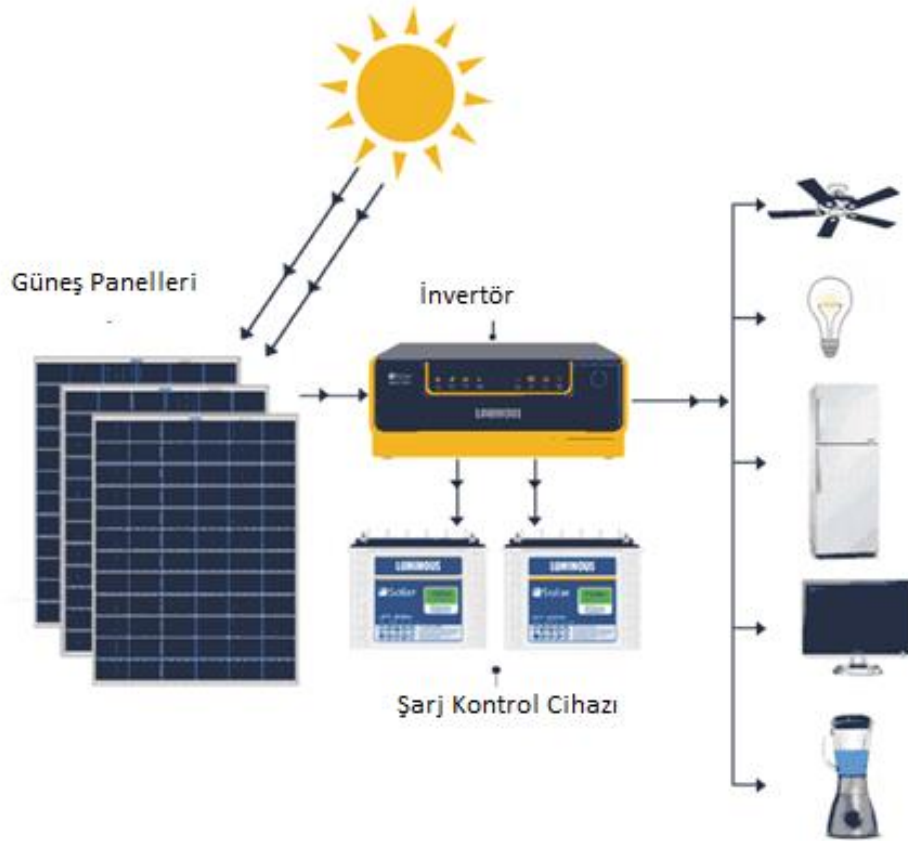
Şebekeye ulaşımın olmadığı ya da kısıtlı olduğu yerlerde bunun yanı sıra kendi kendine yetebileceği kabul edilmiş ve şebekeden izole çalışması istenilen sistemlerde kullanılan invertör çeşididir.

Yapısal anlamda tüketilecek enerji yalnızca güneş panelleri tarafından sağlanmaktadır. Bu sebeple kullanım güneş panelleri üretimde olmadığı zamanlarda da üretimdeyken de sistem içinde bulunan bataryalarda depo edilen enerji kullanılmaktadır.

Sistemin doğru çalışması adına şebekeye bağlantı olmadığı için bu sistemde sayaç bağlantısı ile şebekeye verilen alınan elektrik ölçümü yerine şarj kontrol sistemi olarak bilinen ürünler kullanılmaktadır.

Şarj kontrol sistemleri panellerden gelen elektriğin aküleri maksimum düzeyde belirlenen voltaj değerleri ile daha kısa sürede şarj etmesi ve doluma ulaştıktan sonra güvenlik açısından şarj işlemini kapatması ve eğer paneller üretime devam ediyorsa mevcut anda

kullanılan elektriği doğrudan panellerden ileten ayrıca olası geri akma durumlarında diyot davranışı sergileyen mantıktadırlar. Tabi ki şebekeden bağımsız sistemde ayrıca izleme ve takip görevlendirmesi işini MPPT ile yapmakta oldukları fakat bunun yanı sıra sistem daha küçük ölçekli olduğunda PWM denilen MPPT modüllerinden daha uygun fiyatlı ve bu fiyat farkından dolayı yanlış pik değeri adı verilen gölge anlarındaki asıl yüksek güç değerinden aşağı seviyede çalışma aralığını düzenleme konusunda daha yavaş ve aynı verimde çalışmasalar da küçük çaplı sistemler için maliyet farkı açısından uygun olan tercihtir olmaktadır. Tabi ki bahsi geçen durumda invertörün içerisinde mevcut MPPT barındırmayan küçük ölçekli sistemlerden bahsedilmektedir. Şekil 5.9. sistemi özetleyen basit bir yapı görselidir barındırmaktadır.



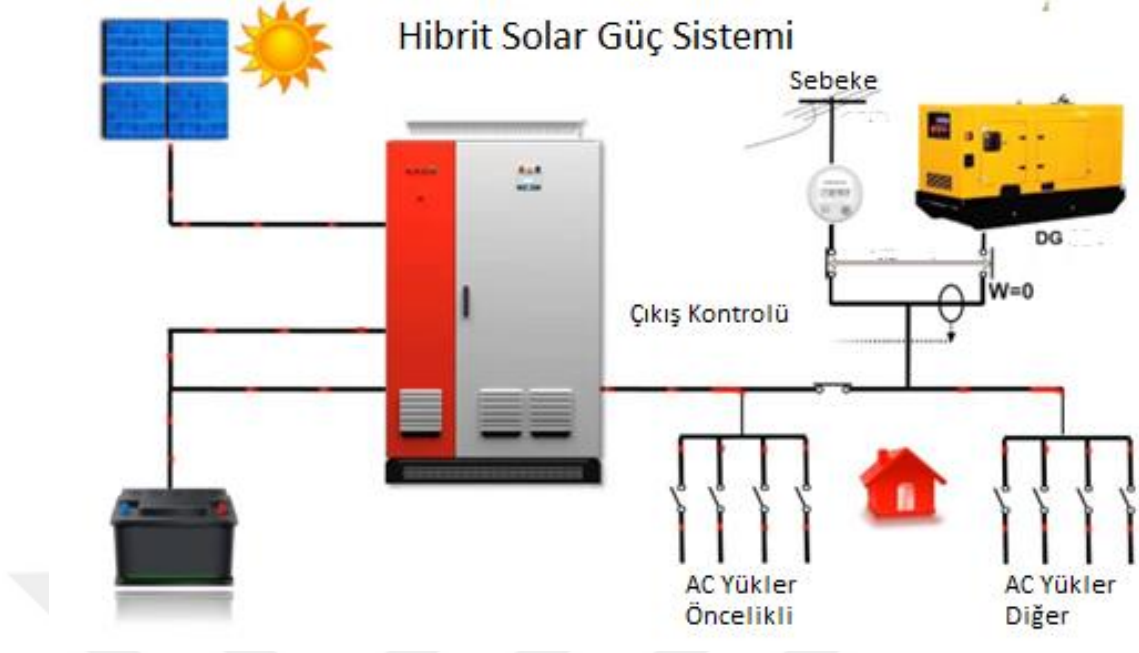
Şekil 5.9 : Örnek bir şebekeden bağımsız invertör kurulum yapısı.

5.3.4. Hibrit invertör

Mevcut durumda kullanılan invertörler arasında tüm ihtiyaçlara aynı anda cevap vermek adına en uygun invertör yapısıdır. Şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı invertör yapılarının eksikleri olan şebeke bağlantılı olan tür de olmayan batarya bağlantısı ve bundan kaynaklı ortaya çıkan kesinti anında kapanma ve elektrik kullanımı kısıtlanması yanı sıra olası kesinti anında panellerde üretilen elektriğin kullanılmaması ya da satılamıyor olması durumuna çözüm yolu olmaktadır. Ayrıca şebekeden bağımsız sistemlerde yaşanan enerji yetersizliği sorunu ya da olası panellerin elektrik üretimi yapamadığı ve bataryaların boş olduğu dönemde kullanılacak elektriğe ulaşım olmaması durumuna da çözüm olacak sistem olan hibrit invertörler kısaca şebekeye bağlı invertörlerin batarya bağlanabilen geliştirilmiş bir modelidirler.

Bu modelin kullanım sayısının az olması önemli dezavantajlarından kaynaklanmaktadır. Öncelikle büyük ölçekte kurulan GES projeleri büyük çoğunlukla panelden üretilen enerjinin şebekeye satılması ya da büyük işletmelerin elektrik maliyetlerini kısmak adına panellerin üretim yaptığı gündüz saatleri olan ve büyük ölçüde mesai saatlerine tekabül eden zamanlarda güneş enerjisinden faydalanan elektrik faturasından tasarruf ve fazla üretiminde satılması ile gelir sağlamayı amaçladıkları için bu tür sistemlerin tercih etmemesi durumunu ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte piyasada mevcut durumdaki üretimde hibrit invertörler çok büyük ölçekteki sistemlerin kullanımına için yeterli kWh değerlerinde olmamakla birlikte günümüzde yalnızca lityum iyon bataryalar ile depolanmış enerji kullanmaktadır.

Bu yapıda üretilen bataryaların yüksek maliyetlerinin yanında aynı ölçekteki bir şebekeye bağlı invertörden neredeyse 10-12 kat yüksek fiyat aralığında olmaları bu seçimin yapılmasını engelleyen durumlardandır. İlerleyen zamanlar kullanılan batarya sistemlerinin düzenlenmesi ve fiyatlarının daha makul seviyelere inmesine olanak sağlar ise tercih edilme sayıları gün geçtikçe artan bir grafik izleyecektir. Şekil 5.10. yapının bağlantı görselini içermektedir.



Şekil 5.10 : Şekil örnek bir hibrit invertör bağlantı yapısı.

5.3.5. Maksimum güç noktası izleme (MPPT)

Adından anlaşılacağı gibi mevcut görevi en yüksek güç noktası izlemek olan cihazlardır. İnvertör içerisinde bulunan türleri olduğu gibi daha küçük yapıda invertörler içerisinde mevcut olmadıkları durumlarda da sisteme monte edilmesi gereken bir cihazdır.

Başlıca görevi panellerin üzerinde bulunan hücrelerin anlık enerji üretim seviyelerini takip ederek mevcut durumda en yüksek üretim seviyesini yakalayıp sistemi bu seviyede tutarak üretimin en verimli seviyede kalmasını sağlar.

MPPT bağlantısının olmadığı durumda örneğin yaz döneminde öğle saatlerinde sıcaklığında optimal seviye ye yakın olduğunu varsayalım. Sistemin en yüksek üretim yapacağı an bu zaman aralığı kabul edilebilir. Diğer bir deyişle mevsimden bağımsız güneşten faydalanma ve sıcaklığın optimale yakın olduğu dönemde panellerin üzerine bir gölge gelmesiyle üretim seviyesi daha düşük bir seviyeye indikten sonra örneğin bu bir bina, ağaç, toz, bulut vb. sebepten kaynaklanabilir. Gölge gittikten sonra yükseldiği seviye öncesindeki maksimum seviyeye ulaşmayabilir ki yüksek ölçüde ulaşılan bu ilk pik noktasını maksimum nokta kabul ederek üretime devam eden yapılar görmekteyiz. Tam da bu durumlarda MPPT'ler böyle gerçek zamanlı kullanım durumlarında bağlı oldukları panelleri sürekli olarak takip ederek az önce bahsedilen yanlış pik noktalarını

aşıp gerçek maksimum seviyesine ulaşmasını sağlar, ayrıca bahsedilen gölge anları gibi anlarda da mevcut anın en yüksek üretim noktasına adapte ederek verimi en yukarı taşımayı sağlar.

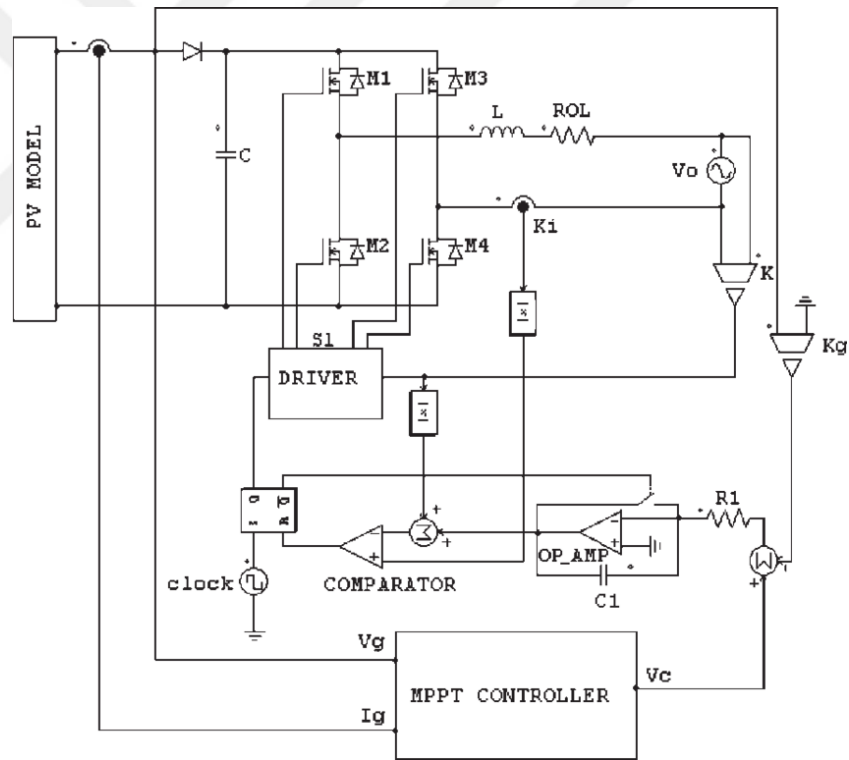
Özellikle şebeke bağlantısı olmayan sistemlerde örneğin 18-20 V seviyesinde voltaj ile üretim yapan panellerden aküye gidecek olan elektriğin 12 V olması durumunda arada bağlı durumda olan MPPT bu voltajı regülasyon ederek neredeyse kayıpsızca yakın bir oranla aktarma imkanı sağlaması en büyük özellikleri arasında yer almaktadır.

Burada bilinmesi gereken kısım önceki bölümlerde yer verildiği gibi daha küçük ölçekli yapılarda düşük maliyetli şarj kontrol cihazlarının yerini tamamen MPPT cihazların almasına neden olmayı engelleyen en önemli sebep öncelikle maliyet olmakla birlikte karmaşık ve hassas devreler olmasından kaynaklı doğru yere montaj gerekliliği ve hala tam anlamıyla çözüme ulaştırılamayan sorulardan biri olan bağlı dizi panelinde örneğin 10 panelli bir dizi bir MPPT'ye bağlı ve yalnızca biri daha yoğun biri de hafif gölge alandayken diğer paneller yüksek verim verebilecek imkanına sahipler. Bu gibi durumlarda cihaz bu düşümü sürekli takipte olduğundan kaynaklı seriyi istenilen en yüksek seviyeye tam anlamıyla taşıyamadan üretime devam etmek durumunda olabilir.

Önceki bölümlerde yer alan mikro invertörler bu sorunu büyük ölçüde ortadan kaldırırsalar da dezavantajları nedeniyle tercih edilmekten uzakta kalmış durumdadır. Dezavantajlı durumun genel bir sorun olması ve tüm tipte kurulan sistemlerde mevcut olmasından dolayı yine günümüz teknolojisinin bu verimi dengelemedeki en önemli ikilisi panele bağlı güneş takip sistemi ve MPPT cihazlarıdır. Şekil 5.11.ve 5.12. cihazın görseli ve örnek iç yapısını göstermektedir.



Şekil 5.11 : Örnek bir MPPT Şarj Kontrol Cihazı.



Şekil 5.12 : İnvörtör dahili MPPT örnek devre yapısı.

5.3.6. Sistem için uyumlu invertör seçimi değerlendirmesi

Yukarıda anlatılan bilgilerden de hareketle seçimi yapılacak olan invertörün sistemde kullanılacak panel sayısı bu panellerin dizi bağlantısına uygun olması, toplam güç seviyesine uyumlu olması, barındırdığı MPPT'lerin ve kendi yapısının panel voltaj

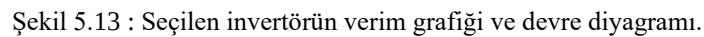
değerleri ve akım değerlerine uygun olması ile ilgili formüller mevcuttur. Bu formüller ve hesaplamalar ışığında yapılan seçim için gereken kriter belirleyici hesaplamalar kısmı ileriki bölümde yer almakta olup bunun dışında belirleyici etmen olan bölge bazlı kurulum kaynaklı seçimler ve yapılan çalışmalar için seçilmesi gereken türün şebekeye bağlı ya da hibrit olması gerektiği hususundadır.

Günümüz ülke şartlarında yapılan maliyet hesabı ve olası gelecek yakın dönem enflasyon oranı bazlı sonuçlar hibrit invertör maliyetinin amorti süresi, kurulum, bakım ve li-on batarya paketleri maliyeti eklendiğinde olumsuz sonuçlar doğmasına neden olmuştur. Bu nedenle seçim yapılan ürün Şebekeye bağlı işletme tipi 3 faz 380V çıkış verebilen invertör olarak belirlenmiştir ve aşağıda teknik özellikleri belirtilmekte olan üründen 2 adet invertör sistem için yeterli olacak merkezi invertörler olarak belirlenmiştir. Ürün Huawei firmasına ait 100 kWh (ihtiyaç durumunda tam sinüs akıllı yapısı ile 150 kWh ya kadar çalışabilen) SUN2000-100 KTL-M1 modeli seçilmiştir. Tablo 5.2. ve Şekil 6.13. seçilen ürünün özelliklerini göstermektedir.

Tablo 5.2 : Seçilen invertörün teknik özellikleri.

Üretici	Huawei Teknoloji
DC nominal çıkışı	101,95 kW
AC nominal güç	110 kW
Maksimum DC gücü	144 kW
Maksimum AC gücü	110 kVA
Bekleme konumundaki tüketim	15 W
Gece tüketimi	3,5 W
Minimum giriş gücü	80 W
Maksimum giriş akımı	260 A
Maksimum giriş gerilimi	1100 V
Nominal DC gerilimi	600 V
Faz adeti	3
DC giriş sayısı	20
Giriş geriliminin nominal gerilimden sapması nedeni ile verimliliğin değişimi	0,13 %/100V

MPP izleyici		
Çıkış gücü aralığı <nominal gücün %20'si	99	%
Çıkış gücü aralığı> nominal gücün %20'si	99,9	%
MPP izleyici sayısı	10	
Maksimum giriş akımı	26	A
Maksimum giriş gücü	21	kW
Minimum MPP gerilimi	200	V
Maksimum MPP gerilimi	1000	V



Kurulması hesaplanan sistemde seçilen güneş panelleri seçimi bunlara uygun gelen şebekeye bağlı invertör seçimi ve bu invertörün barındırdığı MPPT modüllerine uygun sayıda dizi oluşturarak bağlanacak olan panel seçimleri ve yapılan bağlantılar için kullanılması gereken formüllere dayalı hesaplamalar aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır.

- 42

- Harmonik filtreleme (invertör tarafından otomatik olarak %3 altında değer şeklinde sağlanmakta)
- PV modül-invertör uyum denklemleri

Denklemler:

$$I = I_{ph} - I_d \left[e^{\frac{(v+IR_s)q}{N_dKT_c}} - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (5.1)$$

$$V = IR_s \frac{Ns}{Np} \ln \left(1 + \frac{NpI_{ph} - 1}{NpId} \right) \quad (5.2)$$

Denklemden yapılan girdiler sırasıyla I_{ph} , hücre akımı, I_d , ters doygunluk akımı, R_s , modülün seri direnci, N_d , diyot faktörü, KT_c , kutup potansiyeli, V , voltaj değeri, R_{sh} , panelin şönt direnci değerleri ilk denklemden yerlerine yazılarak bulunmaktadır.

İkinci denklemden sırası ile R_s , modülün seri direnci, N_s , paralel bağlı hücre sayısı, N_p , seri bağlı hücre sayısı, I_{ph} , panelin hücre akımı ve I_d , ters yoğunluk akımı değerleri denklemden yerlerine yazılarak sonuç bulunmaktadır.

- Panel akım denklemi (5.1) denklem sonucu sıcaklığa bağlı panelde verilen katsayı ile çarpılır.
- Panel voltaj denklemi (5.2) denklem sonucu sıcaklığa bağlı panelde verilen katsayı ile çarpılır.

Sistem kullanılacak panel invertör uyum hesaplaması katalog değerleri ışığında uygunluk ölçülmesi adına yapılmış Excel programı yardımıyla hesaplanmış, aynı zamanda uygun panel seçimi de bu hesaplama doğrultusunda seçilmiş olup MPPT modül uyumluluğu da yine hazırlanmış olan Excel dosyasında bulunan çalışma ile yapılmıştır. Tablo 5.3.'de sistemde kullanılan panelin teknik detayları ile kullanılan invertör ve MPPT modüllerinin teknik özellikleri denklemlerde gerekli olan kısımlara yazılarak sonuçlarda birbirleri ile mevcut bağlama sistemine uygun oldukları kontrol edilmektedir.

Tablo 5.3 : Panel – İnvörtör uyumu Excel tablosu.

Maksimum sıcaklık(tmax):	85 °C	Evirici maksimum DC giriş gerilimi:	110 V	0
Minimum sıcaklık(tmin):	-40 °C	Evirici minimum dc giriş gerilimi:	200 V	
PV sıcaklık verim oranı (Voc)(k):	- 0,304 %/°C	Evirici maksimum MPPT giriş gerilimi:	100 V	0
PV sıcaklık verim oranı (Vmp)(k):	-0,36 %/°C	Evirici minimum MPPT giriş gerilimi:	200 V	
PV standart test koşulları (tnom):	25 °C	MPPT dizi giriş sayısı:	2	Adet
Dizideki maksimum seri panel sayısı(a):	13 Adet	MPPT maksimum giriş akımı:	26	A
Maksimum gerilim (Vmp):	41,4 V	MPPT kısa devre giriş akımı:	40	A
Açık devre gerilimi (Voc):	49,2 V			
Kısa devre akımı (Isc):	11,61 A			
Maksimum akımı (Imp):	10,87 A			
1.Durum:	Voc(-10°C) = 707,653	< 1100		Uygun
2.Durum:	Voc(25°C) = 552,102	> 200		Uygun
3.Durum:	Vmp(25°C) = 606,013	< 1000		Uygun
4.Durum:	Vmp(70°C) = 451,011	> 200		Uygun
Evirici maksimum kısa devre akımı=	23,22	< 40		Uygun
Evirici maksimum devre akımı=	21,74	< 26		Uygun

Kullanılan Excel programı ile güneş paneli katalog değerleri girildiğinde, invörtör değerleri ve MPPT değerleri girildiğinde panel-evirici uygunluğu açısından inceleme yapılmış ve buna göre seçim yapılması sağlanmıştır.

Örnek verecek olursak MPPT maksimum akım girişi 26 A ve Devre girişi 40 A değerinde iken panelin akım değerleri 20 A üzerinde olsaydı sistem uygun olmayan durum algılayacak ve bunun çözümü için 3 yöntem ortaya çıkacaktır. Bunlar;

1. Farklı bir güneş paneli ile hesaplama devam etmek
2. Farklı bir invörtör ya da dahili evirici seçenekli model ile devam etmek

3. Yukarıda belirtilen MPPT dizi giriş sırası bilgisinde her MPPT başına düşen 2 dizilik sıralama bağlantısını 1'e düşürerek devrenin müsaade ettiği miktarda seri panel sayısını arttırarak bağlantı sağlamak.

Örnekte verildiği gibi hesaplama sonucunda değişiklikler ya da gözlemler yapılarak panel ve invertör seçimi yapılmış olup seçilen ürünlerin uygunluğu gözlemlenmiştir.

İkinci aşamada kurulması planlanan sistemde yer alması düşünülen 488 adet panelin binanın mahya güneyi ve kuzeyinde bulunan alanlara 244 adet yerleştirilmesi ve 2 alana bağlanan 2 adet invertör ile desteklenmesi planlanmıştır.

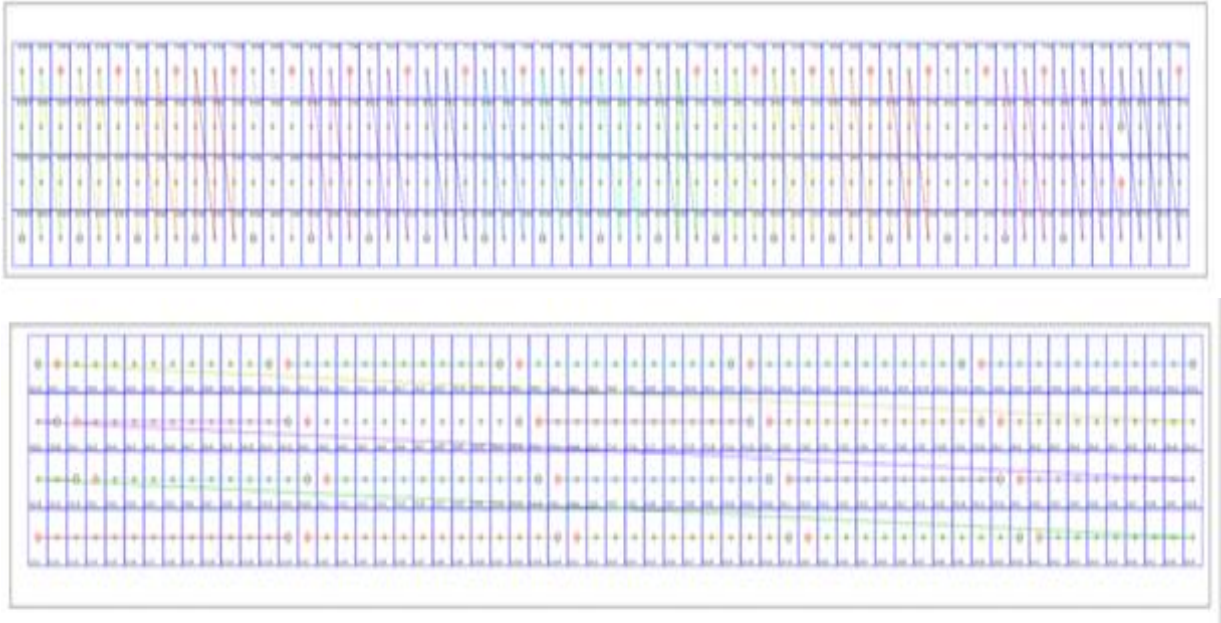
Yapılan Excel ölçümleri ürünlerin uygunluğunu gösterse de toplam değer ve üretilecek güç ve bağlanacak MPPT-Panel dizileri uygunluğu da farklı bir sistem üzerinde hesaplanmış ve PVSol programında hesaplanmış ve Tablo 5.4.'te düzenlenmiştir.

Tablo 5.4 : PVSol simülasyonunda panel-invertör ve MPPT-panel dizi bağlantısı

Modül alanı	Bina 01-Çatı Alanı Kuzey
İnvertörler 1	
Model	SUN2000-100KTL-M1 (400Vac)
Üretici	Huawei Teknolojileri
Boyutlandırma faktörü	99,8 %
Konfigürasyon	MPP 1: 2 x 14 MPP 2: 2 x 12 MPP 3: 2 x 12 MPP 4: 2 x 12 MPP 5: 2 x 12 MPP 6: 2 x 12 MPP 7: 2 x 12 MPP 8: 2 x 12 MPP 9: 2 x 12 MPP 10: 2 x 12

Yapılan simülasyon ve hesaplamalar ışığında görülen mevcut invertör içerisinde bulunan 10 adet MPPT modülünün 10 tanesi de dizi giriş sayısı 2 ve bu dizilerin 9 tanesi 12 panelli seriler şeklinde bağlanmış olmakta iken 1 adet MPPT 2 dizi 14 serilik bağlantı yapmış sistemin panel-invertör-MPPT bağlantısı tamamlanmış olup ayrıca boyutlandırma faktörü olarak belirtilen kısımda yer alan değerden anlaşılaacağı üzere maksimum üretim

değerini mevcut verimliliğinden ödün vereceği aralığa düşmeden çalıştırmaktadır. Verilen sistem kurulumunun aynısı bina çatısı mahyasının kuzey bölümünde yer alan kısım içinde yapılmış olup birbirinden farklı olarak tasarım şekillerinin değerlendirmesi ve uzun vade kullanımında nasıl sonuç vereceği gözlemlenmesi için güney alan dik yönde seriler ile kablolanmışken kuzey bölüm kablolaması yatay seriler oluşturularak yapılmıştır. Aşağıda Şekil 5.14.'te sistemin çatı bölümleri için kablolama yapılarının görseli bulunmakta olup dik kablolar güney, yatay kablolar kuzey yönü için düzenlenmiştir.



Şekil 5.14 : Çatı yapısı panel ve kablo bağlantıları 1.görsel kuzey bölüm, 2. görsel güney bölüm.

BÖLÜM 6. PLANLANAN BÖLGE ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

6.1. Sistem Kurulum Planı İçin Seçilen Alan Değerlendirmesi

Kurulum yapılacak olan alan kurulumu tamamlanacak olan TOGG firması tesislerine de çok yakında bulunan Bursa İli Gemlik İlçesinde ana yol güzergahı üzerinde, mevcut işyerlerine yakında olan ve AVM ile aynı parseli kullanmakta olan Akmanlar ahşap yapı malzemeleri binası çatısına yapılması planlanan kurulum aynı parsel içinde yer alan AVM otoparkının devlet tahsisli kısmında kurulması planlanan şarj istasyonu cihazları ile devam ettirilecek bir alan seçimi amaçlı planlanmaktadır.

Mevcut bölgeden ülkenin doğu ve batı bölgelerine özellikle Yalova ve Bursa güzergahı üzerinden gidecek tüm araçlar ve ilçenin sanayi ve liman bölgesi olan GEMPORT güzergahında seyredecek tüm araçların geçiş yolunda bulunan alan aynı zamanda bölgenin AVM binası ile aynı alan içinde olmasından ve çevre iş yerlerine ayrıca şehirlerarası otobüs terminaline yakın olması yönünden AVM ziyaretçileri, terminale gelen araçlar, yakın bölgede çalışanlar, yakın bölgede yaşayan halk ve yukarıda belirtilen aktif güzergahı tercih eden sürücüler tarafından kullanılabilir bir alan olması ve ilerleyen dönemde AVM ile yapılacak görüşmelerin olumlu olması durumunda geliştirilebilir bir sistem planı sunulmuştur. Aşağıda Şekil 6.1. ve Şekil 6.2.'de seçilen alan uydu ve bina görüntüsü olarak sunulmaktadır.



Şekil 6.1 : Seçilen lokasyonun uydu görüntüsü.



Şekil 6.2 : Seçilen lokasyonun ön cephe görüntüsü

Yapılan görüşmeler ışığında binanın yapı bilgileri;

- Zeminden yüksekliği: 12 metre
- Çatı eğimi: %6.24
- Çatının mahya bölümünden güneyde kalan kısım için panel alanı 529.6 m²
- Çatının mahya bölümünden güneyde kalan kısım için panel alanı 534 m²
- Çatı üzerine yerleştirilecek 144 hücreli panel sayısı toplam 488 adet
- Çatı malzemesi metal şingül panel yerleşimli güçlendirilmiş kafes modeli

Verilen bilgiler doğrultusunda yapılan PVSol programında yapılan panel yerleşimi mevcut bilgilere tamamıyla uyumlu olacak şekilde adapte edilerek uygulanmış ve modellenmiştir. Yapılan bu tasarım sistemin kurulduğu çatının mahya (çatı ortası) bölümünden kuzey ve güneyde kalan kısımların TEDAŞ şartnamesine uygun olarak kaç adet panel sığacağını içeren şekilde tasarlanmış ve görselleri Şekil 6.3. ve Şekil 6.4.'te paylaşılmaktadır.



Şekil 6.3 : PVSOL modelleme görüntüsü 1



Şekil 6.4 : PVSOL modelleme görüntüsü 2

Sistemin çatı kurulum düzenlemesinde Google HYBRID ile modüler yapıda çalışan OPENSOLAR programında tasarımı yapılan gerçek uydu alanı bazlı panel yerleşimi ile

Şekil 6.5.'de sistem PVSOL programında uygulamak için gerekli adet düzenlenerek işlenmekte ve çatı alanının 1 tarafını içeren Tablo 6.1. paylaşılmaktadır.



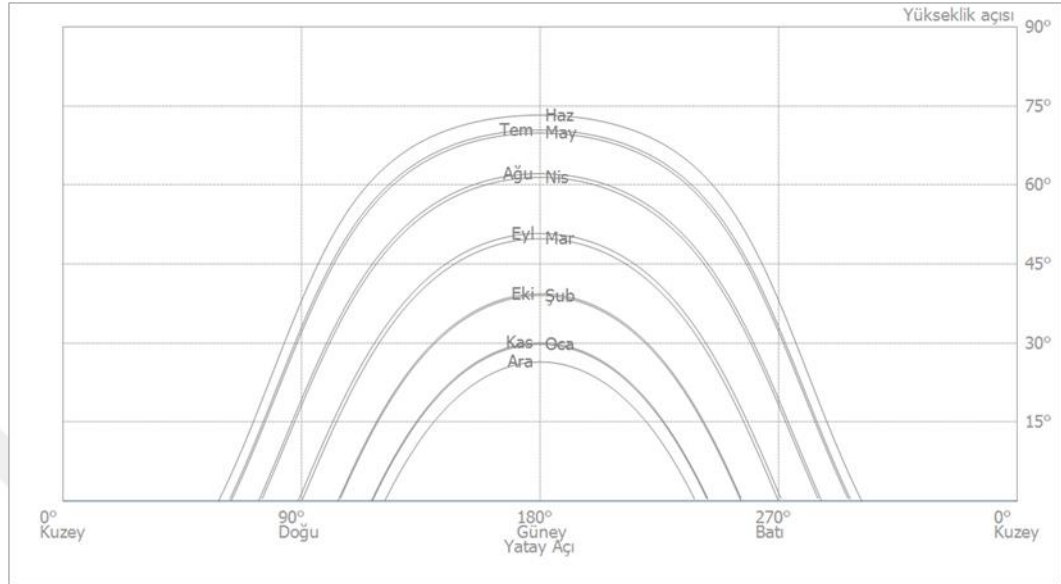
Şekil 6.5 : OPENSOLAR programı ile tasarlanan tam ölçekli panel yerleşim modeli.

Tablo 6.1 : Seçilen yapının mahya bölümünden güney alanda kalan kısım yerleşim bilgileri.

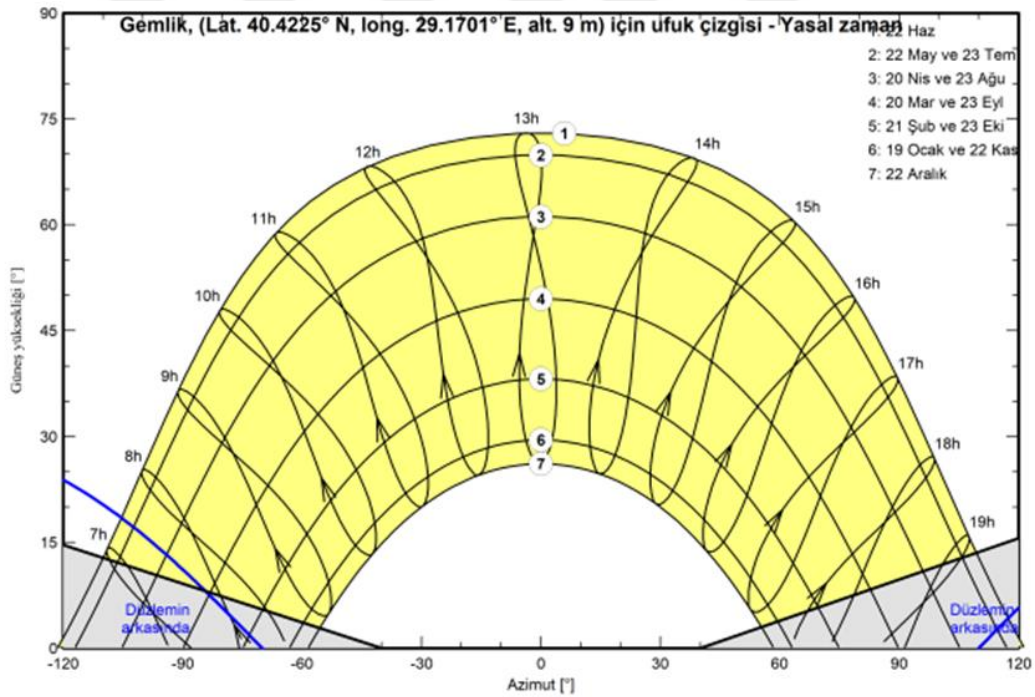
Bilgiler	Bina -Çatı Alanı Güney
PV modülleri	CWT450-144PM-HC (v1)
Üretici	CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti.
Eğim	6°
Yerleşim yönü	Güney 183°
Montaj türü	Çatı paraleli-iyi hava aldırır
PV jeneratör yüzeyi	534,6 m ²
İklim verileri	Gemlik, TUR (1996- 2018)
PV jeneratör çıkışı	219,6 KWp
PV jeneratör yüzeyi	1.062,2 M ²
Sayı PV modülleri	488
Evirici Sayısı	2

Yerleştirilen panellerin genel ölçüm değerleri için hazırlanmış olan ve PVSol programında düzenlenen değerler ile yeniden ölçümleri için Aurora Solar programında

yapılan işlemlerin Şekil 6.6.'daki görselde değerleri verilmiştir. Ayrıca Şekil 6.7.'de PVSyst programından alınan güneş yörüngesi ve azimut/yükseklik grafiği bulunmaktadır.



Şekil 6.6 : Bölgenin Aurora Solar simülasyonunda ufuk çizgisi konfigürasyonu.

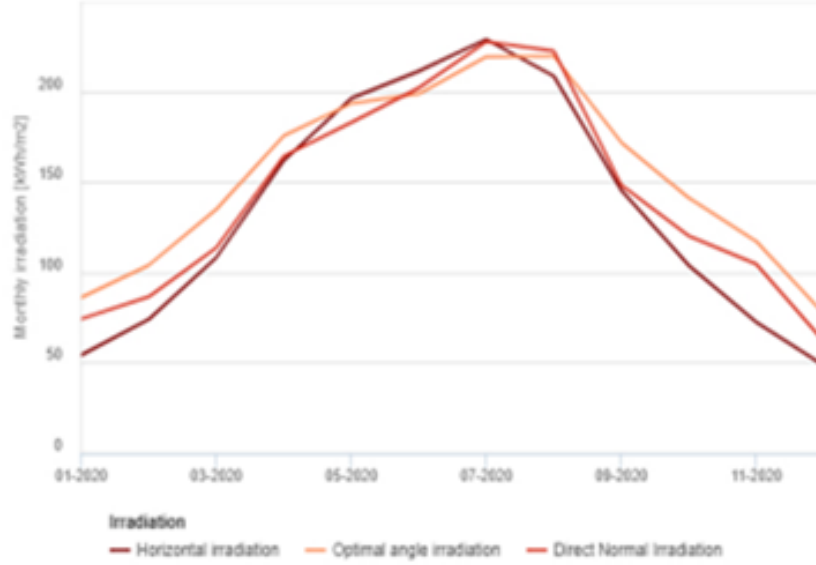


Şekil 6.7 : PVSYST programında hesaplanan güneş yörüngesi ve azimut/yükseklik diyagramı.

Yapılan gerçek kurulum sistemi bazlı simülasyonlar öncesi güneşlenme oranı ve üretim kapasitesi yapılması adına PVGIS programında değerler bazlı bir simülasyon aylık ve

mevsimsel ölçümü yapılmış olup sonrasında yeni sisteme adapte edilmiştir. Şekil 6.8.'de alınan değerlerin grafik ve tablo içerikli görseli bulunmaktadır.

Aylık güneş ışınlama değerleri



Yatay difüz ışınlama		Doğrudan normal ışınlama		Global ışıma optimum açıda	
Aylar	2020	Aylar	2020	Aylar	2020
Ocak	54.38	Ocak	74.35	Ocak	86.28
Şubat	74.14	Şubat	86.59	Şubat	104.07
Mart	108.36	Mart	113.66	Mart	135.02
Nisan	161.99	Nisan	164.46	Nisan	175.71
Mayıs	196.43	Mayıs	183.01	Mayıs	193.53
Haz	211.47	Haz	202.14	Haz	198.88
Tem	229.03	Tem	227.69	Tem	219.44
Ağu	208.68	Ağu	222.66	Ağu	219.68
Eylül	145.51	Eylül	148.49	Eylül	171.92
Ekim	103.93	Ekim	120.27	Ekim	141.36
Kasım	72.56	Kasım	104.72	Kasım	117.26
Aralık	48.66	Aralık	61.83	Aralık	77.23

Şekil 6.8 : PVGIS programında öncelikli fizibilite çalışması amaçlı panel başına üretim değerleri ile kurulu simülasyon aylık üretim değeri sonuçları.

Yapılan ortalama değer simülasyonu proje değerleri seçimi öncesinde bölge için yatay ışınlama, yatay azimut değerine bağlı ışınlama, çevre sıcaklığı, yukarıda belirtilen değerlerin elde edilmesi ve seçim yapılırken esas alınması kısmında imkan sağlamaktadır.

6.2. Şarj İstasyon Cihazı Seçim ve Değerlendirme

Kurulumu yapılması planlanan tesiste çalışmanın önceki aşamalarında belirtilen kısımlar olan panel seçimleri, bu panellere uygun invertör ve MPPT bağlantı, seri ve dizi oluşturmalarının uygun hesaplamalar neticesinde yapılmış olması, sonrasında yapılacak planlama, kablo bağlantıları, çift yönlü sayaç bağlantısı ve bununla birlikte kurulması gerekli olan pano tertibatı düzenlemesi şeklinde olacağından, panoda kullanılacak termik manyetik şalterler ve akım sigortalarının sayısı ve seçimi için gerekli değerlerin hesaplanmasının öncesinde bu bölümden sağlanacak olan şarj istasyon ünitelerinin seçimleri yapılması gerekmektedir.

Amaç kullanılacak ünite sayısının belirlenmesi ve TEDAŞ şartnamesine uygun işletme özellikleri içeren değerlerde kullanımının yapılması dahilinde bu ünitelerin kurulumunda gerekli olacak pano içi tertibatın ürün kalemlerinin sayılarını belirleyecek olan hesaplamaların şarj üniteleri seçimi olduğu gerçeğini ortaya koymaktadır.

Öncelikli olarak çalışma mantıkları, genel yapıları ve şartname değerlerinin işletmeler bazındaki ölçüleri ve buna uygun sayıda ünitenin sistem için seçilmesidir. Bu doğrultuda pano kurulumu için gerekli şartları sağlayacak ortamı sisteme uygun hale getirmek amaçlı değerlendirme yapılmıştır.

Elektrikli araç şarj üniteleri, araç ile yapılan bağlantıyı araç ve insan için güvenli hale getirmek hususunda araç ile haberleşme halinde kalarak araca uygun şarj yöntemi ile aktarım yaparak bir dizi güvenlik önlemini aşamanın her anında aktif ve inceleme halinde tutarak aracı en uygun ve güvenli şekilde şarj etmemizi sağlayan cihazlardır.

6.2.1. Şarj ünitesi yapı ve türlerinin seçimi ve değerlendirmesi

Elektrikli araç yapılarından bahsederken Avrupa, Amerika ve Japonya standartlarına uygun olarak üretilen şarj kablo yapıları ve en çok tercih edilen türleri, bölgelerin kendilerine ait standartları ve bu standartlar neticesinde belirlenen voltaj ve akım değerlerinden bahsedilmiştir. Japonya gibi yalnızca DC elektrik ile şarj edilen standartlar ve ona uygun üretilen şarj kabloları ve yapı örnekleri gibi incelemeler sonrası ülkemizde kullanılan standardın Avrupa standartları olduğu ve Avrupa’da yaygın olarak kullanılan ev tipi ve işletme tipi şarj kabloları ve yapıları AC ve DC elektrik ölçütlerinde voltaj ve

akım standartları ve bu bağlamda TEDAŞ şartnamesine uygun seçim yapılması detaylandırılan kablo yapıları ve araç yapı türlerinde uygulanan şarj sistemlerine göre ölçüt alınarak tercih işlemi yapılmıştır.

Şarj istasyonu seçimi yapılırken bakılacak ilk hususlardan biri araçların birçok modelinin ihtiyacına cevap verecek bir yapı ihtiva etmesinden geçmektedir ki burada belirtilmek istenen piyasada bulunan tüm elektrikli araçların araç içerisine tek faz ya da 3 faz gönderilen AC elektriğin dahili şarj sistemiyle çevirerek doğrultması özelliğini barındırıp barındırmama durumuna göre değişiklik göstermektedir. (Volker Lazzaro, 2010) Başka bir deyişle araç içinde dahili şarj sistemi bulunmuyor yani araç yapısı AC elektrik ile enerji alma ve DC elektriğe çevirerek doğrultma sistemine sahip değilse bu tür araç modellerinde AC üniteden şarj verilemeyeceği gibi bu araçların ihtiyacına cevap vermek için ünitenin DC şarj imkanı olması gereklidir.

- Yönetmeliğe uygunluk
- Kurulacak sisteme uygunluk
- Sayısal bazda seçim için doğru ünite adet belirlenmesi
- Sistemin üretim ve uygulama limitlerinin aşılmayacağı ürün seçimi yapılması
- İçerisinde gerekli güvenlik, haberleşme, tüketim, bağlantı ve ödeme sistemlerini barındırması
- Mevcut türlerde araç şarj yapılarının çoğuna aynı anda cevap veren nitelikte olması
- Harmonik bozulmaya neden olma gibi özellikle şebeke için problem olacak durumlara harmonik filtrelemeler kullanımı amaçlı düşük değerler ihtiva etme

Belirtilen maddelerde de görüldüğü gibi birçok niteliğe sahip olması gereken ve en önemli unsurlardan birisi olan maliyet kısmında da fiyat-performans ürünü olması beklenen bir seçim yapılması düşünülmüştür. Ürün seçimi yapılırken cihazın 3 faz AC ve DC hızlı şarj özellikleri ve farklı soket yapısında araçlara ve ihtiyaca uygun çözümler sağlayacak nitelikte olması gerekmektedir. Haberleşme ve kontrol protokollerine sahip bir cihaz seçimi yapılması düşünülerek aşağıda belirtilen üründen 4 adet şarj istasyonunun sisteme entegre edilmesi uygun bulunmuştur.

Seçilen ürün ZES (Zorlu Enerji Çözümleri) firmasına ait DC Yüksek Hızlı Şarj İstasyonu-EVC03 DC 90 CHSP ürünü seçimi yapılmış ve Şekil 6.9.'da görseli paylaşılmıştır.



Şekil 6.9 : Seçilen şarj istasyonu ünitesi ZES 90 kWh DC 4giriş şarj ünitesi.

Teknik özellikler;

- Yüksek hızda güvenli şarj imkanı
- Araç içinde getirilen kablo ile birlikte toplamda 4 araca kadar şarj imkanı
- Araç üretim türüne göre DC ya da AC şarj imkanı
- Dahili DC hızlı şarj soketi 90 kWh değere kadar
- 22 kWh AC şarj soketi
- Başlık uyum değişimli CHAdeMO (Japonya) ve SAE J1772 (Amerika) uyumlu şarj soketi
- Dinamik yük yönetimi

- AC Soket Tip 2 Mod 3 soket ve kablo yapısı
- 3 faz giriş yapısı
- 10.1” TFT ekran
- Ethernet, Wi-Fi, LTE bağlantısı
- RFID kart okuyucu özellik
- OCPP 1.6J standardı özellikleri
- Harmonik bozulma düzenleyici entegre sistem
- Sıvı ve hava soğutmalı şarj sistemi
- 5 m entegre kablo
- Otomatik güvenli anahtarlama sistemi
- Dikili tip işletme tipi kurulu model yapısı
- IP66, IEC 62196, IEC 61851, CHAdeMO, SAE J1772 ve CN90 standartlarına uygunluk

6.3. Pano Tertibatı ve Kullanılacak Ürün Seçimleri

GES projelerinin en önemli ve genel olarak en detaylı işlem gerektiren kısımlarından biri TEDAŞ yönetmeliğine uygun kurulum yapılması ve gerekli izinler için onay sağlaması gereken pano tertibatı kurulumu olmaktadır.

Özellikle alçak ve orta gerilim seviyelerinde projelendirme esasları lisanssız elektrik üretimi ismi ile bilinen rapor sistemi ile yürütülen projeler olduklarından dolayı sistem içerisinde detaylı tahkikatlar yapılması gerekmektedir.

Örnek vermek gerekirse mevcut durumda elimizde 300 panel yerleştirebileceğimiz bir bina çatısı olduğu düşünülürse 60 hücreli ortalama olarak kullanılan panel ebatlarına göre hesaplanmaktadır. Gerekli araştırmalar, maliyet hesapları, verim değerleri vb. değerlendirmeler ile panel seçimi yapılmış olsun. Panellere uygun invertör seçimi gerekli inceleme ve hesaplar sonrası MPPT ya da tercih üzerine PWM ürünleri seçimi ve dizi, seri bağlantı yapıları kurulumu sağlanmıştır. Projenin üretim ve kullanım için en önemli aşamalarının çoğu sağlanmış olmaktadır fakat alınması gereken TEDAŞ izinleri ve

uygunluk esasları şebekeye bağlantı ve güvenli kurulum tertibatı aşamalarının dahil olmasıyla birlikte incelemeye alındığında özellikle pano kurulum ve kablolama aşamalarını projelerin onay alması adına en önemli aşamaları haline getirmektedir.

Kurulumu planlanan sistemde yer alacak pano tertibatı düzenlemesi ve hazırlanırken bir kişi tarafından akla gelmeyecek detaylarında mevcut olması ki tüm bu ürün ve malzemelerin uygunluğu tespitinin yapılması hususunda profesyonel yardımlar alınması ve kurulum aşaması yanı sıra TEDAŞ onay belgelerini alma süreci hususunu hızlandırma ve kolaylaştırma kısmında en uygun seçeneklerden biri olmaktadır.

Projede kurulumu planlanan pano tertibatı sürecinde profesyonel görüş alma konusunda yapılan iletişimler doğrultusunda Enerjibeş firmasından bu tür projeler üzerine sürekli çalışmalar yapan profesyonel olarak uzun yıllardır sektörde olan mühendisler ile yapılan görüşmeler ve Webinar toplantılar sonrası gerekli malzeme kurulum safhaları ve örnek tek hat şeması çalışmaları hususunda yürütülen işlemler ile projenin bu safhada gelişmesi sağlanmıştır. Pano içerisinde bulunacak olan malzeme, ürün ve tertibatlar;

1. **Bakır bara:** Baralar, elektrik enerjisinin kontrol ve kumanda edilmesini, ünitelerin birbirleriyle irtibatını sağlar. Bu sebeple baralar iletken özelliğe sahiptir. (Elektrik rehberi 2018) Ayrıca topraklama ve izolasyon sağlamak için kullanılan izolatör.
 - 50×10 mm², 4,45 kg/m bakır bara (toplam 44,5 kg),
 - 8 mm Çap, 0,25 kg/m, bakır bara (toplam 5 kg),
 - Sınıf 1 tipi izolatör (6 adet),
2. Şehir içi alçak gerilim ve orta gerilim müşterek şebeke direkleri (kurulum yapılan bölgedeki dağıtım noktası şebeke bağlantısından izinle sağlanmış olarak yeni elektrik direği kurulum ihtiyacı ortadan kalkmaktadır)
3. **Lily AWG 3:** AWG denilen kısım “American wire gauge” standardı olarak bilinen iletkenlik değeridir. Km başına ağırlık kapasitesi alçak ve orta gerilim değerlerine göre farklı isimlerle anılmaktadır. (Rose, Lily, Iris, Pansy, Swallow (orta gerilim örneği) vb.)
 - Lily AWG 3 (72,8 kg/km) (toplam 3,2 kg),

- Tek gergi tertibatı: Swallow – 3/0 (2 takım),
4. **Parafudr:** Elektriksel sistemlerin aşırı gerilim darbelerine karşı korunmasında kullanılırlar. Parafudr, ani aşırı gerilim darbelerine karşı elektriksel sistemleri koruyan, normalde pasif olan, sisteme paralel bağlanan koruma elemanlarına parafudr denir. Bu ani aşırı gerilim darbeleri yıldırım veya iç aşırı gerilimler olabilir ve bu gerilimler mikro saniye seviyesindedir. (Yılkomer projesi, 2016)
- 230/400V, 50 kA metal oksit (ZNO) Parafudr (2 adet),
5. **Otomatik sigorta:** Minyatür devre kesiciler olarak da bilinen tesisata bağlı cihazları kaçak akım ve aşırı akıma karşı koruyan devre elemanlarıdır. Ayrıca otomatik sigortadan farklı olarak fazdan gelen elektriğin devreyi nötr harici hat üzeri denilecek farklı bir yoldan tamamlamasını önüne geçmek için kaçak akım rölesi ihtiyacı bulunur.
- 220 V, 25 A anahtarlı otomatik sigorta (2 adet),
 - 220 V, 40 A, anahtarlı otomatik sigorta (4 adet),
 - Kaçak akım rölesi 200 A 230/400 V (2 adet)
6. **Çift yönlü sayaç:** Hem panellerden invertöre gelen ve şebekeye gönderilen elektriğin hem de şebekeden invertöre girerek sistemde kullanılan elektriğin kontrolünü sağlayan sayaç mekanizmasıdır. Ayrıca sistemlerde elektrik okuma montaj yapılan bina içinde kullanım amaçlı düşülme durumundan dolayı (T1, T2, T3, P ölçümlerinden kaynaklı) ayrıca sisteme 3 faz tek yönlü sayaç montajı da yapılmıştır.
- Kombi x/100 V, x/5 A, elektronik sayaç (1 adet),
 - 3 fazlı, 4 telli, 4 tarifeli, demantmetreli, aktif elektronik elektrik sayacı (1 adet)
7. **Termik Manyetik Şalter:** Devrenin aç-kapa durumunu kontrol ederken örneğin panoda oluşan kısa devre gibi durumlarda kesinti sağlayan limit cihazlarıdır.
- 3x80 A, $I_{cn}= 8 \text{ kA}$, $1.7 \times I_{cn}$, güç kat: 0.5 termik manyetik kompakt şalter (2 adet), Burada I_{cn} beyan edilen işletme nihai kesme kapasitesi akım

değeridir. Hesaplama da kullanılan 1.7 değeri kısa süreli dayanım değeri katsayısıdır.

- 3x 400 A, $I_{cn}=25$ kA, $2.1 \times I_{cn}$, güç kat: 0.25 termik manyetik kompakt şalter (4 adet),
- Sabit ve otomatik kompanzasyon adıyla bilinen pano karkası (110x120x207cm),
- 400 voltta, güç kondansatör bataryası (40 kVAR),
- Şebekede oluşacak olağan dışı olaylarda sistemi şebekeden ayıracak ABB CM UFD şebeke rölesi (1 adet)
- Devreden geçen akımı çatı bloğunun iki yanından gelen bağlantıdan ölçmek adına 3x2500/5, 15 VA, $S_n: 0,5$ akım trafosu (2 adet)
- Son olarak en önemli parçalarından biri olan sistemi manuel durdurmak için kullanılacak olan acil stop butonu (2 adet)

Yukarıda listelemesi detaylı şekilde yapılmış olan ve tüm kalemleri yazılmış olan malzemeler ile sistemin pano bağlantısı tamamlanarak sistem TEDAŞ şartnamesine uygunluk adına hesaplanmış ve güvenlik önlemleri açısından düzenlenmiştir.

6.4. Kablolama Aşaması ve Kablo Türleri Değerlendirmesi

Neredeyse en basitten en karmaşık yapılara kadar her yerde görebileceğimiz devre ve kurulum sistemlerinin tamamında kablolama kullanılmaktadır. Bu sebeple çok fazla sayıda devre ve bağlantı elemanına sahip olan sistemlerin tamamı belirli ürünler ve yapılara göre farklı türde ve içerikte kablo türü kullanımı ihtiva eder durumdadırlar.

Kablolar öncelikli olarak iç mekan ve dış mekan kablolar olarak ayrılmaktadırlar. Tabi ki bunun yanı sıra haberleşme, “bus bar”, alçak, orta ve yüksek gerilim vb. sistemler ve ürünlerin ihtiyacına yönelik örneğin CAT-5, CAT-6, RS232 vb. özel kablolarda bulunmakla birlikte bu kablolarda esasen dış mekan iç mekan için seçenekli yapıdadırlar.

Görünümleri, iç yapıları, kalınlık ve malzemeleri açısından çok sayıda olsalar da başlangıçta içerikten ziyade olası alevlenme durumlarını engelleme konusunda daha becerikli yapıda olmaları istenen iç mekan kabloları buna uygun kimyasal kaplama ile

düzenlenirken genellikle dış mekan kabloları yıldırım, kaçak akım, yüksek voltaj ve akım değerleri gibi enerji ve güç yüksekliği konularına yönelik önlemlerle düzenlenmiştir. Ayrıca bunun yanı sıra yer altı kablosu olarak bilinen ürünlerin dış kaplama unsurları bu düşünceye göre geliştirilirken “havai” olarak bilinen güneşe maruz kalacak olan kablo türleri de uzun süreli güneş ışınlarına maruz kalma durumu esas alınarak üretilmiştir.

Sistemde kullanılacak olan güneş enerjisi kabloları özellikle maruz kalacakları güneş ışınlarına göre uzun ömürlü olma ve verim kaybını engelleme açısından kayıplar bakımından düzenlenmiş yapıda olmaktadır. Bu durum beraberinde çok miktarda kullanılacak olan “NYAF” topraklama kabloları, haberleşme kabloları (RS432, RS232, CAT6) ile ihtiyaca göre orta ve yüksek gerilim kabloları yapılmakta olup mevcut sistem değerlerine göre “XLPE” olarak bilinen alçak ve orta gerilim kablolarına uygun niteliktedir.

6.4.1. Kablo seçimi, kablolama hesapları, kısa devre, konnektör, kayıp ve topraklama hesaplaması aşaması

PV modül-invertör-MPPT uyumluluk hesaplamalarında olduğu gibi sistemin ihtiyaç duyduğu kablolama ve bağlantı elemanları hesaplamaları ve sisteme uyumluluk kısmında da hazırlanmış olan Excel programında yapılan hesaplama sistemde kullanılacak kablolar ve bu bağlamda uygun değer ve ulaşabilecekleri olası durumlardaki maksimum değer seviyeleri ve kabloların özellikleri belirtilmiş ve formül üzerinden hesaplanmıştır.

Kısaca çeşitleri ve türleri listelenerek verilmiş ve ardından topraklama ve kayıp formülleri de listeye eklenerek yapılan hesaplama aşaması sunulmuştur. Yapılan bu hesaplamalar aşağıda verilmiş olan Tablo 6.2.’de kablo iç yapı ve türleri değerlendirmesi sonrası verilen Şekil 6.10., 6.11., 6.12., 6.13. görsellerinde paylaşılan özellik tablolarından seçilmişlerdir.

Tablo 6.2 : Kablo türleri ve iç yapıları

1. NA2XH: Alev yayılmasına dayanıklı, halojensiz, alüminyum iletkenli çok damarlı örgülü kablo	
2. N2XH: Halojensiz, alev yayılımına dayanıklı tek damarlı bakır kablo	
3. NAYY (YAVV): PVC izoleli, alüminyum iletkenli, alçak ve orta gerilim güç kablosu	
4. NYY (YVV-U, YVV-R): PVC izoleli, alçak gerilim güç kablosu	

BOYUT VE AĞIRLIKLAR			ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER					
Normal Kesit	Dış Çap (Yaklaşık)	Net Ağırlık (Yaklaşık)	Sevki Uzunluğu	İletken DC Direnci 20 °C Max	Akım Taşıma Kapasitesi (A)			
mm ²	mm	kg/km	m	ohm/km	Toprakta 20 °C		Havada 30 °C	
					***	**	***	**
1x25	10,5	150	1000	1,20	-	114	-	106
1x35	12,0	180	1000	0,868	164	137	163	131
1x50	13,5	225	1000	0,641	195	163	200	161
1x70	15,5	305	1000	0,443	238	201	254	205
1x95	17,0	405	1000	0,320	284	240	313	253
1x120	19,0	510	1000	0,253	323	274	366	296
1x150	21,0	605	1000	0,206	361	308	420	341
1x185	23,0	765	1000	0,164	408	348	486	395
1x240	26,0	925	1000	0,125	476	408	585	475
1x300	28,0	1155	1000	0,100	537	462	675	548
1x400	31,0	1480	1000	0,0778	616	531	798	647
1x500	35,0	1850	1000	0,0605	699	601	926	749

Şekil 6.10 : NA2XH Alüminyum kablo özellik ve detayları.

BOYUT VE AĞIRLIKLAR			ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER					
Normal Kesit	Dış Çap (Yaklaşık)	Net Ağırlık (Yaklaşık)	Sevk Uzunluğu	İletken DC Direnci 20 °C Max	Akım Taşıma Kapasitesi (A)			
mm ²	mm	kg/km	m	ohm/km	Toprakta 20 °C		Havada 30 °C	
					***	**	***	**
1x4	6,5	70	1000	4,61	66	55	56	44
1x6	7,0	95	1000	3,08	82	68	71	57
1x10	8,5	130	1000	1,83	109	90	96	77
1x16	9,5	200	1000	1,15	139	115	128	102
1x25	11,0	300	1000	0,727	179	149	173	139
1x35	12,0	400	1000	0,524	213	178	212	170
1x50	13,5	500	1000	0,387	251	211	258	208
1x70	15,5	750	1000	0,268	307	259	328	265
1x95	17,5	950	1000	0,193	366	310	404	326
1x120	19,5	1200	1000	0,153	416	352	471	381
1x150	20,5	1500	1000	0,124	465	396	541	438
1x185	23,5	1850	1000	0,0991	526	449	626	507
1x240	26,5	2350	1000	0,0754	610	521	749	606
1x300	28,5	3000	1000	0,0601	689	587	864	697
1x400	32,5	3900	1000	0,0470	788	669	1018	816
1x500	35,0	4900	1000	0,0366	889	748	1173	933

Şekil 6.11 : N2XH Bakır kablo özellik ve teknik detayları.

BOYUT VE AĞIRLIKLAR			ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER					
Normal Kesit	Dış Çap (Yaklaşık)	Net Ağırlık (Yaklaşık)	Sevk Uzunluğu	İletken DC Direnci 20 °C Max	Akım Taşıma Kapasitesi (A)			
mm ²	mm	kg/km	m	ohm/km	Toprakta 20 °C		Havada 30 °C	
					***	**	***	**
1x16	10,0	130	1000	1,91	75	84	80	66
1x25	11,5	160	1000	1,20	125	105	87	75
1x35	12,5	200	1000	0,868	151	127	131	113
1x50	14,0	280	1000	0,641	179	151	160	138
1x70	16,0	350	1000	0,443	218	186	202	174
1x95	18,0	450	1000	0,320	261	223	249	210
1x120	20,0	550	1000	0,253	297	254	291	244
1x150	22,0	700	1000	0,206	332	285	333	281
1x185	24,0	800	1000	0,164	376	323	384	320
1x240	27,0	1050	1000	0,125	437	378	460	378
1x300	30,0	1300	1000	0,100	494	427	530	433
1x400	34,0	1700	1000	0,0778	572	496	642	523
1x500	37,5	2050	1000	0,0605	649	562	744	603

Şekil 6.12 : NAYY (YAVV) Alüminyum kablo özellik ve teknik detayları.

BOYUT VE AĞIRLIKLAR			ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER					
Normal Kesit	Dış Çap (Yaklaşık)	Net Ağırlık (Yaklaşık)	Sevk Uzunluğu	İletken DC Direnci 20 °C Max	Akım Taşıma Kapasitesi (A)			
mm ²	mm	kg/km	m	ohm/km	Toprakta 20 °C		Havada 30 °C	
					***	***	***	***
1x1,5	5,8	50	1000	12,1	-	30	25	20
1x2,5	6,2	60	1000	7,41	-	39	34	27
1x4	7,0	85	1000	4,61	-	50	45	37
1x6	7,5	105	1000	3,08	-	62	57	48
1x10	9,0	160	1000	1,83	-	83	78	66
1x16	10,0	215	1000	1,15	127	107	103	89
1x25	11,5	320	1000	0,727	163	137	137	118
1x35	12,5	420	1000	0,524	195	165	169	145
1x50	14,0	570	1000	0,387	230	195	206	176
1x70	15,5	780	1000	0,268	282	239	261	224
1x95	18,0	1050	1000	0,193	336	287	321	271
1x120	19,5	1300	1000	0,153	382	326	374	314
1x150	21,0	1600	1000	0,124	428	366	428	361
1x185	23,5	1950	1000	0,0991	483	414	494	412
1x240	27,0	2550	1000	0,0754	561	481	590	484
1x300	30,5	3150	1000	0,0601	632	542	678	549
1x400	34,0	4200	1000	0,0470	730	624	817	657
1x500	37,0	5200	1000	0,0366	823	698	940	749
1x630	42,0	6450	500	0,0283	866	775	1042	858

Şekil 6.13 : NYY (YVV-U) Bakır kablo özellik ve teknik detayları.

Kablo kesitleri ve denklemlere dayalı hesaplamalar (Kayıp ve topraklama) ve sonuçları için düzenlenmiş olan Excel tablosu aşağıda verilmiş olup denklemler kullanılarak hesaplanan sistemde kablo akım taşıma gücü ve seçilen kesit genişliği sistemde kullanılacak olduğu alanda taşınacak güç ve mesafe ile hesaplanarak sonucun uygunluğu ölçülen Tablo 6.3.'de topraklama kablosu üzerinde yapılan örnek çalışma olarak verilmiştir.

$$e = n \times V \times \Delta v [\%] \quad (6.1)$$

$$S = \frac{L I}{x e} = \frac{60 \times 8.7}{56 \times 13.29} = 0.704 \text{ mm}^2 \quad (6.2)$$

$$\%U_k = \sqrt{(\%U_x)^2 + (\%U_r)^2} \quad (6.3)$$

$$X_{tr} = \frac{\%U_x (U_n)^2}{S_n} \quad (6.4)$$

$$I''_{k1} = \frac{1,1 U_n \sqrt{3}}{Z [Z_1 + Z_0]} \quad (6.5)$$

$$I''_{k2} = \frac{1.1 U_n}{2 \sqrt{R_t^2 + X_t^2}} \quad (6.6)$$

$$I''_{k3} = \frac{1.1 U_n}{\sqrt{3} \sqrt{R_t^2 + X_t^2}} \quad (6.7)$$

$$S = \frac{I_a}{k} \sqrt{\frac{t_h}{\ln \frac{Q_f + \beta}{Q_i + \beta}}} \quad (6.8)$$

Denklemden kullanılan değerler sırasıyla 6.1, e, gerilim düşümü, n, modül sayısı, V, gerilim, Δv [%], yüzde gerilim düşümüdür. 6.2, S, kablo kesiti, L, kablo uzunluğu, I, akım değeri, x, iletkenlik katsayısı, e, gerilim düşümüdür. 6.3, %U_k, Yüzde bağıl kısa devre gerilimi, %U_x, yüzde reaktif gerilim düşümü ve %U_r, yüzde aktif gerilim düşümüdür. 6.4, X_{tr}, trafo reaktansı, U_n, nominal faz arası gerilim, S_n, nominal görünür güçtür. 6.5, denklemin faz-toprak kısa devre akımı, 6.6, faz-faz kısa devre akımı, 6.7, üç faz kısa devre akımı hesaplarıdır. U_n, nominal faz arası gerilim, R_t, toplam direnç, X_t, toplam reaktans değeridir. 6.8, denkleminde S, kablo kesiti, I_a, faz toprak arıza akımı, t_h, hata süresi, Q_f, son sıcaklık, Q_i, ilk sıcaklık ve β , sıcaklık katsayısı tersidir.

Tablo 6.3 : AC kablo akım taşıma ve gerilim düşümü hesaplama tablosu

Taşıyacak güç (kW):	185		
Taşıma mesafesi (mt):	75		
Kablo kesiti:	120		
Kablo devre sayısı:	2		
Kablo akım taşıma kapasitesi:	435		
Nominal akım (A):	267,34	CU gerilim düşümü (%):	0,71688
Nominal akım*1,2 (A):	320,81	AL gerilim düşümü (%):	1,14469
Nominal akım*1,25 (A):	334,18		
Kablo akım taşıma değeri (A):	752,46		

Yukarıda verilen tabloda seçilen kablolardan topraklama kablosunda yapılmış örnek ölçüm yazmaktadır. Seçilen kablo N2XH bakır kablo 1x120 kesitte seçilmiş, sistemin AC yükü 185 kWp değerine göre 75 mt kullanılacak 2 devre kablonun tablodan akım taşıma değeri olan 435 A değeri de girildiğinde sonuçta nominal akım, TEDAŞ şartnamesine göre uygun olması gereken nominal akımın 1,25 katı değeridir. Sistemde kullanılan kablonun %2 değerini geçmemesi gereken gerilim düşümü oranı AL ve CU değerleri görülmekte ve en alt satırda kablonun akım taşıma kapasitesi yazmakta olup taşıması gereken değerin 2 katı değere kadar uygun olan seçim olası durumda 1 devre kablo kullanılması hali için 2 katı değerle seçilmiştir. Sonuç olarak yapılan örnekte görüldüğü şekilde tüm kablo seçimleri yapılmıştır.

6.5. Sistem İçin Uzaktan Haberleşme Projesi Kurulumu Değerlendirmesi

GES sistemlerinde haberleşme, kontrol, veri toplama ve bu verilere uzaktan ulaşım sağlama, ayrıca istenildiği durumda sistemin uzaktan da kontrolünü sağlamak tesisin daha doğru ve işlevsel çalışması adına önemli bir etkidir. Özellikle şarj üniteleri ve araç bağlanma sayıları, kullanılan şarj tipi, bağlı kalma ve şarj miktarı, tüketilen elektrik gibi uzun vadede tesis için geliştirmeler yapma adına fizibilite çalışması yapılması gibi kaçınılmaz durumlarda veri toplama işlemi açısından da önemli bir avantaj sağlanırken tesisten uzakta bulunduğu zaman zarfı içerisinde de kontrolün oradaymış gibi elde olması imkanı sağlamada önemli bir yeri vardır.

RFID Kartlar hususunda;

Örneğin günümüz ortamında henüz uzak bir ihtimal kabul edilse de varsayalım ki tesiste bulunan 4 adet şarj istasyonuna aynı anda 4 araç DC hızlı şarj özelliği ile şarj edilmeye geldiği varsayıldığında mevcut sistem 220 kWh üretim kapasitesine sahip durumda tamamına şebekeden bağımsız hizmet verebileceği öğlen saatlerinde yüksek üretim zaman aralığında iken TEDAŞ tarafından limit değer kabul edilen 50 kWh DC hızlı şarj özelliği ile maksimum güç kullanımında şebekeye bağlı kalma durumu yerine uzaktan kontrol ile düzenleme yaparak 50 kWh şarj uygulaması komutu ile sistemi şebekeye ihtiyaç duymadan günümüz piyasasında ortalama batarya değeri olarak kabul edeceğimiz 54 kW olan araç batarya kapasitelerine cevap verecek durumda araçlardan birinin dolumu

ya da tesisten ayrılması ile mevcut üretilen maksimum gücün yine panellerden üretilen oranda diğer araçlara paylaşılabılır şekilde düzenlemesi sağlanabilmektedir.

Bunun yanı sıra uzaktan haberleşme sisteminin bir diğer elemanı olan RFID kart okuma protokolü ile kullanıcılar belirlenen sistem tarafından kullandıkları kartları ki bu mevcut kurulumu planlanan sistemde BUKART (Bursa Toplu Taşıma Kartları) ile ödeme sistemine dahil ve TEDAŞ tarafından belirlenen fiyatlar doğrultusunda kullanmak istedikleri saatlik kWh/TL oranını kullanmak istedikleri şarj türü için seçim yapabilecek kullanıcılar ve bunun yanı sıra cihazlarda bulunan LTE protokolü özelliği sayesinde ilerleyen dönemler için bu işlemleri telefonlarından yapabilen tüketiciler olabilecektir.

Asıl bahsedilmek istenilen kısım olan uzaktan haberleşme protokolünde kullanılmak istenen sistem olan SCADA incelenirse çalışma mantığı bilinmelidir.

6.5.1. SCADA sistemi ve mevcut tesise adaptasyon değerlendirmesi

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sözlük anlamı olarak merkezi denetleme kontrol ve veri toplama sistemi olarak açıklanabilir. İsminin aslında kendisini anlattığı elektronik sistemlerden biri olan SCADA sistemleri geniş alana yayılmış tesislerin tek bir merkezden bilgisayar, cep telefonu veya tablet gibi cihazlarla izlenebildiği bir sistemdir ve temel olarak bir yazılımdır. Tek bir cihazdan kullanılabileceği gibi ağ bağlantılarıyla birden fazla bilgisayar ve taşınabilir cihazla kontrol ve izleme yapılabilir. (Elektrik port yazı dizisi, 2015)

SCADA sistemi yapısal olarak 3 ana başlık altında incelenebilmektedir;

- Uzak uç birimi
- İletişim sistemi
- Kontrol merkezi sistemi (ana kontrol merkezi AKM) (Elektrik port yazı dizisi, 2015)

Uzak uç sistemin uzaktan erişim ve kontrol sağlandığı kısımdır. İletişim kısmı sistemi SCADA ile haberleşmesine olanak sağlamak için iletişim kurulan yapıyı ihtiva eden sistem ve kontrol merkezi tüm sistemi ana merkezden kontrol eden terminal bölümüdür.

Bu sistemin seçiminde aranılan ana özellikler;

- Grafik ara yüz
- İzleme sistemi
- Alarm sistemi
- Veri toplama, analiz ve raporlama Sistemi
- Kontrol ve yönlendirme sistemleridir. (Elektrik port yazı dizisi, 2015)

Sistemde kullanılması planlanan SCADA haberleşme ünitesi içerisinde iletişim protokolü olarak EIA standartları olan RS232, RS422 ve RS485 protokollerini bulundurmaktadır. (Elektrik port yazı dizisi, 2015)

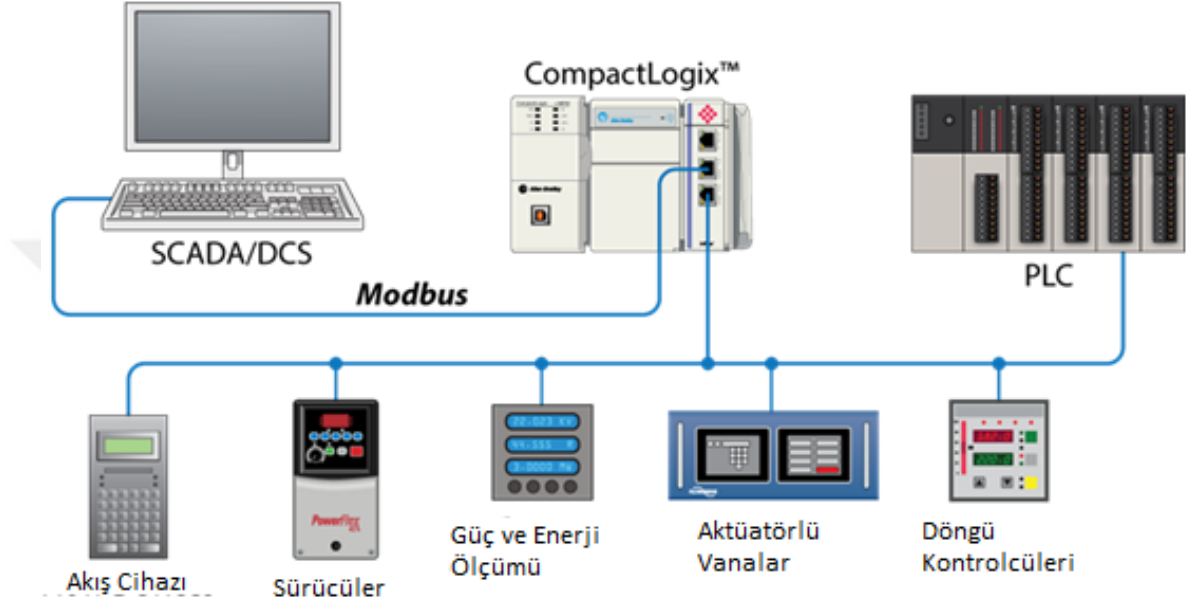
Sistem kısaca özetlenecek olursa, sistemde daha uzun mesafeler, daha kalabalık alanlara daha düzenli ve gürültüsüz sinyal gönderme kabiliyeti nedeniyle seçilen RS485 protokolü ile tesiste bulunan cihazlardan mevcut sistemde bu bağlantıya çok daha kolay olarak sağlayacak şekilde invertörlerin haberleşme bağlantı alanları mevcuttur. Bunun yanında MPPT modüllerinin değerlerini de okuma imkanı sağlamakta olup ayrıca tesiste bulunması planlanan 4 adet şarj ünitesi de RFID kontrolü haricinde Ethernet, LTE ve Wi-Fi haberleşmeleri dahil mevcut haberleşme sistemine uygun yapıda olup pano kısmından gelecek değerler ile PLC cihazı SCADA sistemine bu haberleşmeyi sağlayacak olan ana bağlantı ünitesine yapılan bağlantı ile sağlanacaktır.

PLC üniteleri bilinen isimleri ile programlanabilir mantıksal denetleyici olarak geçmekte olup denetleme yönetimi işini yapan bilgisayarlardır. Şekil 7.14.'te örnek yapıları görülmektedir.



Şekil 6.14 : Örnek PLC görseli. (SIEMENS S7 1500 PLC Modeli)

Bunun yanı sıra bilgisayarlardan farklı olarak çok miktarda giriş çıkış içeren, gürültü durumuna, sıcaklığa, mekanik darbe ve titreşim gibi olumsuz etmenlere karşı daha dayanıklı yapıda olmaları ve birçok ünite ile koordineli çalışabilme imkanları ve ayrıca değişkenlik gösteren durumlarda yeniden derlemeye müsait olmaları nedeniyle sistem için en uygun ekipmanlar arasındadırlar. Şekil 6.15. örnek bağlantı içermektedir.



Şekil 6.15 : Örnek SCADA bağlantı şeması görseli.

Kısaca tesisteki üniteler ile haberleştirilen SCADA sistemi içindeki ana PLC ve ona yardımcı kontrol ve haberleşme üniteleri ve bağlantıları ile sistemdeki ünitelerden veri alma ve gönderme işlemini yapacak şekilde derlenen bir yazılım oluşturulmuştur.

Bu programlama Siemens Tia Portal programında hazırlanarak çalışma opsiyonları belirlenip sistemi kontrol etme, yönetim ve veri toplama adımlarına uygun hale getirilen SCADA uzaktan haberleşme yazılımı kısmında OPC Server, WinCC, ICONICS vb. yazılım programlarında derlenerek tesis ara yüzü oluşturulurken seçilen OPC server haberleştirme ve WinCC yazılım ara yüzde tasarlanan sistemden MODBUS yapısında haberleşme sistemiyle kullanılacak ve bunun yanında tesiste kontrol sağlamak adına ana kontrol merkezine bağlı ekranlar ve veri toplamak için bağlanan bilgisayar ile hem uzaktan hem yakından tüm tesis için pano için değerlerin ölçüm ve yönetimine kadar kontrol sağlayacak şekilde tesise entegre edilmiş bir haberleşme yönetimi sağlamakta olacaktır.

6.6. TEDAŞ Şartnameleri, Uyumluluk, Ücretlendirme ve Değerlendirmesi

TEDAŞ yönetmelik şartnamesinde sistem kurulumu için istenilen belgeler dışında gerekliliklerde mevcuttur. Sistemin kurulumu öncesi simülasyon aşamasında dahi belirlenen şartlara uygun kurulum yapılmalı ve sonuçlar bu şekilde gösterilerek geçici kabul onayı alınması sağlanabilmelidir.

Bu uygunluklar kısaca sıralanacak olursa, panellerin montajı yapılan çatı kenarlarından 40 cm yürüme yolu, kablo tavası ve yapılan 4 dizi bağlantısı arasına 40 cm kablo tavası ve yol, paneller arası 2 cm bağlantı boşluğu, invertör aşamasında güç çıkış maksimum, minimum ve nominal değerleri, pano tertibatı için detaylı gereklilikler, TEDAŞ şartnamesi pano kurulum bölümünde listelendiği şekilde kabul edilmektedir.

Bunların yanı sıra yansıma fraksiyonu (albedo) olarak bilinen çevre ve hava durumuna bağlı cisim yansımalarının bölge içinde aylık ve mevsimlik değerleri ve kirlenme, diyet kayıpları, uyumsuzluk değerleri şartnameden sisteme girilmiştir. Simülasyon programında değerlerin girildiği bölüm Şekil 6.16.'da görülmektedir.

By-pass Diyotlarındaki Gerilim Düşümünden kaynaklanan Güç Kaybı %

Uyumsuzluk veya Azaltılmış Kazançtan Kaynaklanan Güç Kayıpları %

Modül eviriciler ve güç iyileştiriciler ile uyumsuzluk kayıpları hesaba katılmaz.

Zemin Yansıtma Katsayısı (Albedo)

☐ Yıllık yansıtabilirliği (albedo) giriniz %

☒ Aylık yansıtabilirliği (albedo) giriniz

Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
10 %	9 %	13 %	15 %	18 %	20 %	22 %	22 %	19 %	16 %	14 %	11 %

Kirlenme nedeniyle PV modüllerinin çıkış kayıpları

☐ Kirlenmeye bağlı yıllık kayıpları giriniz %

☒ Kirlenmeye bağlı aylık kayıpları giriniz

Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
1,0 %	2,0 %	0,7 %	0,3 %	0,2 %	0,2 %	0,3 %	0,2 %	0,4 %	0,8 %	1,1 %	0,9 %

Şekil 6.16 : Şartnameden sisteme uygulanan yansıma fraksiyonu ve kayıp değerleri.

Belirtilen bilgiler dışında maliyet kısmına gelindiğinde kısaca işletmeler için elektrik ücretlendirmesi aylık 900 kWh değere kadar 2,0648 TL iken 900 kWh üzeri için 2,74865 TL ile fiyatlandırma yapılmakta olup bölgede üretilen ve satılan elektrik şartnamesinde

mahsuplaşma neticesinde 3 gruba ayrılan toplam ülke alanı içinde bölge için 150 mWh miktara kadar alınan elektrik için ücretlendirme 1,24985 TL değerinden paha biçilirken bu değer üzeri için 0,3785 TL ücretlendirme yapılmaktadır.

İstenen belgeler [TEDAŞ, (2020). Elektrik Tesisleri Kabul Süreçleri (Tahsin Boyekin, 2020)];

1. Geçici kabule başvuru dilekçesi ve imzalı, ilgili dağıtım şirketinden alınmış geçici kabule hazırdır yazısı
2. Tesise ait TEDAŞ onaylı tüm ekleriyle birlikte 1 takım proje dosyası ve yüklenici tarafından verilen, geçici kabulde görev alacak sorumlu elektrik mühendisi yetkilendirme yazısı / yüklenici şirketin çalışanı olmayan fakat geçici kabulde bulunacak sorumlu elektrik mühendisi için yüklenicinin verdiği vekâletname yetkilendirme yazısı (Dağıtım şirketini temsilen geçici kabulde görev alacak elektrik mühendisi için)
3. Kabul talebinde bulunan şirket/kişinin iletişim ve fatura bilgileri ile Ticaret Sicil Gazetesi
4. Topraklama direnci ölçüm raporu (Ölçümü gerçekleştiren mühendise ait unvan, isim soy isim, oda kayıt numarası gibi bilgiler ile Topraklama Yönetmeliğinde bulunan formlar eksiksiz doldurulup imzalanmalıdır. Ayrıca, kullanılan cihazın kalibrasyon raporu eklenmelidir.)
5. Kullanılacak teçhizat malzemesi; TEDAŞ şartnamesi, usul ve esas, tip proje vb. mevzuatlara uygun olmalıdır. Malzeme ile ilgili mevzuat olmaması durumunda, IEC, HD, VDE, EN, TSE vb. standartlara uygun olmalıdır.
6. Çağrı mektubu ve Bağlantı Anlaşması tesis sahibi tarafından verilen, tesis sahibi adına geçici kabulde bulunacak kişiye ait vekâletname veya yetki yazısı
7. Yüklenici ile tesis sahibi arasındaki imzalı sözleşme onaylı YEGM Raporu, rölelerin test raporu
8. TEDAŞ'ın, geçici kabulde görevlendireceği inşaat mühendisi olmaması halinde başvuru sahibinin önerdiği mühendis de kabul edilmektedir. (Önerilen mühendisin kamu kurum veya kuruluşu çalışanı olması gerekmektedir. Ayrıca bu kurumlardan alınan yetkilendirme yazısı da bulunmak zorundadır.)

9. Mevcut binalarda kurulacak tesislerde tadilat ruhsatı, yeni kurulacak üretim tesislerinde yapı ruhsatı olmak zorundadır. Fakat; Tadilat ruhsatı zorunlu olmayan binalarda Belediye veya Organize Sanayi Bölgesi'nin statik projeye onay vermesi şartıyla, tadilat ruhsatının zorunlu olmadığı ve "işletilmesinde ve kurulmasında sakınca yoktur" cümlesi içeren yazı arazi GES uygulamalarında ilgili OSB veya belediyeden alınan imar mevzuatına uygun olduğu ve yapı ruhsatı gerektirmediğini açık bir şekilde belirtmek şartıyla "işletilmesinde ve kurulmasında sakınca yoktur" cümlesi içeren yazı,
10. İki farklı açıdan çekilmiş, tesisin tamamını gösteren fotoğraflar ve şalt sahasının teçhizatlarına ait çeşitli fotoğraflar,

Burada listelenen bilgiler ışığında simülasyon programında hazırlanmış olan sistem modeli içerisinde şartnamenin gerektirdiği zorunluluklar ve ücretlendirme bilgileri eklenilmiştir. TEDAŞ yönetmeliğine uygun olunması zorunluluğu gerektiren kısımlar simülasyon içerisinde yönetmeliğe uygun halde düzenlenmiştir.

BÖLÜM 7. PROGRAMLAMA, YAZILIM, SİMÜLASYON AŞAMASI VE SİSTEM DEĞERLENDİRMESİ

Öncelikle proje simülasyonu yapılmadan önce gereksinim duyulan kısımlar yeniden düzenlenip ihtiyaçlara karşılık gelen düzenlemeler ile sistem konfigürasyonu sağlanmış olarak tasarım aşamasına geçilmiştir.

Kullanılan simülasyon sistemleri aşağıdaki şekildedir;

- PVSOL genel simülasyon
- PVSyst radyasyon, ısıtım ve azimut ölçüm değerleri
- PVGIS panel özellik ve üretimi yıllık ortalama değerleri
- OPENSOLAR çatı kurulum, panel yerleşim şartnameleri
- Huawei SMULE invertör ölçüm ve bağlantı tahkikleri
- Excel uyumluluk, hesaplama ve tablo oluşturma
- SAP2000 kablo konfigürasyonu
- Google HYBRID bölge sıcaklık değer alma, boyut ölçeklendirme, finansal varyasyon değerlendirme

Sistem kurulumunda alan seçimi bir önceki bölümde açıklanmış ve kurulumda uygulanması gereken çatı kenarı ve panel arası mesafe ve bölünmüş alan mesafeleri TEDAŞ şartnamesi bölümünde belirtilmiş olmakla birlikte kısaca sistemin 1062 metrekare çatı alanına şartnameye uygun 40 cm çatı kenarı ve 2 cm panel arası mesafe dışında bölünmüş kablo tavası alanı olan 40 cm boşluklar simülasyonda uygulanıp en uygun panel ebatları olan 144 hücre seçimi yapılmış ve 488 panel ile 219,6 kWp değer alınırken 249 kWe AC çıkış görülmektedir.

7.1. Simülasyon Aşaması

7.1.1. Kurulum için seçilen modüllerin test aşaması

Kurulumu planlanan istasyon için düzenlenen simülasyon çalışmasında öncelikli olarak panel seçimi, panel ile uyumlu invertör seçimi ve MPPT bağlantısı doğrultusunda yapılacak olan kablolama doğrultusunda gidilmektedir. Sistem simülasyonu yapılmadan önce seçimi yapılması gereken modüllerin sisteme en uygun olan ürün olduğunu test etmek amacıyla farklı paneller farklı invertörler ile farklı bağlantı ve MPPT düzenlemesi sonuçları izlenerek sisteme en uygun ürün seçimleri yapılmalıdır. Bu nedenle bu aşamada en uygun ürün seçimleri yapılması adına simülasyon programında benzer senaryolar içerisine yerleştirilen ürünlerin sonuçları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan en verimli olan, fiyat-performans açısından en uygun olan ve enerji-maliyet bilançosu açısından en iyi sonuçları veren ürün grubu seçilmiştir.

Simülasyon programında test edilmek üzere 5 adet farklı özelliklerde güneş paneli, paneller ile uyumlu birbirinden farklı özelliklere sahip 3 faz bağlantıya uygun 3 adet invertör, bu ürünlerle ilgili uygun kablolama şeması bağlantısı, invertörlerin dahili MPPT modülleri üzerinde düzenlenen ser-dizi bağlantı modelleri ile sisteme en uygun ürünler seçilmiştir. Tablo 7.1.'de seçilen panel özellikleri verilmiştir.

Tablo 7.1 : Test aşamasında seçilen güneş paneli özellikleri.

Panel adı	Verim değeri	MPPT maksimum akımı	MPPT maksimum voltajı	Panel maksimum voltajı	Panel maksimum akımı	Hücre sayısı
LG Elektronik LG330N-C 330 W	%19,84	9,8 A	33,7 V	40,9 V	10,45 A	60
Ödül solar enerji OSMP 380 W	%19,03	9,39 A	40,5 V	48,9 V	9,75 A	72
Panasonic VBHN330J 300 W	%20,75	5,7 A	58,0 V	69,7 V	6,07 A	60
Sharp Teknoloji NU-JD 445 W	%20,37	10,83 A	41,56 V	49,35 V	11,61 A	144
CW Enerji CWT144V 450 W	%20,67	10,87 A	41,40 V	49,2 V	11,61 A	144

Seçilen farklı paneller belirlenen simülasyon senaryosunda test edilmek üzere seçilen 3 adet invertör ile ayrı ayrı simülasyon programına yerleştirilerek uygun MPPT bağlantısı

ve kablolama düzenlemesi ise incelemeye alınmış ve böylece sistemin çıkış değerleri gözlemlenmiştir. Tablo 7.2.'de seçilen invertörlerin özellikleri görülmektedir.

Tablo 7.2 : Seçilen invertörlerin özellikleri.

İnvertör adı	Maksimum MPPT akımı	Maksimum MPPT gücü	Nominal DC voltajı	Nominal AC voltajı	Maksimum DC gücü	Maksimum AC gücü
Growatt MX-100-KTL-3	32 A	16 kWh	600 V	230 V	150 kW	100 kW
Huawei SUN-2000 100-KTL	26 A	21 kWh	600 V	240 V	110 kW	120 kW
ABB PVS-100-TL	28 A	19 kWh	600 V	230 V	101,95 kW	110 kW

Simülasyon programında seçilen 5 adet güneş paneli ve 3 adet invertör ile birlikte dahili MPPT ve kablo bağlantısı düzenlemesi için öncelikle güneş panelleri ve invertörlerin ortalama katalog değerlerinin programa eklenmesi gerekmektedir. Bu kısımda program içerisine kayıtlı bilgileri bulunan ürünlerin kataloglarında bulunan değerler programda bulunan değerler ile karşılaştırılarak gerekli yerde düzeltmeler uygulanması amacıyla profesyonel sistem kullanımı tarafından tavsiye edilen 10 tekrarlı inceleme simülasyonuna alınmış ve Tablo 7.3. ve Tablo 7.4.'te ortalama değerleri elde edilmiştir. Ayrıca Tablo 7.3. ve Tablo 7.4. içerisine günümüz maliyet değerleri ürün adedi başına olmak üzere eklenmiştir ve amortisman süreleri ölçülmüştür.

Tablo 7.3 : Seçilen paneller için ortalama fiyat ve enerji üretimi değerleri.

Panel adı	Kullanılan panel sayısı	Üretilen ortalama AC elektrik	Ortalama PR oranı	Amortisman süresi	Panel adet fiyatı
LG Elektronik LG330N-C 330 W	496 adet	171,2 kWh	%78,3	6,9 yıl	3.215,52 TL
Ödül solar enerji OSMF 380 W	504 adet	191,52 kWh	%79,6	6,7 yıl	3.314,99 TL
Panasonic VBHN330J 300 W	720 adet	237,6 kWh	%84,9	8,7 yıl	2.999,99 TL
Sharp Teknoloji NU-JD 445 W	488 adet	214,72 kWh	%82,3	5,9 yıl	3.350,00 TL
CW Enerji CWT144V 450 W	488 adet	219,60 kWh	%83,4	5,7 yıl	3.249,99 TL

Tablo 7.4 : Seçilen invertörler için ortalama fiyat ve enerji değerleri.

İnvertör adı	Panel-invertör verim düşümü	Nominal AC voltaj	İnvertör bekleme tüketimi	MPPT modül sayısı	İnvertör adet fiyatı
Growatt MX-100-KTL-3	%6,4	120 kWh AC	62 kWh/yıl	10	62.000 TL
Huawei SUN-2000 100-KTL	%8,1	100 kWh AC	97 kWh/yıl	10	74.000 TL
ABB PVS-100-TL	%7,7	110 kWh AC	83 kWh/yıl	10	65.500 TL

Simülasyon programına eklenen ürünler arasından en uygun ürün grubunun seçilmesi için 5 adet panelin her birinin 3 adet invertör ile ayrı ayrı simülasyon programında MPPT modülleri ve kablolama düzenlemesi ile sonuçlarının elde edilmesi gereklidir. Bu nedenle 5 adet panel, 3 adet invertör ile ayrı ayrı programa dahil edilerek uygun bağlantı ve düzenleme yapısında programda simülasyona dahil edilmiş ve sonuçları incelenerek en uygun ürün grubunun seçimleri yapılmıştır. Tablo 7.5.'te yapılmış olan simülasyon testleri her bir güneş paneli için 3 invertör ile uygulanmış olan sonuçları görülmektedir.

Tablo 7.5 : Test edilen panellerin her bir modül ile elde edilen sonuçları.

Ürün adı	Üretilen DC elektrik miktarı	Sistem kullanım PR oranı	Gölgelenmeye dayalı verim kaybı	10 yıllık kullanım sonucu panelin verim düşümü
LG Elektronik LG330N-C 330 W				
Growatt	170,86 kW	%76,90	%1,4	%13,7
Huawei	170,97 kW	%77,94	%1,37	%13,4
ABB	171,17 kW	%78,12	%1,29	%13,8
Ödül solar enerji OSMP 380 W				
Growatt	191,50 kW	%79,65	%1,28	%12,2
Huawei	191,46 kW	%79,24	%1,31	%12,3
ABB	190,86 kW	%78,86	%1,38	%12,6
Panasonic VBHN330J 300 W				
Growatt	236,78 kW	%84,97	%1,19	%10,2
Huawei	234,57 kW	%82,21	%1,42	%10,1
ABB	237,47 kW	%85,49	%0,98	%9,6
SHARP Teknoloji NU-JD 445 W				
Growatt	213,24 kW	%81,74	%0,94	%10,5
Huawei	214,69 kW	%82,27	%0,85	%10,2
ABB	211,78 kW	%79,87	%1,17	%10,6

Tablo 7.5.(Devamı) 1 : Test edilen panellerin her bir modül ile elde edilen sonuçları.

Ürün adı	Üretilen DC elektrik miktarı	Sistem kullanım PR oranı	Gölgelemeye dayalı verim kaybı	10 yıllık kullanım sonucu panelin verim düşümü
CW Enerji CWT144V 450 W				
Growatt	218,86 kW	%83,12	%1,14	%10,6
Huawei	219,58 kW	%83,46	%1,02	%10,1
ABB	218,14 kW	%82,69	%1,34	%10,3

PVSOL simülasyon programında elde edilen sonuçlar doğrultusunda, sistem için maliyet, enerji üretimi, verim düşümleri ve kayıplar açısından yapılmış olan inceleme sonucunda güneş paneli ve invertör seçimleri yapılmış olup bu doğrultuda en uygun MPPT bağlantısı ve kablo düzenlemesi oluşturulmuştur. Yapılmış olan bu incelemeler sonucu CW enerji firmasına ait olan CWT144V 450 W güneş paneli ve Huawei firmasına ait SUN-2000 100-KTL 100 kW invertör modeli seçilerek bu ürünler üzerinden sistemin ölçüm ve hesaplama işlemine devam edilmesi kararlaştırılmıştır.

7.1.2. Seçilen panel, evirici ve modüllerin değerlendirilmesi

Proje için bu aşamada simülasyon sisteminde ölçülen değerler için seçimi yapılmış olan panel modelinin teknik özellikleri verilmiş ve Tablo 7.6.'dan alınarak değerlerin hesaplamaya aktarım imkanı bulunmuştur.

Tablo 7.6 : Panel kurulumu için seçilen panelin teknik özellikleri.

Üretici	CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti.	
Hücre tipi	Monokristal Evet	
Sadece trafo eviricileri uygundur	hayır	
Hücre sayısı	72	
By-Pass diyotların sayısı	3	
Yarım hücre modülü	evet	
Mekanik veriler		
Genişlik	1039	Mm
Yükseklik	2095	Mm
Derinlik	40	Mm
Çerçeve genişliği	35	Mm
Ağırlık	24,5	Kg
STC'da bulunan I/V parametreleri		
MPP gerilimi	41,4	İçinde
MPP akımı	10,87	A
Nominal çıkış	450	İçinde
Verim	20,67	%

Tablo 7.6.(Devamı) 1 : Panel kurulumu için seçilen panelin teknik özellikleri.

Bilgiler	Değerler	Birimler
Açık devre gerilimi	49,2	V
Kısa devre akımı	11,61	A
Dolum faktörü	78,78	%
Işınım	200	W/m ²
Kısmi yükteki MPP gerilimi	39,13	V
Kısmi yükte MPP akımı	2,17	A
Açık devre gerilimi (kısmi yükte)	44,29	V
Kısmi yükte kısa devre akımı	2,32	A
İleriki		
Gerilim katsayısı	-149,6	mV/K
Elektrik katsayısı	5,8	mA/K
Çıkış katsayısı	-0,36	%/K
Açı düzeltme faktörü	99	%
Maksimum Sistem Gerilimi	1500	V

Panel seçimleri aşamasında olduğu gibi seçilmiş olan evirici modelinin sisteme etki eden unsurlarını ve seçilen eviricinin uzun süreli kullanımda alınacak sonuçlarını, iç tüketimini, kayıplarını ve MPPT bağlantı modülasyonunu inceleme amaçlı olan evirici değerleri içeren Tablo 7.7. hazırlanmıştır.

Tablo 7.7 : Evirici yapısal ve teknik özellikleri ve MPPT modül değerleri.

Bilgiler	Değerler	Birimler
Üretici	Huawei	
	Technologies	
Mevcut	evet	
Elektrik verileri		
DC nominal çıkışı	101,95	kW
AC nominal güç	110	kW
Maksimum DC gücü	144	kW
Maksimum AC gücü	110	kVA
Bekleme konumundaki tüketim	15	W
Gece tüketimi	3,5	W
Minimum giriş gücü	80	W
Maksimum giriş akımı	260	A
Maksimum giriş gerilimi	1100	V
Nominal DC gerilimi	600	V
Faz adeti	3	
DC giriş sayısı	20	
Giriş geriliminin nominal gerilimden sapması nedeni ile verimliliğin değişimi	0,13	%/100V
MPP izleyici		
Çıkış gücü aralığı <nominal gücün %20'si	99	%
Çıkış gücü aralığı > nominal gücün %20'si	99,9	%
MPP izleyici sayısı	10	
Maksimum giriş akımı	26	A
Maksimum giriş gücü	21	kW
Minimum MPP gerilimi	200	V
Maksimum MPP gerilimi	1000	V

Simülasyon aşamasında hazırlanmış modelin genel yapı itibarıyla düzenlenmiş olan detayları, Tablo 7.8.'de sistemin genel veri detaylarını içermektedir ve iterasyon modellemesi, kayıtlı olmayan araçların yıllık ortalama tüketimi tahminine dayalı ortalama ay bazında toplanmış yıllık tüketim değeri, genel alan ve panel yıllık üretim verilerini içermektedir.

Tablo 7.8 : Sistemin genel yapısına ait veri değerleri

Bilgiler	Detaylar	Birimler
Ek türü	3D, Elektrikli Cihazlı, Şebekeye Bağlı PV Sistemi ve Elektrikli Araçlar	
Devreye Alma	15.05.2022	
Konum	Gemlik, TUR (1991-2020)	
Verilerin çözünürlüğü	15 Dakika	
Kullanılan simülasyon modelleri:		
- Yatayda difüz radyasyon	Gauss İterasyon modeli	
- Eğimli yüzeye düşen ışıınım	Hay & Davies	
Toplama girdi dışı tüketim	60000	kWh
Yıllık değer	60000	kWh
Pik yük	6,8	kW
İklim verileri	Gemlik, TUR (1991-2020)	
PV modül çıkışı	219,6	kWp
PV modül yüzeyi	1.062,2	m ²
Sayı PV modülleri	488	
Evirici Sayısı	2	
Kayıtlı araç sayısı	35	
Kaydedilmeyen araç	Ortalama aylık 5000 kWh	

Sistemin kurulum modellemesi üzerine ileriye dönük olarak planlanan gerçekleştirme aşamasında tek hat şeması çizimine örnek teşkil etmesi amacıyla düzenlenen Şekil 7.1.'de sistemin panel girişleri iki çatı yönünden gelen panel gösterimi, invertör modellemesi, tek ve çift yönlü sayaç modellemesi, AC şebeke bağlantısı, kayıtlı olmayan yıllık ortalama tüketim ve kayıtlı 5 farklı araç modelinin kullanım amaçlı modellemesi mevcuttur. Ayrıca Tablo 7.9.'da sistemin genel üretim, tüketim ve karbondioksit emisyonu değerleri bulunmaktadır.

doğru şekilde hesaplanarak bölgenin ışınlımı, kayıplar ve elde edilebilecek verim değerlerinin doğru okunması gerekmektedir.

Tablo 7.10 : Çatı alanında panel yerleşimleri, konfigürasyonu ve güneş panellerinin yıllara göre verim oranı değişimi.

İsim	Bina -Çatı Alanı Kuzey
PV modülleri	244 x CWT450-144PM-V (v1)
Üretici	CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti.
Eğim	6 °
Yerleşim yönü	Kuzey 3 °
Montaj türü	Çatıya entegre edilmiş-arka havalandırmalı
PV jeneratör yüzeyi	531,1 m ²
İsim	Bina-Çatı Alanı Güney
PV modülleri	244 x CWT450-144PM-V (v1)
Üretici	CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti.
Eğim	6 °
Yerleşim yönü	Güney 183 °
Montaj türü	Çatıya entegre edilmiş-arka havalandırmalı
PV jeneratör yüzeyi	534,6 m ²
Modül performans düşüşü	
12 yıl sonrası kalan güç	%90
25 yıl sonunda kalan güç	%80

7.2. Kayıt Edilen Elektrikli Araç Grupları

Sistemde önceden belirtildiği gibi RFID kart okuma sisteminin BUKART (Bursa toplu taşıma ve kütüphane kartları) ile çalışabilir hale getirilmesi konusunda haberleşme protokolü bölümünde de bahsedilmiş olan sisteme kayıt yapılacak araçlar için tür ve farklı şarj modelleri yanı sıra soket ve batarya türleri bakımından farklılıklar içermektedir. Bu farklılıklar sistem fonksiyonelliği açısından simülasyon için bilinmezlik etkeni oluşturarak bölgede ve günümüzde en çok tercih edilen model ve markalardan farklı şarj tipleri ve batarya değerlerinde, farklı tür araç modellerinden toplam 35 araç kaydı yapılarak kayıtlı araçların günlük ve haftalık kullanımının sisteme olan etkileri saptanmak istenmiş ve DC hızlı şarj olan CCS, AC nominal şarj sistemi ve Japon DC şarj soketi tür ve özellikleri ile şarj olan 5 farklı araç modeli sisteme kaydedilmiş ve tüketim miktarları gözlemlenmiştir. Aşağıdaki Tablo 7.11.'de araçların özellikleri, kat edecekleri haftalık mesafe ortalaması, şarj tipi, marka, model ve yapısal özellikleri mevcuttur.

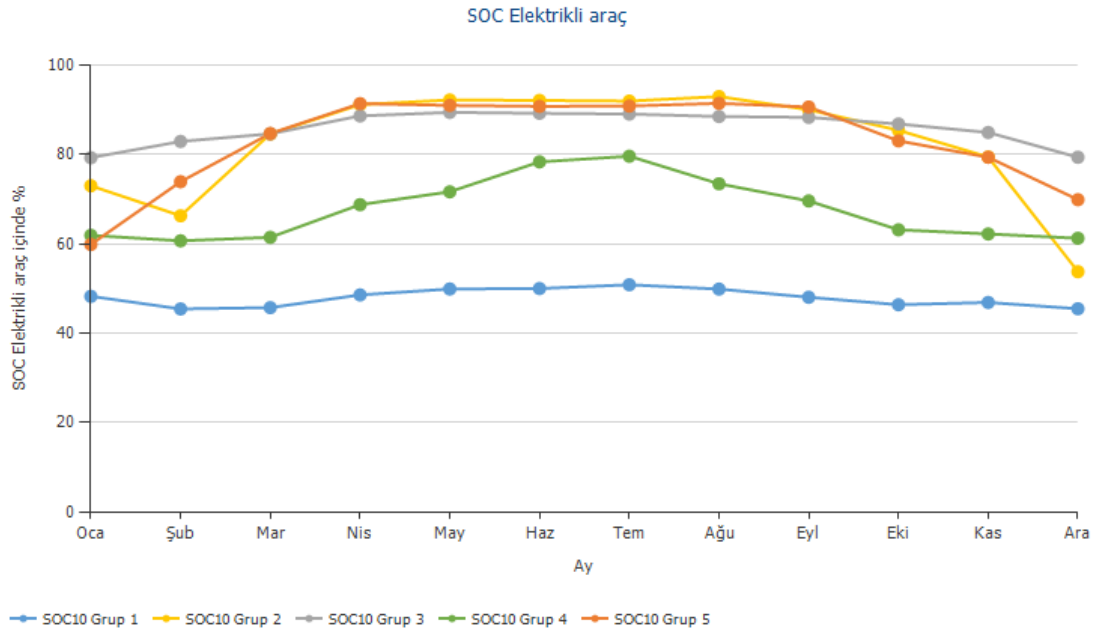
Tablo 7.11 : Sisteme kayıtlı olan araçların adet, marka, model, şarj tipi ve menzil özellikleri.

Elektrikli araç			
Model	GOLF.3 1st 58 kWh (AC charging)		
Üretici	Volkswagen		
Araç sayısı	10		
WLTP uyarınca menzil	424	km	
Akü kapasitesi	58	kWh	
Tüketim	15,6	kWh / 100km	
Şarj istasyonu			
Şarj gücü	11	kW	
Şarj teknolojisi	AC Tip 2		
Tüketimi karşılamak için deşarj	Hayır		
Kullanım			
Haftalık istenen aralık	10 x 400	km	
Yıllık katedilen mesafe	10 x 20857	km	
Elektrikli araç			
Model	BMW i3 (DC şarj 50 kW)		
Üretici	BMW		
Araç sayısı	5		
WLTP uyarınca menzil	359	kilometre	
Akü kapasitesi	42,2	kWh	
Tüketim	13,1	kWh / 100km	
Şarj istasyonu			
Şarj gücü	50	kW	
Şarj teknolojisi	DC CCS		
Tüketimi karşılamak için deşarj	Hayır		
Kullanım			
Haftalık istenen aralık	5 x 355	kilometre	
Yıllık katedilen mesafe	5 x 18511	kilometre	
Yıllık katedilen mesafe	10 x 20857	kilometre	
Elektrikli araç			
Model	e-tron 50 quattro 230 kW (DC şarj)		
Üretici	Audi		
Araç sayısı	5		
WLTP uyarınca menzil	341	kilometre	
Akü kapasitesi	71	kWh	
Tüketim	25,8	kWh / 100km	
Şarj istasyonu	90 kW		
Şarj gücü	120	kW	
Şarj teknolojisi	DC CCS		
Tüketimi karşılamak için deşarj	Hayır		
Kullanım			
Haftalık istenen aralık	5 x 330	kilometre	
Yıllık katedilen mesafe	5 x 17207	kilometre	
Elektrikli araç			
Model	ZOE R135/Z.E. 50 (AC şarj 22 kW)		
Üretici	Renault		
Araç sayısı	10		
WLTP uyarınca menzil	386	kilometre	
Akü kapasitesi	52	kWh	
Tüketim	17,7	kWh / 100km	
Şarj istasyonu			
Şarj gücü	22	kW	

Tablo 7.11.(Devamı) 1 : Sisteme kayıtlı olan araçların adet, marka, model, şarj tipi ve menzil özellikleri.

Şarj teknolojisi	AC Tip 3	
Tüketimi karşılamak için deşarj	Hayır	
Kullanım		
Haftalık istenen aralık	10 x 370	kilometre
Yıllık katedilen mesafe	10 x 19293	kilometre
Elektrikli araç		
Model	Honda e Advance-Paket 16"	
	(DC şarj 56 kW)	
Üretici	Honda	
Araç sayısı	5	
WLTP uyarınca menzil	222	kilometre
Akü kapasitesi	35,5	kWh
Tüketim	17,2	kWh / 100km
Şarj istasyonu		
Şarj gücü	56	kW
Şarj teknolojisi	DC CCS	
Tüketimi karşılamak için deşarj	Hayır	
Kullanım		
Haftalık istenen aralık	5 x 200	kilometre
Yıllık katedilen mesafe	5 x 10429	kilometre

Tablo 7.11.'den elde edilen verilerin bölgedeki çalışma saatlerine bağlı olarak istasyona getirilen araçların aylık bazda panellerden faydalanarak şarj edilme durumları ve araç modellerine göre panellerden faydalanma oranları Şekil 7.2.'de bulunan grafikte gösterilmektedir.



Şekil 7.2 : Elektrikli araçların oluşturulan gruplara göre panellerden şarj edilme oranları.

7.3. Simülasyondan Elde Edilen Değerler ve Sonuçlara Bağlı Grafikler

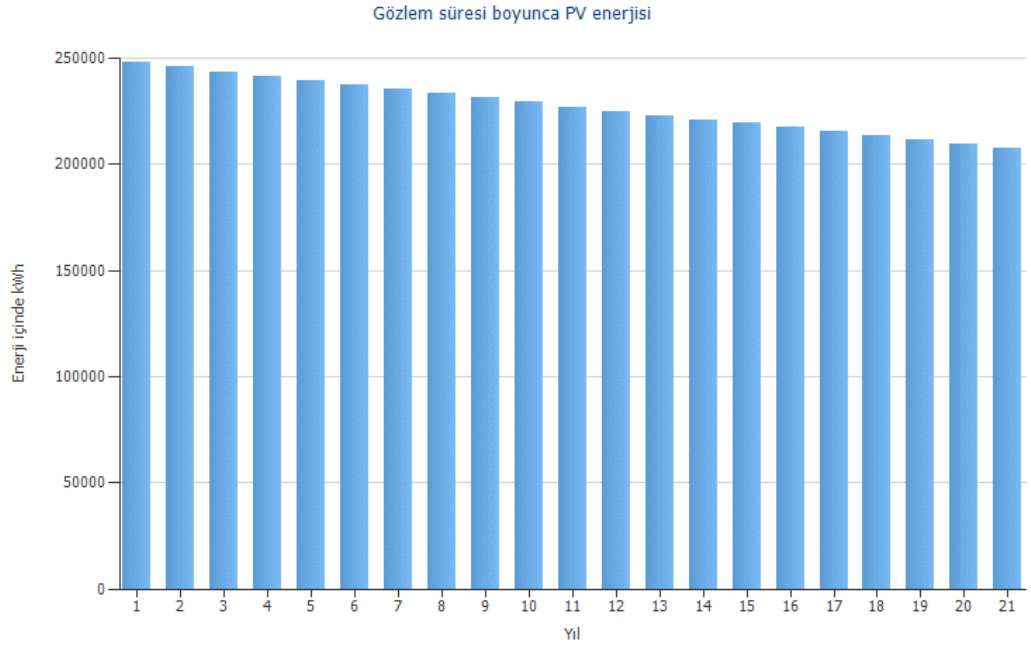
5 ayrı simülasyon programından ölçülen ve gerçek zamanlı değerlere en yakın olan bilgiler ile hazırlanmış tablolar sistemin kurulum yapıldığı bölgedeki;

- Güneşlenme, radyasyon, azimut açısına bağlı ışıınım ve yatay ışıınım değerleri
- Panellerin 20 yıllık kullanımına bağlı verim düşümü sonucu üretilen değerler
- Eviricilerin çatı yönüne göre ve bağlantı türleri farkına göre çeviri değerleri
- Ortam sıcaklığı ve panel sıcaklık değerleri
- Eğimli yüzey ışıınım değerleri
- Gerçeğe yakın sistem kullanım oranının (PR) eviriciler üzerinden ölçüm değerleri

Tablo 7.12. ve devamında ona bağlı olarak oluşturulan Şekil 7.3.'te bulunan grafikte 1 adet panelin 20 yıllık kullanımının üretimindeki verim düşümü etkileri gözlemlenmektedir. Tablo panel başına düşen yıllık kWh üretim değerlerini içermektedir.

Tablo 7.12 : Kullanılan panel modelinin 20 yıllık sürede verim düşümüne bağlı üretim miktarları.

Panelin üretimde olduğu yıllar	Panel başına yıllık değer kWh cinsinden
1	247,888
2	245,813
3	243,738
4	241,663
5	239,588
6	237,513
7	235,438
8	233,363
9	231,288
10	229,213
11	227,138
12	225,063
13	223,074
14	221,158
15	219,243
16	217,327
17	215,412
18	213,496
19	211,581
20	209,666

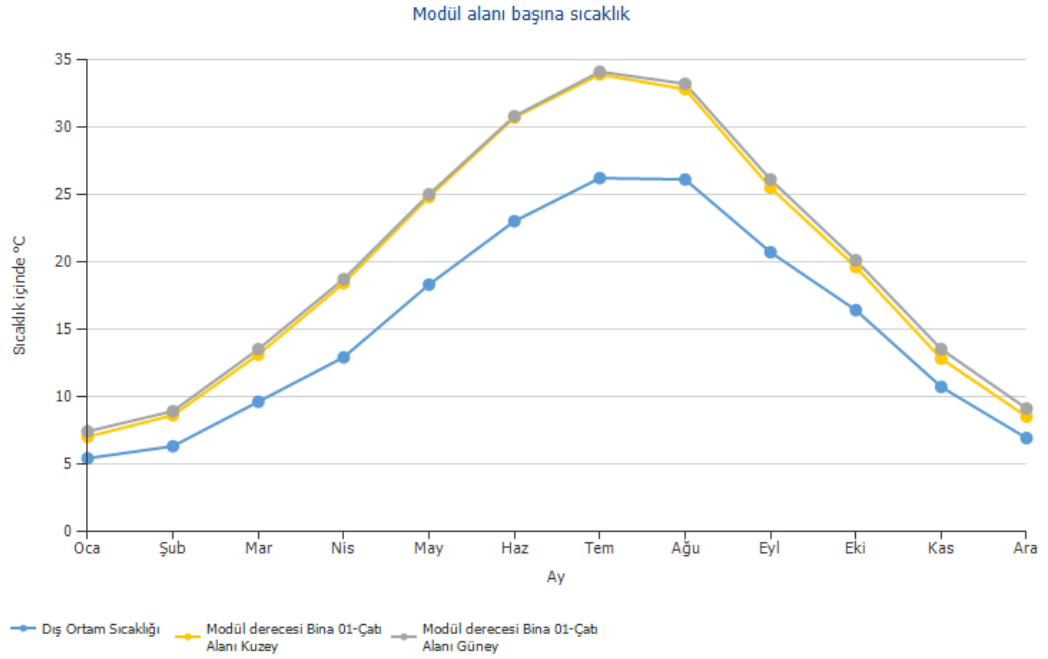


Şekil 7.3 : Yapılan 20 yıllık iterasyon sonucu panelin verim düşüm oranına bağlı üretim miktarı değişimi.

3 Ayrı simülasyon programından ve Google Hibrit sisteminden alınan değerlere göre dış sıcaklık ortalaması ve panellere etkisi Şekil 7.4 ve Tablo 7.13.'te ölçülen değerlerin dış ortam sıcaklığı, çatı alanının kuzey bölümünde kalan panel yüzey sıcaklığı ve güney bölümünde kalan panel yüzey sıcaklığı olarak bölgenin 30 yıllık ortalama sıcaklık değeri grafiğinden elde edilen sonuçlar neticesinde ölçülmüştür.

Tablo 7.13 : Dış ortam sıcaklığının panel sıcaklıkları ve montaj alanları yönüne göre etkisi.

	Dış ortam Sıcaklığı	Modül sıcaklığı kuzey alan	Modül sıcaklığı güney alan
Ay	°C	°C	°C
Oca	5,4	7	7,4
Şub	6,3	8,6	8,9
Mar	9,6	13,1	13,5
Nis	12,9	18,4	18,7
May	18,3	24,8	25
Haz	26	32,7	33,4
Tem	30,8	37,8	38,2
Ağu	32,1	40,8	41,6
Eyl	20,7	25,5	26,1
Eki	16,4	19,6	20,1
Kas	10,7	12,8	13,5
Ara	6,9	8,5	9,1

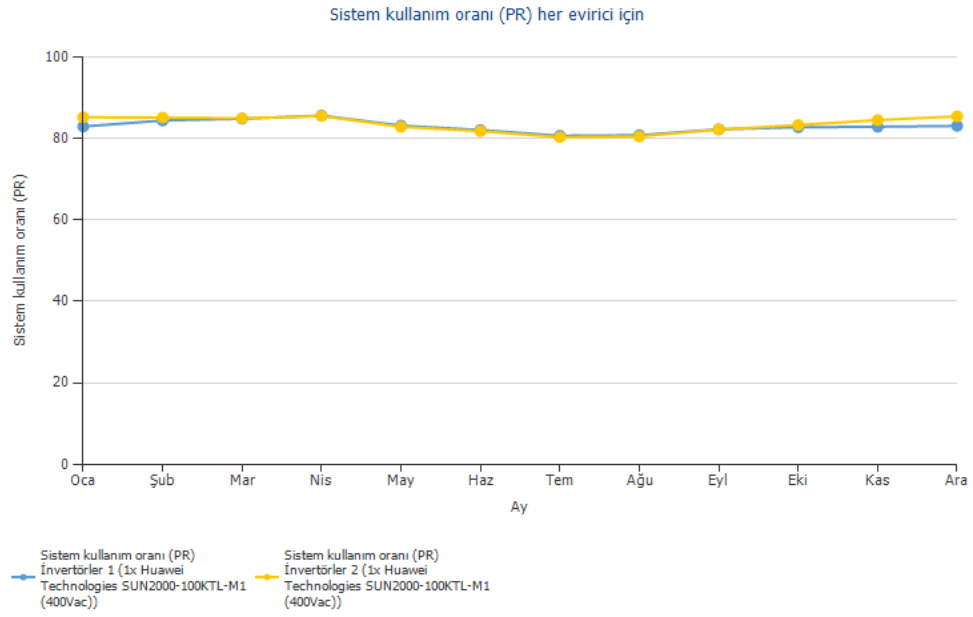


Şekil 7.4 : Panellerin kurulu oldukları yönde modül alanı başına sıcaklık eğrileri grafiği.

Projede kullanılan ürün ve teçhizatları yıllık veya uzun süreli kullanım sonucuna bağlı verim düşümleri, mekanik kayıpları ve elektriksel kayıpları olmaktadır. Özellikle ışıınım değerinden panellerin ürettiği elektriğin eviricileri aktarımı ve eviricilerden sisteme aktarımı kısmında oluşan verim düşümlerinin doğru olarak incelenmesi için en önemli ölçüm sistem kullanım oranı ölçümü olmaktadır. Sistem kullanım oranı (PR) invertör iç tüketim değerleri, gölgelenme ve toz kayıpları, kablolama kayıpları ve modül verimleri dahilinde azimut açıları ve çatı konumlarına yörünge etkileri sonucu invertör çıkışlarından ölçülen kullanım yüzdelelerini aylık olarak göstermektedir. Şekil 7.5.'de görülmekte olan değerler profesyoneller tarafından yapılmış incelemeler %79-85 arası değer aralığının seçilen bölge, ürünlerin verim düşümü ortalaması ve özellikleri düşünüldüğünde sonuçların gerçeğe en yakın değerler olduğunu saptamıştır. Sistem kurulumları sağlanırken detaylar arasında çok fazla yer verilmeyen sistem kullanım oranı özellikle kayıpların ayrı ayrı detaylandırılması halinde düzenlenebilecek olarak görülse de enerji bilançosu hesaplanırken önemli unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir. Tablo 7.14.'te sistemin enerji bilançosu oluşturma amacıyla ölçülen sistem kullanım oranları ay bazında ölçülmüştür.

Tablo 7.14 : Kullanılan invertörlerin kablolama ve çatı konumlaması farkına bağlı sistem kullanım oranı (PR) aylık yüzdeleri.

	(PR) İnvörtör 1 (kuzey)	(PR) İnvörtör 2 (güney)
Ay	-	-
Oca	82,93	85,19
Şub	84,4	85,11
Mar	84,83	84,95
Nis	85,61	85,5
May	83,16	82,84
Haz	82,07	81,78
Tem	80,66	80,31
Ağu	80,79	80,49
Eyl	82,24	82,16
Eki	82,75	83,29
Kas	82,87	84,5
Ara	83,07	85,41

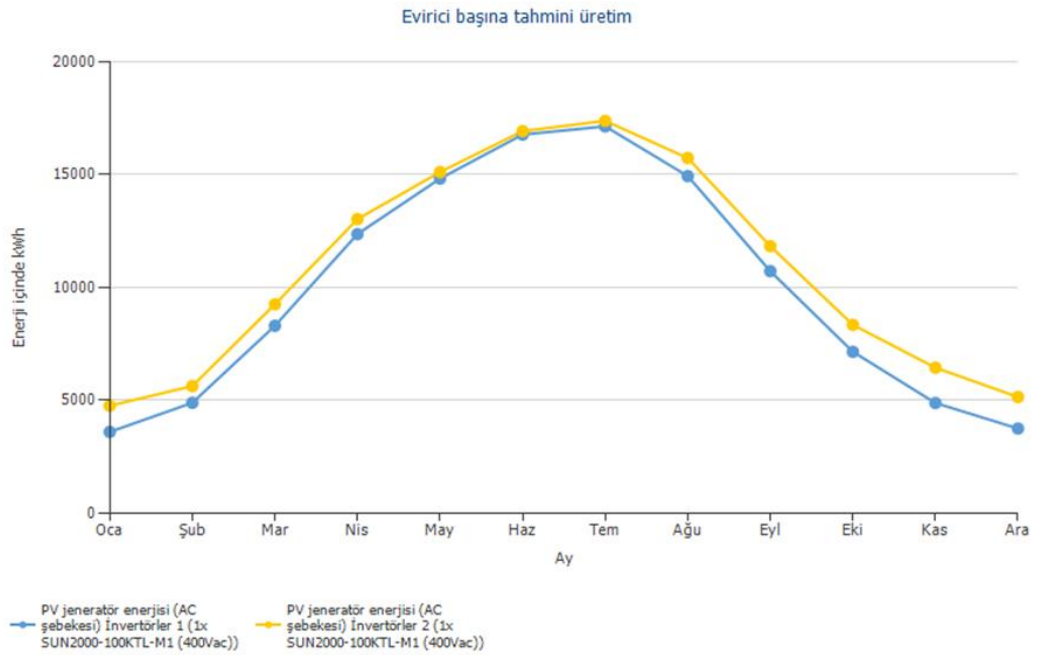


Şekil 7.5 : Evirici başına sistem kullanım oranı (PR) grafiği.

Yapılmış olan sistem kullanım oranı testleri sonucu elde edilen değerlerin sisteme girilmesi ile invertörlerin monte edildikleri çatı alanlarından elde edilmiş olan çıkışlardan alınan enerji değerleri ölçülmüştür, Şekil 7.6. ve Tablo 7.15.'te görülmektedir.

Tablo 7.15 : AC değerde invertör çıkışlarından ölçülen panel üretim miktarları.

	Panel enerjisi (AC şebekesi) İnvörtör Kuzey alanı	Panel enerjisi (AC şebekesi) İnvörtör Güney alanı
Ay	kWh	kWh
Ocak	3593,7	4754,3
Şubat	4882,9	5624,6
Mart	8296,3	9250,5
Nisan	12361,6	13023,9
Mayıs	14823,1	15114,1
Haziran	16773,2	16927,1
Temmuz	17140,1	17384,2
Ağustos	14933,2	15733,9
Eylül	10719,3	11828,3
Ekim	7146,9	8339,8
Kasım	4875,3	6440,2
Aralık	3742,9	5138,2

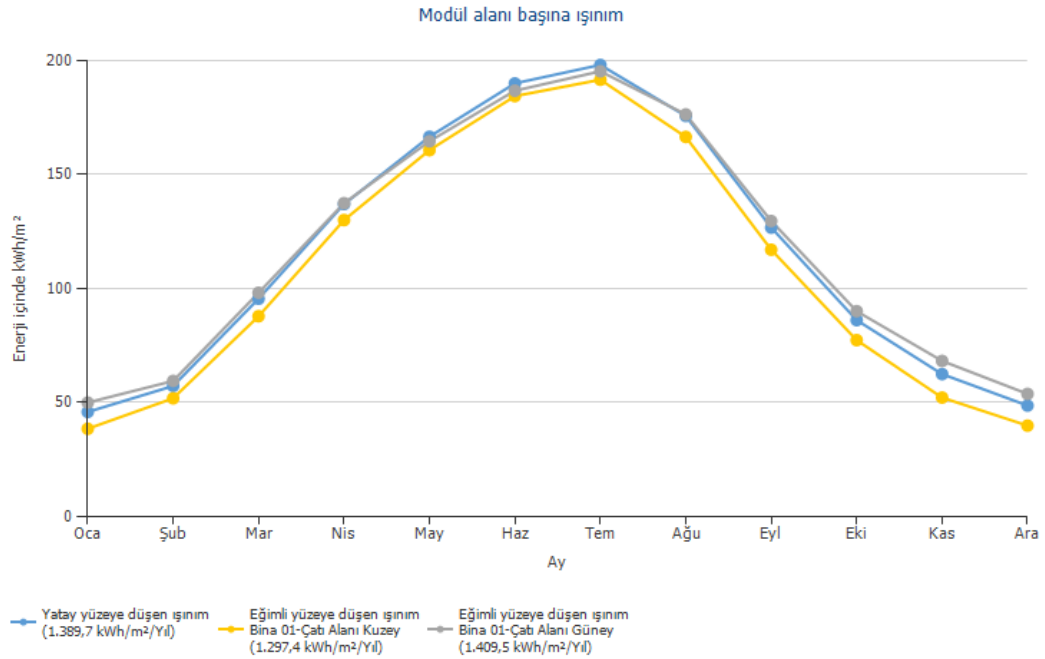


Şekil 7.6 : Panelden gelen enerjinin evirici başına aylık çıkış değerleri grafiği.

Sistemin kurulu olduğu alanın güneşten gelen radyasyon değerlerini yatayda ve panellerin yerleştirildiği çatının eğimi seviyesinde bu ışınımın paneller üzerindeki değerlerinin yıllık oranda ölçülüp çatının kuzey ve güney kısmına göre incelenmesi ve panel yerleşiminde kablo bağlantı yapısının buna göre yapılması planlanmıştır. Bu değerler ve ölçümler Tablo 7.16.'da ve Şekil 7.7.'de oluşturulan grafikte verilmiştir.

Tablo 7.16 : Yatayda ve çatı bölgesi eğimli yüzeylerine düşen ısıtım miktarı aylık olarak verilmiştir.

	Yatay yüzeye düşen ısıtım (1.389,7 kWh/m ² /Yıl)	Eğimli yüzeye düşen ısıtım kuzey (1.297,4 kWh/m ² /Yıl)	Eğimli yüzeye düşen ısıtım güney (1.409,5 kWh/m ² /Yıl)
Ay	W/m ²	W/m ²	W/m ²
Oca	45,8	38,4	49,9
Şub	57,2	51,8	59,4
Mar	95,5	87,8	98,1
Nis	137	130	137,4
May	166,6	160,7	164,6
Haz	190	184,4	186,8
Tem	198,1	191,6	195,3
Ağu	175,7	166,5	176,4
Eyl	126,7	117	129,6
Eki	86,1	77,3	90
Kas	62,4	52,1	68,2
Ara	48,6	39,8	53,7



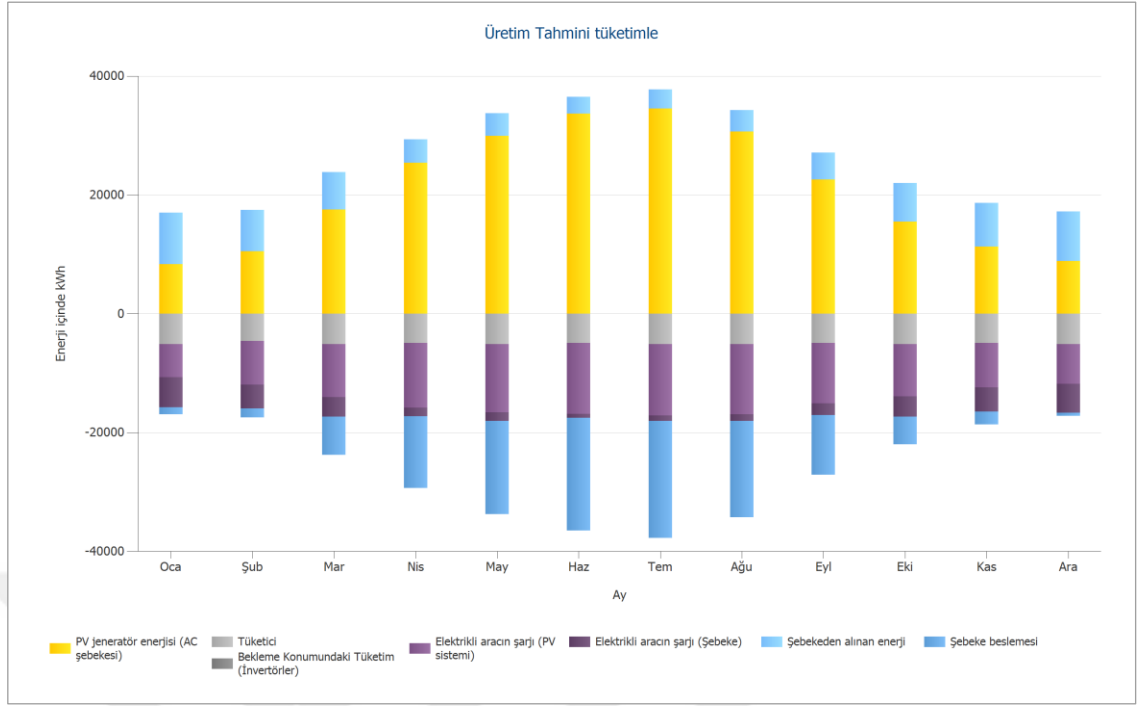
Şekil 7.7 : Yatay ısıtım ve modül alanları başına ısıtım grafiği.

Yukarıda tablolar dahilinde ve grafiksel sonuçlarla elde edilen değerler sonucu çatı bölgesine panel yerleşimleri yapılmış, kuzey ve güney alan invertör ve kablo bağlantıları bu ölçümlere göre yeniden güney alanda yatay ve kuzey alanda dikey bağlantı sistemi oluşturulmuş, panel diziliminde TEDAŞ şartnamesine uygun kablo tavaşı ve adım boşluğu değerleri çatı alanı yönlerine göre dizayn edilmiştir. Tüm bağlantılar

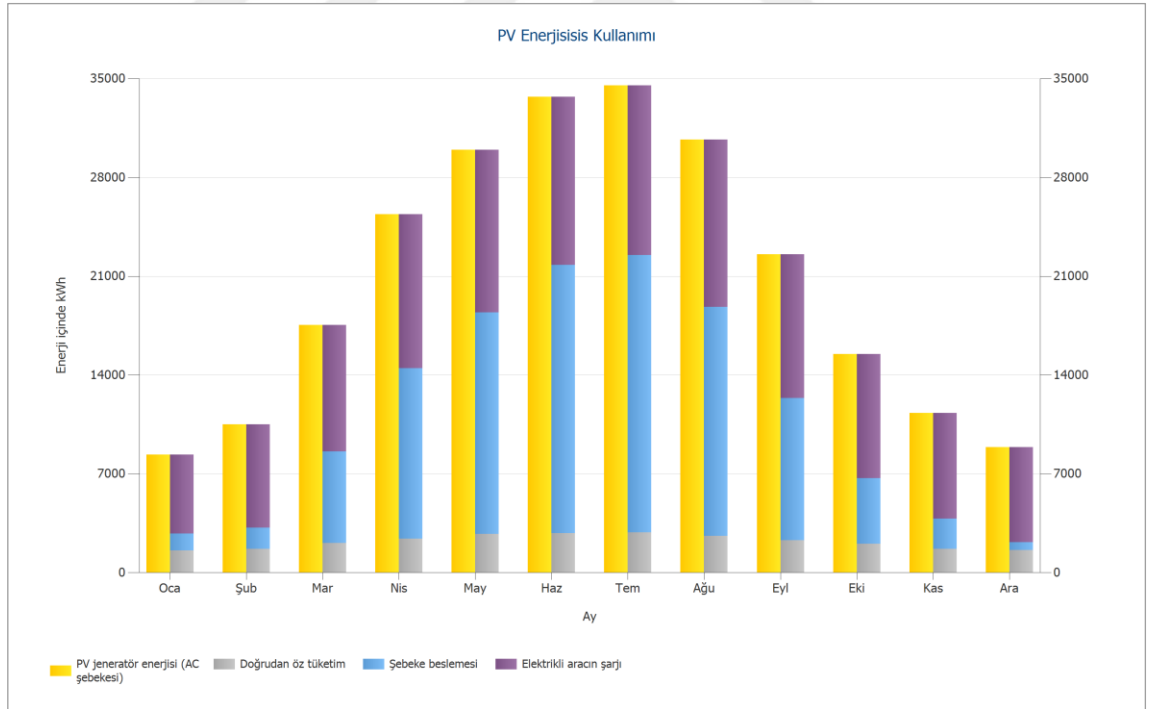
tamamlandıktan sonra programa araç kayıtları yapıp kayıt dışı araçlar ve sistem için ortalama tüketim miktarı olarak yıllık 60000 kWh değerinde tüketim miktarı eklenmiş ve sistemin genel simülasyon hesaplaması yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar değer tablosu ve tüketimin şebeke-panel oranı, kayıtlı araç şarj oranı, genel kullanım ve geri besleme grafikleri Tablo 7.17. ve Şekillerle gösterilmiş olan grafikler sırasıyla 7.8., 7.9., 7.10. ile eklenmiştir. Yapılmış olan ölçümlerde programa kaydedilen araçların panellerden kullandığı elektrik miktarı, şebekeden kullandıkları elektrik miktarı, aylık olarak güneş panellerinden üretilen elektrik, yıllık değerde sisteme eklenen tüketimin panel ve şebeke kullanım değerleri, invertörlerin bekleme durumundaki tüketimleri ve şebekeye geri besleme yapılan elektrik miktarının aylık değerleri bulunmaktadır. Bu değerler aynı zamanda grafikler ile görsel olarak da sunulmuştur.

Tablo 7.17 : Toplam panel üretimleri, kayıtlı ve kayıtsız toplam elektrik tüketimleri, panel ve şebekeden kullanım miktarları ve geri besleme miktarı.

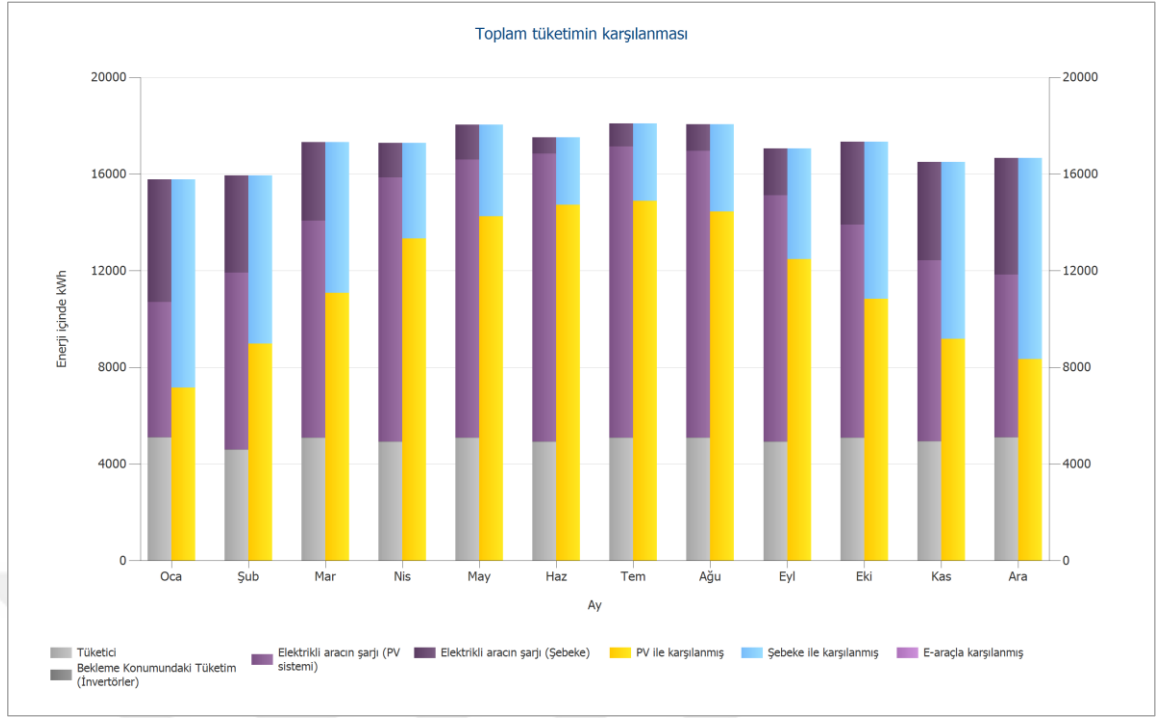
	PV (AC şebekesi)	Ortalama tüketim kayıt dışı eklenen	Bekleme (invertörler)	Araç şarjı (panellerden)	Araç şarjı (şebekeden)	Şebekeden alınan	Şebekeye verilen
Ay	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh
Oca	8348	5095,9	4,9	5595,5	5086,5	8620,3	1185,5
Şub	10507,5	4602,7	4,2	7315	4018,1	6957,3	1524,7
Mar	17546,8	5095,9	4,3	8971,7	3252,1	6245,7	6468,7
Nis	25385,5	4931,5	3,8	10914,3	1427,2	3947,9	12056,7
May	29937,2	5095,9	3,8	11496,1	1443,3	3794,3	15692,6
Haz	33700,3	4931,5	4	11914,5	668	2798,6	18981,1
Tem	34524	5095,9	3,8	12043,6	945,4	3207,2	19642,7
Ağu	30667,2	5095,9	3,7	11849,2	1109,9	3607,5	16216,2
Eyl	22547,7	4931,5	4	10176,2	1940,8	4572,6	10067,9
Eki	15486,7	5095,9	4,3	8802,4	3437,2	6503,1	4650,1
Kas	11315,5	4931,5	4,7	7494,3	4070	7318,6	2133,7
Ara	8881,1	5095,9	5,3	6736,9	4824,5	8327,1	545,7



Şekil 7.8 : Panellerde üretilen elektrik ve şebekeden alınan elektriğin toplam tüketime oranı.



Şekil 7.9 : Panellerde üretilen enerjinin sistemin genel tüketimine oranı.



Şekil 7.10 : Toplam tüketimin panel ve şebekelerden karşılanma oranlarını gösteren grafik.

7.4. Sistemin Enerji Bilançosu

Simülasyonun bu kısmında farklı programlardan faydalanarak girilmiş ortalama enerji kayıplarının oranı, bölgenin ortalama gölgelenme değeri, uyumsuzluk ve sapmalar, panel kirlenmeleri vb. tüm etkilerin sistemin ne kadar üretim yapacağı üzerinde tüm kayıp, uyumsuzluklar ve standarttan sapmalar sonucunda ne kadarlık üretim sağlanabildiği üzerine detaylı hesaplama çalışması hazırlanmıştır. Girdileri yapılmış değerlerin simülasyon sonucunda karşılaşılan ölçümlerinde kayıpların negatif olarak okunması adına eksi ile belirtildiği genel bilanço Tablo 7.18. olarak hazırlanmıştır. Bu tablodan elde edilen veriler Şekil 7.11.'de bulunan sistemin kullanım miktarları görseli ile daha anlaşılabilir yapıda oluşturulmuştur. Görselde panelden kayıtlı araçlara iletilen enerji, şebekeden alınan enerji, ortalama yıllık tüketim değeri için panel ve şebekeden alınan enerji ve şebekeye geri besleme yapılan enerji kWh değeri ile gösterilmiştir.

Tablo 7.18 : Sistem enerji bilançosu değerleri kayıpların negatif olarak belirtildiği şekilde.

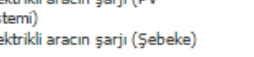
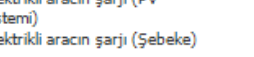
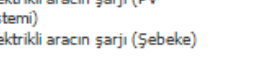
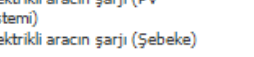
Bilgiler	Değerler	Birimler	Oranlar
Toplam ısıtım-yatayda	1.389,72	kWh/m ²	
Standart spektrumdan sapma	-13,90	kWh/m ²	-1,00 %
Zemin yansıtma katsayısı (albedo)	0,66	kWh/m ²	0,05 %
Modül yüzeyinin yerleşim yönü ve eğimi	-6,10	kWh/m ²	-0,44 %
Modülden bağımsız gölgeleme	-7,46	kWh/m ²	-1,14 %
Modül yüzeyinde yansıma	-16,93	kWh/m ²	-1,24 %
Modül üzerine düşen toplam ısıtım	1.353,46	kWh/m ²	
	1.353,46	kWh/m ²	
	x 1062.232	m ²	
	= 1.437.688,93	kWh	
Toplam PV ısıtımını	1.437.688,93	kWh	
Kirlenme	-6.872,11	kWh	-0,48 %
STC dönüşümü (modülün nominal verimliliği 20,67 %)	-1.135.005,80	kWh	-79,33 %
Anma PV enerjisi	295.811,02	kWh	
Modüle özgü kısmi gölgeleme	0,00	kWh	0,00 %
Düşük ışık performansı	-7.186,92	kWh	-2,43 %
Nominal modül sıcaklığından sapma	-12.959,82	kWh	-4,49 %
Diyotlar	-0,74	kWh	-0,50 %
Uyumsuzluk (üretici bilgisi)	-5.513,29	kWh	-2,00 %
Uyumsuzluk (konfigürasyon / gölgeleme)	0,00	kWh	0,00 %
Evirici düzenleyici olmadan PV enerjisi (DC)	270.150,99	kWh	
DC başlangıç çıkışına ulaşılamadı	-9,39	kWh	2,00 %
MPP-gerilim aralığı için düzenleme	0,00	kWh	0,00 %
Maks. DC akımı için düzenleme	0,00	kWh	0,00 %
Maks. DC performans için düzenleme	0,00	kWh	0,00 %
Maks. AC performans/cos phi için düzenleme	0,00	kWh	0,00 %
MPP eşleme	-472,05	kWh	-0,17 %
PV enerjisi (DC)	269.669,54	kWh	
Evirici girişindeki enerji	269.669,54	kWh	
Giriş gerilimi anma geriliminden sapma	-245,51	kWh	-0,09 %
DC/AC dönüştürme	-5.254,87	kWh	-1,95 %
Bekleme konumundaki tüketim (invertörler)	-50,91	kWh	-0,02 %
Toplam kablo kayıpları	-15.321,81	kWh	-5,80 %
Bekleme konumundaki kullanımı hariç PV enerjisi (AC)	248.796,44	kWh	
PV modül enerjisi (AC şebekesi)	248.847,35	kWh	

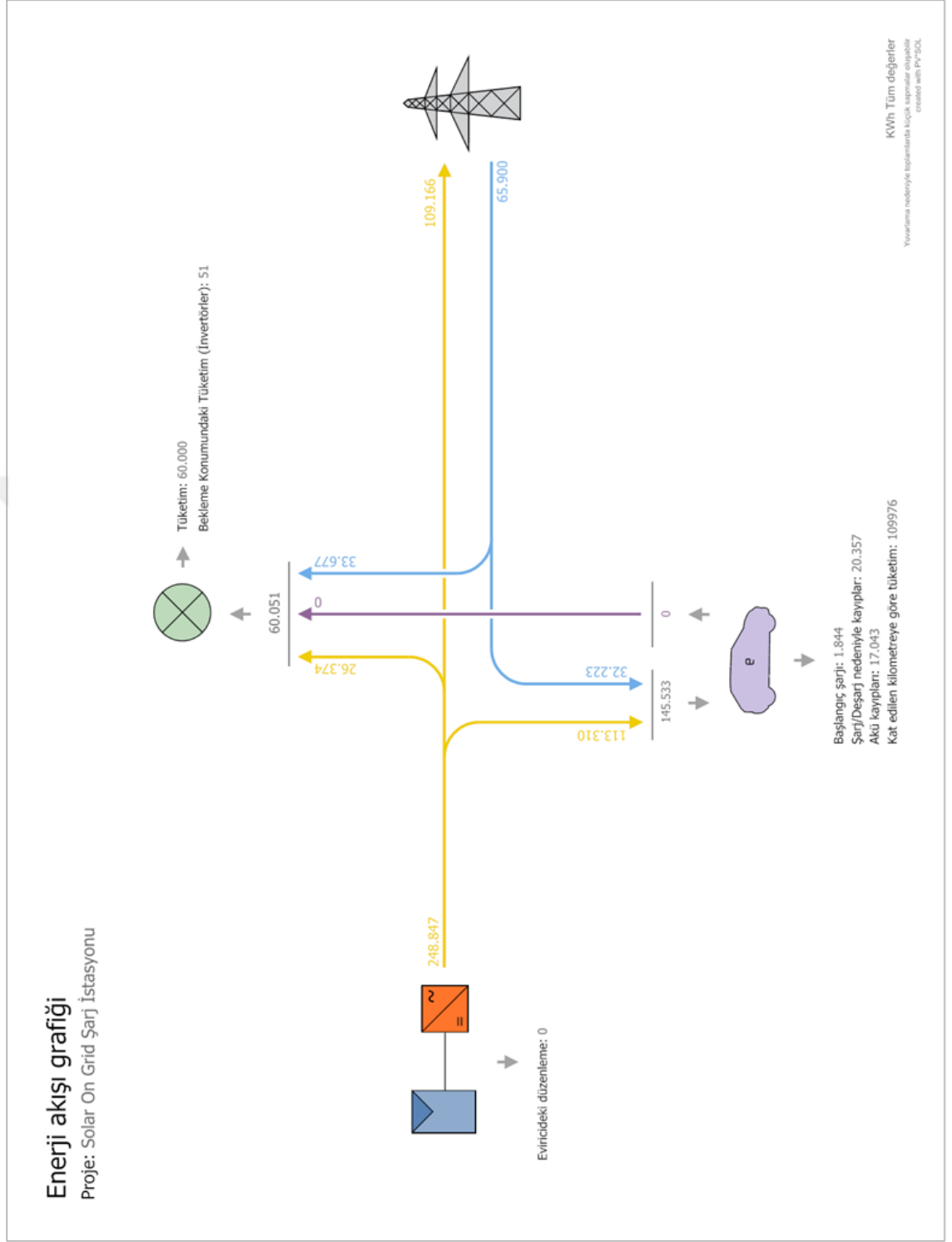
7.5. Genel Yapının Simülasyon Sonuçları

Sistem genel kurulumu amacıyla yapılan ölçüm ve hesaplamalar neticesinde güneşlenme süreleri, ısıtım değerleri, sistem kayıpları, sistem kullanım oranı değerleri, MPPT izleme sonuçları, sistemin farklı bağlantı ve fraksiyonlarda aldığı farklı sonuçlar neticesinde genel bilanço hesaplanmış ve en uygun sistem kurulumu tespiti yapılmış olarak

simülasyon değerleri bu ölçümlere göre girilip sistemin genel çalışmasının izlenmesi için simülasyon PVSol programında oluşturulmuş ve sonuçlar genel yapı dahilinde listelenip kayıtlı araçların toplam tüketim miktarı ve panellerden kullanım değerleri, güneş panelleri toplam üretim değerleri, şebekeden alınan elektrik miktarı ve satılan elektrik miktarı, kayıtlı araçlar dışında sistemin iç tüketimi ve programa girilen 35 aracın yanı sıra karşılanması planlanmış olan 25 adet dışarıdan girdi olarak düşünülmüş araç için yıllık 60 mWh toplam tüketim eklenmiştir. Önceki bölümde açıklanan Şekil 7.11. üzerindeki çalışmalar bu bölümde elde edilmiş olan sonuçlar doğrultusunda düzenlenmiş ve Tablo 7.19.'da bulunan sistemin genel sonuçları tablosu sonrasında yer almaktadır. Sistem genel sonuçları tablosunda öncelikli olarak toplam tüketim ihtiyacının %67,9 kadarının güneş panellerinden sağlandığı görülmektedir. Önemli kısımlardan bir diğeri karbondioksit emisyonu değeridir. Bu miktar şarj edilen araçların içten yanmalı motorlara sahip oldukları durumda çevreye ne kadar zarar vereceklerini göstermektedir. Ayrıca ileriye dönük geliştirmeler amacıyla ilgilenilmesi gereken hususlardan biri de araçların bataryaları tamamen boş olmadığı durumda şarj edilmeye başlanıp tamamen doluma ulaşmadan istasyondan ayrılmaları durumlarında görülmekte olan şarj/deşarj kayıpları miktarıdır.

Tablo 7.19 : Simülasyon programında elde edilen sistemin genel değerleri, sonuçları ve emisyon değeri ölçümleri.

Bilgiler	Değerler	Birimler	Grafikler
PV modül çıkışı	219,6	kWp	PV jeneratör enerjisi (AC şebekesi) 
Yıllık özgül kazanç	1.132,95	kWh/kWp	
Sistem kullanım oranı (PR)	82,7	%	
Gölgelemeden dolayı oluşan kazanç kaybı	1,0	%/Yıl	
PV modül enerjisi (AC şebekesi)	248.847	kWh/Yıl	Toplam tüketim 
Elektrikli aracın şarjı	139.684	kWh/Yıl	
Besleme noktasındaki düzenleme	6	kWh/Yıl	
Şebeke beslemesi	109.166	kWh/Yıl	
Kişisel güç tüketimi	56,1	%	Elektrikli aracın şarjı (Toplam) 
Önlenen CO ₂ emisyonu	116.934	kg/yıl	
Tüketici (Kayıt dışı şarj ve sistem)	60.000	kWh/Yıl	
Bekleme konumundaki tüketim (İnvertörler)	51	kWh/Yıl	
Elektrikli aracın şarjı (kayıtlı)	145.533	kWh/Yıl	Kat edilen kilometreye göre tüketim 
Toplam tüketim	205.583	kWh/Yıl	
PV ile karşılanmış	137.353	kWh/Yıl	
E-araçla karşılanmış	0	kWh/Yıl	
Şebeke ile karşılanmış	65.900	kWh/Yıl	
Güneş enerjisi oranı	67,9	%	Yıllık katedilen mesafe 
Başlangıç şarjı	1.844	Kwh	
Elektrikli aracın şarjı (Kayıtlı Toplam)	145.533	kWh/Yıl	
Elektrikli aracın şarjı (PV sistemi)	113.310	kWh/Yıl	
Elektrikli aracın şarjı (Şebeke)	32.223	kWh/Yıl	Güneş enerjisi ile karşılanan değer 
Tüketimi karşılamak için elektrikli aracın deşarj edilmesi	0	kWh/Yıl	
Şarj/deşarj nedeniyle kayıplar	20.357	kWh/Yıl	
İstasyon kayıpları	17.043	kWh/Yıl	
Kat edilen kilometreye göre tüketim	109976	Kwh	Toplam tüketim 
Yıllık katedilen mesafe	632235	kilometre	
Güneş enerjisi ile karşılanan değer	492249	kilometre	
Toplam tüketim	205.583	kWh/Yıl	
Şebeke ile karşılanmış	65.900	kWh/Yıl	Şarşı derecesi 
Otarşı derecesi	67,9	%	



Şekil 7.11 : Sistemin toplam tüketim, elektrik alım ve satım miktarları modellemesi.

BÖLÜM 8. FİNANSAL ANALİZ, MALİYET HESAPLAMALARI, İTERASYON DESTEKLİ SİMÜLASYON ÖLÇÜMÜ

Maliyet hesaplama bölümüne başlanırken sistemde kullanılan ürünlerin her kalem yazılması, mevcut piyasadaki ortalama değerleri, sürekli maliyet olarak uygulanması gereken değerlerin önümüzdeki 1 yıllık süreçte günümüz değerlerine oranlı fiyatlandırılması, enflasyon oranında olan değişimlerin günümüz aylık enflasyon değişim oranı olan aylık %7,3 değişim oranı bazında alınarak tablo halinde toplam değerleri ve toplam adetlerin maliyetleri raporlanmıştır.

8.1. Pano Maliyet Hesaplaması

Sistemde kullanılan pano tertibatı içerisinde kullanılacak olan malzeme ve modüllerin toplam adetlerine göre maliyet hesaplaması internet üzerinde ortalama fiyat değerleri veren kurumlar ve firmaların fiyat/endeks dosyalarından alınan değerlere göre girilmiş ve bu değerler Excel çalışmasında tablo haline getirilerek Tablo 8.1.'de verilmiştir.

Tablo 8.1 : Pano tertibatı maliyet hesaplaması birim ve toplam ücretleri.			
Pano içeriği	Detay Bilgi	Birim	Tutar (Toplam)
Bakır bara 50x10mm ²	4,45 kg/m	10 Adet	3600 TL
Bakır bara 40x3mm ²	0,25 kg/m	20 Adet	4000 TL
İzolatör	K1	6 Adet	2100 TL
Lily AWG 3	78,2 kg/km	3,2 kg	340 TL
Tek gergi tertibatı	Swallow-3/0	2 Adet	320 TL
Parafudr	50 KA	2 Adet	2100 TL
Otomatik sigorta	25 A	2 Adet	315 TL
Otomatik sigorta	40 A	4 Adet	700 TL
Kaçak akım rölesi	200 A	2 Adet	9000 TL
Çift yönlü sayaç	Kombi x/100V	1 Adet	3835 TL
Tek yönlü sayaç	3 faz 4 Tarife	1 Adet	465 TL
Termik manyetik şalter	80 A	2 Adet	980 TL
Termik manyetik şalter	400A	4 Adet	14500 TL

Tablo 8.1.(Devamı) 1 : Pano tertibatı maliyet hesaplaması birim ve toplam ücretleri.

Pano karkası	110x120x200	1 Adet	1650 TL
Güç kondansatörü	400 V 40 KVAR	1 Adet	2750 TL
Şebeke izleme rölesi	CM UFD	1 Adet	12300 TL
Akım trafosu	15 VA	2 Adet	440 TL
Acil stop butonu		2 Adet	290 TL
Öngörülemeyen ve listelenmeyen maliyetler			10000 TL
TOPLAM			71335 TL

Sistemde kullanılan pano tertibatı için düzenlenen maliyet tablosunda ücretlendirmeler toplam adet miktarlarına göre yapılmış olup örneğin, 200 A kaçak akım rölesi modülünden sistemde olan ihtiyaç 2 adet olmakla birlikte kullanılması planlanan ve seçilen SIEMENS marka 200 A kaçak akım rölesi ortalama fiyatı olan 4500 TL değerinde ve sistem ihtiyacı olan 2 adet ürün ihtiyacı doğrultusunda kaçak akım rölesi maliyeti toplam 9000 TL olmuştur. Örnekte belirtildiği şekliyle genel tablo kurulumu sağlanmıştır.

8.2. Kablo ve Kablolama Teçhizatları Maliyeti

Sistemin her aşamasında, panel bağlantılarından panellerin MPPT modüllere olan bağlantılarında, invertör-panel bağlantısında, şebeke bağlantısında, haberleşme bağlantılarında, pano bağlantılarına kadar bağlantı durumunun kablosuz olarak tabir edilmediği her noktada kullanılan ve hem TEDAŞ Şartnamelerine uygun hem de onaydan bağımsız olarak sistemin güvenli olması için projede ölçümlere uygun şekilde yapılmış olan kablo seçimi hesaplama bölümünde detaylı şekilde bahsedilen kablo seçimleri yapılmış ve bu seçimlerin maliyetlerini hesaplama için Tablo 8.2. oluşturulmuştur.

Tablo 8.2 : Kablo ve Kablolama teçhizatları birim ve toplam ücretleri.

Kablolama listesi	Detay Bilgi	Birim	Tutar
1x120 NA2XH			
1x120 N2XH		Ort. ölçüm	9000 TL
1x120 NAYY (YAVV)		değerleri	
1x120 NYY (YVV)			
Solar kablo	4mm	200mt	2500 TL
Kablo başlık ve pabuçlar		1 Set	7500 TL
Topraklama		1 Set	4250 TL
Öngörülemeyen maliyetler			1750 TL
TOPLAM			25000 TL

8.3. Yıllık İhtiyaçlar Bazlı Maliyet Değerlendirmesi

Sistemin makul oranda ve istenilen seviyelerde çalışabilirliğini korumak için panel bakımları, elektronik teçhizatlar için bakım ve düzenlemeleri, genel ihtiyaçlar gibi sistemi verimli halde tutarak daha uzun ömürlü çalışmasını sağlayacak durumlar ek bir maliyete neden olmaktadır. Bu kısımda oluşacak maliyetlerin yıllık bazdaki etkilerini Tablo 8.3.'de düzenlenerek toplam giderler hesaplanmıştır.

Tablo 8.3 : Yıllık sürekli maliyetler toplamı değerleri.

Yıllık maliyetler	Tutar
Panel yıllık bakımları	2000 TL
Elektrik teçhizat bakımları	1000 TL
Ünite ve haberleşme bakımları	2000 TL
Sistem aylık maliyetleri (Yıllık olarak ortalama bazda)	5000 TL
Öngörülemeyen maliyetler	5000 TL
TOPLAM	15000 TL

8.4. Kurulan Sistemin Toplam Maliyet Hesabı

Kurulması planlanmış ve simülasyonu tamamlanmış olan çatı üzeri kurulum sisteminde düzenlenmiş toplam 488 panel, 2 invertör, pano teçhizatı, 4 şarj istasyonu, haberleşme sistemi vb. birçok ürün, modül, sistem ve parçayı içerisinde barındıran sistemin kurulumu yapılırken gerekli olan ürünlerin adetleri ve ihtiyaç birimleri yanı sıra toplam maliyet oluşturulurken sistemin kurulum aşamasında gerekli olan nakliye, tek hat şeması proje çizimi, işçilik gibi maliyetlerde eklenerek toplam harcamanın ne kadar olacağı öngörülmesi adına tablo haline getirilmiştir. Verilen Tablo 8.4.'te gerekli teçhizatları fiyatlandırmaları toplam birim cinsinden bulunmaktadır.

Tablo 8.4 : Sistemin toplam maliyetinin hesaplanması için toplam birim ve tutarlar.

Sistem içeriği	Detay Bilgi	Birim	Tutar
Güneş panelleri	450 W	488 Adet	1.586.000 TL
İnvertör	100 KW	2 Adet	124.000 TL
Şarj istasyonu	90 KW DC	4 Adet	1.200.000 TL
Pano tertibatı	-	1 Adet	71.335 TL
Haberleşme sistemi	-	1 Adet	20.000 TL
Resmi harçlar	-	-	6.600 TL
Proje tasarımı	-	-	17.500 TL
Montaj ve işçilik	-	-	10.000 TL

Tablo 8.4.(Devamı) 1 : Sistemin toplam maliyetinin hesaplanması için toplam birim ve tutarlar.

Sistem içeriği	Detay bilgi	Birim	Tutar
Nakliye	-	-	25.000 TL
Kayıtlı kullanıcı sistemi	RFID kartlar (Mevcut kartlara sistem entegrasi)	-	5.000 TL
Diğer maliyetler	-	-	35.000 TL
TOPLAM			3.100.935 TL

8.5. Gelir-Gider Dağılımları ve Finansman Sonuçları İçin İterasyon Uygulanmış Simülasyon Değerlendirmesi

Sistemde yapılan maliyet hesaplaması çalışmaları sonrası ortalama değerlere göre gelir ve gider analizi ihtiyacı düşünülmüş ve maliyet hesaplama analizinden elde edilecek değerler ışığında 20 yıllık gelir-gider tahmini üzerine çalışma planlanmıştır. Bu plana göre öncelikle simülasyondan başlangıç değerleri alınmıştır. Bu başlangıç değerleri Tablo 8.5.'te yer alan üretim ve tüketim değerlerini içeren tablo detaylarından yararlanılarak oluşturulmuştur.

Tablo 8.5 : Sistemin genel üretim, tüketim değerlerinin kullanım oranları dahilinde ölçülmesi ve amortisman süresi.

Bilgiler	Değerler	Birimler
PV modül enerjisi (AC şebekesi)	248.847	kWh
Doğrudan öz tüketim	26.374	kWh
Elektrikli aracın şarjı (panellerden)	113.310	kWh
Şebeke beslemesi	106.556	kWh
Kişisel güç tüketimi	56,1	%
Güneş enerjisi oranı	67,9	%
Yıllık özgül kazanç	1.132,95	kWh/kWp
Sistem kullanım oranı (PR)	82,7	%
Gölgelemeden dolayı oluşan kazanç kaybı	1,0	%/Yıl
Önlenen CO ₂ emisyonu	116.934	kg/yıl
Varlıkların getirisi	19,06	%
Amortisman süresi	5,6	Yıllar
Elektrik üretim maliyeti	0,8	TL/kWh
Enerji dengesi / şebekeyi besleme kavramı	Besleme fazlası (Mahsuplaşma)	TL/kWh

Sistemin 20 yıllık yalnızca kendi çevrimi açısından hesaplanacağı araç gelirlerinin şebekeden kullanılmayan değer miktarınca ücretlendirmesinin dahil edilmediği kendi kazanımları ile oluşturulan iterasyon bazlı maliyet tablosu için öncelikle genel finansal analiz yapılması gerekmekte olduğundan bu finansal analiz değerleri ölçülerek Tablo 8.6. olarak sunulmuş ve bu çıktılar ışığında yapılacak çalışmalar öncesi gerekli sistem değerleri girdileri planlanmıştır;

- Modül verim düşüşü,
- Değerlendirme dönemi,
- Sistemin kurulumu için hesaplanan toplam maliyet,
- Yıllık gider maliyetleri,
- TEDAŞ elektrik alım-satım fiyatlandırması,
- Ay bazında değişen yıllık enflasyon oranı,
- Mahsuplaşma fiyatlandırma oranları.

Tablo 8.6 : Sistemin finansal analiz değerleri bazında toplam maliyet ve araç yolculuk başına enerji maliyet oranları ve parametreler.

Bilgiler	Değerler	Birimler
İlk yıl içindeki şebeke beslemesi (Modülün performans düşüşü dahil)	108.807	kWh/Yıl
PV modül çıkışı	219,6	kWp
Sistemin devreye alınması	10.05.2022	
Değerlendirme dönemi	21	Yıl
Anaparaya uygulanan faiz	0,17	%
Varlıkların getirisi	19,06	%
Ekonomik parametreler		
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	11.716.056,59	TL
Amortisman süresi	5,7	Yıl
Elektrik üretim maliyeti	0,8	TL/kWh
PV'siz yolculuk maliyeti	60,66	TL/100 km
PV ile yolculuk maliyeti	27,69	TL/100 km
Ödemelere genel bakış		
Kurulum maliyetleri	3.100.935,00	TL
Kurulum giderleri	3.100.935,00	TL
Gelen sübvansiyonlar	0,00	TL
İşletme giderleri	15.000,00	TL/Yıl
İşletme giderleri	15.000,00	TL/Yıl
Tüketim bağlı maliyetler	5.000,00	TL/Yıl
Tüketim maliyetleri	5.000,00	TL/Yıl
Yıllık muhtelif giderler	5.000,00	TL/Yıl
Diğer giderler	5.000,00	TL/Yıl
Ödemeler ve tasarruflar		
Şebeke işletmecisi tarafından ilk yılda yapılan toplam ödeme	136.008,47	TL/Yıl
Birinci yılda oluşan tasarruflar, araçlardan alınan şarj ücretleri toplamı (panel kullanımı değerinde)	382.246,47	TL/Yıl

Tablo 8.6.(Devam) 1 : Sistemin finansal analiz değerleri bazında toplam maliyet ve araç yolculuk başına enerji maliyet oranları ve parametreler.

TEDAŞ tarifeleri-İşletme (mahsuplaşma)		
Geçerlilik	15.05.2022	14.05.2042
Özel besleme ücreti	1,25	TL/kWh
Şebekeye beslemeden gelir	136.008,47	TL/Yıl
Girilen tarife (TEDAŞ şartname değerleri)		
Enerji Fiyatı	2,64	TL/kWh
Taban fiyat	45,00	TL/Ay
Enerji fiyatı için enflasyon oranı	7.43	%/Yıl (Ay bazında)

8.6. 20 Yıl İçin Yapılan Sistem Gelir-Gider Bazlı Simülasyon Değerlendirilmesi

Sistemin 20 yıllık gelir-gider tablosunu oluşturmak için mevcut değerler baz alınarak iterasyon yapılacak düzenlemenin kurulması gereklidir. Bu hususta yapılacak düzenlemeler sırasıyla;

- Modüllerin 12 yıl sonunda %10, 25 yıl sonunda %20 verim kaybı yaşayacakları bilgisi verilmektedir,
- Kullanılacak invertörün %99,8 verim değeri üzerinden yaşayacağı %1,21 değerinde kayıpları görülmektedir,
- Sistemin gölgelenme kayıpları, kablolama ve hat akış üzerinden kaybedeceği değer ve iç tüketimleri,
- Aylık 900 kWh değere kadar 2,06 TL üzeri tüketim için 2,75 TL ücretle hesaplanarak şebekeden elektrik alınacağı bilinmektedir,
- Üretilen elektrik mahsuplaşma anlaşması gereğince bölgede üretilen 150 mWh değere kadar 1,25 TL üzerinden devamında 0,37 TL değerinden alımının yapılacağı şartname gereğince şebekeye satılacak elektrik satış ücretinin bu verilerden girilmesi gereklidir,
- Sistemde kullanılacak araç şarj etme ücretleri mahsuplaşma uyarınca panellerden kullanım değerine eşdeğer oranda ölçülüp elektrik satış fiyatına göre düzenlenmiştir. AC 7,6 kWh 0,37 TL'den DC 50 kWh değer bandında 2,06 TL ve 50-90 kWh kadar ortalama 2,86 TL ile ücretlendirme seçilmiştir.

- Simülasyonda kayıtlı araçlar anlaşmalı kart kullanım sistemi dahilinde düzenlenen fiyat değerlerine göre ücretlendirilir iken ilk yıl için mahsuplaşma dahilinde sistem harcaması için geri vergi ödemesi yapılmıştır.
- Yıllık sistem giderleri ve fiyat değerlendirmeleri üzerine girilen enflasyon oranları ilk yıl bazında 20 yıllık değerlendirmede kalmaktadır,
- Anaparaya mevcut faiz uygulaması bulunmamakla birlikte paranın sabit olarak artışta bulunduğu sabit hesap 0,17 faizle işlem yapmaktadır,
- Simülasyon iterasyonu araçlardan kazanılacak ücreti şartname değerlerince panellerden kullanılan elektriğin fiyatlandırma değeri olarak uygulanmıştır ki bu değer sistem konfigürasyonu ile örtüşen amaçla kullanılmıştır.

Verilen bu bilgiler dahilinde 20 yıllık iterasyon Tablo 8.7. olarak oluşturulmuş ve mevcut yıl değerleri üzerinden yukarıdaki girdiler seviyesinde ölçümler gözlemlenmektedir.

Tablo 8.7 : Sistemin finansal değerlerinin 20 yıllık bazda iterasyon ile ölçümü.

	Yıl 1	Yıl 2	Yıl 3	Yıl 4	Yıl 5
İşletme giderleri	-14.974,54 TL	-15.995,57 TL	-17.086,21 TL	-18.251,22 TL	-19.495,66 TL
Tüketim giderleri	-4.991,51 TL	-5.331,86 TL	-5.695,40 TL	-6.083,74 TL	-6.498,55 TL
Diğer giderler	-4.991,51 TL	-4.983,04 TL	-4.974,59 TL	-4.966,14 TL	-4.957,72 TL
Tek seferlik ödemeler	-3.100.935,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL
Şebekeye beslemeden gelir	126.940,10 TL	134.413,93 TL	133.054,45 TL	131.699,20 TL	130.348,17 TL
Elektrik tasarrufu değeri araç ücretlendirmesi	372.729,73 TL	405.828,73 TL	431.567,41 TL	458.905,75 TL	487.939,37 TL
Vergiler eklenmeden önceki sonuçlar	-2.620.960,10 TL	513.932,20 TL	536.865,66 TL	561.303,85 TL	587.335,60 TL
Vergi iadesi (1. yıl için mahsuplaşma eklemesi ile)	471.772,82 TL	-92.507,80 TL	-96.635,82 TL	-101.034,69 TL	-105.720,41 TL
Vergiler eklendikten sonraki sonuçlar	-2.154.449,93 TL	421.424,40 TL	440.229,84 TL	460.269,15 TL	481.615,20 TL
Yıllık nakit akışı	-2.154.449 TL	421.424 TL	440.229 TL	460.269 TL	481.615 TL
Biriktirilmiş nakit akışı	-2.154.449,93 TL	-1.733.025,5 TL	-1.292.795,68 TL	-832.526,53 TL	-350.911,34 TL

Tablo 8.7.(Devam) 1 : Sistemin finansal değerlerinin 20 yıllık bazda iterasyon ile ölçümü.

	Yıl 6	Yıl 7	Yıl 8	Yıl 9	Yıl 10
İşletme giderleri	-20.824,96 TL	-22.244,89 TL	-23.761,63 TL	-25.381,80 TL	-27.112,43 TL
Tüketim giderleri	-6.941,65 TL	-7.414,96 TL	-7.920,54 TL	-8.460,60 TL	-9.037,48 TL
Diğer giderler	-4.949,30 TL	-4.940,90 TL	-4.932,52 TL	-4.924,15 TL	-4.915,79 TL
Tek seferlik ödemeler	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL
Şebekeye beslemeden gelir	129.001,34 TL	127.658,71 TL	126.320,26 TL	124.985,99 TL	123.655,89 TL
Elektrik tasarrufu değeri araç ücretlendirmesi	518.771,08 TL	551.509,14 TL	586.267,40 TL	623.166,80 TL	662.335,65 TL
Vergiler eklenmeden önceki sonuçlar	615.056,5 TL	644.567,10 TL	675.972,97 TL	709.386,25 TL	744.925,83 TL
Vergi iadesi	-110.710,17 TL	-116.022,08 TL	-121.675,13 TL	-127.689,52 TL	-134.086,65 TL
Vergiler eklendikten sonraki sonuçlar	504.346,34 TL	528.545,02 TL	554.297,84 TL	581.696,72 TL	610.839,18 TL
Yıllık nakit akışı	504.346,34 TL	528.545,02 TL	554.297,84 TL	581.696,72 TL	610.839,18 TL
Biriktirilmiş nakit akışı	153.435,00 TL	681.980,02 TL	1.236.277,86 TL	1.817.974,5 TL	2.428.813,7 TL
	Yıl 11	Yıl 12	Yıl 13	Yıl 14	Yıl 15
İşletme giderleri	-28.961,07 TL	-30.935,76 TL	-33.045,08 TL	-35.298,23 TL	-37.705,01 TL
Tüketim giderleri	-9.653,69 TL	-10.311,92 TL	-11.015,03 TL	-11.766,08 TL	-12.568,34 TL
Diğer giderler	-4.907,45 TL	-4.899,12 TL	-4.890,80 TL	-4.882,50 TL	-4.874,22 TL
Tek seferlik ödemeler	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL
Şebekeye beslemeden gelir	122.329,94 TL	121.008,13 TL	119.724,21 TL	118.496,02 TL	117.271,65 TL
Elektrik tasarrufu değeri araç ücretlendirmesi	703.908,54 TL	748.028,68 TL	795.156,08 TL	845.463,47 TL	898.886,50 TL
Vergiler eklenmeden önceki sonuçlar	782.716,27 TL	822.890,02 TL	865.929,38 TL	912.012,68 TL	961.010,60 TL
Vergi iadesi	-140.888,93 TL	-148.120,20 TL	-155.867,29 TL	-164.162,28 TL	-172.981,91 TL
Vergiler eklendikten sonraki sonuçlar	641.827,34 TL	674.769,81 TL	710.062,09 TL	747.850,39 TL	788.028,69 TL
Yıllık nakit akışı	641.827,34 TL	674.769,81 TL	710.062,09 TL	747.850,39 TL	788.028,69 TL
Biriktirilmiş nakit akışı	3.070.641,10 TL	3.745.410,9 TL	4.455.473,00 TL	5.203.323,4 TL	5.991.352,1 TL

Tablo 8.7.(Devam) 2 : Sistemin finansal değerlerinin 20 yıllık bazda iterasyon ile ölçümü.

	Yıl 16	Yıl 17	Yıl 18	Yıl 19	Yıl 20
İşletme giderleri	-40.275,89 TL	-43.022,06 TL	-45.955,48 TL	-49.088,92 TL	-52.436,00 TL
Tüketim giderleri	-13.425,30 TL	-14.340,69 TL	-15.318,49 TL	-16.362,97 TL	-17.478,67 TL
Diğer giderler	-4.865,95 TL	-4.857,69 TL	-4.849,44 TL	-4.841,21 TL	-4.833,00 TL
Tek seferlik ödemeler	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL
Şebekeye beslemeden gelir	116.051,10 TL	114.834,36 TL	113.621,41 TL	112.412,25 TL	111.206,86 TL
Elektrik tasarrufu değeri araç ücretlendirmesi	955.612,08 TL	1.015.838,5 TL	1.079.775,39 TL	1.147.643,8 TL	1.219.678,3 TL
Vergiler eklenmeden önceki sonuçlar	1.013.096,05 TL	1.068.452,4 TL	1.127.273,38 TL	1.189.763,3 TL	1.256.137,5 TL
Vergi iadesi	-182.357,29 TL	-192.321,44 TL	-202.909,21 TL	-214.157,35 TL	-226.104,76 TL
Vergiler eklendikten sonraki sonuçlar	830.738,76 TL	876.131,00 TL	924.364,17 TL	975.605,69 TL	1.030.032,8 TL
Yıllık nakit akışı	830.738,76 TL	876.131,00 TL	924.364,17 TL	975.605,69 TL	1.030.032,7 TL
Biriktirilmiş nakit akışı	6.822.090,8 TL	7.698.221,8 TL	8.622.586,01 TL	9.598.191,6 TL	10.628.224 TL
Yıl 21					
İşletme giderleri	-56.011,30 TL				
Tüketim giderleri	-18.670,43 TL				
Diğer giderler	-4.824,79 TL				
Tek seferlik ödemeler	0,00 TL				
Şebekeye beslemeden gelir	110.005,24 TL				
Elektrik tasarrufu değeri araç ücretlendirmesi	1.296.125,81 TL				
Vergiler eklenmeden önceki sonuçlar	1.326.624,52 TL				
Vergi iadesi	-238.792,41 TL				
Vergiler eklendikten sonraki sonuçlar	1.087.832,11 TL				
Yıllık nakit akışı	1.087.832,11 TL				
Biriktirilmiş nakit akışı	11.716.056,59 TL				

Yapılan 20 yıllık iterasyon sonuçları sistemin araç ücretlendirme işleminden muaf olduğu durumlarda dahi amorti süresini hesaplama ve şebekeye bağlı olmadan kullanılacak elektriğin gelir anlamında katkısını göstermekle beraber 1.seviye mahsuplaşma anlaşması gereğince kurulum için harcanan maliyetin %18 KDV oranında geri ödenmesi ve panellerden tüketilen elektriğin şebekeden alımına karşılık gelen maliyeti seviyesinde araçlara ücretlendirme yapılması anlaşması uyarınca elde edilen sonuçları kapsamakta olup mevcut sistemde kullanılan araç şarj ücretlendirmesine tabi olma izinleri alındığı takdirde kazanç değeri çok daha yüksek meblağlara ulaşmakta olacaktır.



BÖLÜM 9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde fosil yakıtlı araçlar yalnızca doğal çevreye etki eden zararlarından kaynaklı değil aynı zamanda yükselen maliyetleri ile de tercih sebebi olmaktan uzaklaşmaktadır. Bu durumlar elektrikli araçların menzil miktarlarının yükseldiği günümüzde içten yanmalı araçlar ile aralarındaki toplam maliyet farkını da azaltarak elektrikli araçların geleceğe yönelik pazar payını arttırmaktadır.

Kurulumu simülasyon programında tamamlanan sistem bu minvalde planlanmış olup inşaatı tamamlanmaya yaklaşan yerli araç fabrikası TOGG firmasının yanı sıra GEMPORT uluslararası limanının da yakınında olan ve yine yakın mesafede otomotivde ülkemizde adından sıkça söz ettirmiş Bursa iline ve buradaki Renault gibi birçok yüksek miktartlı üretim faaliyetinde olan fabrikalara da çok yakında kurulması planlanan sistem çatı entegre modelleme ile çok aktif bir bölge içinde bulunmaktadır.

Sistem simülasyonda hesaplaması da yapılarak belirlenen kayıtlı araç sistemi ve bu değerler baz alınarak dahil edilen tüketim miktarları ile ki bu hususta kayıtlı olmayan araç sayısı ile birlikte 35 adet kayıtlı araç ile toplamda ortalama günlük 60 adet araca cevap verebilecek nitelikte olması amaçlanarak düzenlenen sistem panellerden ürettiği elektrik enerjisi ile bu araçların şarj ihtiyacının %67,9 kadarına cevap verirken üretimde mevcut süre içinde kullanılmayan ve şebekeye satılan elektrikten şarj istasyonu ücretlerinden bağımsız günümüz ödeme sistemine uygun haliyle %19 seviyelerinde varlık getirisi ve %56,1 işletme güç tüketimine cevap vermektedir.

Sistemde kullanılan paneller 219,6 kWp çıkış üretirken 248.847 kWh/yıl üretimde bulunmuş ve bu sayede toplamda yıl içinde ihtiyaç duyulan 205.583 kWh/yıl enerjinin 137.353 kWh kadarının panellerden sağlanması imkanını sunarken 109.166 kWh miktarında elektriğinde şebekeye satılarak kazanç sağlanmasına imkan sağlamıştır. Bu süre zarfında yalnızca yaklaşık 2.500kWh/yıl kullanımda kayıp değeri ile aşılmaması gereken %3 seviyesi değerini %1 ile tamamlamaktadır.

Sistem bu yapısı ile elektrikli araçların şarj ücretleri tamamıyla eklenmemiş iken elde edilen elektrik faturası kazancı hesabı ile 20 yıllık iterasyona sokulmuş ve bunun sonucunda 5,8 yılda amortisman süresi ve maliyetler günümüz haliyle enflasyonun aylık değişim oranı olan %7 seviyelerinde seyretmesi durumunda anaparaya %0,17 doğal banka hesabında kalma faizi dışı bir faiz kazancı olmaması haliyle dahi 21.yılın sonunda 11.716.056,09 TL değerinde kazanç sağlamış ve bu değer yalnızca mahsuplaşma anlaşması gereği panellerden sağlanan elektrik değerinin şebeke ücreti değerine karşılık halidir.

Sistem bu kazanç oranları düşünüldüğünde ileri dönük geliştirmelere açıktır. Bunların başında mevcut dönem içerisinde maliyet açısından çok yüksek miktarlarda olan hibrit evirici sistemi kurulumu ile sistem şebekeye bağlı iken aynı zamanda batarya bağlantısı ile elektrik kesintisi döneminde veya gündüz tüketilen panel enerjisi bataryaların dolumu durumuna da yeterli olduğu süre zarfında şebekeden elektrik alımına ihtiyaç duyulmadan sistemin kendini çevirmesine imkan sağlarken olası yetersiz üretim veya anlık yüksek ihtiyaç dönemlerinde şebekeye bağlı kalarak ihtiyacı şebekeden karşılamaya olanak sağlayacak şekilde kullanılabilir hale gelmektedir. Bu imkanın sağlanması için sistemin kazanç sağlamaya başlaması, hibrit evirici ve bu ürünlerle kullanımı zorunlu olan li-on batarya sistemlerinin maliyetlerinin uygun hale gelmesi gerekmektedir.

Bu değişimler yanı sıra sistemin geleceğe yönelik yatırımı açısından mevcut dönemde çatı ve yeni kat inşaatı devam etmekte olan ve kurulan sistem ile aynı alan içindeki parselde konumlu olan AVM çatısı içinde gerekli görüşmeler yapılarak inşaat durumunun sonuçlanmasına yakın zamanda gerekli izinler ve uygun şartlara cevap verecek olan panel, evirici, pano ve yeni şarj istasyonları ile sistemin cevap vermek istediği kullanıcı sayısı genişletilirken, üretilen elektrik değeri artışı ile bataryalardan şarj sağlanması, şebekeye daha az ihtiyaç duyulması ve aynı zamanda şebekeye ve 3.kişilere elektrik satışı yapılarak kazanç sağlanması durumuna uygun ve imkan sağlayan, AVM binasının gerekli ihtiyaç durumunda elektrik ihtiyacını karşılayarak mevcut fiyatlandırmadan daha uygun bir anlaşma ile kazan-kazan durumuna da olanak sağlayabilecek bir yapıdadır.

KAYNAKLAR

- ABB Technical Application Paper for Photovoltaic Plants, Technical Application Papers No.10 Photovoltaic plants, 2020.
- Ahmad, A., and Khan, J., Real Time Load Scheduling and Storage Management for Solar Powered Network Connected EVs, IEEE Transactions on Sustainable Energy, 16p, 2019.
- Aleksandrov, S., Jovanovi, Z., Nikoli, S., and Stanimir, Č., “Mechatronic System Control Based on SCADA package,” FACTA Univ. Ser. Autom. Control Robot., 10(2): 189–198, 2011.
- Barra, K., and Rahem, D., "Predictive direct power control for photovoltaic grid connected system: An approach based on multilevel converters," Energy Conversion and Management, vol. 78, pp. 825-834, 2014.
- Bizkeleyici, E., Şimşek, B. Fotovoltaik Güneş Elektrik Santrallerinin Alçak Gerilim Şebekesine Bağlantı Esasları. 3.Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi, İzmir, 2014.
- Boyalı, A., “Hibrit Elektrikli Yol Taşıtlarının Modellenmesi”, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.
- Boyekin, T., Kıyak, İ., Rooftop Solar Power Plant Based Electric Vehicle Charging Station. 6. European Conference On Renewable Energy Systems (ECRES), 25-27 Haziran 2018. İstanbul, Türkiye, 2018.
- Boyekin, T., Çatı Tip Güneş Enerjisi Beslenen Elektrikli Araç Şarj İstasyonu İstanbul, 2020.
- Birleştirici, A., Şalcı, M., Dikkulak, A., Güler, F. ve Turhan, E., Elektrikli Araç Şarj İstasyonları, 2.Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi, 2011.

- Carter, R., Electric Vehicle Charging Station Placement and Management Yanhai Xiong Nnayang Technological University, 2018.
- Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Tematik Paneli, Vizyon 2023, Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü projesi. Vizyon ve Öngörü Raporu. Ankara, 2016.
- CHAdEMO Association. Technical specifications of quick charger for the electric vehicle, 2011.
- Chen, S., Quinn, S., Hsu, C. T., and Lehmann, B., 2012. Estimation method of DC wire losses in photovoltaic systems, IEEE 34nd International Telecommunications Energy Conference (INTELEC), Scottsdale, AZ, 2012.
- Chouder, A., & Silvestre, S., “Analysis Model of Mismatched Power Losses in PV Systems,” Journal of Solar Engineering, Vol. 131, 2009.
- Çobanoğlu, A., Elektrikli Kara Araçları İçin Güneş Enerjisi Destekli Bir Şarj İstasyonu Tasarımı İzmir, 2020.
- Çözel, İ., (2021) Sakarya İli İçin Örnek Bir PV-Rüzgar Hibrit Enerjili Şarj İstasyonu Tasarımı Sakarya, 2021.
- Das, H. S., Rahman M. M., Li, S., & Tan, C. W., Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 109618, 2019.
- De Weerd vd. (2013), Malandrino, vd. (2015), Adler (2014), Modeling that sends route and station selection advice to vehicles in the administrative system to which EAs are connected, in a way that will shorten the total travel time of the vehicles. 2015.
- Duymazlar, O., and Engin, D., “Design and Application of OPC-based SCADA System with Multiple Controllers: An Electro-pneumatic Case Study,” in Proceedings-2019 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference, ASYU 2019, İzmir, Türkiye, 208-213, 2019.
- Eldem, M., Güneş Enerjisi. TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni, 1-10, 2017.
- Elektrik Mühendisleri Odası Elektrik Tesisleri Genel Teknik Şartnamesi ve Uygulama Esasları – Elektrik Mühendisleri Odası (EMO), 2021.
- Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği, Ankara, 2002.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Denge Tabloları, <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari> Erişim Tarihi: 20.03.2022.
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM) Güneş Enerjisi ve Teknolojileri. http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx. 2018. Erişim Tarihi: 16.05.2022.
- ETKB, Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazetesi No: 30772, 2019.

- Girgin, M. H., Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 333077, 2011.
- Gomez J. C., Medhat M. M., "Impact of EV Battery Chargers on the Power Quality of Distribution Systems", IEEE Transactions on Power Delivery, vol.18, no.3, 2015.
- Görkem A., Atölye 2, Ankara, 2008.
- Grunow, P., Preiss, A., Koch, S., & Krauter, S., Yield and Spectral Effects of A-Si Modules, Proceedings of the 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference, pp. 2846-2829, ISBN 3-936338-25-6, Hamburg, Germany, 2009.
- He, Y., Bhavasar, P., Chowdhury, M., Li, Z., Optimizing The Performance Of Vehicle-To-Grid (V2G) Enabled Battery Electric Vehicles Through A Smart Charge Scheduling Model. International Journal Of Automotive Technology, 827–837, 2015.
- Husain, İ., "Electric and Hybrid Vehicles Design Fundamentals", CRC press, New York, 2003.
- Jiang, X., and others, Coordination Dispatch of Electric Vehicles Charging/Discharging and Renewable Energy Resources Power in Microgrid, International Congress of Information and Communication Technology (ICICT), Sanya, Çi, 2017.
- Kaiser, A., Nguyen, A., Pham, R., Granados, M., & Le, H. T., Efficient Interfacing Electric Vehicles with Grid using Bi-directional Smart Inverter. In 2018 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC) (pp. 178-182). IEEE 2018.
- Kaymaz, H., Hibrit ve Elektrikli Metrobüs Araçları İçin Sürüş Çevrimi Oluşturulması. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi FBE, 2018.
- Liu, Y. H., Liu, C. H., Huang, J. W., and Chen, J. H., "Neural-network-based maximum power point tracking methods for photovoltaic systems operating under fast changing environments," Solar Energy, vol. 89, pp. 42- 53, 2013.
- Lutz, P., "OPC UA: wider controller communications with TSN, APL: OPC UA uses Ethernet Time-Sensitive Networking (TSN) and Ethernet Advanced Physical Layer (APL) for controller-to-controller networking. Goal: interoperability", Control Eng., 68: 28–30, 2021.
- Morcos, M. M., v.d., "Battery Chargers for Electric Vehicles", IEEE Power Engineering Review, 2018.
- Nitsoo J, Optimization and Integration of Electric Vehicle Charging System in Coupled Transportation and Distribution Networks Yijia Wang Sydney University, 2019.
- Niculea, D., Iordache, M., Stanculescu, M., Bobrau, M. L., & Delenau, S. A Review of Electric Vehicles Charging Technologies Stationary and Dynamic. In 2019 11th

- International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE) (pp. 1-4). IEEE. 2019.
- Niculescu, F., Savescu, A., and Mitru A., "Transmitting data over the network using an OPC server", 22nd International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers, Majorka, Spain, in MATEC Web of Conferences, 210, 03002: 373-378, (2018).
- Ovalle, A. A., Camarro, H., and Ramos, G., "Improvements to MPPT for PV generation based on Mamdani and Takagi-Sugeno fuzzy techniques," in Transmission Conference and Exposition (T&D-LA), 2012.
- Özkal, F. M., Design and experimental verification of the optimum reinforcement layout for reinforced concrete members with the aid of topology optimization and strut-and-tie modeling methods. Ph.D. Thesis, Atatürk University, 2012.
- Özcan, M. E., "Elektrikli Araçların Şebeke Enerji Kalitesi Üzerindeki Etkileri Marmara Üniversitesi İstanbul, 2019.
- SAE International. SAE J1772- Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler. Society of Automotive Engineers, 2012.
- Sharma, D. K., & Purohit, G., Maximum Power Angle (MPA) Based Maximum Power Point Tracking (MPPT) Technique for Efficiency Optimization of Solar PV System. International Journal Of Renewable Energy Research, 4, 810-815, 2014.
- Sağlam, E., Fotovoltaik Santrallerin Kurulum Aşamaları ve İşletimdeki Santrallerin Gerçekleşen Üretim Değerlerinin Simülasyon Sonuçları ile Karşılaştırılması. Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2018.
- Stankovic, vd. (1999), Parekh, vd. (2001), Abdelzaher, vd., Diao, vd. (2005), Huang, vd. (2014) Community Power Hub Bendigo, 2020.
- TEHAD, Elektrikli Araç Şarj Sistemleri. <https://www.tehad.org.tr/>. Türkiye Elektrikli ve Hibrit Araçlar Derneği, 2021, Erişim Tarihi: 16.05.2022.
- THD, Alçak Gerilim Tesislerinde Kısa Devre Hesapları / Elk. Y. Müh. Taner İRİZ – Elk. Elo. Müh. Ali Fuat AYDIN, 2018.
- Thomas, R., Fordham, M., Photovoltaics and Architecture. Spon Press, London and New York, 2022.
- Turhan, M. S., Çetiner, G., Fotovoltaik sistemlerde performans değerlendirmesi. 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 12-13 Nisan, s. 243-252, 2012.
- TY 500 kW Güneş Enerji Santrali Kurulumu ve Maliyeti www.yegm.gov.tr- 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, 2015.
- Union of Concerned Scientists Panel, 8 Mart 2019.
- Üstünsoy, F., and Sayan, H. H., "PLC Destekli SCADA ile Enerji Yönetimi İçin Örnek Laboratuvar Çalışması", J. Polytech., 21(4): 1007–1014, 2018.

Yapıcı, R., Güneş, D., Doç. Dr. Yörükeren N., Elektrikli Şarj İstasyonlarının Dağıtım Şebekesine Olası Etkileri Kocaeli Üniversitesi, 2016.

Yılmaz, Ü., Durmuş, H., Elektrik Tesisat Projesi Meslek Resmi, Ankara, 2002.

URL-1 < <https://www.youtube.com/watch?v=vcPQTcruNMM&t=20s>>, erişim tarihi 19.04.2022.

URL-2 <<https://www.birimfiyat.net/9.2-002-lily-awg-3-74.46-kg-km-aluminyum-iletkenler-1>>, erişim tarihi 19.05.2022.

URL-3 <https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP>, erişim tarihi 02.06.2021.

URL-4 <https://pvcase.com/schedule-demo/utm_source>, erişim tarihi 06.05.2022.

URL-5 <<https://www.tedas.gov.tr/sx.web.docs/tedas/docs/elektriktarifeleri//2021OcakElektrikTarifeleri.pdf>>, erişim tarihi 18.05.2022.

URL-6 < <https://www.tehad.org>>, erişim tarihi 16.05.2022.