KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN ENERJİ YÖNETİM TABANLI AKILLI OTOPARK SİSTEMİ

YUSUF İÇER

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN ENERJİ YÖNETİM TABANLI AKILLI OTOPARK SİSTEMİ

YUSUF İÇER

Dr. Öğr. Üyesi Murat AYAZ
Danışman, Kocaeli Üniversitesi .....

Prof. Dr. Engin ÖZDEMİR
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi .....

Doç. Dr. Murat KALE
Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 10.06.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada elektrikli ve hibrit elektrikli araçlar için akıllı otopark sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan bu çalışmayla elektrikli ve hibrit elektrikli araçlara şarj kolaylığı ve şarj işleminin şebeke üzerindeki etkileri azaltılması hedeflenmiştir.

Yüksek lisans dönemi boyunca desteklerini benden esirgemeyen, tez konusu seçiminde bana yardımcı olan, çalışmanın ilerlemesine katkıda bulunan tez danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Murat AYAZ hocama teşekkür ederim.

Hayatımın her anında olduğu gibi bu süreçte de beni destekleyen, cesaretlendiren, stresime ortak olan değerli büyüğüm Barbaros MİLLİ'ye teşekkür ederim.

Başta annem Pakize İÇER ve babam Abdulmuttalip İÇER olmak üzere ablalarım; Zeynep İÇER, Gülşen İÇER, Zehra TÜRKMEN'e abilerim; M. Faruk İÇER, M. Arif İÇER ve ikizim Yunus İÇER'e bu süreçte beni sürekli motive ettikleri için teşekkür ederim.

Mayıs – 2019 Yusuf İÇER

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vii
ÖZET viii
ABSTRACT ix
GİRİŞ 1
1. ELEKTRİKLİ ARAÇ TEKNOLOJİSİ 2
1.1. Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araçların Gelişimi 2
1.2. Sektör Pay ve Hedefleri 6
2. ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ TEKNOLOJİLERİSİ 8
2.1. Günümüz Elektrikli ve Hibrit Araç Elektriksel Özellikleri 8
2.2. Şarj Seçenekleri 9
2.2.1. Yavaş şarj dolumu 9
2.2.2. Normal şarj dolumu 9
2.2.3. Hızlı şarj dolumu 10
2.2.4. Kablosuz (wireless) şarj istasyonu 10
2.2.5. Batarya değişim istasyonu 12
2.3. Dünya Şarj Standardizasyonu 12
3. ELEKTRİKLİ ARAÇ OTOPARK SİSTEMLERİ VE ENERJİ YÖNETİMİ 15
3.1. Akıllı Otopark Sistemi 15
3.2. Akıllı Şarj İstasyonları ve Park Sistemleri 16
3.2.1. Akıllı şebeke tasarımı 16
3.2.2. Ekonomik şarj dağılımı ve risk yönetimi 17
3.2.3. Enerji yönetim stratejileri 18
4. ÖNERİLEN AKILLI OTOPARK SİSTEM 20
4.1. Akıllı Telefon Uygulaması 22
4.2. Yenilenebilir Enerji Desteği 24
4.3. Pil Paketi Desteği 24
4.4. Şarj Dolum Hızının Park Süresine Göre Belirlenmesi 24
4.5. Araçtan Araca Şarj Aktarımı 25
5. ÇALIŞMA SENARYOLARI VE ENERJİ YÖNETİMİ 26
5.1. Senaryo 1 26
5.2. Senaryo 2 27
5.3. Senaryo 3 28
5.4. Senaryo 4 28
5.5. Senaryo 5 29
5.6. Senaryo 6 29
5.7. Senaryo 7 30
5.8. Senaryo 8 30
5.9. Senaryo 9 31

5.10. Senaryo 10 31
6. ÖNERİLEN AKILLI OTOPARK KONTROL YAPISI VE ALGORİTMASI 32
6.1. Önerilen Akıllı Otopark Sistemi Kontrol Algoritması 32
6.2. Önerilen Akıllı Otopark Sistemi Kontrol Yapısı 42
6.3. Önerilen Akıllı Otopark Sistemi PLC yazılımı 43
7. ENERJİ ÜRETİM VE TÜKETİM GRAFİKLERİ 59
8. SONUÇ VE ÖNERİLER 66
KAYNAKLAR 68
EKLER 74
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 81
ÖZGEÇMİŞ 82

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. New York taksi filosundan bataryalı elektrikli araç (1901) 2
Şekil 1.2. 1898 yılı C.2 Phaeton 3
Şekil 1.3. Elektrikli araç şematik gösterimi 5
Şekil 1.4. Hibrit araç şematik gösterimi 6
Şekil 2.1. Endüktif kablosuz güç aktarımı 10
Şekil 2.2. Kapasitif kablosuz güç aktarımı 11
Şekil 2.3. Düşük frekanslı sabit mıknatıslı güç aktarımı 11
Şekil 2.4. Tip 1 (soldaki), Tip 2 (ortadaki), Tesla model (sağdaki) 13
Şekil 2.5. Tip 4 CCS (soldaki), Tip 4 CHAdeMO (ortadaki), Tesla (sağdaki) 14
Şekil 3.1. Akıllı şebeke sistematik gösterimi 17
Şekil 4.1. Tasarlanan akıllı otopark sisteminin genel gösterimi 20
Şekil 4.2. Uygulama giriş ekranları 22
Şekil 4.3. Konum ve rezervasyon 23
Şekil 4.4. Batarya paylaşım izni 23
Şekil 4.5. Akıllı otopark yenilenebilir enerji ve pil paketi desteği entegresi 24
Şekil 5.1. Dolu batarya, şebeke ve PV desteği ile araç şarj dolumu 27
Şekil 5.2. Dolu batarya ve PV desteği ile araç şarj dolumu 27
Şekil 5.3. Dolu batarya, araç bataryaları ve PV desteği ile şebeke beslemesi 28
Şekil 5.4. Şebeke desteği ile araç şarj dolumu ve batarya grubu dolumu 28
Şekil 5.5. Şebeke desteği ve PV panel ile batarya grubu ve araç bataryaları beslemesi 29
Şekil 5.6. PV panel desteği ile batarya ve araç şarj dolumu 29
Şekil 5.7. PV panel, batarya grubu ve araç bataryaları desteği ile şebeke güç beslemesi 30
Şekil 5.8. Batarya grubu ve şebeke desteği ile araç batarya dolumu 30
Şekil 5.9. Batarya şebeke ve PV panel desteği ile araç batarya dolumu 31
Şekil 5.10. Araçtan araca enerji aktarımı 31
Şekil 6.1. Başlangıç ve izin algoritması 33
Şekil 6.2. Çalışma modu belirleme algoritması 34
Şekil 6.3. Çalışma modu 1'in aktif olması durumu 35
Şekil 6.4. Çalışma modu 2'nin aktif olması durumu 36
Şekil 6.5. Çalışma modu 3; PPV>0, PB>%0, PT≤PB+PPV 37
Şekil 6.6. Çalışma modu 3 aktif; PPV=0 38
Şekil 6.7. Çalışma modu 3 aktif; PPV=0, PB>%0, PAB≥0 39
Şekil 6.8. Çalışma modu 3 aktif; PPV=0, PB=%0 40
Şekil 6.9. Çalışma modu 3 aktif; PPV>0, PPV<PT, PAB≥0 40
Şekil 6.10. Çalışma modu 3 aktif; PPV>0, PB>%0, PT≤PB+PPV 41
Şekil 6.11. Şebekenin sistem tarafından beslenmesi durumu 42
Şekil 6.12. Akıllı otopark sistemi kontrol yapısı 43
Şekil 6.13. Basamak 1: Güç verilerini hafızaya taşıma 44
Şekil 6.14. Basamak 2: Güç verilerini hafızaya taşıma 44
Şekil 6.15. Basamak 3: Güç verilerini hafızaya taşıma 44
Şekil 6.16. Basamak 4: Güç verilerini gruplarına göre toplama 45

Şekil 6.17. Basamak 5: Güç verilerini gruplarına göre toplama 45
Şekil 6.18. Basamak 6: sistem başlangıç 45
Şekil 6.19. Basamak 7: Şarj işlemine giriş.....46
Şekil 6.20. Basamak 8: Mod belirleme 46
Şekil 6.21. Basamak 9: Mod 1 aktif olma durumu 47
Şekil 6.22. Basamak 10: Mod 1 panel de üretilen güç olmaması 47
Şekil 6.23. Basamak 11: Çalışma modu 2 aktif.....48
Şekil 6.24. Basamak 12: Mod 2 panel de üretilen güç olmaması 48
Şekil 6.25. Basamak 13: Çalışma modu 3 aktif.....48
Şekil 6.26. Basamak 14: Mod 3; Panelde üretilen güç var, batarya grubunda enerji var ve PT>PB+PPV 49
Şekil 6.27. Basamak 15: Mod 3; Panelde üretilen güç var, batarya grubunda enerji var ve PT<=PB+PPV.....49
Şekil 6.28. Basamak 16: Mod 3; panelden üretilen gücün olmaması durumu 50
Şekil 6.29. Basamak 17: Mod 3; panelden üretilen gücün olmaması ve PB<PT olması durumu.....50
Şekil 6.30. Basamak 18: Mod 3 51
Şekil 6.31. Basamak 19: Mod 3 51
Şekil 6.32. Basamak 20: Mod 3 panel güç üretimi var ve batarya grubu boş 52
Şekil 6.33. Basamak 21: Mod 3 52
Şekil 6.34. Basamak 22: Mod 3 53
Şekil 6.35. Basamak 23: Şebekenin PV panel ve batarya grubu tarafından beslenme durumu 53
Şekil 6.36. Basamak 24: Şebekeden enerji çıkışı 54
Şekil 6.37. Basamak 25: PV panelden enerji çıkışı 54
Şekil 6.38. Basamak 26: PV panel ve şebekeden enerji çıkışı 55
Şekil 6.39. Basamak 27: PV panel, batarya grubu ve şebekeden enerji çıkışı 55
Şekil 6.40. Basamak 28: PV panel, şebeke batarya grubu ve paylaşımlı araç bataryasından enerji çıkışı.....55
Şekil 6.41. Basamak 29: PV panel, şebeke ve paylaşımlı araç bataryasından enerji çıkışı 56
Şekil 6.42. Basamak 30: PV panel ve batarya grubu enerji çıkışı.....56
Şekil 6.43. Basamak 31: Şebekenin batarya grubunu beslemesi ve talep gücü karşılaması.....56
Şekil 6.44. Basamak 32: Şebeke ve batarya grubundan enerji çıkışı.....56
Şekil 6.45. Basamak 33: Şebeke, batarya grubu ve paylaşım izni olan araç bataryalarından enerji çıkışı.....57
Şekil 6.46. Basamak 34: Batarya grubundan enerji çıkışı.....57
Şekil 6.47. Basamak 35: PV panel ve batarya grubundan talep gücü karşılanır, şebeke beslenir.....57
Şekil 6.48. Basamak 36: PV panel talep gücünü karşılar şebekeyi besler.....57
Şekil 6.49. Basamak 37: PV panel bataryayı besler 58
Şekil 7.1. Şebekeden çekilebilecek güç 60
Şekil 7.2. Günlük PV panelden üretilen güç.....61
Şekil 7.3. Günlük batarya kullanımı 62
Şekil 7.4. Günlük araç bataryası paylaşım gücü grafiği 63
Şekil 7.5. PV panel, batarya grubu ve araç bataryası toplam güç eğrisi ve talep güç.....64
Şekil 7.6. Şebeke, PV panel, batarya grubu ve araç bataryaları güç tüketim 65

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. EA ve PHEA satış rakamları ve yıllık değişim oranı.....3
Tablo 2.1. Elektrikli araçların batarya kapasiteleri.....8
Tablo 7.1. 1. Gün (saat 11:00) verilerine göre PLC güç yönetimi.....59
Tablo 7.2. 2. Gün (saat 16:00) verilerine göre PLC güç yönetimi.....59

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

A	: Amper
AA	: Alternatif Akım
DA	: Doğru Akım
E	: Toprak
EA	: Elektrikli Araç
HEA	: Hibrit Elektrikli Araç
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt Saat
L1	: Faz 1
L2	: Faz 2
L3	: Faz 3
P_{AB}	: Batarya Paylaşım İzni Olan Araç Bataryası Gücü
P_B	: Batarya Grubu Gücü
PHEA	: Fişe Takılabilen Hibrit Elektrikli Araç
PLC	: Programlanabilir Mantık Denetleyicileri
P_{PV}	: PV Panel Gücü
$P_Ş$	: Şebekeden Tavsiye Gücü
$P_{Şm}$	: Şebekeden Çekilebilecek Maksimum Güç
P_T	: Talep Güç
PV	: Fotovoltaik
RPM	: Dakikadaki Devir Sayısı
T-Ş	: Taşıttan Şebekeye
V	: Volt
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN ENERJİ YÖNETİM TABANLI AKILLI OTOPARK SİSTEMİ

ÖZET

Günümüzde elektrikli araç (EA) ve hibrit elektrikli araç (HEA) kullanıcı sayısı gün geçtikçe artmaktadır. EA ve HEA'ların yaygınlaşmasının sağlayacağı çevresel olumlu etkilerin yanında önlem alınmazsa enerji tüketimi noktasında problem teşkil edecektir. Bu yeni nesil araçların şarj işlemi için her geçen gün daha fazla şebeke gücüne ihtiyaç duyulacaktır. Ayrıca, enerji talebinin artmasının yanı sıra, şebekede üzerinde aşırı güç talebine sebep olacaktır. Şebeke üzerinde oluşacak güç talebinin dengelenebilmesi ve şebeke tarafında aşırı yüklenmelerin önüne geçilebilmesi adına, yoğun güç talebi olan saatlerde enerji fiyatları yükseltilip, talebin az olduğu saatlerde ise fiyatlar düşürülerek kullanıcılar yönlendirilmektedir. Elektrik enerjisine olan talebin gün geçtikçe arttığı göz önüne alındığında, talep dengelemesi için ilave çözüm ve yöntemler gerekecektir.

Bu çalışmada, enerji yönetim tabanlı bir akıllı otopark tasarımı gerçekleştirilmiştir. Önerilen sistemde, bireysel veya dağınık kontrolsüz şarj istasyonları yerine merkezileştirilerek belirli noktalarda toplanan kontrollü şarj istasyonları içeren akıllı otoparkların geliştirilmesi hedeflenmektedir. Önerilen akıllı otopark sisteminde, şebeke, araç bataryaları, güneş enerji sistemi ve ilave batarya grubu olmak üzere dört adet enerji kaynağı bulunmaktadır. Otopark içerisinde araç şarjı için anlık olarak talep güç hesaplanarak, şebeke güç talep yoğunluğu dikkate alınarak enerji kaynaklarının etkin kullanımını sağlayan PLC tabanlı dinamik bir enerji yönetimi algoritması geliştirilmiştir. Böylece şebeke üzerinde aşırı güç talebi oluşan zaman diliminde, şarj işlemi için gereken güç farklı kaynaklardan sağlanabilmekte ve ayrıca, kaynakların güç seviyesine bağlı olarak şebekeye güç aktarımı gerçekleştirilebilmektedir.

Önerilen akıllı otopark sisteminde dinamik enerji yönetiminin yanı sıra çağımızın gerektirdiği dijitalleşme dikkate alınarak, kullanıcı dostu mobil tabanlı bir ara yüz tasarlandı. Tasarlanan ara yüz ile araç kullanıcıları kendilerine yakın müsait otoparkları görüntüleyerek rezervasyon işlemlerini kolayca gerçekleştirebileceklerdir. Uygulama üzerinden şarj talebini, süresini, batarya paylaşım durumunu ve araç modelini sisteme girerek enerji yönetiminin ilk adımını sağlamış olacaklardır. Çalışmada, çeşitli güç talep durumlarına ve enerji kaynaklarının güç yoğunluğuna göre senaryolar oluşturularak tasarlanan enerji yönetim algoritması bilgisayar ortamında test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Sistemler, Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araçlar, Enerji Yönetimi, Otomasyon Sistemleri, Şarj İstasyonları.

ENERGY MANAGEMENT BASED INTELLIGENT PARKING SYSTEM FOR ELECTRIC VEHICLES

ABSTRACT

Nowadays, the number of users of electric vehicles (EVs) and hybrid electric vehicles (HEVs) is increasing day by day. These increases not only involve some positive effects but also if no measures are taken, it will cause negative effects. These new generation vehicles will need more power for charging each day. In addition to increasing demand for energy, it will lead to excessive power demand on the grid. In order to compensate the power demand on the grid and to prevent overloading on the grid side, energy prices are increased. Also, during the hours of intensive power demand, the prices are reduced and the users are guided. Considering that the demand for electricity increases day by day, additional solutions and methods will be required for demand balancing.

In this study, an energy management based smart car park design has been realized. In the proposed system, it is aimed to develop intelligent car parks with controlled charging stations collected at specific points by centralizing instead of individual or dispersed uncontrolled charging stations. The proposed smart car parking system has four energy sources; grid, vehicle batteries, solar energy system and additional battery group. By calculating the demand power for the car charge in the car park, a PLC based dynamic energy management algorithm has been developed which provides efficient use of energy resources by considering the power demand density. Thus, in the time period in which over-power demand occurs on the grid, the power required for charging can be provided from different sources, and also the power transmission to the network can be realized depending on the power level of the resources.

In addition to the dynamic energy management in the proposed intelligent parking system, a user-friendly mobile-based interface has been designed by taking into consideration the digitalization required by our age. By means of the designed interface, vehicle users will be able to easily make reservations by viewing the available parking lots near them. Through the application, charging demand, duration, battery sharing status and vehicle model will be the first step of energy management by entering the system. In the study, the energy management algorithm designed by creating scenarios based on various power demand conditions and power density of the energy sources has been tested on the computer.

Keywords: Smart Systems, Electric and Hybrid Electric Vehicles, Energy Management, Automation Systems, Charging Stations.

GİRİŞ

Günümüz batarya teknolojilerinin gelişimi ile birlikte daha çevreci ve daha verimli araçlara olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Bu bağlamda, otomotiv üreticileri elektrikli ve hibrit elektrik araç üretimine yönelmektedirler. Günümüzde, dünya genelinde yaygın olarak 16 tane otomotiv üreticisi elektrikli ve hibrit araç üretimi gerçekleştirmektedir. Yeni nesil elektrikli araçların pazar payı %3'tür ve ön görülere göre her yıl ortalama %2 artışla 2021 yılında %7, 2025 yılında %15, 2030 yılında %30 Pazar payına sahip olması beklenmektedir [1]. Elektrikli araçların yaygınlaşması ile beraber şarj istasyonları sayısı da artmaktadır. Bu durum elektrik enerjisine olan talebin hızla yükselmesine neden olmaktadır.

Yakın gelecekte elektrikli araçların ve şarj istasyonlarının yaygınlaşması ile birlikte gerekli olan enerji üretim ve dağıtımının planlanması gerekmektedir. Enerji talebinin karşılanmasında, yeni enerji kaynaklarının geliştirilmesi, mevcut enerji kaynaklarının verimli kullanılması gibi noktalar öne çıkmaktadır. Enerji dağıtımı ve yönetimi noktasında ise akıllı şarj istasyonları, akıllı enerji yönetim algoritmaları üzerine yapılan çalışmalar önem arz etmektedir.

Bu çalışma kapsamında, elektrikli ve hibrit elektrikli araçlar için şarj istasyonu içeren akıllı bir otopark sistem tasarımı ele alınmıştır. Önerilen akıllı otopark sisteminde şarj istasyonlarının merkezileştirilerek tek bir noktada toplanması, anlık enerji talebinin şebekeyi aşırı yüklemeden karşılanması, anlık enerji depolama kapasitesinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

1. ELEKTRİKLİ ARAÇ TEKNOLOJİSİ

1.1. Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araçların Gelişimi

Tahmin edilenin aksine elektrikli araçların tarihi çok eskiye dayanmaktadır. İlk binek elektrikli araç (EA) tarihi tam olarak bilinmemekle birlikte 1830'lu yıllarda Robert Alderson tarafından tasarlanmıştır. 1835 yılında Hollandalı Profesör Stratingh tarafından daha küçük boyutlarda EA modeli üretilmiştir. 1800'lü yılların sonunda Amerika'da elektrikli araçlara olan ilgi artmış ve ilk elektrikli ticari araç filosu 1897 yılında New York taksi filosu olmuştur [3]. Filodaki bataryalı araçlardan biri Şekil 1.2'de gösterilmiştir. Akabinde Robert Davidson tarafından 1838 yılında 6,4 km/h hızına ulaşabilen ilk elektrikli lokomotif üretilmiştir. Bu gelişmeler batarya teknolojilerine ilgiyi arttırmış ve 1859 yılında kurşun-asit bataryaları geliştirilmiştir. Geliştirilen bataryalar elektrikli araçlarda kullanılmıştır [4].



Şekil 1.1. New York taksi filosundan bataryalı elektrikli araç (1901) [5]

Dünyada bu gelişmeler yaşanırken o zamanlar 22 yaşında olan Ferdinand Porsche tarafından 1898 yılında C.2 phaeton adlı elektrikli otomobil tasarlanmıştır [6]. Tasarlanan araç Şekil 1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. 1898 yılı C.2 Phaeton [6]

Hibrit elektrikli araçlar (HEA) 1997 yılında sınırlandırılmış üretimle piyasaya sürülmüştür. 2011 yılında ise seri üretime geçilmiştir [7]. Bu yılda HEA halka satışa sunulmuştur. Pek çok çalışma HEA ve EA'ların gelecekte ABD araç filosunun büyüyen bir bileşeni olacağını ön görmüştür [8]. Tablo 1.1 elektrikli ve hibrit elektrikli araçlarının satış verilerindeki değişim, bu araçlara olan talebin hızlı bir şekilde arttığını açıkça göstermiştir.

Tablo 1.1. EA ve PHEA satış rakamları ve yıllık değişim oranı [2]

	EA ve PHEA modelleri	2018 ilk 6 ayın satış verileri	Değişim
1.	Nissan Leaf EV	18080	+%58
2.	Renault Zoe EV	17394	+%1
3.	BMW i3 EV/EREV	11348	+%10
4.	Mitsubishi Outlander PHEV	9771	-%2
5.	VW e-Golf EV	9820	+%160
6.	Tesla Model S	7700	+%14
7.	VW Passat GTE PHEV	7390	+%19
8.	BMV 530e PHEV	5825	+%269
9.	Volvo XC60 PHEV	6587	+%9880
10.	VW Golf GTE PHEV	5939	+%83
11.	Tesla Model X	5679	+%3
12.	BMW 330e PHEV	5052	-%1

Tablo 1.1. (Devam) EA ve PHEA satış rakamları ve yıllık değişim oranı [2]

	EA ve PHEA modelleri	2018 ilk 6 ayın satış verileri	Değişim
13.	Mercedes GLC350e PHEV	5348	+%2
14.	Kia Niro PHEV	5181	-
15.	Hyundai Ioniq Electric EV	4611	+%78
16.	BMW 2-Ser. Active Tourer PHEV	4383	-%14
17.	Porsche Panamera PHEV	3983	+%400
18.	Mini Countryman PHEV	4014	+%369
19.	BMW X5 PHEV	3189	-%2
20.	Kia Soul EV	3530	+%61
21.	Mercedes C350e PHEV	3262	-%8
22.	Audi A3 e-Tron PHEV	2581	-%34
23.	Smart Fortwo EV	4511	+%802
24.	Renault Kangoo EV	3406	+%125
25.	StreetScooter Work EV	1950	+%75
	Diğerleri	34410	+%36
	Toplam	194944	+%42

Günümüzde hibrit araçlar 4 sınıfta incelenmektedir.

Full Hibrit sınıfı, Mild Hibrit sınıfına ek olarak sadece elektrik motorunu kullanarak seyredebilme özelliğine sahip olan sistemlerdir. Elektrik gücünün toplam araç gücüne oranı %30 veya daha fazladır.

Mikro Hibrit sınıfı, hibrit araçların en basit olanlarıdır, trafikte dur-kalk yapılması gereken zamanlarda benzin motorunu otomatik olarak durdurarak benzin tüketimini azaltan sistemlerdir (start-stop).

Mild Hibrit sınıfı, benzin motorunu otomatik olarak durdurarak benzin tüketimini azaltan, frenleme esnasında kaybolan enerjiyi geri depolayabilen ve benzin motorunu destekleyici bir elektrik motoruna sahip olan sistemlerdir. Elektrik gücünün toplam araç gücüne oranı %10 ve %30 arasındadır.

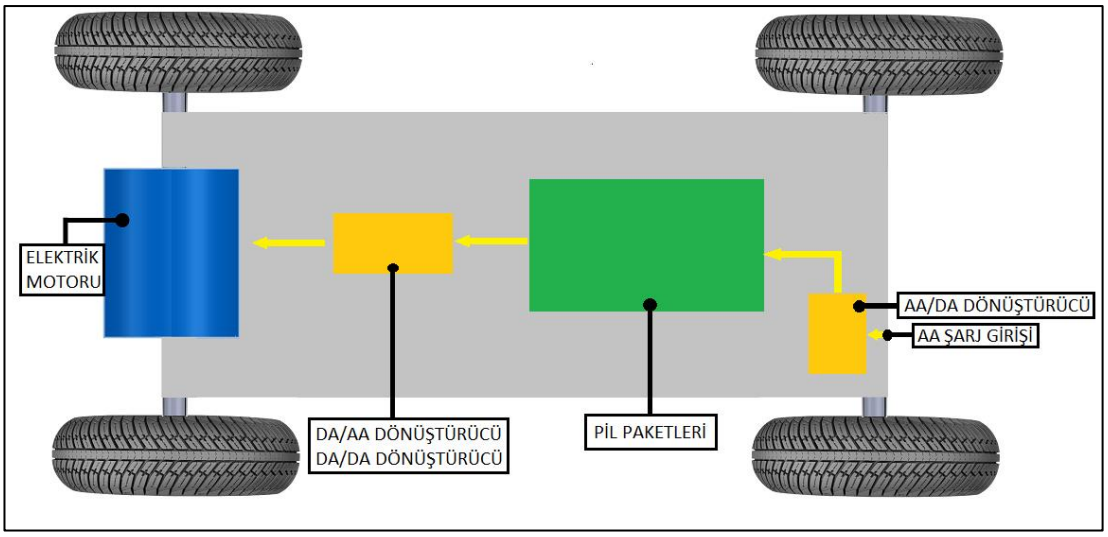
Plug-in Hibrit sınıfı, tüm hibrit sınıflarının özelliklerine sahip ve dışarıdan da şebeke enerjisi ile şarj edilebilme özelliğine sahip olan sistemlerdir [9].

Elektrikli araçlar ise 2 sınıfta incelenmiştir.

Yakıt pilli elektrikli araçlar, Yakıt pilleri motor tahriki için gerekli olan elektrik enerjisini elektroliz işlemi ile elde etmektedir. Gerçekleşen elektroliz işleminde yakıt pillerinin kimyasal enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür ve işlem sonucunda sadece su ve ısı açığa çıkmaktadır. Yakıt pilli elektrikli araçların yapısı seri hibrit elektrikli araçlarınkine benzemektedir. Hibrit elektrikli araçlarda bulunan yakıt deposu yerine hidrojen tankı, içten yanmalı motor ve jeneratör yerine de yakıt pilleri bulunmaktadır. Yakıt pillerinden elde edilen elektrik enerjisi motoru çalıştırabilmekte ve pil paketlerini şarj edebilmektedir

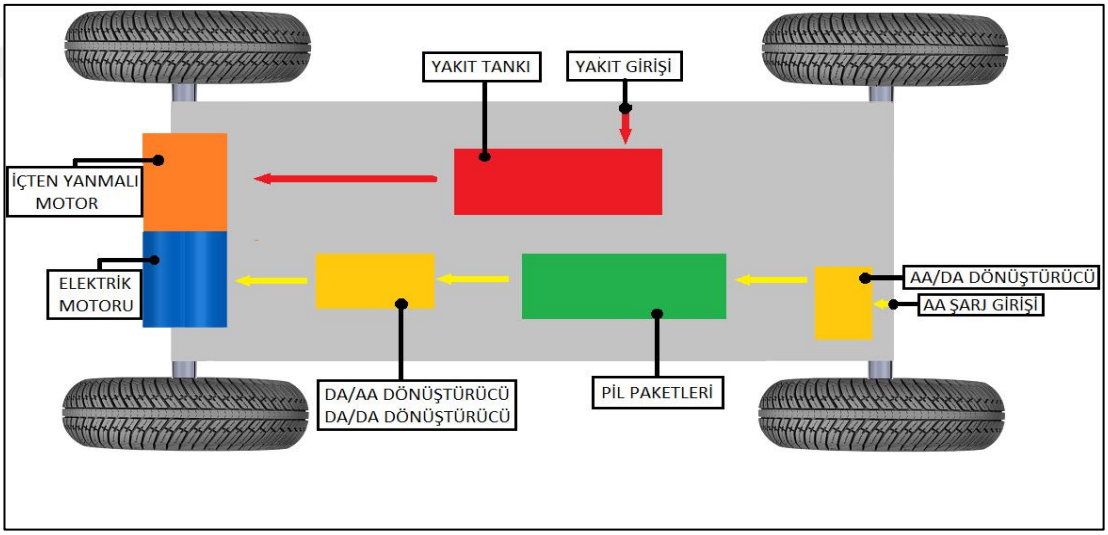
Pil paketli elektrikli araçlar, diğer araçlarda bulunan yakıt deposu, içten yanmalı motor ve jeneratör bulunmamaktadır. Elektrik motorunu sürmek için gerekli olan elektrik enerjisi sadece pil paketlerinden elde edilmektedir. Pil paketleri boşaldığında tekrar doldurulmaları gereklidir [10].

Elektrikli araçların çalışma prensibi temel olarak; elektrik enerjisinin bir enerji kaynağından alınan güçle beslenerek doldurulması ile potansiyel enerji kazandırılan araçların elektrik motorları araç içerisine entegre edilen bataryalardan alınan enerji dönüştürücülerde istenilen güç değerlerine göre dönüştürüldükten sonra enerjilendirilerek araçların hareketi sağlanır. Elektrikli araçların genel yapısı Şekil 1.3'de gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Elektrikli araç şematik gösterimi

Hibrit elektrikli araçların çalışma prensibi temel olarak; araç hem batarya hem de fosil yakıtlar ile beslenmektedir bu araç tipinde genelde batarya da bulunan potansiyel güç elektrik motoru sayesinde içten yanmalı motoru destekleyerek yakıt tasarufu sağlar. Bu tip araçlarda genelde iki ayrı motor tipi ve iki ayrı enerji girişi bulunur. Hem fosil yakıt tankına enerji dolumu yapılır ve bu yakıt içten yanmalı motorda kullanılarak araç hareket ettirilir hem de doğrudan elektrik beslemesi ile pil paketleri şarj edilir ve pil paketlerindeki enerji, dönüştürücülerde elektrik motorunun çalışma parametrelerine göre düzenlenerek elektrik motoru tahrik edilerek araç hareket ettirilir. Hibrit elektrikli araçların genel yapısı Şekil 1.4'de gösterildiği gibidir.



Şekil 1.4. Hibrit araç şematik gösterimi

1.2. Sektör Pay ve Hedefleri

Günümüzde dünya küresel ısınma gerçeğiyle karşı karşıyadır. Küresel ısınmanın kaynağı, insan faaliyetlerinin atmosferi sürekli ve kontrolsüz biçimde kirletmesinden kaynaklandığı bilinmektedir. Isınmanın en büyük kaynaklarından biri fosil yakıtların sanayi ve ulaşım sektöründe yakılması olduğu kabul edilmektedir. Fosil yakıtlar, makinelerin endüstriyel sektöre girmesi ve içten yanmalı motorlarda kullanımına başlanıldığından beri hızla gelişen dünya medeniyetlerinin adeta omurgası olmuştur. Bu gelişmelerle birlikte artan talep fosil yakıtlarda fiyat artışına da sebep olmuştur. Dünya çapında tüm mega büyüklükteki petrol sahaları 1960'lı yıllarda ve öncesinde keşfedilmiştir. Çeşitli araştırmalara göre petrol üretimi ve talebindeki artış 2030 yılına kadar yükselen bir eğimle en yüksek petrol tüketimine ulaşacak. 2030 yılından sonra düşüşe geçecektir [11].

Sanayi sektöründe enerji ihtiyacı yenilenebilir enerji kullanımı giderek artmaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımının artmasının sebebi ekonomik sorunları engellemek olduğu kadar çevresel sorunları da önlemektir [12]. Günden güne birçok ülke güneş, rüzgar, jeotermal gibi temiz enerji kaynaklarını daha fazla önemsemektedir. Kullanılan ve hedeflenen temiz enerji kaynaklarının oranını arttırmayı hedeflemektedir [13]. EA ve HEA'ların yaygınlaşmasıyla elektrik enerjisi kullanımı artacak aynı zamanda fosil yakıt tüketimi de azalacaktır. Temiz enerji kaynaklarının artışıyla bu araçların şarjı için kullanılacak olan enerji fosil yakıtlara göre daha çevreci olacaktır. Böylece, ulaştırma sektöründe EA ve HEA sayısının artmasıyla ulaştırmada tehlikeli egzoz gaz salımının ortadan kaldırılması hedeflenmiştir.

Son yıllarda HEA'lar konvansiyonel araçlara kıyasla daha yüksek performanslara çıkmaktadır. Bu durum EA ve HEA araç kullanımının hızla yaygınlaşmasına sebep olarak karbon emisyonunun azalmasına sebep olacaktır [14]. Aynı zamanda, birçok araştırmacı; EA ve HEA kullanımının artmasının ulaştırma sektöründe sera gazı salınımlarında aşırı bir düşüş oluşturduğunu, bunun yanı sıra petrol ve gaza olan bağımlılığın azalttığını belirtti [15].

2020 yılında tüm araçların yüzde 10'u elektrikli ve hibrit fonksiyonlu, 2035 yılına geldiğinde hala araçların yüzde 50 sinden daha fazlasının içten yanmalı motor olacağı ön görüleri bulunmaktadır [16].

EPRI-elektrik enerjisi araştırma enstitüsünün istatistiklerine göre, 2050 yılında ABD'deki araçların yaklaşık %62'sinin HEA olacağı öngörülmektedir [17].

İçten yanmalı motorlu araçlarda verim %30 iken bir üreticinin yayımladığı değerlere göre, elektrikli araçlarda ortalama %88 gibi, oldukça yüksek bir verim değerinde performans gösterebiliyor. İçten yanmalı motorlu araçlarda en yüksek tork dar bir devir aralığındadır. Bu durum; elektrikli araçlarda ise, 6000 rpm gibi yüksek bir devirde bile araç maksimum torka ulaşılabilmektedir [18].

2. ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ TEKNOLOJİLERİSİ

Bu bölümde elektrikli ve hibrit elektrikli araçların şarj standartları, hız seçenekleri ve yöntemleri ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

2.1. Günümüz Elektrikli ve Hibrit Araç Elektriksel Özellikleri

Tablo 1.1'de görüldüğü gibi EA ve HEA'ların çeşitli batarya kapasiteleri vardır. Batarya kapasitelerinin farklı olması sistemden çekecekleri gücü ve süreyi etkilemektedir. Çekilecek güç ve süre şarj seviyelerine göre farklılık göstermektedir. Örneğin; Mitsubishi MiEV seviye 1'de 2,3kW güç çekerek 7 saatte batarya dolumu yaparken seviye 2'de 3,7 kW güç çekerek 4 saat 15 dakikada batarya dolum işlemini gerçekleştirmektedir [19]. Diğer taraftan, Tesla'nın 100 kWh batarya kapasiteli araçlarını seviye 1 ile 1.4kW güç çekerek ortalama 4 günde şarj edebilmektedir, seviye 2'de 3,7kWh-17.2kWh arası güç çekerek 30 ile 6 saat arası şarj süresi vardır ve seviye 3 (süper şarj) ile 140kW'a kadar güç çekebilmekte ve 30 dakikada %80 oranında bataryayı şarj edebilmektedir [20]. Bazı EA'ların batarya kapasiteleri Tablo 2.1'de gösterildiği gibidir.

Tablo 2.1. Elektrikli araçların batarya kapasiteleri [21, 22]

EA model	Batarya	EA model	Batarya
Mitsubishi MiEV	16kWh	Volkswagen e-Golf	35,8kWh
Smart ED	16.5kWh	Nisan Leaf II	40kWh
Honda Fit	20kWh	Tesla Model 3 SR	50kWh
GM Spark	21kWh	Chevrolet Bolt EV	60kWh
BMW i3	22kWh	Tesla model 3 MR	62kWh
Ford Focus	23kWh	Hyundai Kona EV	64kWh
Fiat 500e	24kWh	Kia Niro Electric	64kWh
Mercedes B	28kWh	Tesla Model 3 LR	78kWh
Nisan Leaf	30kWh	Tesla Model SD	75kWh
Tesla S 60	60kWh	Tesla Model XD	75kWh
Tesla S 85	90kWh	Jaguar i-Pace	90kWh
Honda Clarity EV	25.5kWh	Audi e-Tron	95kWh
Hyundai Loniq EV	28kWh	Tesla Model TSD100	100kWh
Ford Focus Electric	33,5kWh	Tesla Model TXD100	100kWh

2.2. Şarj Seçenekleri

Şarj dolum tipleri yavaş, normal ve hızlı olarak üç başlık altında incelenir. Yavaş şarj dolumu genellikle park süresinin ev gibi uzun olduğu yerlerde kullanılır. Normal hızlı şarj dolumu genellikle alışveriş merkezleri gibi ortalama park süresinin 3-6 saat olacağı yerlerde kullanılır. Hızlı şarj dolumu ise genellikle trafiğin yoğun olduğu yerlerde acil şarj için kullanılır [23].

2.2.1. Yavaş şarj dolumu

Ev ve iş yerleri gibi mekanlarda araçlar genellikle uzun süreli park halinde kaldıklarından şarj etme sürelerinin uzun olması dezavantaj olmayacaktır. Yavaş şarj dolumu (seviye 1) ile araç bataryalarını düşük şarj seviyesinden tam dolu batarya seviyesine ulaştırmak için ortalama 16-20 saat arası şarj etmek gerekir. Uzun süreli şarjlar şarj gerilimi yüzünden şebeke üzerine düşen gerilimi de azaltacağından gerekli bir yöntemdir. Bu istasyonların tek faz akım değeri standartlarda maksimum 16 A ve 250 V, aynı akım değerinde 3 faz olması durumu için ise 480 V olarak belirlenmiştir. Bu sistemlerde ortalama güç değeri 1,4-3,5 kW arasında değişmektedir [24].

2.2.2. Normal şarj dolumu

Seviye 2 şarj dolumu olarak da adlandırılan normal hızlı şarj cihazları genellikle araçların kendisinde olduğundan bu dolum biçimi özel ve kamu tesisleri için birincil yöntemdir. 2. seviye şarj istasyonları 240 V veya 280 V olur ayrıca akım ve güç değerleri de 80 A ve 19,2 kW a kadar çıkabilir. Ancak bazı araçlarda seviye 2 için güç elektroniği sistemi bulunmamaktadır. Bu nedenle bu şarj seçeneği ev ve kamu tesislerinde şarj işlemi için özel donanım ve bağlantı gerektirebilir [25]. Tesla gibi aracın kendisinde seviye 2 için güç elektroniği sistemi bulunan araçların şarj işlemi için sadece priz gerekmektedir. ABD'deki birçok evde 240 V elektrik hizmeti bulunmaktadır böylece seviye 2 cihazlar gece boyunca tipik bir elektrikli araç bataryasını şarj edebilmektedir. Araç sahipleri standart hale getirilmiş ve daha hızlı şarj olanağı sağlayan seviye 2 teknolojisini tercih etmektedirler. Seviye 2 şarj cihazlarının ortalama maliyeti 1000$ ile 3000$ arasındadır [26].

2.2.3. Hızlı şarj dolumu

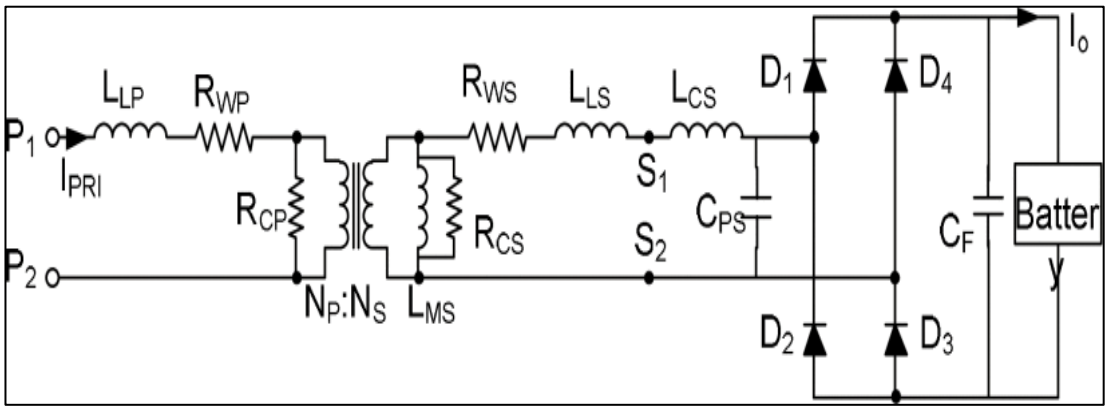
Seviye 3 şarj istasyonu olarak da adlandırılan hızlı şarj cihazları 1 saatten kısa sürede şarj etmeye olanak sunarlar. Bu cihazlar genellikle ticari olarak kurulurlar. Otoyollara, benzin istasyonlarına, dinlenme tesislerine ve bunun gibi alanlara kurulabilirler. Tipik olarak 480 V veya daha üstü 3 fazlı devre ile çalışırlar [27]. Bu şarj bağlantısı için alternatif akımı doğru akıma çeviren bir dönüştürücüye ihtiyaç vardır.

2.2.4. Kablosuz (wireless) şarj istasyonu

Araç içi kablo ve fişli şarj cihazları, araçta ekstra yer kaplayacak ve ağırlık oluşturacaktır. Bununla birlikte yağmur ve karda çalışma güvenliği ve sorunları nedeniyle bazı olumsuzluklar oluşturabilmektedir. Kablosuz güç aktarımı bu sorunların önüne geçerek sürücülere kesintisiz ve güvenli bir şarj için yeni bir alternatif sunan bir yaklaşımdır. Ek olarak doğal bir yalıtım sağlar ve araç içine entegre edilmesi gereken şarj sistemine gereksinimi ortadan kaldırarak şarj sistemi maliyetini azaltır ayrıca şarj sisteminin araç içi hacmi ve ağırlığını azaltır [28]. Çeşitli kablosuz şarj sistemleri vardır. Bunların bazıları aşağıda açıklanmıştır.

a-) Endüktif Kablosuz Güç Aktarımı

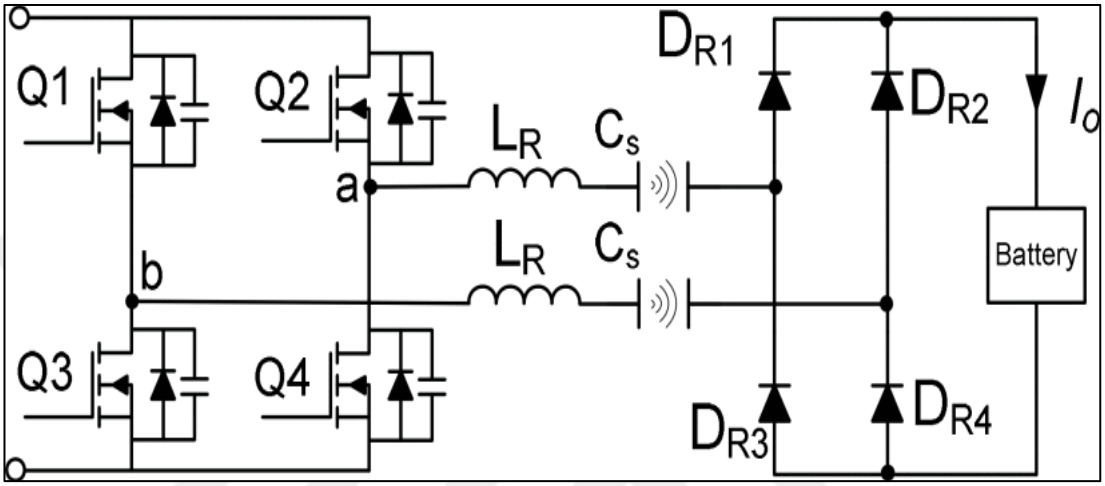
Endüktif güç aktarımı çeşitli elektrikli araçlarda başarıyla uygulanmıştır [29]. Bu tip kablosuz şarj cihazları araç içi kablo kullanımını ortadan kaldırırken istasyonda kablo kullanımı gereksinimi engelleyememiştir. Ek olarak, bu yöntem herhangi bir temas olmadan araçları 6,6 kW dan 50 kW varan güçle şarj etme olanağı sağlamaktadır [26]. Bu güç aktarım sistemi Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Endüktif kablosuz güç aktarımı [26]

b-) Kapasitif Kablosuz Güç Aktarımı

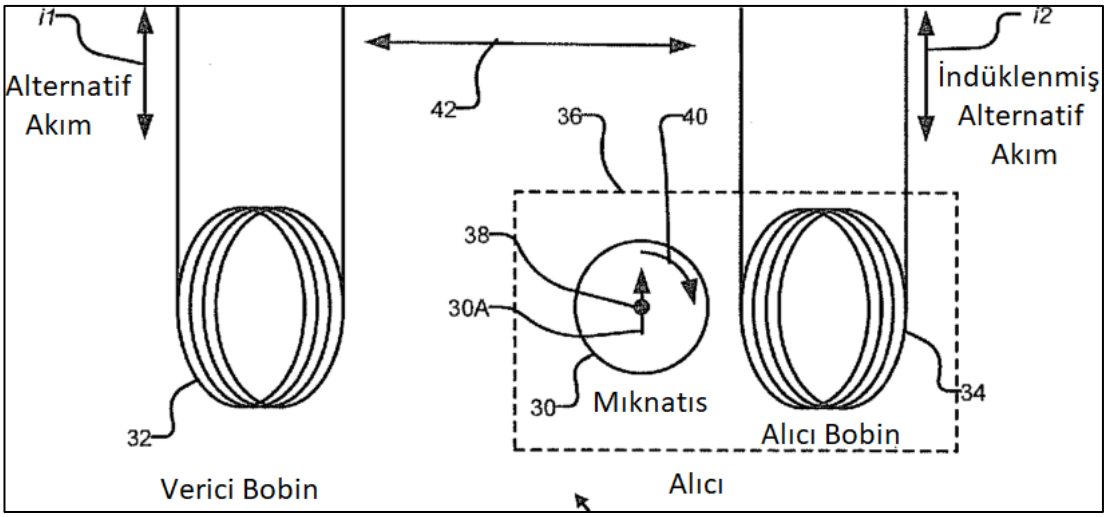
Kapasitif güç aktarımı teknolojisi son zamanlarda alternatif bir temassız güç aktarımı çözümü olarak önerilmiştir [30, 31]. Şekil 2.2'de gösterildiği gibi kablosuz güç aktarımı bir çift birleştirme kapasitörüyle sağlanmıştır. Geri kalan sistem endüktif kablosuz güç aktarım sistemiyle aynıdır.



Şekil 2.2. Kapasitif kablosuz güç aktarımı [30, 31]

c-) Düşük Frekanslı Sabit Mıknatıslı Güç Aktarımı

İngiliz Kolombia Üniversitesinde geliştirilen bu teknoloji, bilinen manyetik dişli elemanların ve senkron daimi mıknatıs makine teknolojisinin birleşimidir [32]. Şekil 2.3 de gösterildiği gibi verici ve alıcı olarak iki ana bileşeni vardır.



Şekil 2.3. Düşük frekanslı sabit mıknatıslı güç aktarımı [32]

2.2.5. Batarya değişim istasyonu

Batarya değişim istasyonu, elektrikli araçların boşalmış bataryaların dolu bataryalarla otomatik bir sistemle hızlı bir değişim yaparak birkaç dakikada araca enerji dolumu yapabilen alternatif bir dolum sistemidir ve Japonya da birkaç pilot tesiste daha önce başarılı bir şekilde uygulanmıştır [33].

Batarya değiştirme istasyonlarının özellikle şehir dışlarında şehirlerarası ve uluslararası seyahat eden araçlar için konumlandırılası beklenilir. Uzun yolculuk yapan sürücüler araçlarını kısa sürede şarj etmek isterler bu ihtiyacı karşılamak için çok sayıda halka açık ve özel şarj istasyonu gerekmektedir. Almanya'daki elektrik tesisleri son zamanlarda şarj istasyonları için yatırım yapıyorlar. Örneğin, Berlin'e elektrik santralleri tarafından hali hazırda 106 istasyon kurulmuştur. Ancak, şu ana kadar Almanya'da bir batarya değiştirme istasyonu kurulmamıştır.

Batarya değiştirme istasyonu, batarya ömrü açısından en uygun şarjı yapma imkanı sunar. İstasyonda, belirli sayıda şarj edilmiş pil bulunduğunda, istasyondaki bataryalar zamandan bağımsız olarak şarj edilebilir. Değiştirilemeyen sabit takılı pil sık sık ve hızlı bir şekilde şarj edilirse, kullanım ömrü önemli ölçüde azalır [34].

2.3. Dünya Şarj Standardizasyonu

Günümüzde elektrikli araçlar AA veya DA kaynaklarla şarj edilebilir [29]. Bir fazlı veya üç fazlı AA güç kaynağı ile şarj edilen araçların şarjında elektrikli araçlara gömülü olan AA/DA dönüştürücü kullanılır [36]. Şu anda, küresel olarak kullanılan üç tip AA şarj sistemi bulunmaktadır. Kullanılan AA şarj tipleri Şekil 2.4'de gösterilmiştir.

- Tip 1 SAE JI772-2009, tek fazlı şarj, ABD'de kullanıldı.
- Tip 2 Mennekes VDE-AR-E 2623-2-2, tek fazlı ve üç fazlı şarj, Avrupa'da kullanıldı.
- Tesla çift şart (tek faz), AA ve DA [37].

Elektrikli araçlardaki alan ve ağırlık kısıtlamaları nedeniyle, seviye 2 şarj maksimum gücü 22kW'a (üç faz 400V, 32A) kadar çıkabilmektedir. Tip 1 şarj sisteminde 3 pim kullanılarak tek fazlı şarj sağlanır. Pimlerden biri faz (L1) diğeri nötr (N) üçüncüsü ise

topraklamadır (E). Avrupa'da yaygın olarak kullanılan Tip 2 şarj sistemi 5 pim kullanarak üç fazlı şarja olanak sağlar. Pimlerden üçü fazdır (L1, L2, L3), diğerleri ise toprak (E) ve nötrdür (N). IEC61851-1 standardı, AC şarjı için şarj modunu Mod 1, Mod 2 ve Mod 3 olarak tanımlar. Mod 1 ve Mod 2 durumunda, şarj gücü standart olmayan bir elektrik prizinden türetilir ve Mod 2'de Mod 1'den farklı olarak, kablo içinde koruma cihazı bulunmaktadır. Mod 3'de ise koruma ve kontrol fonksiyonlarının bulunduğu standart elektrikli araç besleme ekipmanı kullanılır. Mod 3, halka açık şarj istasyonları ve yüksek güçlerde konut şarjı için tercih edilen şarj Modudur [37].
Elektrikli araçların 50 kW üzerindeki şarjı için DA şarj kullanılır. IEC61851-1 standardında tanımlanan Mod 4 şarjında AA/DA dönüştürücü kullanılarak elektrikli araç bataryasına doğrudan doğru akım verilir. Araç dışı şarj cihazları, araç içindeki şarj cihazları gibi alan ve ağırlık parametreleri açısından sınırlandırılmadığından seviye 3 tipi şarjlar 240 kW güce kadar enerji transferine olanak sağlamaktadır.



Şekil 2.4. Tip 1 (soldaki), Tip 2 (ortadaki), Tesla model (sağdaki) [37]

Günümüzde, küresel olarak kullanılan üç tip DA şarj sistemi bulunmaktadır. Bu şarj tipleri için kullanılan şarj portları Şekil 2.5'de gösterilmiştir.

- Tip 4 CCS/COMBO (kombine şarj sistemi)
- Tip 4 CHAdeMO
- Tesla çift şart (tek faz), AC ve DC [37].

Üç şarj tipinde de üç pim kullanılır. Üçünde de 2 pim doğru akım için kullanılırken biri topraklama (E) için kullanılır. Bu üç şarj tipini birbirinden ayıran ise haberleşme protokolleridir. Örneğin; CHAdeMO, 7 pimle haberleşme CAN veri yolunu kullanırken, CSS Power Line Carrier haberleşme yolunu 2 pimle sağlıyor ve Tesla'nın şarj cihazında bulunan 2 pim hem AA şarja olanak sağlarken hem de DA şarja olanak

sağlamaktadır. Bu pimler üzerinden aynı zamanda haberleşmeyi sağlayabilmesi ise Tesla şarj sistemini eşsiz kılmaktadır.



Şekil 2.5. Tip 4 CCS (soldaki), Tip 4 CHAdeMO (ortadaki), Tesla (sağdaki) [37]

3. ELEKTRİKLİ ARAÇ OTOPARK SİSTEMLERİ VE ENERJİ YÖNETİMİ

Bu bölümde akıllı otopark sistemlerinin tanımı yapılarak geçmişten günümüze kadar olan gelişmeler ve öneriler ele alınacaktır.

3.1. Akıllı Otopark Sistemi

2012 yılının verilerine göre; taşıma sektörü, total enerji kullanımının %27'sini ve sera gazı salınımının %33,7'sini oluşturur [38]. Konvansiyonel taşımacılığın neden olduğu kirlilik maliyetleri, sağlık harcamalarını, asit yağmuru tarafından tahrip edilen ormanların yeniden ekilmesi ve asit yağmuru tarafından aşınan anıtların maliyetlerini içerir, ancak bunlarla sınırlı değildir. Dolayısıyla, yüksek verimlilik, temiz ve güvenli ulaşımın geliştirilmesi son yıllarda en çok vurgulanan Ar-Ge faaliyetlerinden biri olmuştur. Elektrikli araçlar sadece çevre dostu ve sessiz değil, aynı zamanda geleneksel araçlara kıyasla enerji fiyatları ve işletme maliyetleri açısından düşük maliyetlidir [39].

Ancak elektrikli araçların yaygınlaşmasının önünde bazı problemler vardır. Elektrikli araçların yeniden şarjı için önemli miktarda zaman gereklidir. Çağdaş bir EA'yı mütevazı boyutta bir batarya ile (örneğin 16–24 kWh) tamamen şarj etmek bile birkaç saat sürmektedir. Şarj etme süresi sınırlamaları, kısa mesafeli kentsel ulaşım için bile EA'ların kullanılabilirliğini ciddi şekilde engeller [40]. Zamanla gelişen EA ve HEA'ların geleneksel içten yanmalı motorların yerini alacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla elektrik dağıtım sistemine aşırı yüklenmelerin oluşması öngörülmektedir. Bu problemi engellemek için şarj istasyonlarının modellenmesi hayati önem taşımaktadır. Sistem elektrik kurulu güç ihtiyacını arttıracağından şarj istasyonları yenilenebilir enerji kaynaklarıyla beslenmelidir.

Yaygınlaşmış şarj istasyonları olmadığından, avantajlarına rağmen elektrikli araçlar istenilen düzeyde yaygınlaşmamakta bunun sebebi ise özel araç kullanıcılarının yolda kalma korkusudur [41]. Bu dezavantajı hafifletmek için, otoparkların şarj etme yerleri

olarak kullanılabileceği varsayılmıştır. Tipik bir günde, arabalar çoğunlukla otoparklarda bulunduklarından uzun süreler boyunca aktif olarak kullanılmazlar.

Bu nedenle, otoparklar EA'ları yeniden şarj edebilen akıllı otoparklara dönüştürülerek, bu uzun park etme süreleri şarj etme fırsatı olarak düşünülebilir [40].

3.2. Akıllı Şarj İstasyonları ve Park Sistemleri

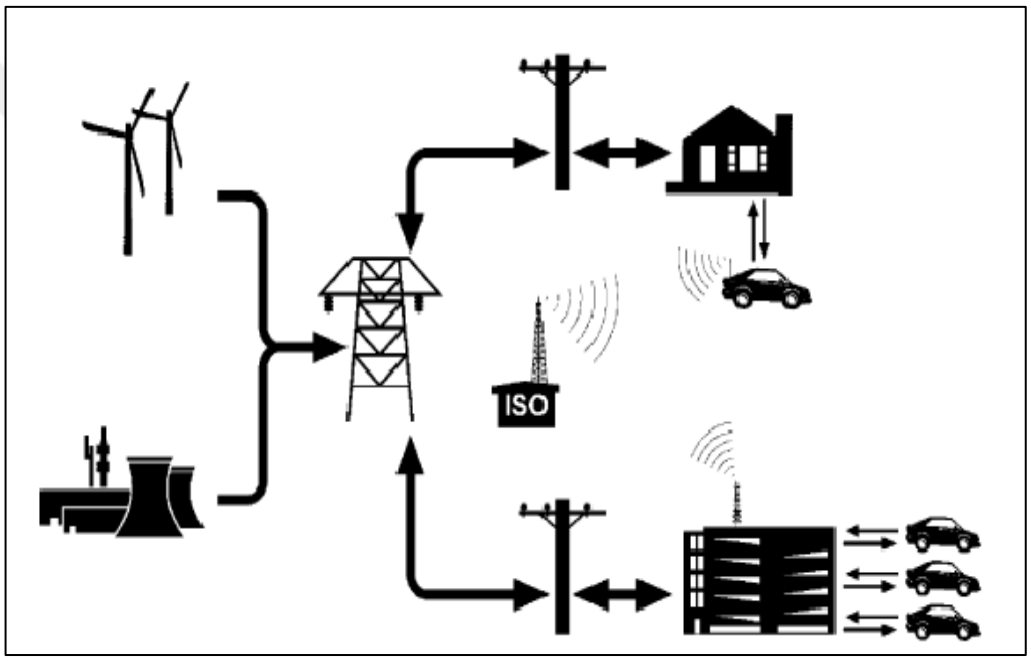
Bu teknoloji çok sayıdaki EA ve HEA aracın aynı anda batarya dolumunun şebekeye vereceği zararı engellemeyi hedeflemektedir. Yapılan çalışmaların amacı olumsuz etkileri ortadan kaldırırken EA ve HEA kullanıcılarının memnuniyetini sağlamaktır [42]. Park halindeki araçların şebekeden çektiği gücü ve aynı zamanda elektrik üretimini kontrol eden bir kontrol mekanizmasına ihtiyaç duyulmaktadır [43, 44].

Mevcut araştırmalar EA ve HEA'ların şebekeye optimizasyonu ve ücretlendirme alt yapısı ile ilgili sorunların çözümüne yöneliktir. Bu alandaki birincil çalışmalar, EA ve HEA'lar için akıllı şebeke tasarım ve uygulamalarına [45], EA ve HEA'ların geniş ölçekli ekonomik şarj dağılımı ve gerekli risk yönetimlerine [46], bu araçların dağılım ağlarına [47], mimari ve enerji yönetim stratejilerine [11], ve taşıttan şebekeye (T-Ş) ve yenilenebilir enerji kaynağı entegrasyonuna yöneliktir [48]. Elektrikli araçlar, arabadan şebekeye veya arabadan binaya enerji aktarımıyla dağıtılmış güç sistemlerine bir alternatif oluşturabilmektedir [49, 50]. Çeşitli şarj altyapıları için, optimizasyon stratejileri ve çözüm önerileri için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Elektrikli araçların yaygınlaşmasında en önemli faktörlerden biri şarj istasyonlarının başarılı bir şekilde konumlandırılmasıdır [51].

3.2.1. Akıllı şebeke tasarımı

EA'lar elektrik şebekesine bağımsız dağıtılmış enerji kaynağı olarak hizmet verme potansiyeli taşır. Bazı çalışmalarla, çoğu aracın zamanının neredeyse %95'ini park halinde geçirdiği ortaya çıkmıştır. Araçlar park halindeyken şebekeye bağlı kalabilir ve elektrikli ve hibrit araçların bataryalarında depolanmış olan enerjiyi ihtiyaç halinde şebeke ile paylaşabilir [52]. Şekil 3.1'de güç paylaşımı gösterilmiştir. EA ve HEA'lar şebekeye batarya paylaşımları sayesinde güç dalgalanmalarını düzenleyebilecek aynı zamanda şebekeye gerilim ve frekans düzenlemeleri için de yardımcı olabilecektir [53]. Ayrıca, rüzgar ve fotovoltaik güneş enerjileri gibi büyük yenilenebilir enerji

kaynaklarının (YEK) enerji sistemine entegrasyonu son zamanlarda artmıştır. Bilinmektedir ki, yenilenebilir enerji kaynakları sürekli ve dengeli enerji üretimi için verimli değildir. Bu nedenle YEK'nın enerji piyasasına dahil olmasıyla enerji politikaları katılaşmış ve enerji güvenliğini sağlamak zorlaşmıştır [45]. Örneğin, Çin 2020 yılında rüzgardan 150-180 GW, güneşten 20 GW güç üretimini hedeflemektedir. YEK'nın artışıyla şebekeye düzensiz yük aktarımı olacaktır. Bu yüzden, şebekelerin sürekli ve düzenli bir şekilde beslenebilmesi için büyük enerji depolama sistemlerine ihtiyaç duyulacaktır [54]. Bu durumda EA ve HEA'lar yenilenebilir enerji kaynakları için depolama sistemi olarak gösterilebilirler [55].



Şekil 3.1. Akıllı şebeke sistematik gösterimi [56]

3.2.2. Ekonomik şarj dağılımı ve risk yönetimi

EA ve HEA'ların gelişimi ile şebekedeki maksimum enerji talebi seviyesi de artacaktır. Buna bağlı olarak, enerji birim fiyatlarının artacağı düşünülmektedir. Ek olarak, EA ve HEA'ların kontrolsüz şarjı; güç kalitesi, arz talep dengesi, röle korumaları üzerinde olumsuz etkilere sebep olabilecektir. EA ve HEA sayılarının artmasının olumsuz etkilerinin yanında olumlu etkileri de vardır. Enerji şirketleri için elektrikli araçların hızlı gelişimi ve geniş uygulaması, elektrik satışlarında büyük bir artışla elektrik endüstrisinin gelişmesine yol açacaktır [57, 58].

3.2.3. Enerji yönetim stratejileri

EA ve HEA'ların gelişimi ile enerji yönetim stratejileri iki önemli başlık altında incelenmiştir. Elektrikli araç bataryaları dağıtılmış enerji kaynağı olarak kullanılabilecektir. Bu sayede elektrikli araçlar dağıtım kayıplarının önüne geçmeye yardımcı olacaktır. Ayrıca, elektrikli araçlar enerji depolama aracı olarak kullanılarak şebekeyi gerekli durumlarda elektrikli araç bataryaları ile besleyebilecektir. Enerji depolama sistemleri yenilenebilir enerji kaynakları için oldukça önemlidir. Günümüzde yenilenebilir enerji teknolojisinin en büyük problemlerinden biri depolama problemidir. Enerji depolama problemini T-Ş sistemi ile çözülebileceği düşünülmektedir [59-63]. Elektrikli araç kullanıcıları araçlarının şarj dolumunun sistem operatörü tarafından yapılmasını istememektedirler. Bu sorunun temel sebebi bataryaların dolum ve boşalım esnasından zarar görecek olma endişesidir. Öte yandan elektrikli araç bataryalarından şebekeye satılan enerji yeni bir ekonomi pazarını oluşturabilecektir [64, 65]. Taşıttan şebekeye (T-Ş) sisteminin gelişmesi elektrikli araçların yaygınlaşmasına bağlıdır. Az sayıda elektrikli araçla T-Ş sistemi verimli olmayacaktır. Aynı zamanda elektrikli araç üreticileri araç güç elektroniğini tasarlarken T-Ş sistemini bilerek araçları bu sisteme göre dizayn etmelidir [66]. Elektrikli araçların şebekeye entegrasyonu için bazı güç sistemi uygulamaları geliştirilmiştir.

a-) Sanal Enerji Santrali (SES)

Bu yaklaşımla kullanılan bütün elektrikli araçların batarya kapasitelerinin toplamı hesaplanarak şebekeye ne ölçüde destek vereceği hesaplanır [67]. SES uygulaması ile güç arz ve talep dengesinin kurulması ve enerji üretim maliyetlerinin azalması hedeflenmiştir [68, 69].

b-) T-Ş Uygulamasının Güç Sistemi Güvenliğini İyileştirmesi

Elektrik kesintileri, sistem güvenliği ve acil durumlar için en uygun şekilde dağıtılmış EV şarj istasyonları çözüm olabilecektir. Bu uygulama elektrikli araçların park yerlerinin doğru belirlenmesinin elektrikli araç kaynaklı şebeke beslemelerinin önemini vurgulamaktadır [70]. Çoğu elektrikli araç kullanıcıları araçlarını 2 saatten az sürede park etmek istemekteler [71]. Bu durumda hızlı şarj üniteleri kullanılarak

şebekeye düşen yük gerilimleri artmış olacaktır ve elektrik altyapısı yetersiz kalarak altyapı çalışmalarına ihtiyaç duyulacaktır. Ancak şarj istasyonlarının konumlarının doğru belirlenmesiyle yeni bir elektrik altyapısı çalışmalarına gerek kalmayacaktır [72].

c-) Mikro Şebeke Uygulamaları

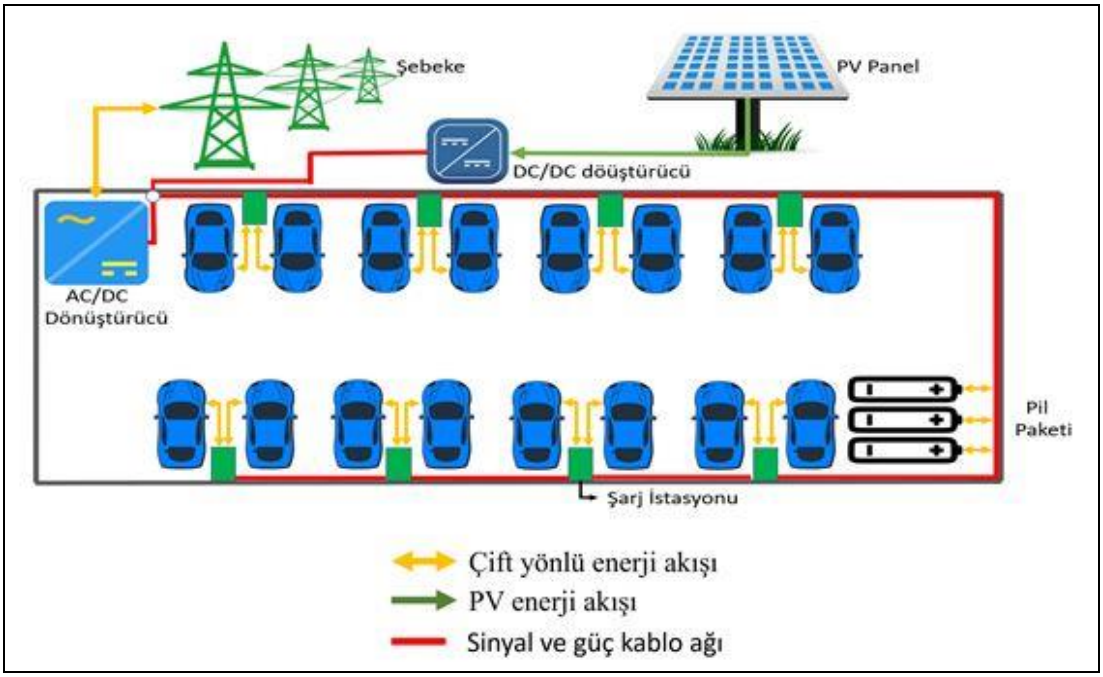
Mikro şebeke uygulamalarında genelde güç kaynağı olarak yenilenebilir enerji kullanılır. Bu sistemlerde bir enerji depolama birimine ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaç duyulan bu depolama birimi için EA ve HEA'ların bataryaları kullanılabilir. Böylece yenilenebilir enerji kaynaklarının belirsizliği azaltılmış olacaktır. Transfer edilen enerji ücretleri için elektrik fiyat çizelgesi gibi bir yenilik getirilmelidir [73]. Bu tesisler için bir talep tarafı yönetim sistemi kurulabilir. Bu sistemle enerji talebine göre şebekeden araca ya da araçtan şebekeye enerji transferi yapılabilir.

4. ÖNERİLEN AKILLI OTOPARK SİSTEM

EA ve HEA'ların yaygınlaşmasının şebeke üzerindeki olumsuz etkilerinin minimize edilmesi hatta şebekeye yardımcı etken olarak kullanılması için bu çalışmada tasarlanan akıllı otopark sistemi ile sadece elektrik şebekesi desteklenmemiş aynı zamanda elektrikli araç kullanıcılarının memnuniyetine de önem verilmiştir.

Elektrikli araçların şebekeye entegrasyonu ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda EA ve HEA araçların; yaygınlaşmasının önündeki engellerden, yaygınlaşmasıyla birlikte karşılaşılacak sorunlardan ve bu sorunların çözümü ele alınmıştır.

Önerilen park sisteminde daha önceki çalışmalara bazı yenilikler getirilmiş ve bazı sistemler geliştirilmiştir. Bunlar; akıllı telefon uygulaması, yenilenebilir enerji desteği, pil paketi desteği, şarj dolum hızının zamana göre belirlenmesi ve araçtan araca enerji aktarımıdır. Önerilen park sistemi için tasarlanan güç bağlantıları ve akış yönleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Tasarlanan akıllı otopark sisteminin genel gösterimi

Tablo 1.1'deki araç batarya kapasitesi verilerine göre araç batarya kapasiteleri ortalama 60 kWh'tir. Tasarlanan akıllı otopark sistemi 16 araç kapasitelidir. Bu verilere göre otopark sisteminin maksimum gücü 960 kW olarak belirlenmiştir. Sistemin şebekeden çekeceği maksimum güç ise 160 kW olarak belirlenmiştir. Şebekeden çekilecek maksimum güç hesaplanırken seviye 2 şarjının ortalama değeri 10 kW olarak alınmıştır ve sistemdeki araçların hepsinin boş olması durumunda araçların çekecekleri yük 16x10kW=160kW olarak belirlenmiştir.

Tasarlanan sistemde PV panel gücü 45kWp olarak belirlenmiştir. Böylece güneşin yoğun olduğu saatlerde akıllı otopark sisteminin enerji ihtiyacının önemli bir kısmını PV panel karşılayacaktır. Bu güç hesaplanırken güneşten maksimum yarar sağlamak için akıllı otopark sisteminin çatısının tamamı PV panel olacak şekilde tasarlanmıştır. Resmi gazetede yayınlanan otopark yönetmeliğinde verilen standart otopark ölçülerine göre binek otomobillerin park alanının manevra alanı dahil en az 20 m^2 olmalıdır [74]. Tasarlanan sistemde araç sayısı 16 olarak belirlenmiş ve 16x20=320m^2'dir. Yüzey alanı 1,27m^2 olan PV panel gücü 180W'tır [75]. 320m^2'lik bir alana kurulabilecek PV panel gücü 320x180/1,27~45kW'dır.

Akıllı otopark sistemine dahil edilen pil paketleri sayesinde şebekede minimum yüklenmenin olduğu saatlerde, PV panelin güç üretip araçların şarj dolumu yapmadığı saatlerde pil paketleri şarj edilerek; şebekeye aşırı yüklenmelerin olduğu saatlerde araç şarjı için gerekli olan gücün bir kısmı pil paketlerinden sağlanabilecektir. Tasarlanan sistemde 25kWh kapasiteli pil paketi kullanılmıştır.

Otopark sisteminde PV paneller; şebeke üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması, şarj fiyatlarının düşmesi ve temiz enerji üretiminin desteklenmesi açısından önemli olduğu gibi sistem için panel kurulum maliyetlerini de beraberinde getirecektir. Günümüz güncel fiyatlarına göre 10kW'lık çatı tipi PV panel kurulum maliyetleri (PV panel, inverter, kontrol ve izleme sistemi, sabit montaj yapısı, DC kablolama, toplama panosu, işçilik, AC kablolama) KDV hariç 11869$'dır [76]. 45kW olarak tasarladığımız panelin maliyeti ise 11869x45/10=53410$ olacaktır.

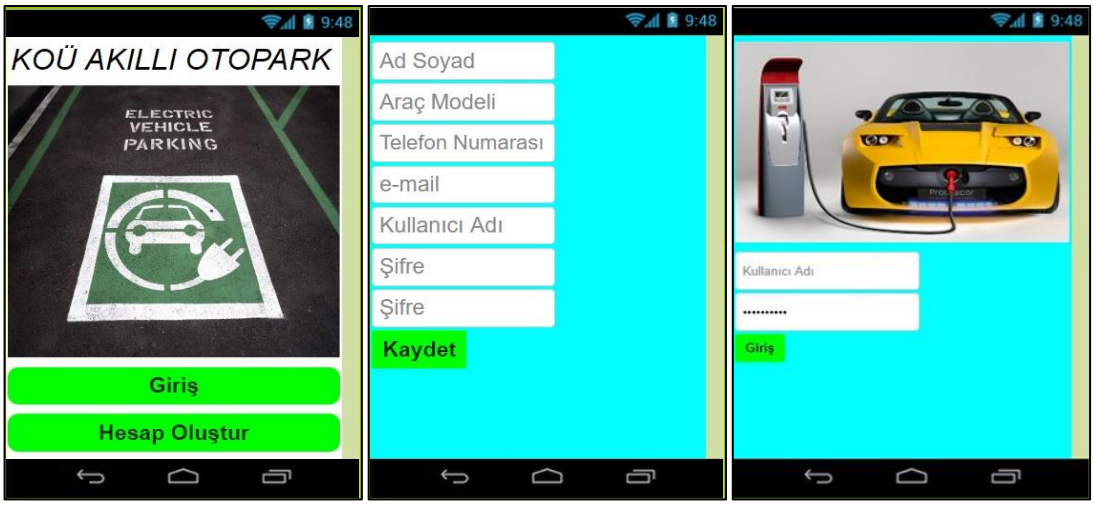
Tasarlanan sistemde batarya grubu şebeke üzerindeki güç dalgalanmalarını minimize ederken sitem kurulumuna ek maliyet olacaktır. 2017 yılında bataryanın kWh ücreti 162 dolarken 2030 yılında bu fiyatın 74 dolara düşeceği öngörülmektedir [77]. Bu fiyat

bilgilerine göre 25kWh kapasiteli bir bataryanın fiyatı 162x25=4050$'dır. 25kWh kapasiteli batarya fiyatın 2030 yılında 73x25=1850$ olması beklenmektedir.

4.1. Akıllı Telefon Uygulaması

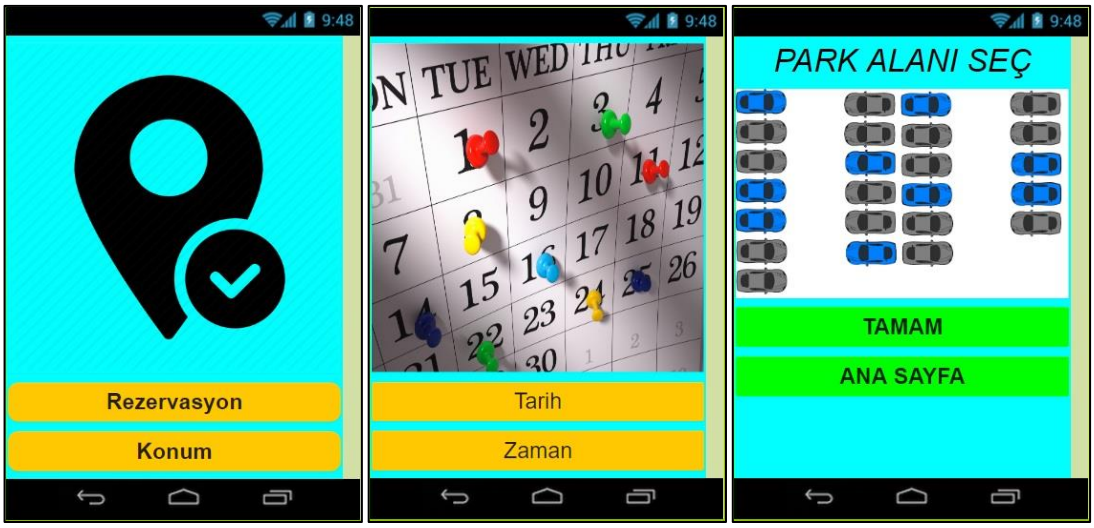
Günümüzde kullanılan içten yanmalı motorlu araçlar için yakıt dolumun yapılabilecek istasyon bulmak çok kolaydır ve dolum süreleri çok kısa olduğundan yakıt istasyonlarında dolum için sıra beklemek zorunda kalmazlar. Öte yandan, EA ve HEA araçlar için şarj dolum istasyonu bulmak kolay değildir ve şarj dolum işlemi uzun zaman aldığından boş şarj istasyonu bulmak da zorlaşmaktadır. Yapılan çalışmalarda EA ve HEA'ların yaygınlaşmasının önündeki en büyük engellerden biri araç kullanıcılarının müsait şarj istasyonu bulamama endişesidir. Tasarlanan akıllı telefon uygulaması ile araç kullanıcıları akıllı otoparkların konumlarına rahatça erişerek online olarak randevu alabilecekler.

EA ve HEA kullanıcılarının bir diğer endişesi ise bataryalarının yolda bitmesidir. Uygulama sayesinde elektrikli araç kullanıcıları araç bataryalarının doluluk oranını araçları park yerindeyken online olarak görebileceklerdir. Tasarlanan akıllı telefon uygulamasının ekran görüntüleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



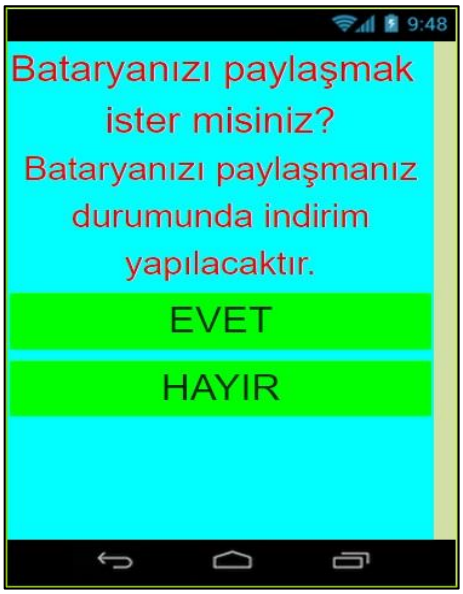
Şekil 4.2. Uygulama giriş ekranları

Sistem araç bataryası için gerekli güç miktarını hesaplayabilmesi için araç bilgilerine ihtiyaç duyacaktır. Aynı zamanda rezervasyon güvenliği için kullanıcı bilgilerine ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle Şekil 4.2'de gösterildiği gibi araç ve kullanıcı bilgileri ile hesap oluşturulduktan sonra sisteme giriş yapılabilecektir.



Şekil 4.3. Konum ve rezervasyon

Sistem akıllı otopark sistemine kolay erişimi sağlarken Şekil 4.3'de görüldüğü gibi tarih ve zaman dilimi seçilerek otoparkın müsaitlik durumu sorgulanabilecek kullanıcının uygun gördüğü saat için rezervasyon yapılabilecektir. Bu sayede hem akıllı otopark sistemi hangi saat diliminde ne kadar yüke ihtiyaç duyulduğunu hesaplayabilecek hem de araç sahipleri için şarj yeri ve zamanıyla alakalı belirsizlikler ortadan kalkacaktır.



Şekil 4.4. Batarya paylaşım izni

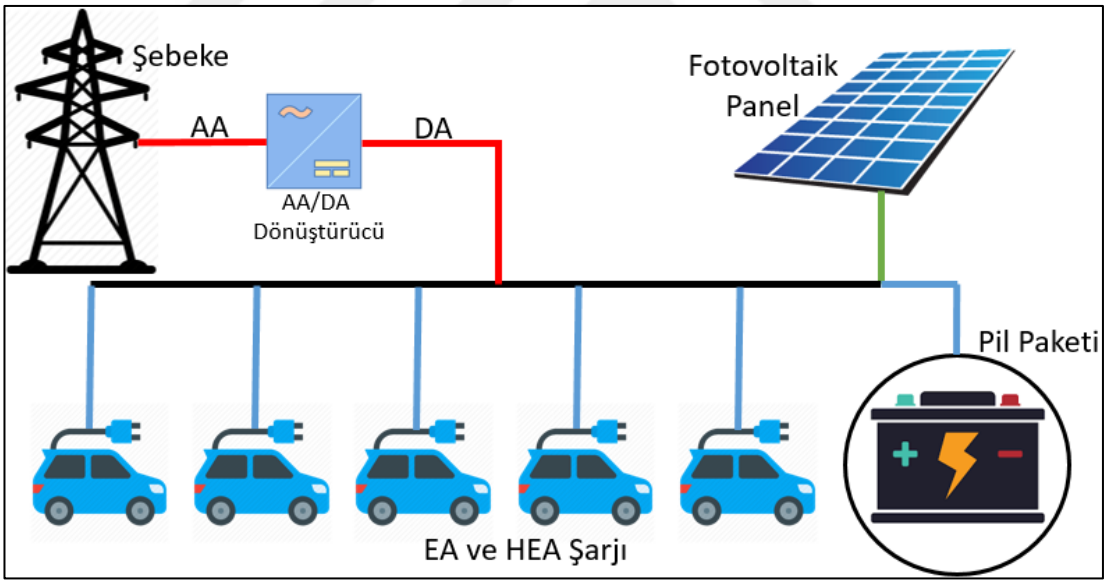
Enerji otomasyonunun bir parçası olan batarya paylaşımını sağlamak için tasarlanan uygulama sayesinde araç kullanıcılarından izin alınarak batarya paylaşımı yapılacaktır.

4.2. Yenilenebilir Enerji Desteği

EA ve HEA'ların yaygınlaşmasıyla şebeke üzerinde oluşacak ek yük, PV panel ile sağlanarak şebeke üzerindeki aşırı yük için çevreci bir çözüm olabilir. Tasarlanan sistemde akıllı otoparkın çatısına yerleştirilecek güneş panelleriyle elektrik üretimi sağlayarak gerekli durumlarda araçları şarj edecektir. Aynı zamanda elektriğin yoğun olduğu saatlerde ise şebekeyi besleyebilecektir.

4.3. Pil Paketi Desteği

Günümüzde elektrikli araçların da yaygınlaşmasıyla batarya teknolojileri hızlı bir şekilde gelişmektedir. Bataryalardaki bu iyileşmenin devam ederek günümüzden çok daha büyük enerji depolama aygıtı olacağı ön görülmektedir. Bu ön görülere dayanarak tasarlanan sistem de güneş panellerinden üretilecek enerji pil paketlerine aktarılarak gerekli durumlarda depolanan enerji araçlara ya da şebekeye aktarılabilecektir.



Şekil 4.5. Akıllı otopark yenilenebilir enerji ve pil paketi desteği entegresi

4.4. Şarj Dolum Hızının Park Süresine Göre Belirlenmesi

Araçlarını akıllı otopark sistemine bırakan araç kullanıcılarından bazıları araçlarını uzun süreli park etmek isterken kimisi kısa süreli park ile şarj dolumunun gerçekleşmesini isteyebilecektir. Bu durumda araçlar için faklı şarj dolum seçenekleri uygulanarak bu soruna çözüm getirilebilecektir.

Tasarlanan akıllı telefon uygulaması sayesinde rezervasyon ile otoparka giriş yapan araçların otoparkta kalacağı süre önceden bilindiğinden şarj dolum hızı seviyesi önceden belirlenerek şebekeden çekilecek güç önceden bilinir. Aynı zamanda EA veya HEA'ların model bilgileri alınarak rezervasyon yapıldığından batarya kapasite bilgileri bilinmektedir. Bilinen kapasite bilgileri sayesinde şarj süresi ve şarj esnasında sistemden çekilecek güç hesaplanır.

Sistemin kurulu gücüne göre enerji otomasyonu yapılarak hem şebeke üzerinde oluşabilecek aşırı yüklenme engellenmiş olur hem de EA ve HEA kullanıcıları uygun şarj portu bulamama mağduriyeti yaşanmamış olacaktır.

4.5. Araçtan Araca Şarj Aktarımı

Akıllı otoparkta araçlarını uzun süreli park eden EA ve HEA kullanıcıları şebeke üzerinde oluşabilecek aşırı yükün engellenmesine yardımcı olabilecektir. Bataryası dolu olan araçlar sistem için potansiyel yedek enerji deposudur. Uzun süreli park halinde kalan araçlar, aracını şebeke yüklenmesinin yoğun olduğu saatlerde şark edilmek istenen araçların şebekeden ekstra yük çekmelerine engel olabileceklerdir.

Şekil 4.4'te gösterildiği gibi uzun süreli otoparkta kalacak araçlara gerekli durumlarda araçlarının bataryalarını paylaşma izni istenir. Kullanıcıların izin vermesi durumunda şebekeden yük çekmek yerine batarya paylaşımına izin verilmiş araçtan yük çekerek şarj işlemi gerçekleştirilir. Bu sayede elektrik tüketiminin yoğun olduğu saatlerde şarj işlemi için şebekeden ek yük çekilmemiş olur.

5. ÇALIŞMA SENARYOLARI VE ENERJİ YÖNETİMİ

Sistem güç gruplanın yük durumlarına göre bir enerji otomasyonu ile güç akış yönünü değiştirerek en uygun enerji akış yönlerini belirleyecektir. Bu güç akışı Şekil 5.1-5.10'da gösterilmiştir.

Şebekede aşırı yüklenmelerin olmadığı saatlerde şebekeden yük çekilerek gerekli olan birimi (batarya grubu ve/veya araç bataryaları) besleyecektir. Şebekenin aşırı yüklendiği saatlerde ise şebekeden sistem için yük çekilmeyecektir. Hatta araç bataryalarının dolu olması durumunda, PV panel ve batarya grubu sayesinde şebeke sistem tarafından beslenebilecektir.

Şebeke yüklenmesinin en yoğun olduğu saatlerde sitem kendi içerisinde bulunan yükleri enerji önceliğine göre yönlendirecektir.

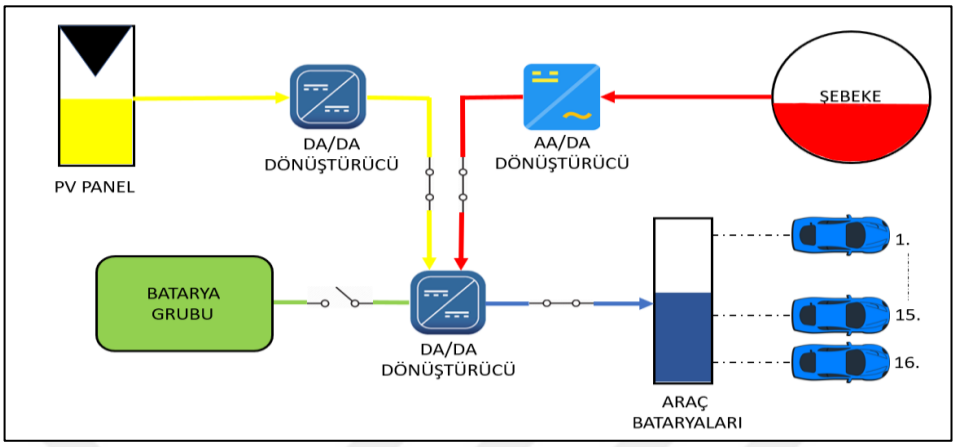
Şekil 5.10'da gösterildiği gibi batarya paylaşım izni olan araçlar gerekli durumlarda araçtan araca enerji transferi yapılabilecektir. Ayrıca şekil 5.7'de gösterilen araçtan şebekeye enerji beslemesi de batarya paylaşımına izin verilmiş araçlar tarafından gerçekleştirilecektir.

5.1. Senaryo 1

Senaryo1 şebekede normal yüklenmenin olması, PV panel ile enerji üretiminin olması, batarya grubunun tam dolu olması ve araç bataryalarının dolu olması durumundaki enerji akışıdır. Bu senaryoda öncelikle PV panel; araç bataryalarını besleyecektir, PV panelin yetersiz kalması durumunda şebeke de araç şarj dolumuna destek verecektir. Tam dolu olan batarya grubu ise bu senaryoda araç şarj dolumu yapmayarak batarya grubundaki güç gerekli durumlar için yedek olarak sistemde tutulacaktır.

Senaryo 1'de şebekede aşırı yüklenmelerin olmadığından sistem araç bataryaları için gerekli olan gücü karşılamak için batarya grubundan güç çekimine ihtiyaç duymayacaktır. Batarya grubunun dolu olduğu bu senaryoda enerji akışı PV panel ve

şebekeden araç bataryalarına doğrudur. Senaryo 1 güç yoğunlukları ve enerji akış yönleri Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

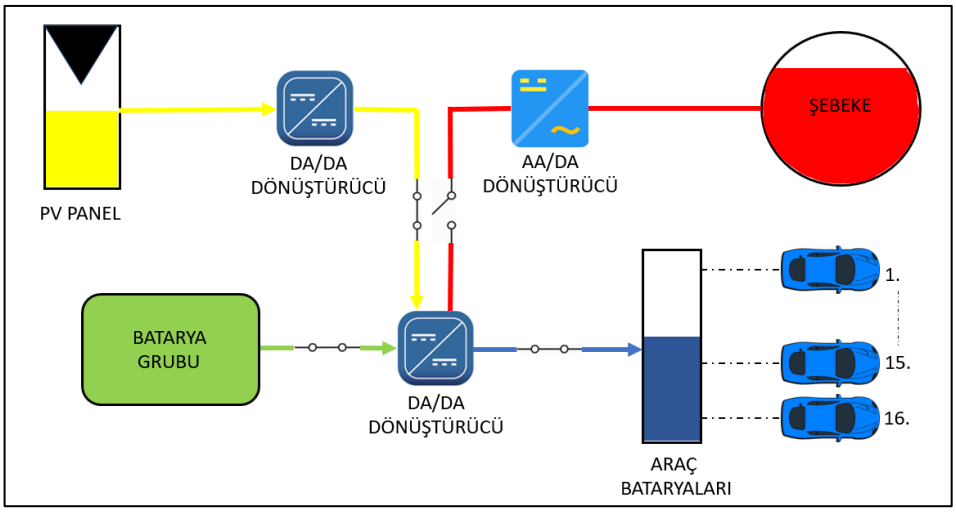


Şekil 5.1. Dolu batarya, şebeke ve PV desteği ile araç şarj dolumu

5.2. Senaryo 2

Senaryo 2 şebekede aşırı yüklenmenin olması, PV panel ile enerji üretiminin olması, batarya grubunun dolu olması ve araç bataryalarının dolu olmaması durumundaki enerji akışıdır. Bu senaryoda talep gücün şebekeden çekilebilecek güçten büyük olması aynı zamanda batarya grubu ve PV panelden üretilen gücün talep gücü karşılayabilmesi durumunda enerji akışı PV panel ve batarya grubundan araç bataryalarına doğrudur. Bu senaryo Şekil 5.2 ile gösterilmiştir.

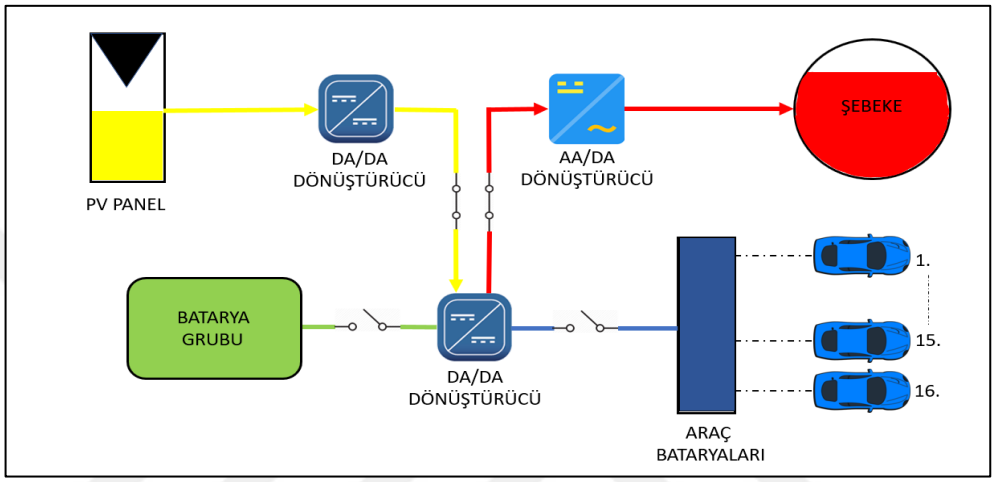
Bu senaryoda şebekede aşırı yüklenmelerin olduğundan talep güç PV panelde üretilen güç ve batarya grubunda depolanmış enerjiden karşılanır.



Şekil 5.2. Dolu batarya ve PV desteği ile araç şarj dolumu

5.3. Senaryo 3

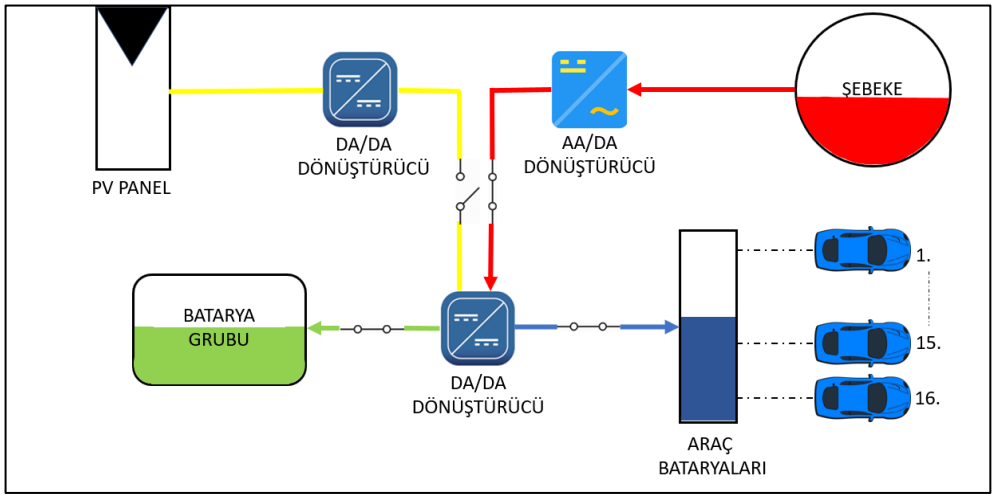
Senaryo 3 şebekede aşırı yüklenmenin olması, PV panel ile enerji üretiminin olması, batarya grubunun dolu olması ve araç bataryalarının dolu olmaması durumundaki enerji akışıdır. Şebekede aşırı yüklenmelerin olduğu bu senaryoda araç bataryaları ve batarya grubu dolu olduğundan enerji akışı PV panelden şebekeye doğrudur. Bu senaryo Şekil 5.3 ile gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Dolu batarya, araç bataryaları ve PV desteği ile şebeke beslemesi

5.4. Senaryo 4

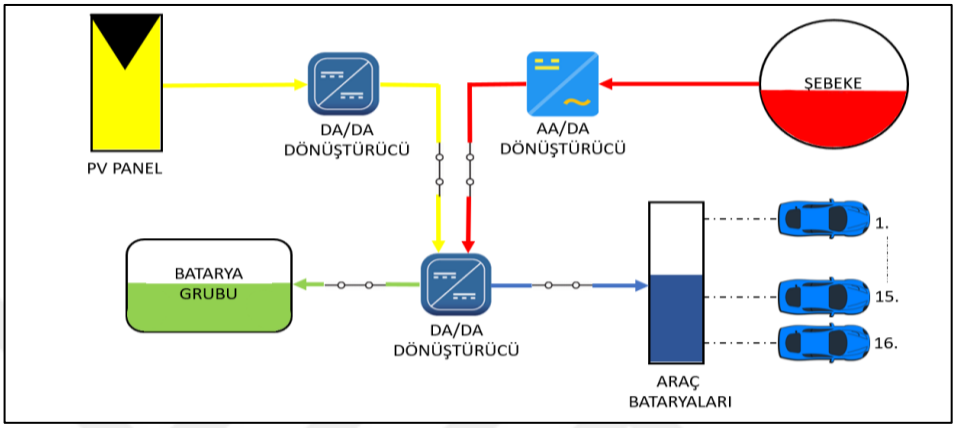
Senaryo 4 şebekede normal yüklenmenin olması, PV panel ile enerji üretiminin olmaması, batarya grubunun %100 doluluk oranından az olması ve araç bataryalarının dolu olmaması durumunda enerji akış yönü; şebekeden batarya grubu ve araç bataryalarına doğrudur. Bu senaryo Şekil 5.4 ile gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Şebeke desteği ile araç şarj dolumu ve batarya grubu dolumu

5.5. Senaryo 5

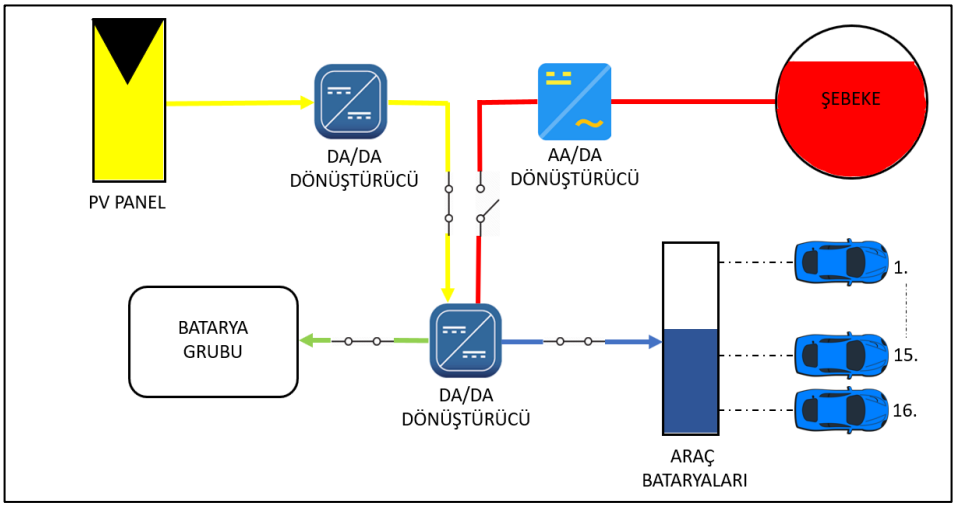
Senaryo 5 şebekede normal yüklenmenin olması, PV panel ile enerji üretiminin olması, batarya grubunun dolu olmaması ve araç bataryalarının dolu olmaması durumunda enerji akış yönü; PV panel ve şebekeden batarya grubu ve araç bataryalarına doğrudur. Bu senaryo Şekil 5.5 ile gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Şebeke desteği ve PV panel ile batarya grubu ve araç bataryaları beslemesi

5.6. Senaryo 6

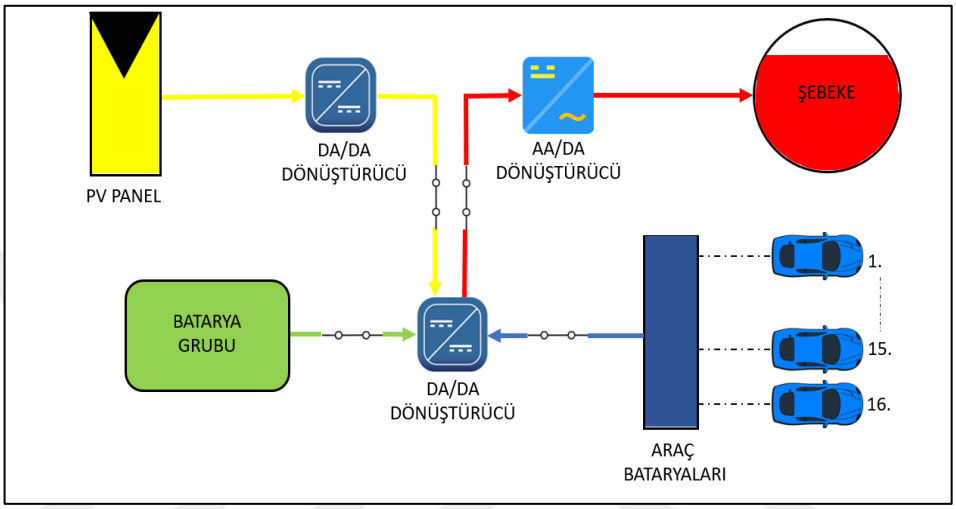
Senaryo 6 şebekede aşırı yüklenmenin olması, PV panel ile enerji üretiminin olması, batarya grubunun dolu olmaması ve araç bataryalarının dolu olmaması durumunda enerji akış yönü; PV panelden batarya grubu ve araç bataryalarına doğrudur. Bu senaryo Şekil 5.6 ile gösterilmiştir.



Şekil 5.6. PV panel desteği ile batarya ve araç şarj dolumu

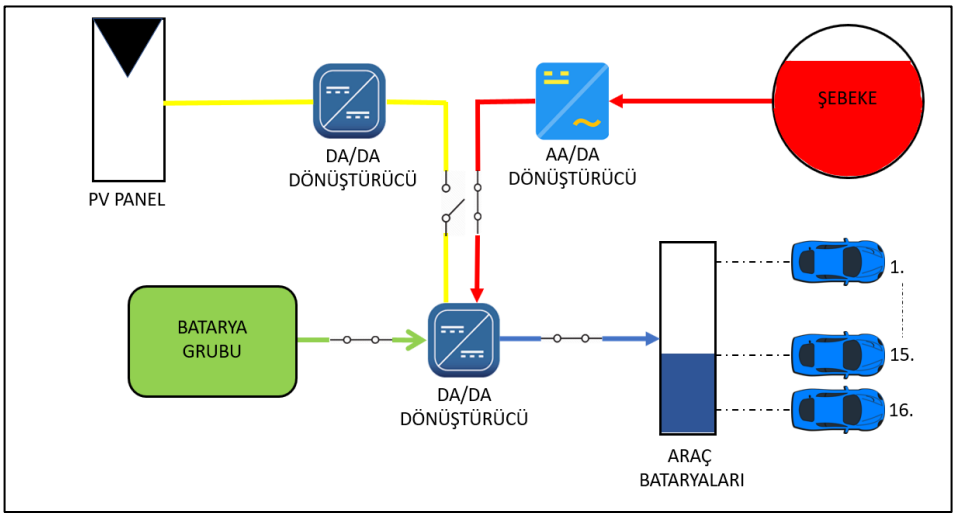
5.7. Senaryo 7

Senaryo 7 şebekede aşırı yüklenmenin olması, PV panel ile enerji üretiminin olması, batarya grubunun dolu olması ve araç bataryalarının dolu olması durumunda enerji akış yönü; PV panel, batarya grubu ve araç bataryalarından şebekeye doğrudur. Bu senaryo elektrikli araç kullanıcıları tarafından batarya paylaşımına izin verilmiş araçlar içindir ve Şekil 5.7 ile gösterilmiştir.



Şekil 5.7. PV panel, batarya grubu ve araç bataryaları desteği ile şebeke güç beslemesi

5.8. Senaryo 8



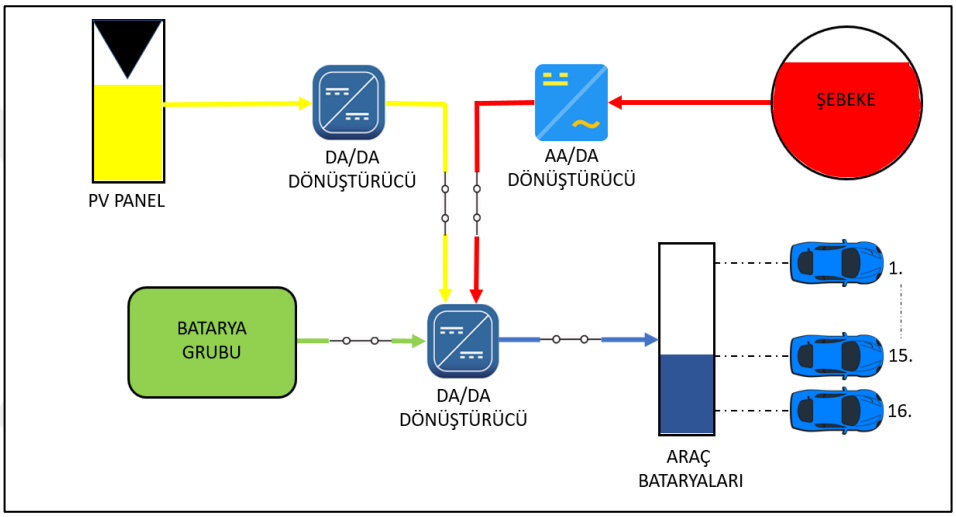
Şekil 5.8. Batarya grubu ve şebeke desteği ile araç batarya dolumu

Senaryo 8 şebekede aşırı yüklenmenin olması, PV panel ile enerji üretiminin olmaması, batarya grubunun dolu olması ve araç bataryalarının doluluk oranının düşük

olması durumunda enerji akış yönü; Batarya grubu ve şebekeden araç bataryalarına doğrudur. Bu senaryo Şekil 5.8 ile gösterilmiştir.

5.9. Senaryo 9

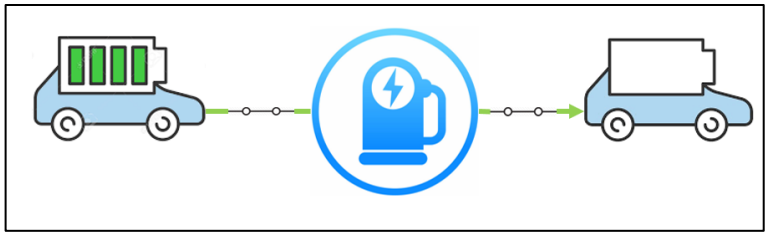
Senaryo 9, araç batarya dolumu PV panel, batarya grubu ve şebeke ile sağlanmaktadır. Senaryo 9'un senaryo 2'den farkı; 44 araç bataryalarının enerji talebinin PV panel güç üretimi ve batarya grubunun enerji kapasitesinden büyük olması durumunda şebekede aşırı yüklenmenin olmasına rağmen enerji çekilecektir. Senaryo 9 güç yoğunlukları ve enerji akış yönleri Şekil 5.9'de gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Batarya şebeke ve PV panel desteği ile araç batarya dolumu

5.10. Senaryo 10

Senaryo 10 araç batarya paylaşımına izin verilmiş araçlar arasında gerçekleştirilen enerji transferidir. Bu transfer bataryası dolu ya da doluluk oranı yüksek olan elektrikli araçlardan bataryası boş ya da az dolu olan elektrikli araçlara enerji aktarımıdır. Bu senaryo şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Araçtan araca enerji aktarımı

6. ÖNERİLEN AKILLI OTOPARK KONTROL YAPISI VE ALGORİTMASI

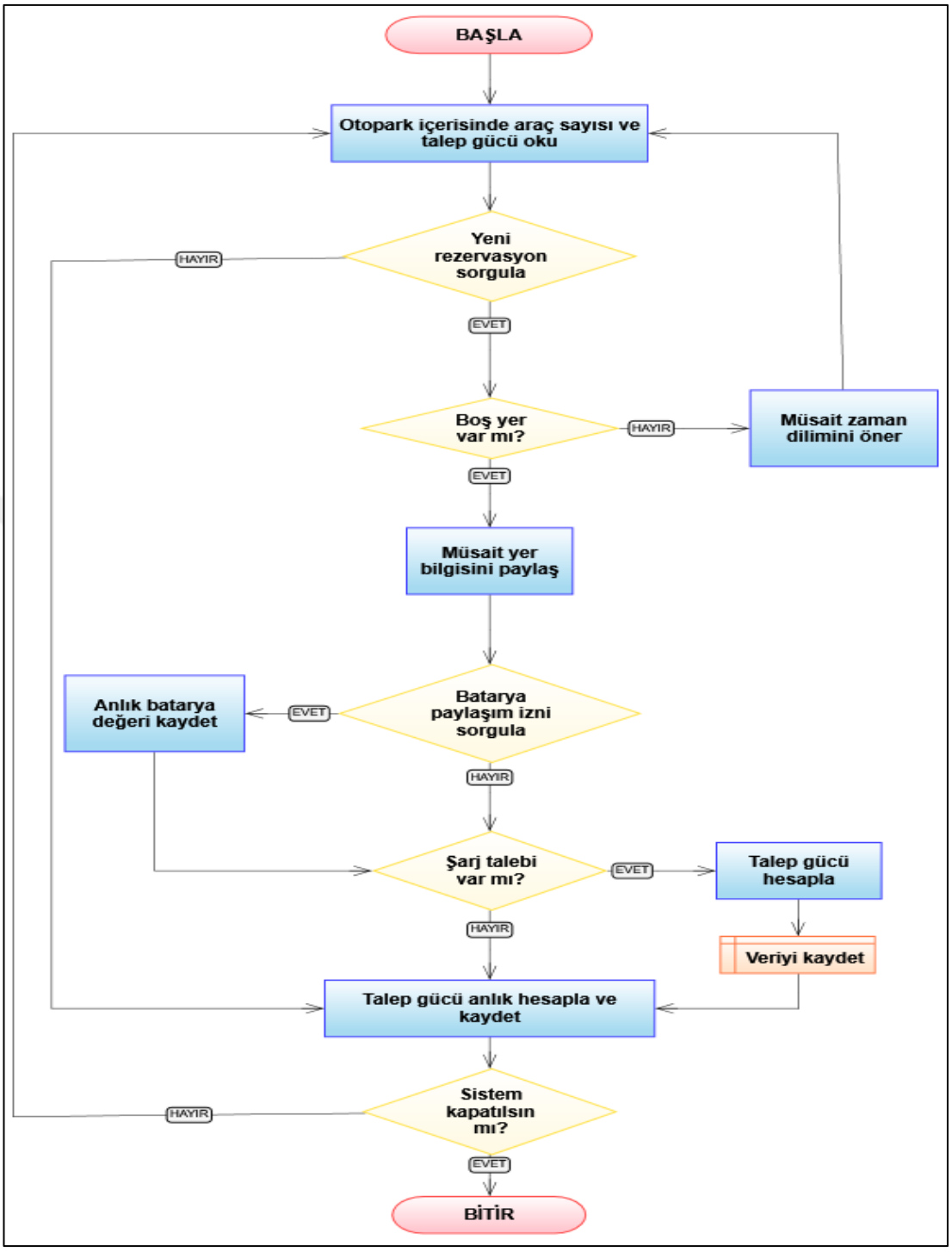
Bu bölümde EA ve HEA'ların şarjının şebeke ve diğer güç grupları arasındaki enerji otomasyonunu sağlayan akış diyagramları geliştirilmiş ve akış diyagramlarının ilerleyiş senaryoları yazılmıştır.

6.1. Önerilen Akıllı Otopark Sistemi Kontrol Algoritması

Sistem öncelikli olarak araç sayısını ve talep gücü okur ve yeni rezervasyon olup olmadığını denetler. Yeni rezervasyon varsa okuduğu değer dorultusunda talebe cevap verir. Sistem müsait değil ise talep gücü anlık olarak hesaplanır kaydedilir ve sistem kapatılma kararı beklenilir. Sistem kapatılma reddedilirse otopark içerisinde araç sayısı ve talep gücü tekrar okunur.

Sistem müsait ise uygun yer bilgisini kullanıcıyla paylaşır ve batarya paylaşım iznini sorgulanır. Batarya paylaşım izni onaylanan araçların batarya verileri anlık olarak kaydedilir. Batarya paylaşım izni olmayan ve paylaşım izni olup anlık batarya değerleri kaydedilen araçların şarj taleplerinin olup olmadığı sorgulanır. Şarj talebi olan araçların talep gücünü hesaplar ve veriyi kaydeder. Şarj talebi olmayan araçların batarya güçleri anlık olarak kaydedilir. Sistem kapatılma kararı beklenilir. Sistem kapatılma reddedilirse otopark içerisinde araç sayısı ve talep gücü tekrar okunur. Sistemin başlangıç ve izin algoritmaları Şekil 6.1'de gösterilmiştir.

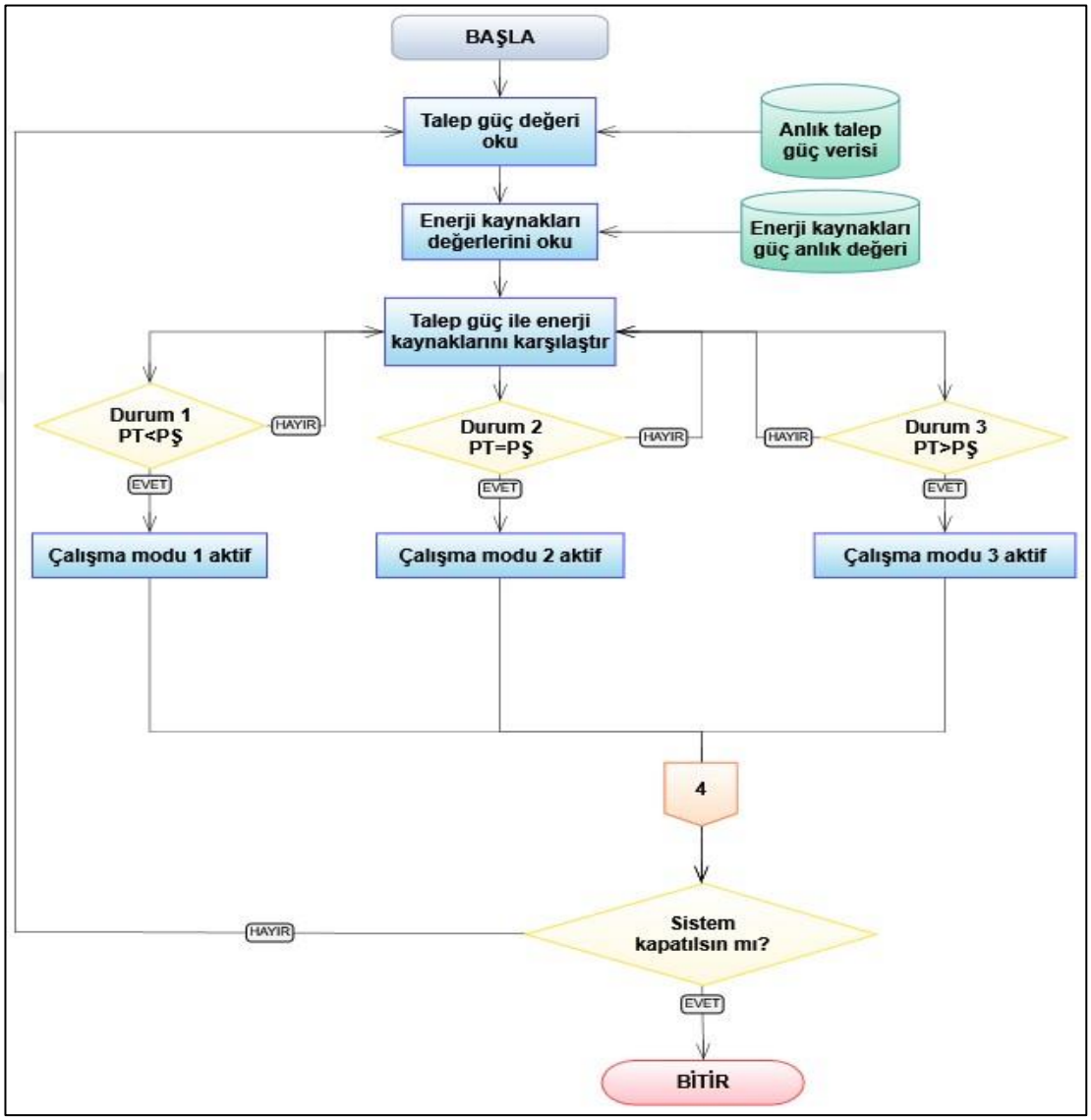
Anlık talep güç verisinden alınan datalarla talep güç değeri okunur ve enerji kaynakları değerleri okunarak iki veri karşılaştırılır. $P_T<P_Ş$ (P_T=talep edilen güç, $P_Ş$= şebeke tavsiye gücü) olması durumunda çalışma modu 1 aktif olur. Bu durumun değişmesi halinde talep güç ve enerji kaynaklarından elde edilen güç tekrardan karşılaştırılır. Sistem kapatılsın mı kararı beklenir. Kapatılmazsa talep güç ve enerji kaynaklarından üretilen güç tekrar karşılaştırılır.



Şekil 6.1. Başlangıç ve izin algoritması

P_T=$P_Ş$ olması durumunda çalışma modu 2 aktif olur. Bu durumun değişmesi halinde talep güç ve enerji kaynaklarından elde edilen güç tekrardan karşılaştırılır. Sistem kapatılsın mı kararı beklenir. Kapatılmasa talep güç ve enerji kaynaklarından üretilen güç tekrar karşılaştırılır. Sistem kapatılsın mı kararı beklenir. Kapatılmazsa, talep güç ve enerji kaynaklarından üretilen güç tekrar karşılaştırılır.

$P_T > P_Ş$ olması durumunda çalışma modu 3 aktif olur. Bu durumun değişmesi halinde talep güç ve enerji kaynaklarından elde edilen güç tekrardan karşılaştırılır. Sistemin çalışma modu belirleme algoritması Şekil 6.2'de gösterilmiştir.

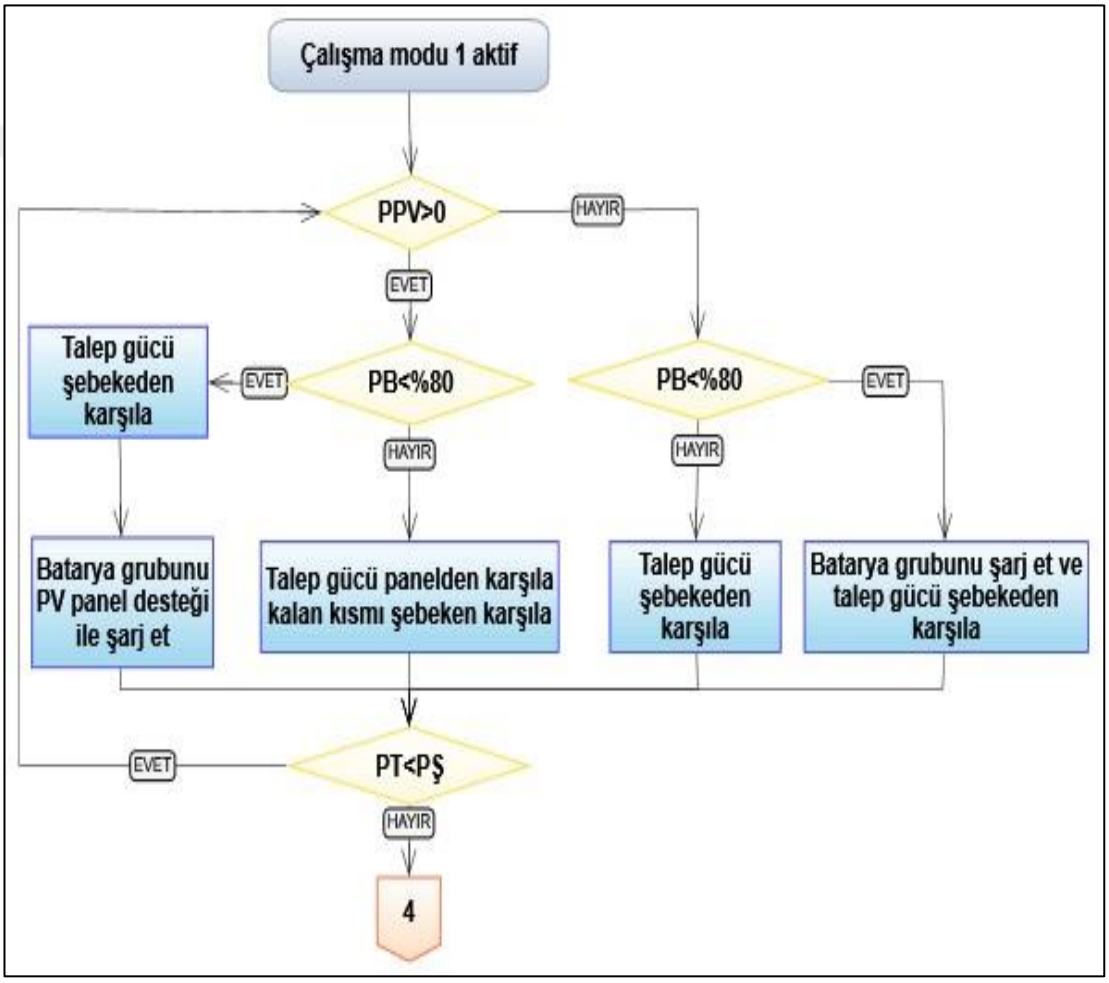


Şekil 6.2. Çalışma modu belirleme algoritması

Şebekeden karşılanabilecek gücün talep gücünden fazla olması durumunda çalışma modu 1 aktif olur. Mod 1, PV panelden güç üretiminin olup olmadığını kontrol eder. PV panelde güç üretimi varsa ($P_{PV}>0$) batarya grubunun gücü kontrol edilir ve batarya grubunun %80'den küçük olması durumunda talep gücü şebekeden karşılanır ve batarya grubu PV panel desteği ile şarj edilir. PV panelde güç üretiminin olup batarya grubunun tam dolu olduğu durumda ise talep güç panelden karşılanır, talep gücünün kalan kısmı da şebekeden karşılanır.

PV panelde güç üretimi olmadığı durumda batarya grubu kontrol edilir. Batarya grubu tam dolu ise talep güç şebekeden karşılanır. Batarya grubu dolu değilse (P_B<%80) talep güç ve batarya grubu şebeke tarafından beslenir.

Her durumda sistemin P_T<$P_Ş$ şartını sağlama durumu kontrol edilir. Sağlıyorsa sistem devam eder, sağlamıyorsa sistem kapatılsın mı kararı beklenir. Kapatılmazsa, talep güç ve enerji kaynaklarından üretilen güç tekrar karşılaştırılır. Çalışma modu 1'in aktif olması durumu Şekil 6.3'de gösterildiği gibidir.

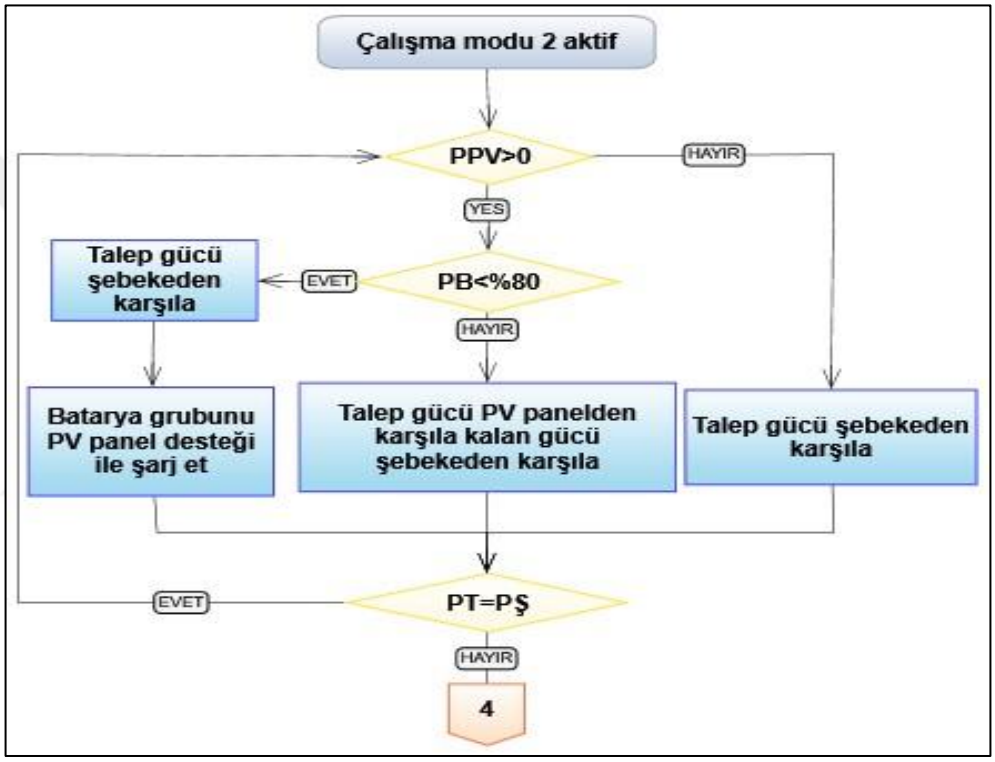


Şekil 6.3. Çalışma modu 1'in aktif olması durumu

Şebekeden karşılanabilecek gücün talep güce eşit olması durumunda çalışma modu 2 aktif olur. Mod 2'de, PV panelde güç üretiminin olup batarya grubunun tam dolu olması durumunda talep güç PV panelden karşılanır kalan talep gücü şebekeden karşılanır. PV panelde güç üretiminin olup batarya grubunun dolu olmaması durumunda şebeke talep gücü karşılar ve PV panel batarya grubunu şarj eder.

PV panelde güç üretiminin olmadığı durumda mod 2'de $P_T=P_Ş$ olduğu için batarya grubu tam dolu olmasa bile şebeke ancak talep gücü karşılayabileceğinden batarya grubunun doluluk oranını sorgulamaz ve doğrudan talep gücü karşılar.

Her durumda sistemin $P_T=P_Ş$ şartını sağlama durumu kontrol edilir. Sağlıyorsa sistem devam eder, sağlamıyorsa sistem kapatılsın mı kararı beklenir. Kapatılmazsa, talep güç ve enerji kaynaklarından üretilen güç tekrar karşılaştırılır. Çalışma modu 2'nin aktif olması durumu Şekil 6.4'de gösterilmiştir.



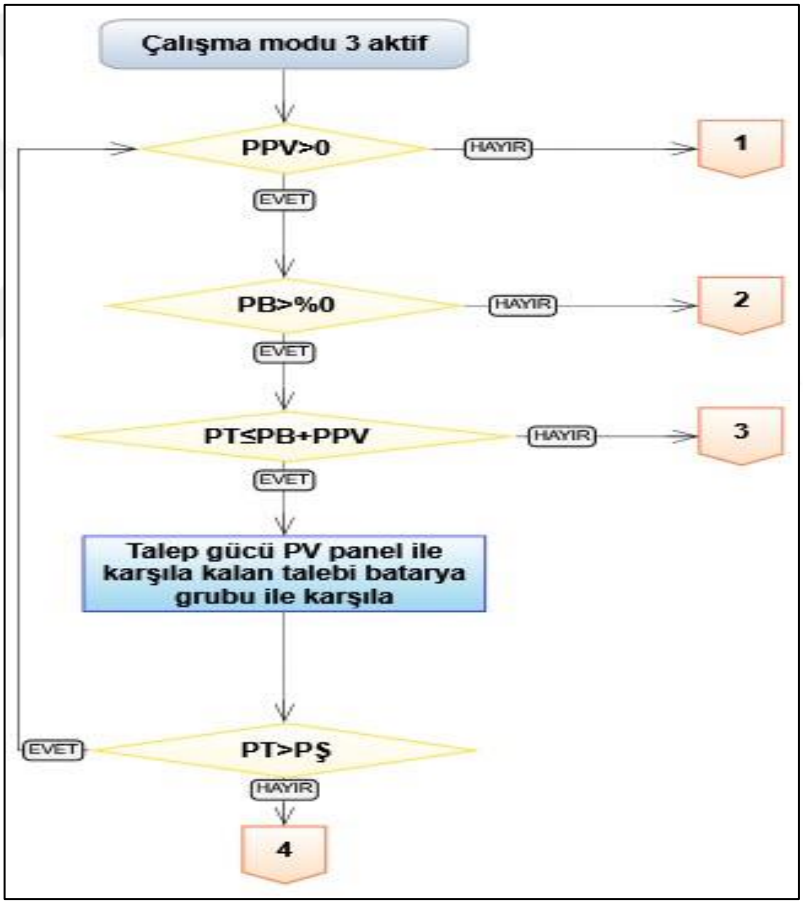
Şekil 6.4. Çalışma modu 2'nin aktif olması durumu

Şebekeden karşılanabilecek gücün talep güçten küçük olması durumunda çalışma modu 3 aktif olur. Mod 3'de sistem öncelikle PV panel gücünü kontrol eder PV panel güç üretiyorsa batarya grubu sorgulanır, batarya grubu tamamen boş değilse talep gücün batarya grubu gücü ve PV panelde üretilen gücün toplamından küçük eşit olma durumu sorgulanır eğer batarya grubu gücü ve PV panelden üretilen gücün toplamı talep güçten küçük veya talep güce eşitse talep güç PV panelden karşılanır. Kalan talep güç ihtiyacı ise batarya grubundan karşılanır.

Batarya grubu gücü ve PV panelden üretilen gücün toplamı talep güçten küçük veya talep güce eşit değilse talep güç PV panelden karşılanır. İhtiyacın kalan kısmı

şebekeden çekilebilecek maksimum güçle karşılanır. PV panel ve şebekeden çekilebilecek maksimum yükün yetersiz kalması durumunda batarya grubundan güç çekilir. İhtiyacın hala karşılanamaması durumunda kalan ihtiyaç batarya paylaşımına izin verilmiş araçların bataryalarından karşılanır.

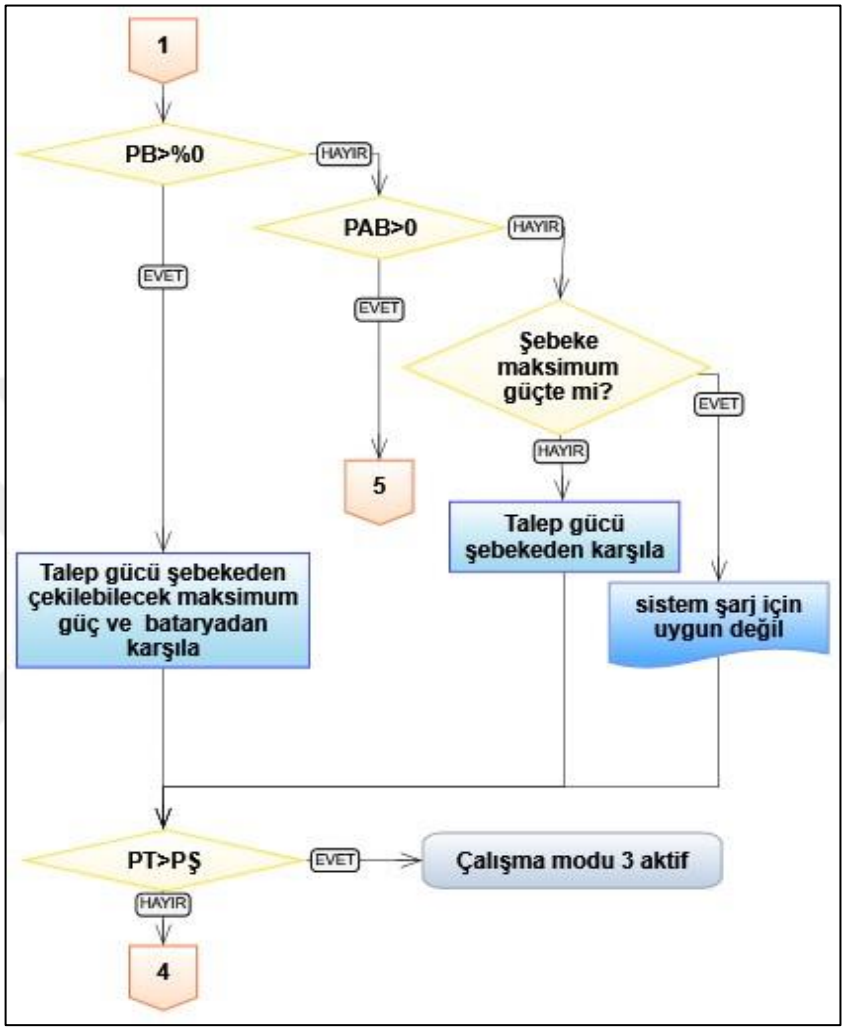
Çalışma modu 3'ün aktif olduğu her durumda sistemin $P_T>P_Ş$ şartını sağlama durumu kontrol edilir. Sağlıyorsa sistem devam eder, sağlamıyorsa sistem kapatılsın mı kararı beklenir. Kapatılmazsa, talep güç ve enerji kaynaklarından üretilen güç tekrar karşılaştırılır. Çalışma modu 3'ün aktif olması ve $P_{PV}>0$, $P_B>\%0$, $P_T\leq P_B+P_{PV}$ şartlarının sağlanması durumundaki akış diyagramı Şekil 6.5'te gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Çalışma modu 3; $P_{PV}>0$, $P_B>\%0$, $P_T\leq P_B+P_{PV}$

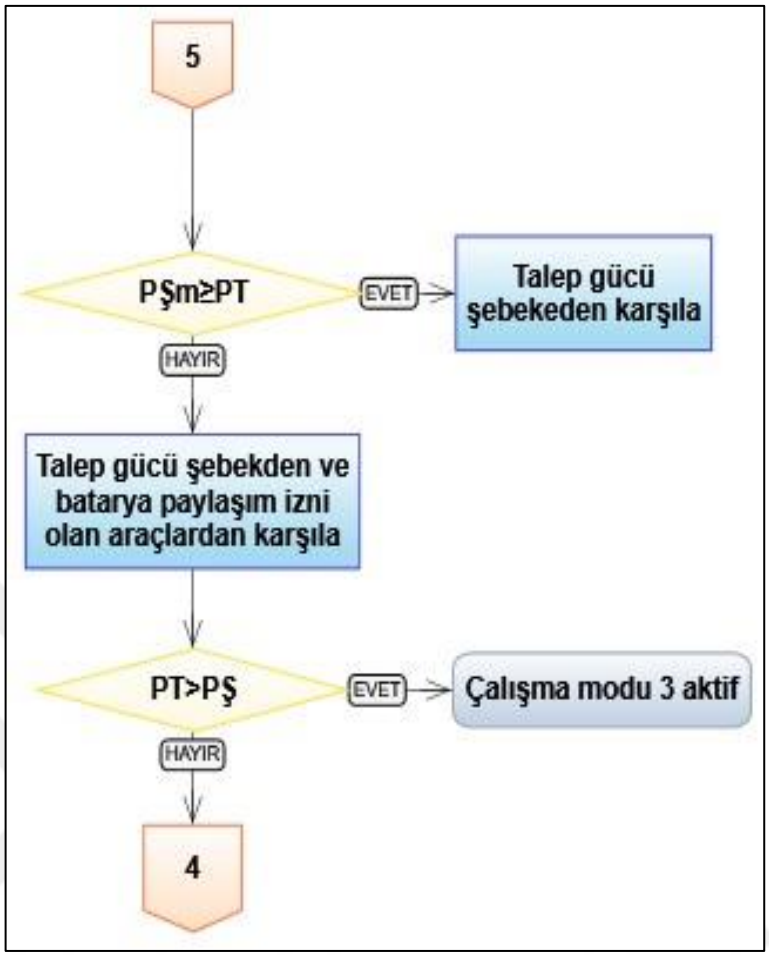
Çalışma modu 3 aktif olduğu durumda PV panel güç üretmiyorsa batarya grubu kontrol edilir. Batarya grubunda enerji varsa talep güç şebekeden çekilebilecek maksimum güç ve bataryadan karşılanır. Batarya grubunda enerji yoksa batarya paylaşım izni olan araç bataryalarının şarj durumu sorgulanır. Batarya yaplaşımına uygun araç yoksa şebekenin maksimum güçte olup olmadığı kontrol edilir. Şebeke

maksimum güçteyse sistem şarj için uygun değil uyarısı verilir. Şebeke maksimum güçte değilse talep güç şebekeden karşılanır. Çalışma modu 3'ün aktif olması ve $P_{PV}=0$ şartının sağlanması durumundaki akış diyagramı Şekil 6.6'da gösterilmiştir.



Şekil 6.6. Çalışma modu 3 aktif; $P_{PV}=0$

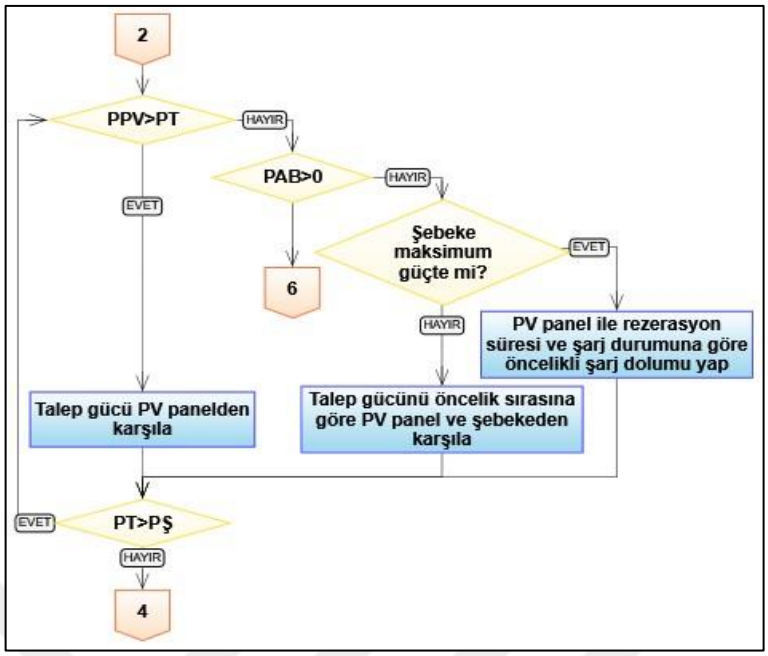
Mod 3'te PV panel güç üretmiyorsa batarya grubu kontrol edilir. Batarya grubunda güç yoksa batarya paylaşım izni olan araçların bataryaları kontrol edilir. Batarya paylaşımı için uygun olan araç varsa şebekeden çekilebilecek maksimum gücün ($P_{Şm}$) talep gücü karşılama durumu kontrol edilir. Şebekeden çekilecek maksimum güç ile talep güç karşılanabiliyorsa talep güç için şebekeden güç çekilir. Şebekeden çekilebilecek güç talep gücü karşılamıyorsa şebekeden çekilen güç ve batarya paylaşım izni olan araç bataryalarından talep güç karşılanır. Çalışma modu 3'ün aktif olması ve $P_{PV}=0$, $P_B>\%0$, $P_{AB}\geq 0$ şartının sağlanması durumundaki akış diyagramı Şekil 6.7'de gösterilmiştir.



Şekil 6.7. Çalışma modu 3 aktif; P_{PV}=0, P_B>%0, P_{AB}≥0

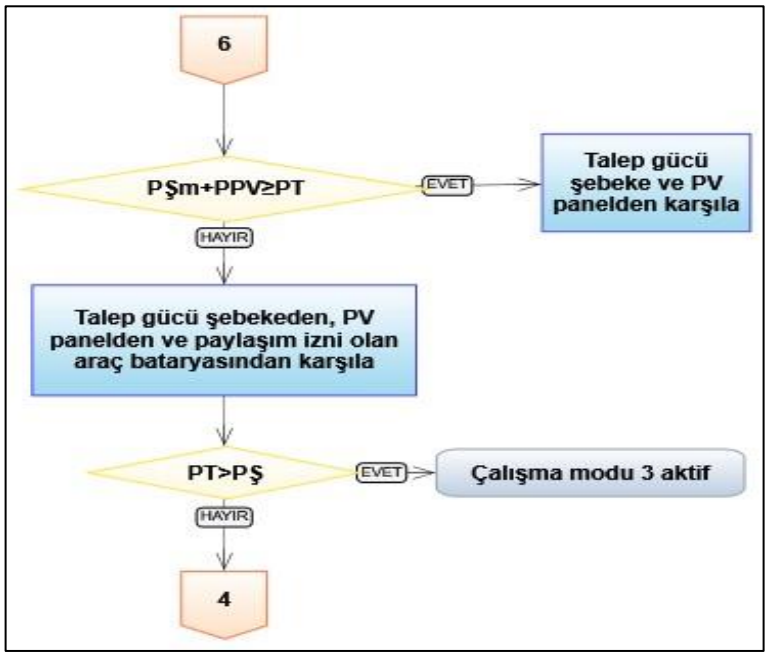
Çalışma modu 3 aktif olduğunda PV panel güç üretiyorsa ve batarya grubunda enerji yoksa PV panelin ürettiği gücün talep güç için yeterli olma durumu incelenir. PV panelin talep gücü karşılayabiliyor olması durumunda talep güç PV panelden karşılanır.

PV panel gücünün yetersiz kalması ve batarya paylaşımı için uygun araç olmaması durumunda şebekenin maksimum güçte olma durumu kontrol edilir. Şebeke maksimum güçteyse PV panelden alınan güç rezervasyon süresinin kısıtlılığı ve batarya doluluk oranına göre öncelik sırası belirleyerek talep gücü karşılayacaktır. Şebeke maksimum güçte değilse öncelikli olarak talep güç PV panelden karşılanacak kalan talep güç şebekeden karşılanacaktır. Çalışma modu 3'ün aktif olması ve P_{PV}=0, P_B=%0 şartının sağlanması durumundaki akış diyagramı Şekil 6.8'de gösterilmiştir.



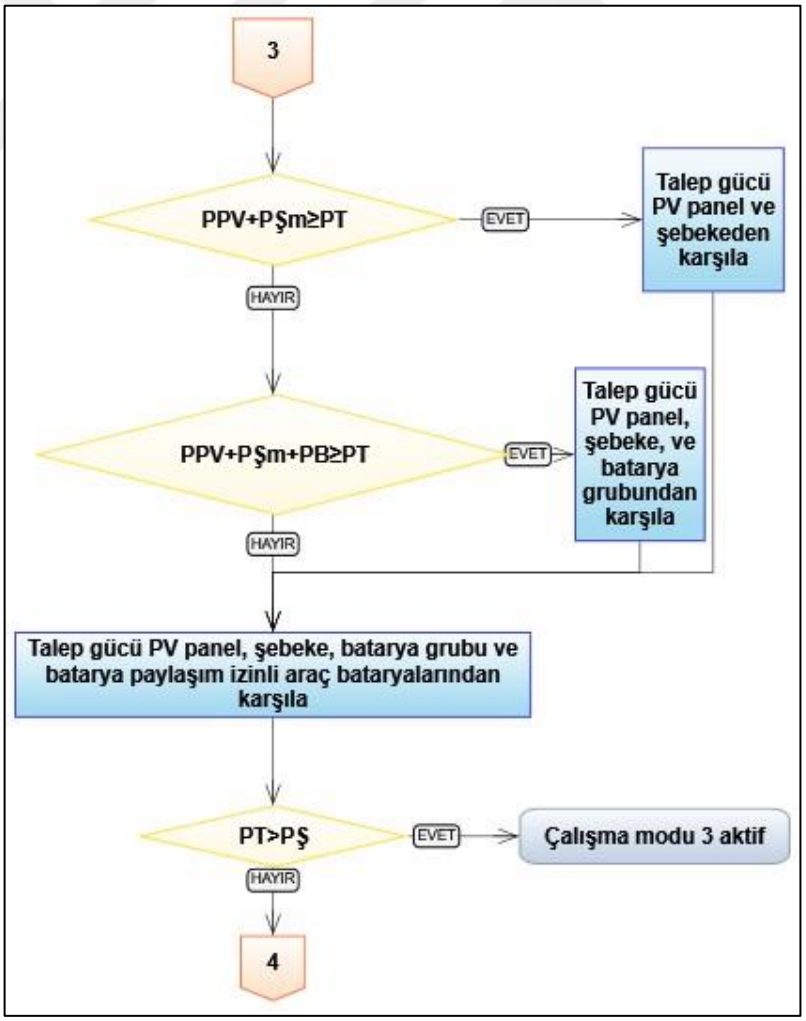
Şekil 6.8. Çalışma modu 3 aktif; P_{PV}=0, P_B=%0

Batarya paylaşım izni olan araçların paylaşabilecekleri güç olması durumunda talep güç öncelikle PV panelde çekilen güç ile beslenir kalan talep güç ise şebekeden maksimum güç çekilerek karşılanmaya çalışılır. PV panel ve şebekeden çekilen maksimum gücün yetersiz kalması durumunda batarya paylaşımına izin verilmiş araçlardan enerji çekilir. Çalışma modu 3'ün aktif olması ve $P_{PV}>0$, $P_{PV}<P_T$, $P_{AB}\geq 0$ şartının sağlanması durumundaki akış diyagramı Şekil 6.9'de gösterilmiştir.



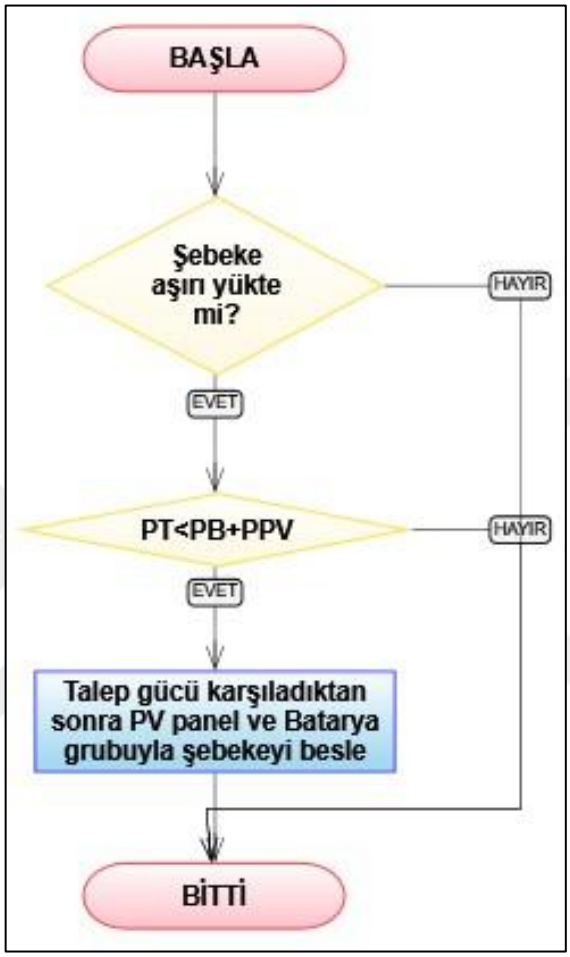
Şekil 6.9. Çalışma modu 3 aktif; $P_{PV}>0$, $P_{PV}<P_T$, $P_{AB}\geq 0$

Mod 3'de PV panelde güç üretilminin olması, batarya grubunda enerji olması, PV panel ve batarya grubundaki toplam gücün talep gücü karşılamak için yeterli güç bulunmaması durumunda şebekeden çekilecek maksimum güç ve PV panelde üretilen gücün toplamının talep gücü karşılama durumu kontrol edilir. PV panel ve şebekeden çekilebilecek gücün talep gücü karşılayabilecek olması durumunda talep güç şebekeden çekilir. PV panel ve şebekeden çekilebilecek maksimum gücün talep gücü karşılayamaması durumunda batarya grubu kontrol edilir. PV panelden üretilen, şebekeden çekilebilecek maksimum gücün ve batarya grubunda bulunan güçlerin toplamının talep gücü karşılama durumu kontrol edilir. Talep güç bu güçlerden küçükse sisteme güç aktrımı yapılır. Bu güçler talep güçten büyük ya da eşit değilse batarya paylaşım izni olan araçlarında desteğiyle talep güç karşılanır. Çalışma modu 3'ün aktif olması ve $P_{PV}>0$, $P_B>\%0$, $P_T \leq P_B+P_{PV}$ şartının sağlanması durumundaki akış diyagramı Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



Şekil 6.10. Çalışma modu 3 aktif; $P_{PV}>0$, $P_B>\%0$, $P_T \leq P_B+P_{PV}$

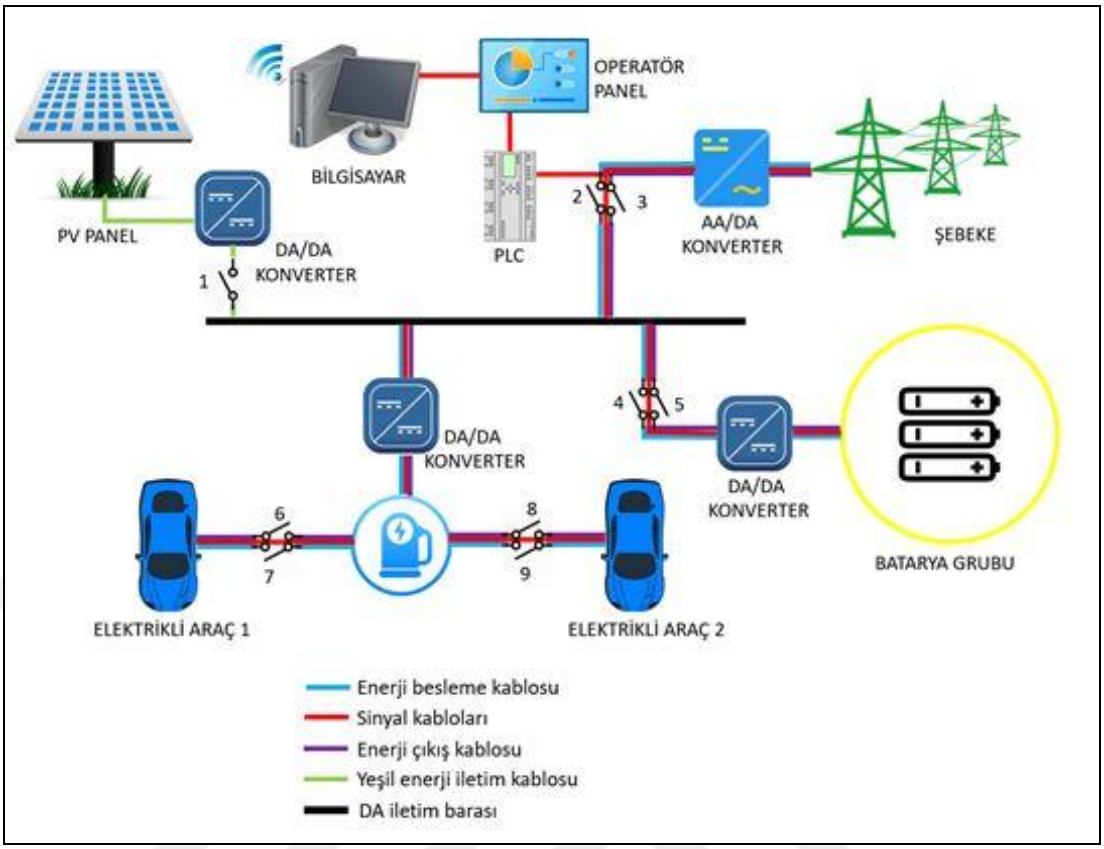
Şenekenin aşırı yükte olduğu durumlarda batarya grubu gücü ve PV panelden üretilen gücün talep güçten fazlalığı kadar şebeke sistem tarafından beslenir. Şebekenin sistem tarafından beslenmesi durumunu gösteren algoritma Şekil 6.11'de gösterilmiştir.



Şekil 6.11. Şebekenin sistem tarafından beslenmesi durumu

6.2. Önerilen Akıllı Otopark Sistemi Kontrol Yapısı

Önerilen sistem 5 ana gruptan oluşmuştur. Bunlar; şebeke, PV panel, batarya grubu, araç bataryaları ve otomasyon sistemidir. Şekil 6.12 de gösterildiği gibi sitem kontrol gruplarıyla enerji seviyeleri ölçülerek en uygun olan enerji akış yönün otomasyon sistemi tarafından belirlenir. Şebeke sistemin enerji beslemesinde en önemli ögesidir. Şebeke, akıllı otopark sisteminin enerjilendirilmesinde görevlidir. Tasarladığımız sistemde gerekli durumlarda akıllı otopark sistemi şebekeye güç desteği yapabilecektir.



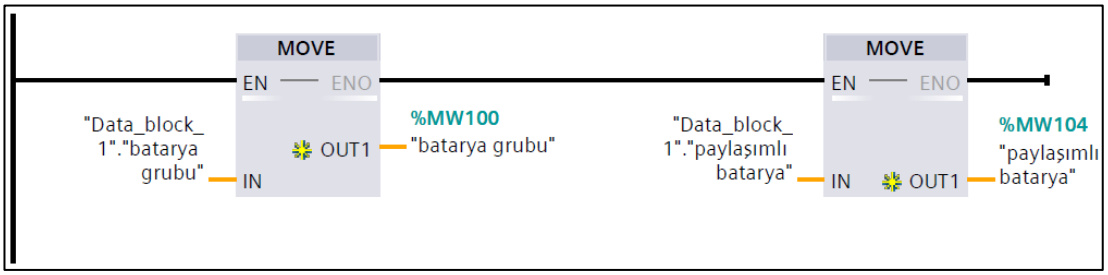
Şekil 6.12. Akıllı otopark sistemi kontrol yapısı

PV panel ile akıllı otopark sisteminde şebekeye destek temiz enerji üretimi yapılacaktır. Tasarlanan sistemde PV panel elektrik üretim kapasitesi 45 kW olarak verilmiştir. Sistemde yedek enerji depolama birimi batarya grubu tarafından sağlanmaktadır. Akıllı otopark sisteminde batarya grubu kapasitesi 25 kWh olarak belirlenmiştir. Tasarlanan sistemin temel amacı araç batarya dolumudur. Sistem 16 araç kapasiteli olarak tasarlanmıştır. Tablo 2.1'de gösterilen araç bataryalarının ortalama kapasiteleri 16 araç için 960 kWh olarak belirlenmiştir. Tasarlanan sistemin akıllı olarak nitelendirilmesinin sebebi; enerji akışının sistemin ihtiyacına göre sağlayan geliştirilmiş otomasyon sistemidir. Bu sistemde enerji otomasyonu PLC ile sağlanacaktır.

6.3. Önerilen Akıllı Otopark Sistemi PLC yazılımı

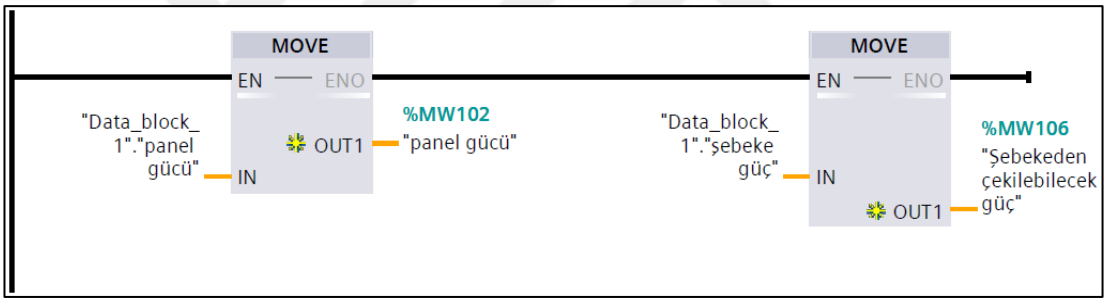
Akıllı otopark sistemi otomasyonu Şekil 6.12'de görüldüğü gibi numaralandırılmış anahtarlar üzerinden yapılmıştır. Elektrikli araç 1; batarya paylaşım izni olan araç olduğu ve elektrikli araç 2'nin şarj talebi olduğu düşünülmüştür. PLC yazılımı bu duruma göre yazılmıştır.

Data blok içerisine alınmış olan batarya grubu verileri ve paylaşımlı batarya güç verileri ‘MOVE’ komutu ile PLC içerisinde sırasıyla MW100 hafıza bitine ve MW104 hafıza bitine aktarılır. Bu değer aktarımı Şekil 6.13’te gösterilmiştir.



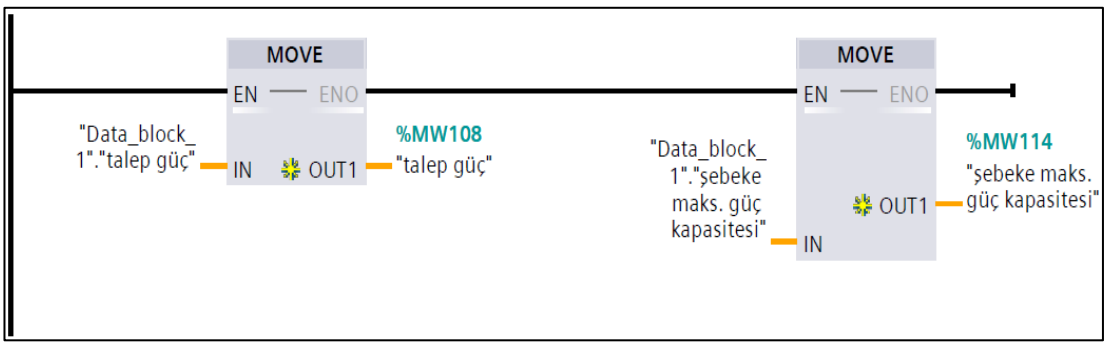
Şekil 6.13. Basamak 1: Güç verilerini hafızaya taşıma

Data blok içerisine alınmış olan panel gücü ve şebeke güç verileri ‘MOVE’ komutu ile PLC içerisinde sırasıyla MW102 hafıza bitine ve MW106 hafıza bitine aktarılır. Bu değer aktarımı Şekil 6.14’te gösterilmiştir.



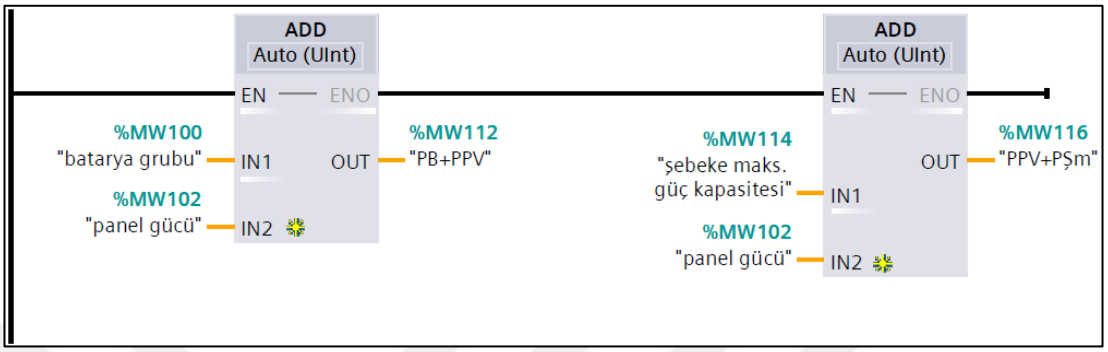
Şekil 6.14. Basamak 2: Güç verilerini hafızaya taşıma

Data blok içerisine alınmış olan talep güç ve şebeke maksimum güç kapasitesi verileri ‘MOVE’ komutu ile PLC içerisinde sırasıyla MW108 hafıza bitine ve MW114 hafıza bitine aktarılır. Bu değer aktarımı Şekil 6.14’te gösterilmiştir.



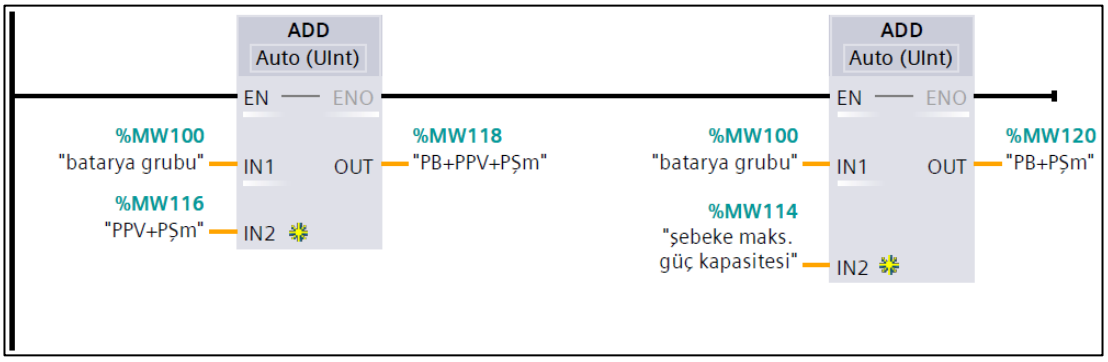
Şekil 6.15. Basamak 3: Güç verilerini hafızaya taşıma

Hafıza bitlerine atanan batarya grubu ve panel gücü verileri ‘ADD’ komutuyla toplanarak MW112 hafıza bitine atanır. Aynı işlem satırında şebeke maksimum güç kapasitesi ve panel gücü verileri toplanarak MW116 hafıza bitine aktarılır. Bu toplama işlemleri Şekil 6.16’da gösterilmiştir.



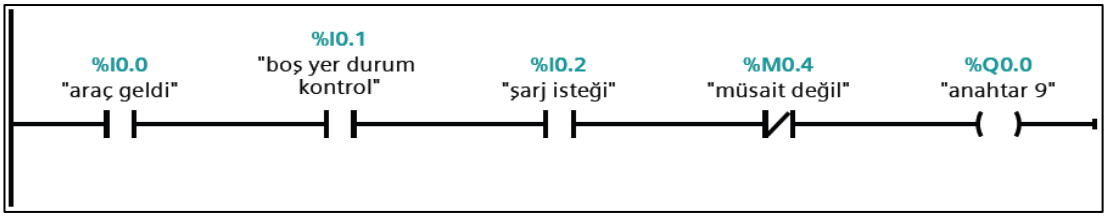
Şekil 6.16. Basamak 4: Güç verilerini gruplarına göre toplama

Hafıza bitlerine atanan batarya grubu ve MW116 hafıza bitine aktarılan $P_{PV}+P_{Şm}$ verileri ‘ADD’ komutuyla toplanarak MW118 hafıza bitine atanır. Aynı işlem satırında batarya grubu ve şebeke maksimum güç verileri toplanarak MW120 hafıza bitine aktarılır. Bu toplama işlemleri Şekil 6.17’da gösterilmiştir.



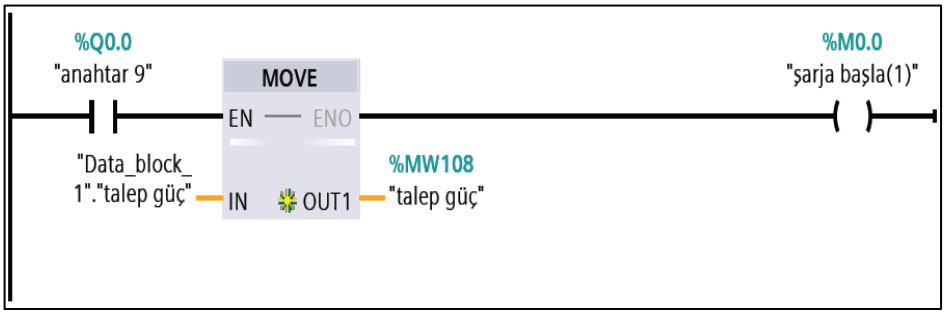
Şekil 6.17. Basamak 5: Güç verilerini gruplarına göre toplama

Şekil 6.18’de otoparka gelen aracın şarj besleme kablosu anahtarının aktif hale gelerek şarj işlemine başlama izni durumu kumanda edilmiştir.



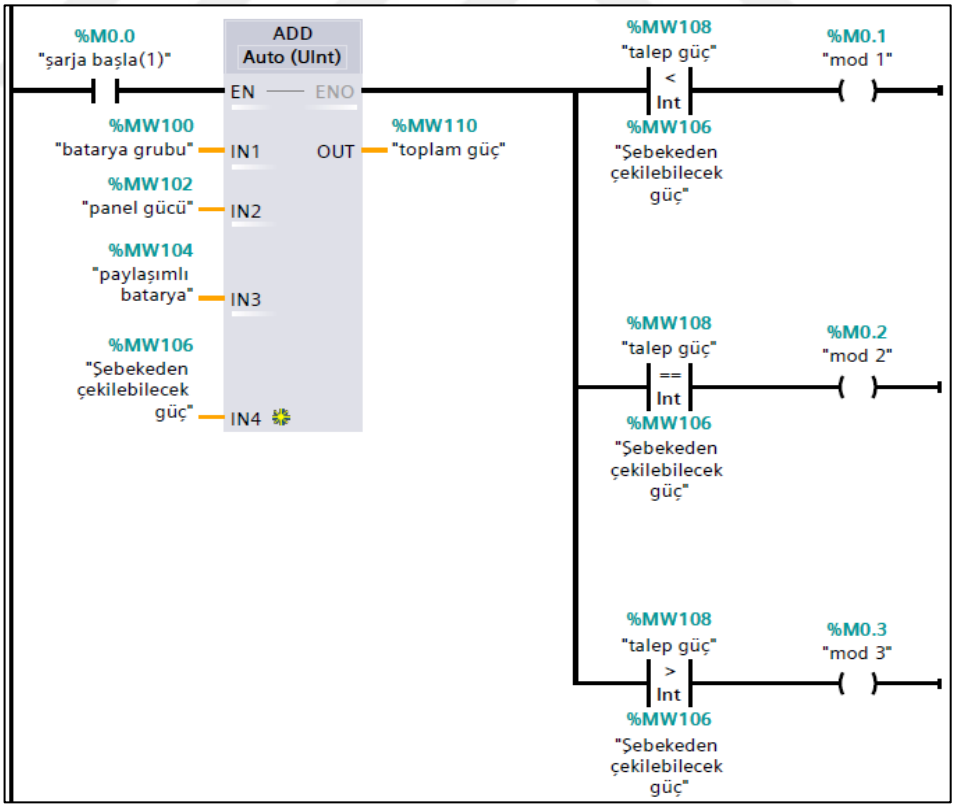
Şekil 6.18. Basamak 6: sistem başlangıç

Araç besleme kablo anahtarının aktif olması durumunda talep güç verileri MW108 hafıza bitine aktarılarak şarja başla komutu (M0.0) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 6.19'da gösterilmiştir.



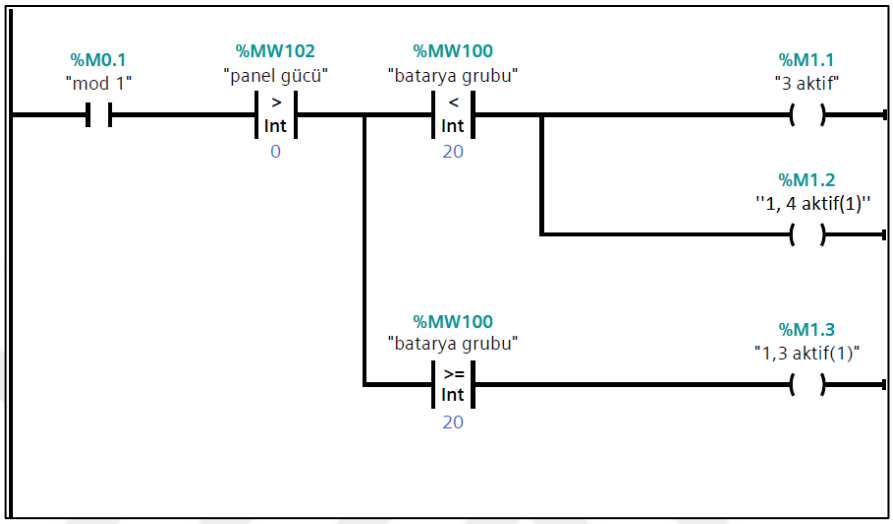
Şekil 6.19. Basamak 7: Şarj işlemine giriş

Şarja basla komutu rölesinin kapalı olması ile batarya grubu, PV panel, paylaşımlı batarya ve şebekeden çekilebilecek maksimum güç toplanarak MW110 hafıza bitine aktarılır ve talep güç şebeke gücüyle karşılaştırılarak çalışma modu belirlenir. Çalışma modu belirleme durumu Şekil 6.20'de gösterilmiştir.



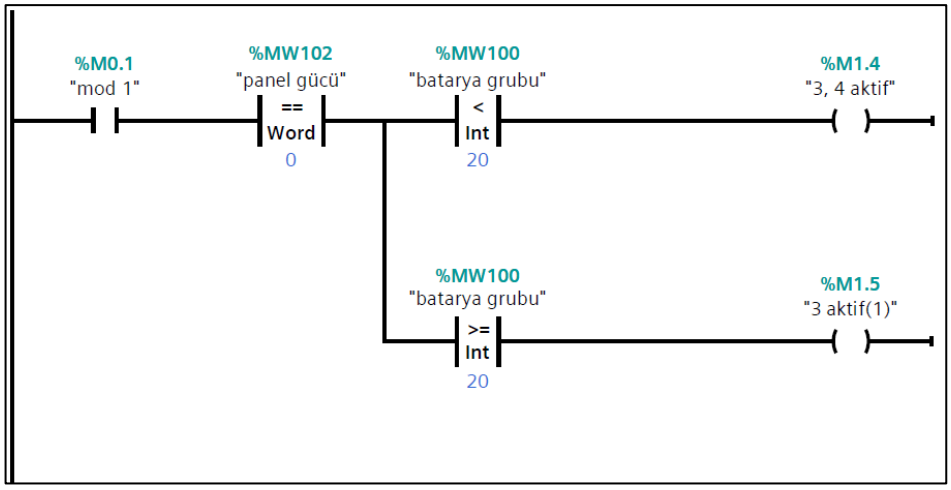
Şekil 6.20. Basamak 8: Mod belirleme

Mod 1'in aktif olması ve PV panelde güç üretimi olması durumunda batarya grubunun doluluk oranının %80'den küçük olması durumunda anahtar 3 (M1.1) ve anahtar 1, anahtar 4 (M1.2) rölesi kapanır. Batarya grubu doluluk oranının %80'den büyük ya da eşit olması durumunda anahtar 1 ve 3 (M1.3) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 6.21'de gösterilmiştir.



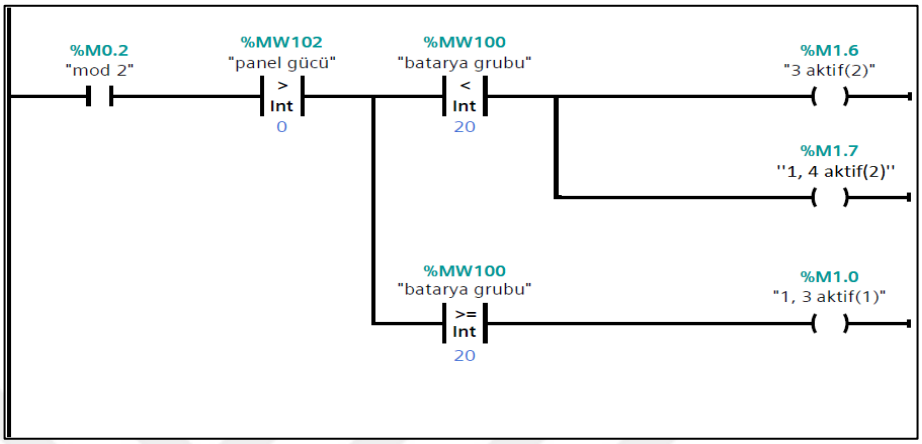
Şekil 6.21. Basamak 9: Mod 1 aktif olma durumu

Mod 1'in aktif olması ve PV panelde güç üretiminin olmaması durumunda batarya grubunun doluluk oranı kontrol edilir. Batarya grubunun %80'nin altında olması durumunda anahtar 3 ve 4 (M1.4) rölesi kapanır, batarya grubunun %80'e eşit veya büyük olması durumunda ise anahtar 3 (M1.5) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 6.22'de gösterilmiştir.



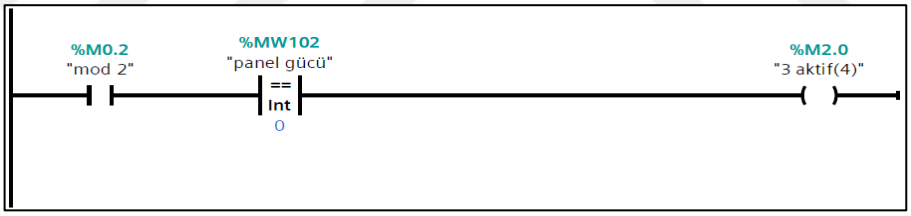
Şekil 6.22. Basamak 10: Mod 1 panel de üretilen güç olmaması

Mod 2'nin aktif olması ve PV panelde enerji üretimi olması durumunda batarya grubu enerji doluluk sorgulanır. Batarya grubu %80'in altında ise Anahtar 3 (M1.6) ve anahtar 1, 4 (M1.7) rölesi kapanır. Batarya grubundaki enerji %80'e eşit veya büyük ise anahtar 1 ve 3 (M1.0) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 6.23'de gösterilmiştir.



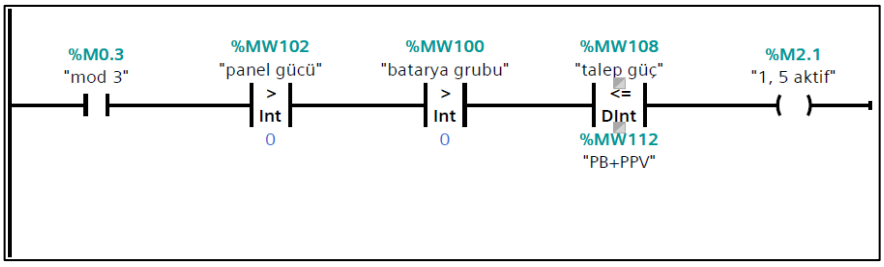
Şekil 6.23. Basamak 11: Çalışma modu 2 aktif

Mod 3'ün aktif olması ve PV panel de güç üretiminin olmaması durumunda anahtar 3 rölesi kapanır. Bu surum Şekil 6.24'te gösterilmiştir.



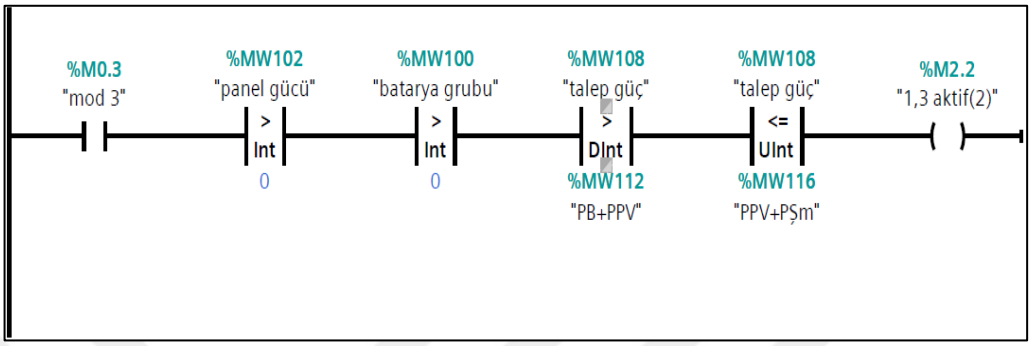
Şekil 6.24. Basamak 12: Mod 2 panel de üretilen güç olmaması

Mod 3'ün aktif olması, PV panelde güç üretiminin olması, batarya grubunda enerji olması ve $P_T \leq P_B + P_{PPV}$'den küçük olması durumunda anahtar 1 ve 5 (M2.1) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 6.25'de gösterilmiştir.



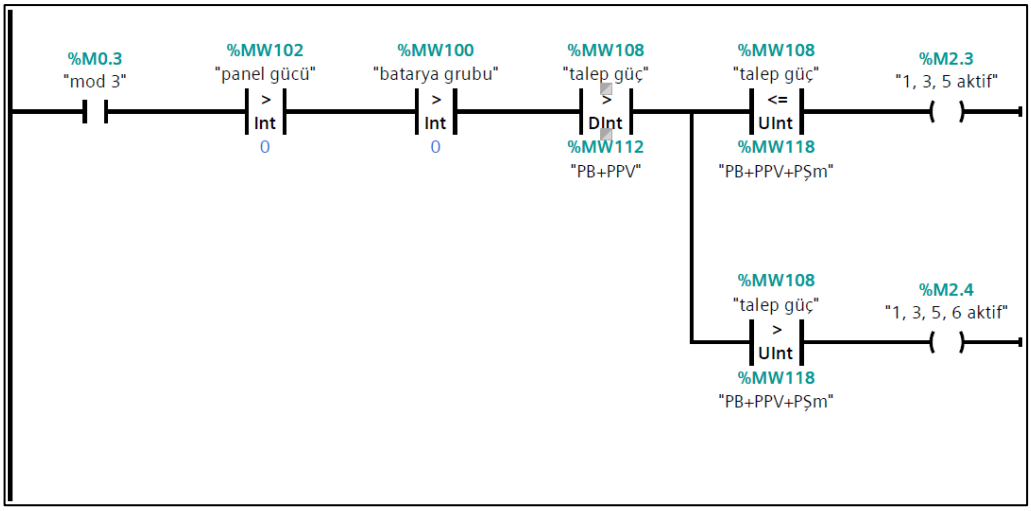
Şekil 6.25. Basamak 13: Çalışma modu 3 aktif

Mod 3'ün aktif olması PV panelde güç üretiminin olması durumunda batarya grubu kontrol edilir batarya grubunda da güç varsa talep güç kontrol edilir. $P_T>P_{PV}+P_B$ şartı sağlanıyorsa ve $P_T\leq P_{PV}+P_{Şm}$ şartı da sağlanıyorsa anahtar 1 ve 3 (MW2.2) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 2.26'da gösterilmiştir.



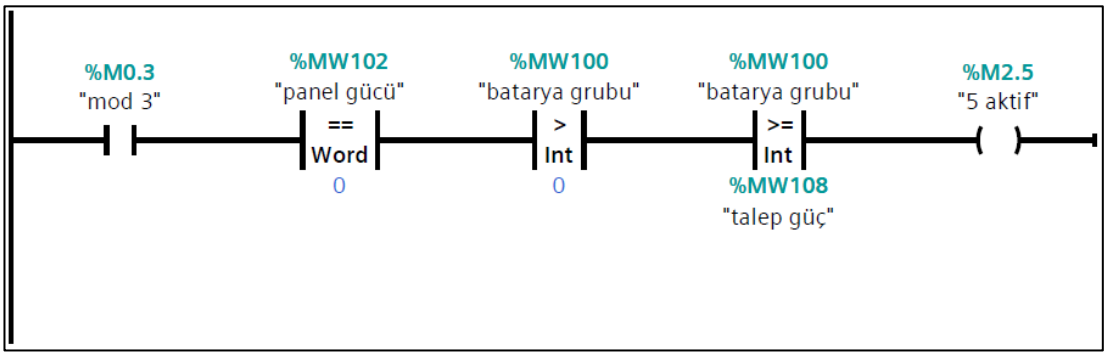
Şekil 6.26. Basamak 14: Mod 3; Panelde üretilen güç var, batarya grubunda enerji var ve $P_T>P_B+P_{PV}$

Mod 3'ün aktif olması PV panelde güç üretiminin olması durumunda batarya grubu kontrol edilir batarya grubunda da güç varsa talep güç kontrol edilir. $P_T>P_{PV}+P_B$ şartı sağlanıyorsa şebekeden çekilebilecek maksimum güç, PV panelde üretilen güç ve batarya grubunun güçler toplanır talep güç ile karşılaştırılır. $P_T\leq P_{PV}+P_{Şm}+P_B$ şartını sağlıyorsa anahtar 1, 3 ve 5 (M2.3) rölesi kapanır. Eğer $P_T>P_{PV}+P_{Şm}+P_B$ şartını sağlıyorsa anahtar 1, 3, 5, 6 (M2.4) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 6.27'de gösterilmiştir.



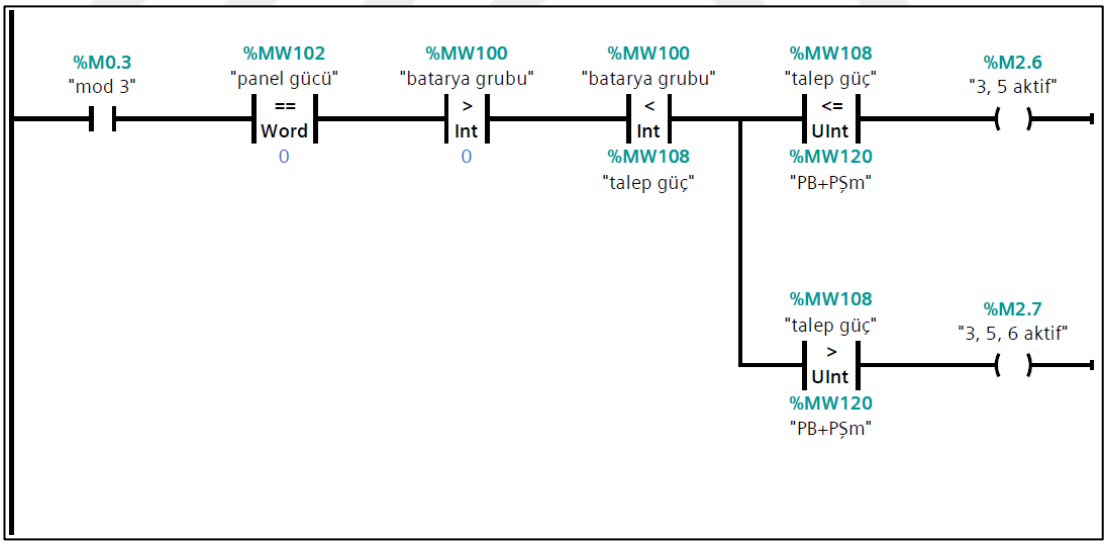
Şekil 6.27. Basamak 15: Mod 3; Panelde üretilen güç var, batarya grubunda enerji var ve $P_T<=P_B+P_{PV}$

Mod 3 aktifse PV panel güç üretmiyorsa batarya grubunda güç varsa ve talep gücü karşılıyorsa anahtar 5 (M2.5) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 6.28'de gösterilmiştir.



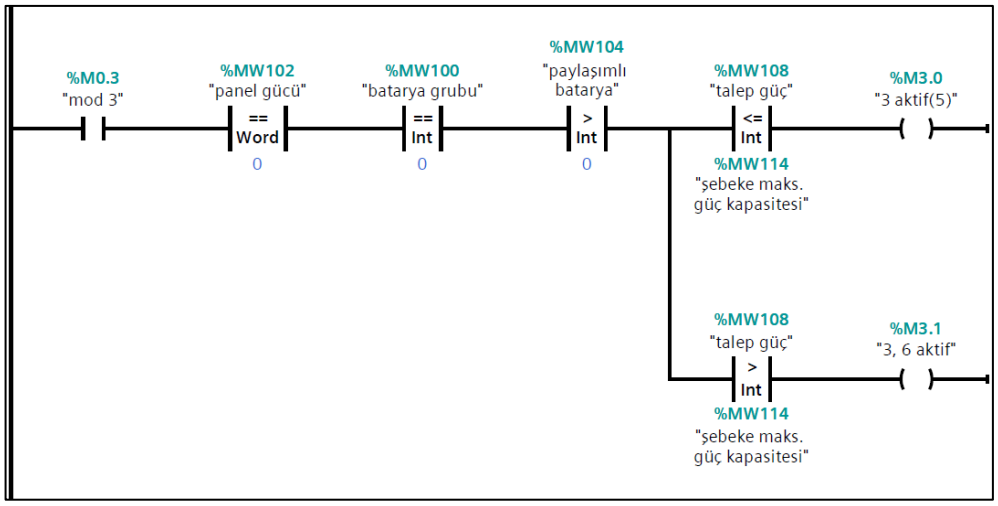
Şekil 6.28. Basamak 16: Mod 3; panelden üretilen gücün olmaması durumu

Mod 3'ün aktif olması PV panelde güç üretiminin olmaması batarya grubunun gücünün talep güçten küçük olması durumunda, batarya grubu ve şebekeden çekilebilecek maksimum gücün toplamı talep güç ile karşılaştırılır. $P_T \leq P_B + P_{Şm}$ şartı sağlanıyorsa anahtar 3 ve 5 (M2.6) rölesi kapanır. $P_T > P_B + P_{Şm}$ şartı sağlanıyorsa anahtar 3, 5, 6 (M2.7) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 6.29'da gösterilmiştir.



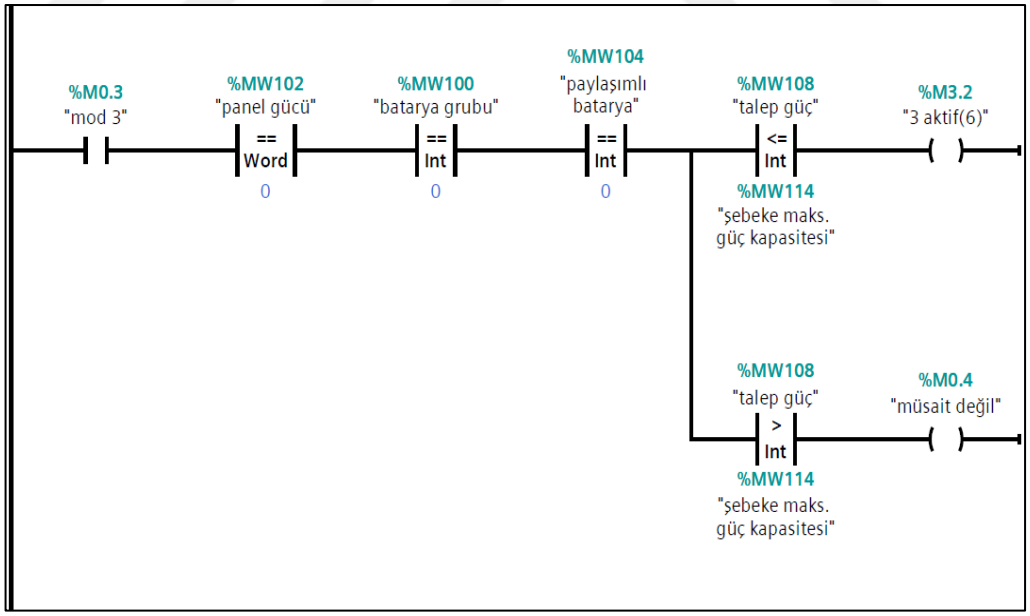
Şekil 6.29. Basamak 17: Mod 3; panelden üretilen gücün olmaması ve $P_B < P_T$ olması durumu

Mod 3 aktifse PV panel güç üretmiyorsa ve batarya paylaşım izni olan araç bataryalarında enerji varsa talep güç ve şebekeden çekilebilecek maksimum güç karşılaştırılır. $P_T \leq P_{Şm}$ ise anahtar 3 (M3.0) rölesi kapanır. $P_T > P_{Şm}$ ise anahtar 3 ve 6 (M3.1) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 6.30'da gösterilmiştir.



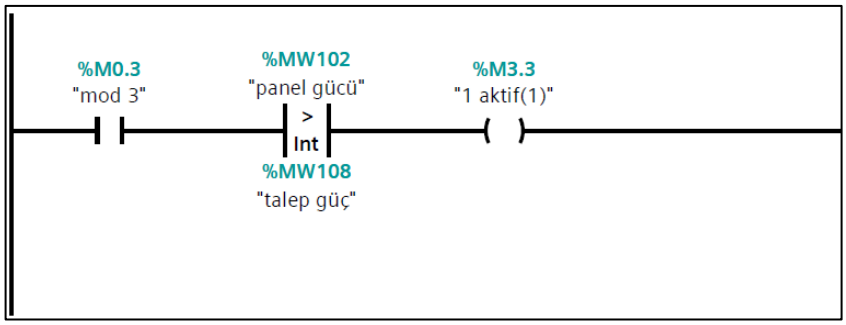
Şekil 6.30. Basamak 18: Mod 3

Mod 3'ün aktif olması PV panelde güç üretiminin olmaması, batarya grubunda güç olmaması ve batarya paylaşım izni olan araç bataryalarında da enerji olamaması durumunda şebekeden çekilebilecek maksimum güç ve talep güç karşılaştırılır. $P_T \leq P_{Şm}$ ise anahtar 3 (M3.2) rölesi kapanır. $P_T > P_{Şm}$ ise sistem müsait değil (M0.4) uyarısı verilir ve şarja başlama şartı sağlanmamış olur. Bu durum Şekil 6.31'de gösterilmiştir.



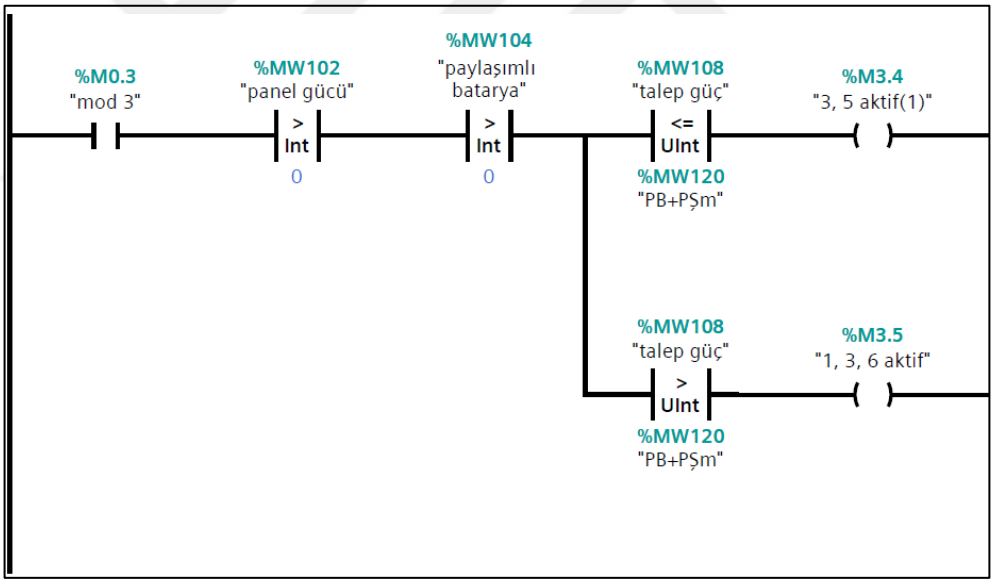
Şekil 6.31. Basamak 19: Mod 3

Mod 3 aktifse panel gücü talep güçten büyükse anahtar 1 (M3.3) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 6.32'de gösterilmiştir.



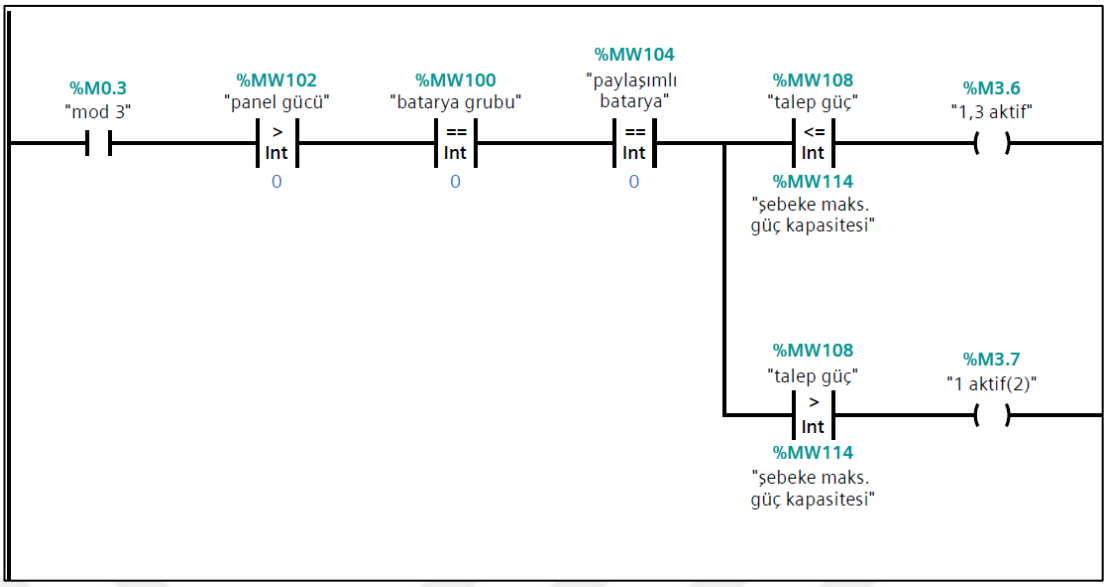
Şekil 6.32. Basamak 20: Mod 3 panel güç üretimi var ve batarya grubu boş

Mod 3 ün aktif olduğu durumda PV panelde güç üretimi varsa ve batarya paylaşım izni olan araç bataryalarında enerji varsa batarya grubu gücü ve şebekeden çekilebilecek maksimum güç toplamı talep güce küçük eşitse anahtar 3 ve 5 (M3.4) rölesi kapanır. Batarya grubu gücü ve şebekeden çekilebilecek maksimum güç toplamı talep güçten büyükse anahtar 1, 3 ve 6 (M3.5) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 6.33'te gösterilmiştir.



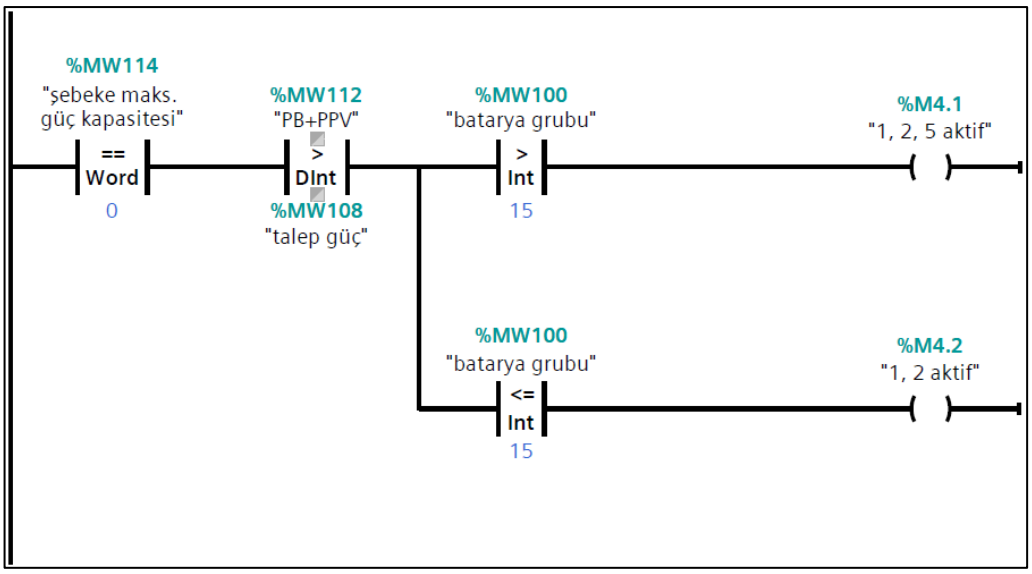
Şekil 6.33. Basamak 21: Mod 3

Mod 3 aktifse, PV panelde enerji üretimi varsa, batarya grubunda güç yoksa ve batarya paylaşım izni olan araç bataryalarında enerji yoksa talep güç ve şebekeden çekilebilecek maksimum güç karşılaştırılır. $P_T \leq P_{Şm}$ ise anahtar 1 ve 3 (M3.6) rölesi kapanır. $P_T > P_{Şm}$ ise anahtar 1 M(3.7) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 6.34'te gösterilmiştir.



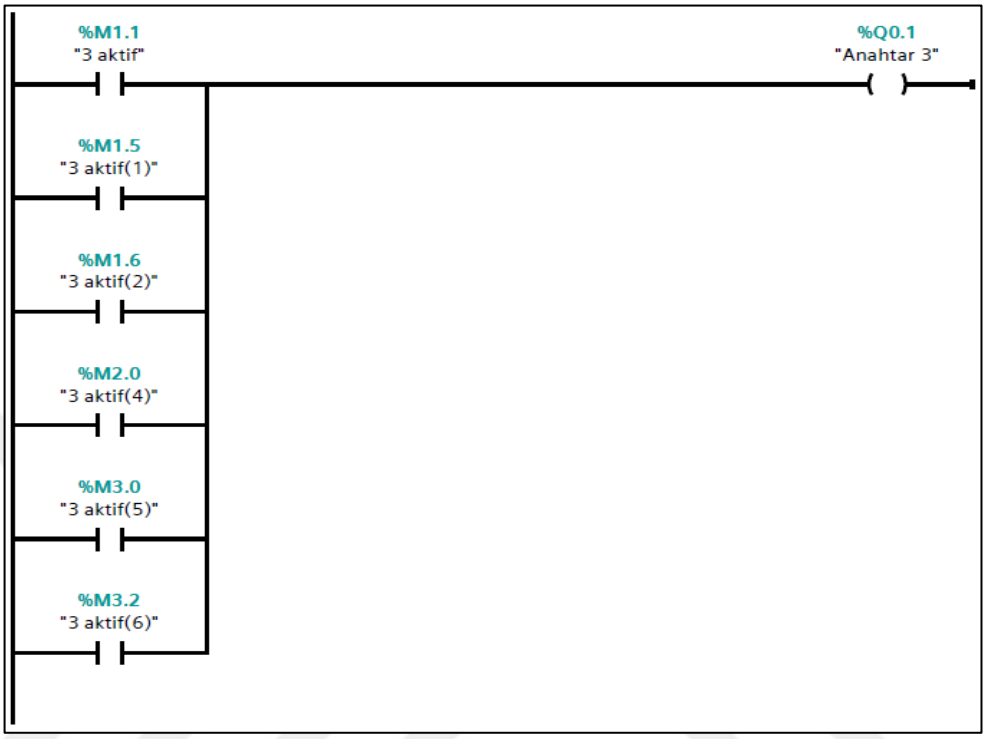
Şekil 6.34. Basamak 22: Mod 3

Şebeke maksimum güç kapasitesi sıfırsa ve talep güç batarya grubu ve PV panelde üretilen gücün toplamından küçükse batarya grubu kontrol edilir. Batarya grubundaki enerji %60'dan büyük ise anahtar 1, 2 ve 3 (M4.1) rölesi kapanır. Batarya grubundaki enerji %60'dan küçük ise anahtar 1 ve 2 (M4.2) rölesi kapanır. Bu durum Şekil 6.35'te gösterilmiştir.



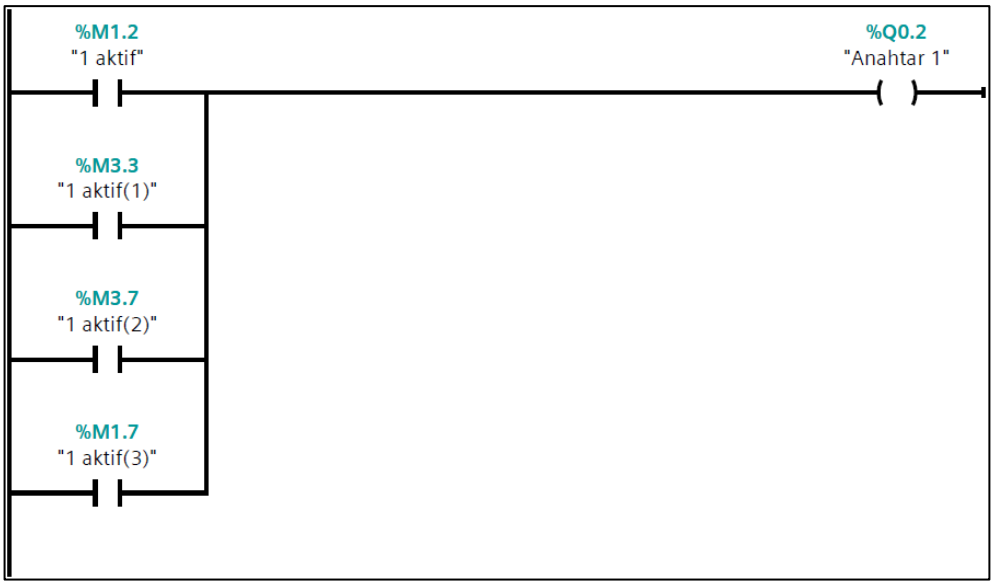
Şekil 6.35. Basamak 23: Şebekenin PV panel ve batarya grubu tarafından beslenme durumu

M1.1, M1.5, M1.6, M2.0, M3.0 veya M3.2 rölelerinden herhangi birinin kapalı olması durumunda anahtar 3'ü kapatan Q0.1 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.36'da gösterilmiştir.



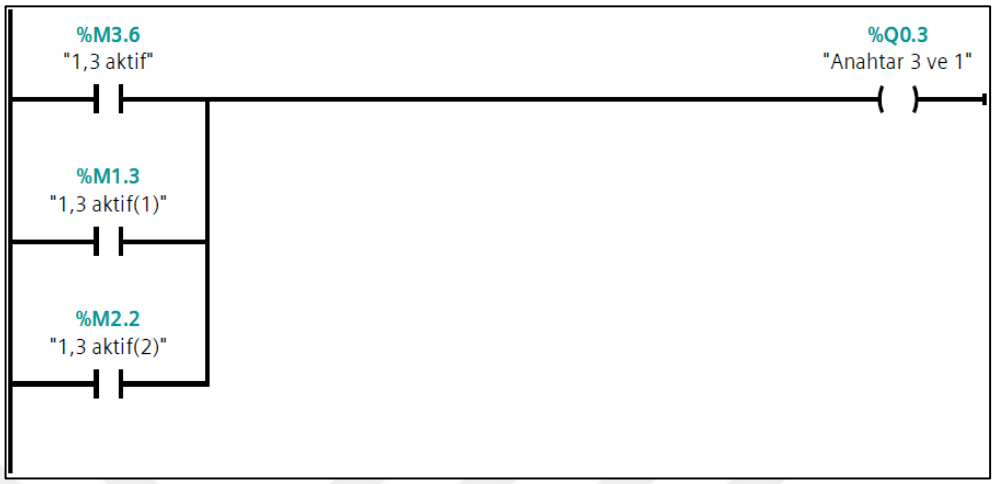
Şekil 6.36. Basamak 24: Şebekeden enerji çıkışı

M1.2, M3.3, M3.7 veya M1.7 rölelerinden herhangi biri kapalı ise anahtar 1'i kapatan Q0.2 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.37'de gösterilmiştir.



Şekil 6.37. Basamak 25: PV panelden enerji çıkışı

M1.3, M2.2, veya M3.6 rölelerinden herhangi biri kapalı ise anahtar 1 ve 3'ü kapatan Q0.3 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.38'de gösterilmiştir.



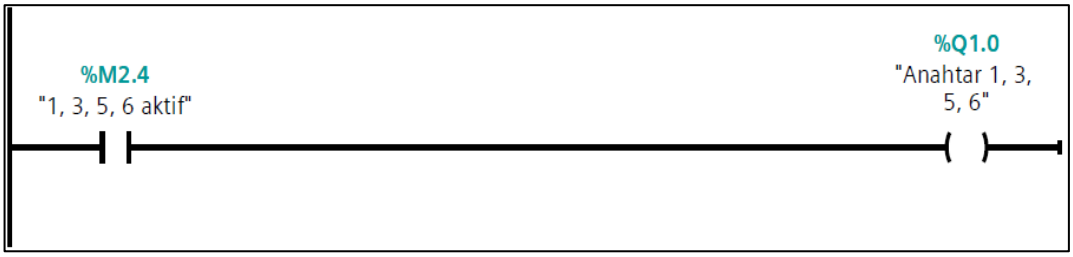
Şekil 6.38. Basamak 26: PV panel ve şebekeden enerji çıkışı

M2.3 rölesi kapalı ise anahtar 1, 3 ve 5'i kapatan Q0.7 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.39'da gösterilmiştir.



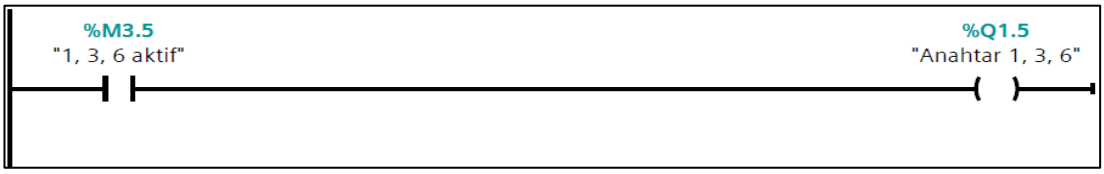
Şekil 6.39. Basamak 27: PV panel, batarya grubu ve şebekeden enerji çıkışı

M2.4 rölesi kapalı ise anahtar 1, 3, 5 ve 6'yı kapatan Q1.0 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.40'de gösterilmiştir.



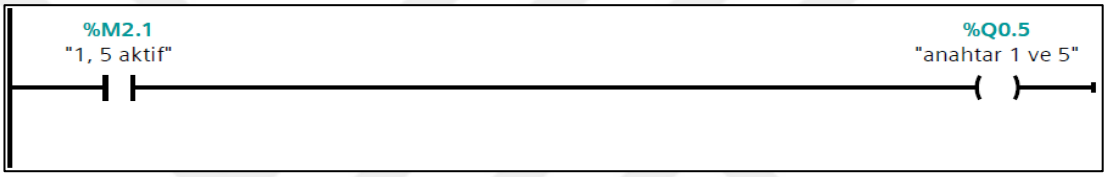
Şekil 6.40. Basamak 28: PV panel, şebeke batarya grubu ve paylaşımlı araç bataryasından enerji çıkışı

M3.5 rölesi kapalı ise anahtar 1, 3 ve 6'yı kapatan Q1.5 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.41'de gösterilmiştir.



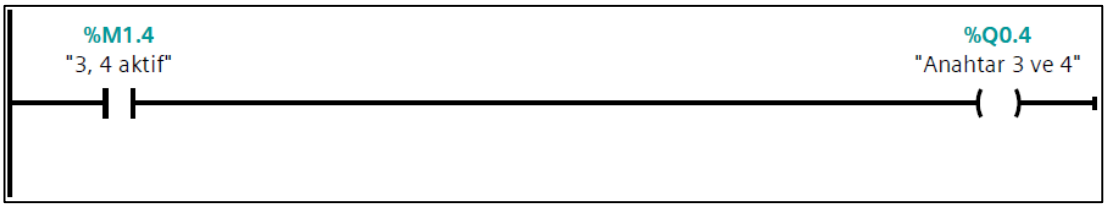
Şekil 6.41. Basamak 29: PV panel, şebeke ve paylaşımlı araç bataryasından enerji çıkışı

M2.1 rölesi kapalı ise anahtar 1 ve 5'i kapatan Q0.5 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.42'de gösterilmiştir.



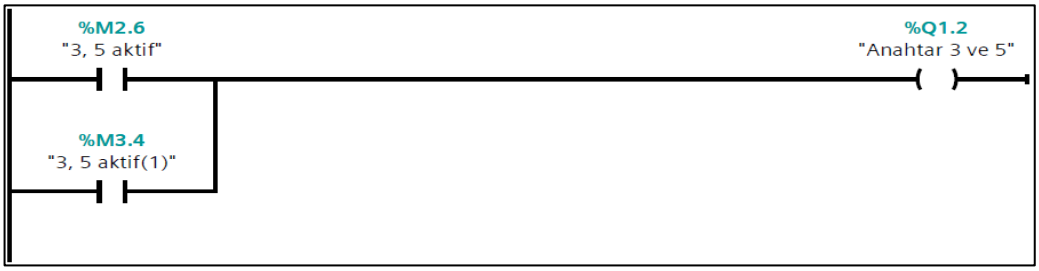
Şekil 6.42. Basamak 30: PV panel ve batarya grubu enerji çıkışı

M1.4 rölesi kapalı ise anahtar 3 ve 4'ü kapatan Q0.4 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.43'de gösterilmiştir.



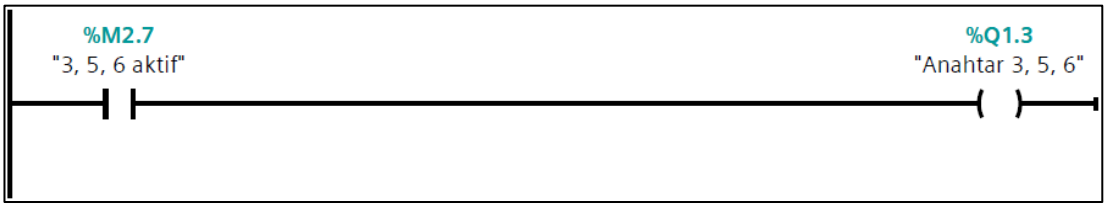
Şekil 6.43. Basamak 31: Şebekenin batarya grubunu beslemesi ve talep gücü karşılaması

M2.6 veya M3.4 rölelerinden herhangi biri kapalı ise anahtar 3 ve 5'i kapatan Q1.2 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.44'de gösterilmiştir.



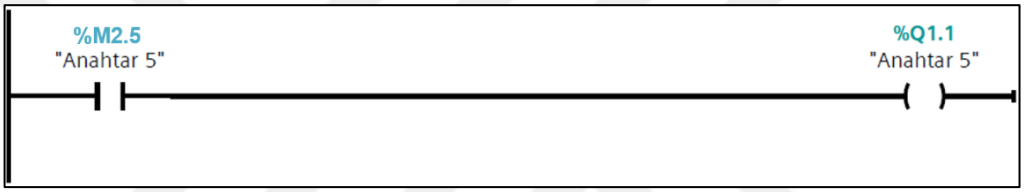
Şekil 6.44. Basamak 32: Şebeke ve batarya grubundan enerji çıkışı

M2.7 rölesi kapalı ise anahtar 3, 5 ve 6'yı kapatan Q1.3 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.45'de gösterilmiştir.



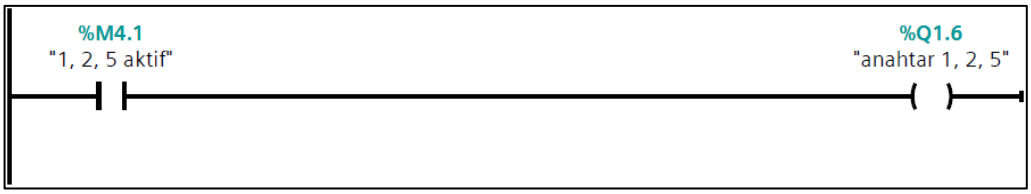
Şekil 6.45. Basamak 33: Şebeke, batarya grubu ve paylaşım izni olan araç bataryalarından enerji çıkışı

M2.5 rölesi kapalı ise anahtar 5'i kapatan Q1.1 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.46'da gösterilmiştir.



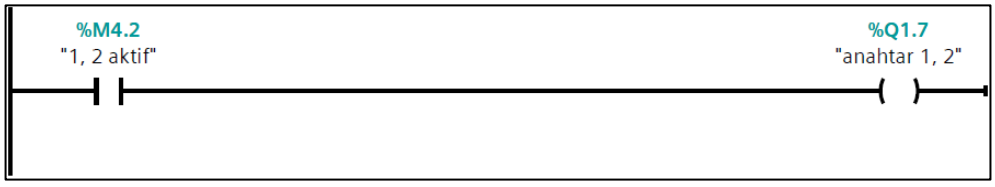
Şekil 6.46. Basamak 34: Batarya grubundan enerji çıkışı

M4.1 rölesi kapalı ise anahtar 1, 2 ve 5'i kapatan Q1.6 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.47'de gösterilmiştir.



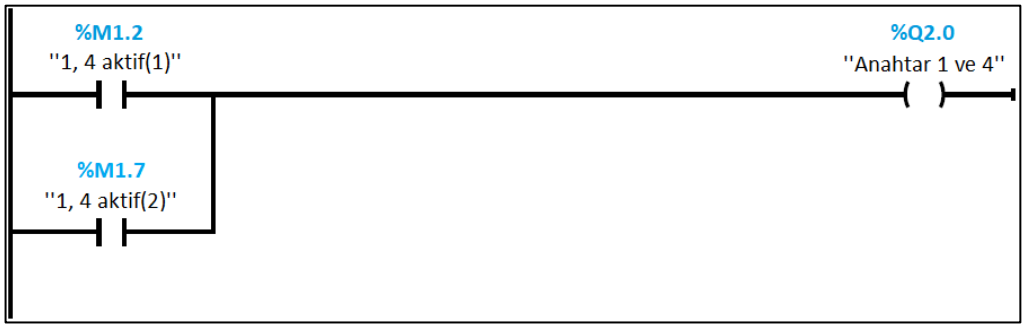
Şekil 6.47. Basamak 35: PV panel ve batarya grubundan talep gücü karşılanır, şebeke beslenir

M4.2 rölesi kapalı ise anahtar 1 ve 2'yi kapatan Q1.7 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.48'de gösterilmiştir.



Şekil 6.48. Basamak 36: PV panel talep gücünü karşılar şebekeyi besler

M1.2 veya M1.7 rölelerinden herhangi biri kapalı ise anahtar 1 ve 4'ü kapatan Q2.0 çıkışı aktif olur. Bu durum Şekil 6.49'de gösterilmiştir



Şekil 6.49. Basamak 37: PV panel bataryayı besler

7. ENERJİ ÜRETİM VE TÜKETİM GRAFİKLERİ

Enerji üretim, tüketim ve ihtiyaç verileri PLC yazılımına girilmiş elde edilen veriler ışığında enerji grafikleri oluşturulmuştur. PLC programına girilen değerler ve PLC'den alınan tepkilerin bazıları Tablo 7.1 ve Tablo 7.2'de gösterilmiştir.

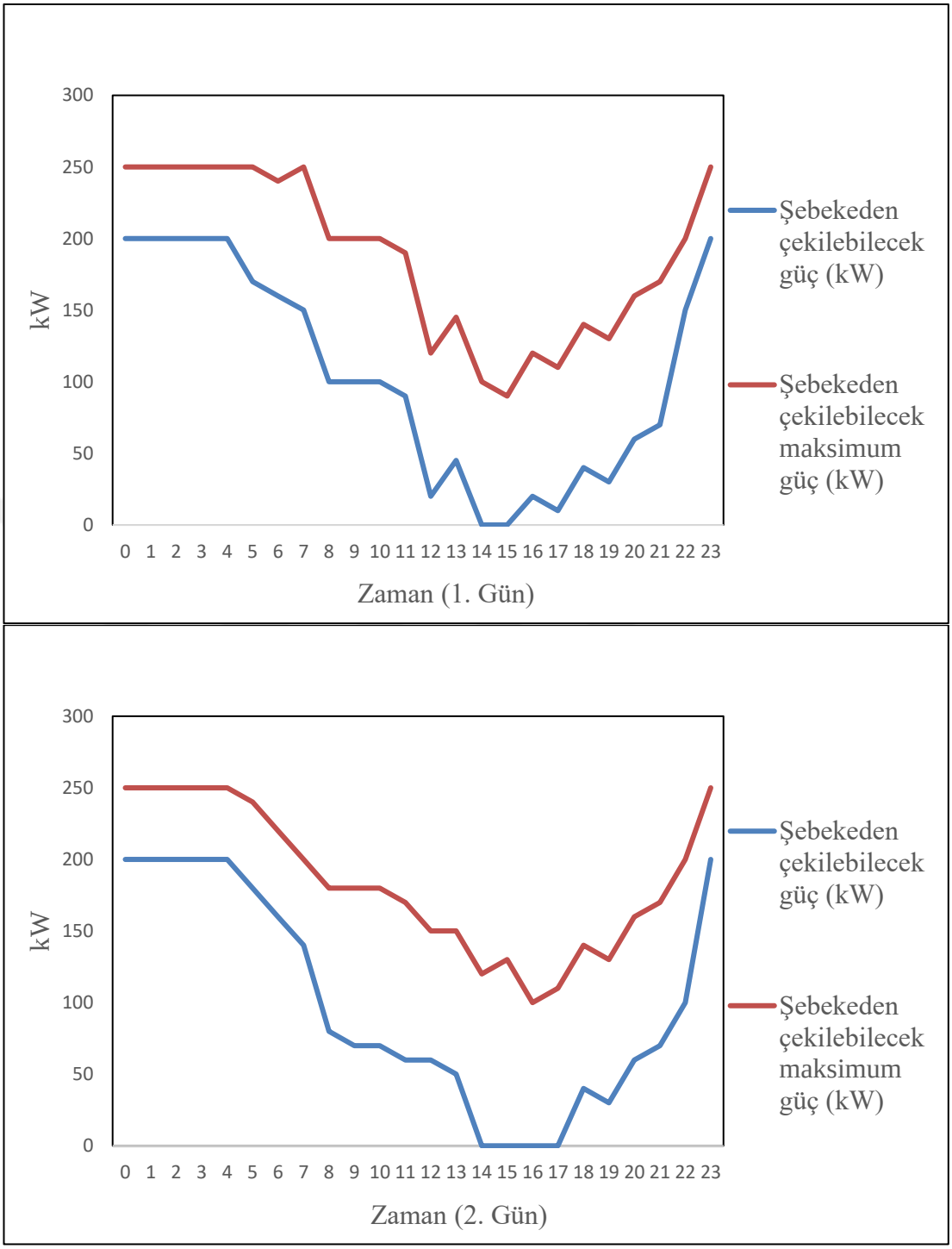
Tablo 7.1. 1. Gün (saat 11:00) verilerine göre PLC güç yönetimi

Enerji Kaynakları	Güç (kW)	Çekilen Güç (kW)	Güç Girişi (kW)	Enerji Akışı
Batarya paylaşım izni olan araç	120	0	0	0
Şarj talep eden araç	150	0	150	+
PV panel güç üretimi	25	25	0	-
Batarya grubu güç kapasitesi	25	0	0	0
Şebekeden çekilebilecek güç	150	125	0	-
Şebekeden çekilebilecek maksimum güç	250	0	0	0

Tablo 7.2. 2. Gün (saat 16:00) verilerine göre PLC güç yönetimi

Enerji Kaynakları	Güç (kW)	Çekilen Güç (kW)	Güç Girişi (kW)	Enerji Akışı
Batarya paylaşım izni olan araç	120	50	0	-
Şarj talep eden araç	165	0	165	+
PV panel güç üretimi	30	30	0	-
Batarya grubu güç kapasitesi	10	10	0	-
Şebekeden çekilebilecek güç	0	0	0	0
Şebekeden çekilebilecek maksimum güç	75	75	0	-

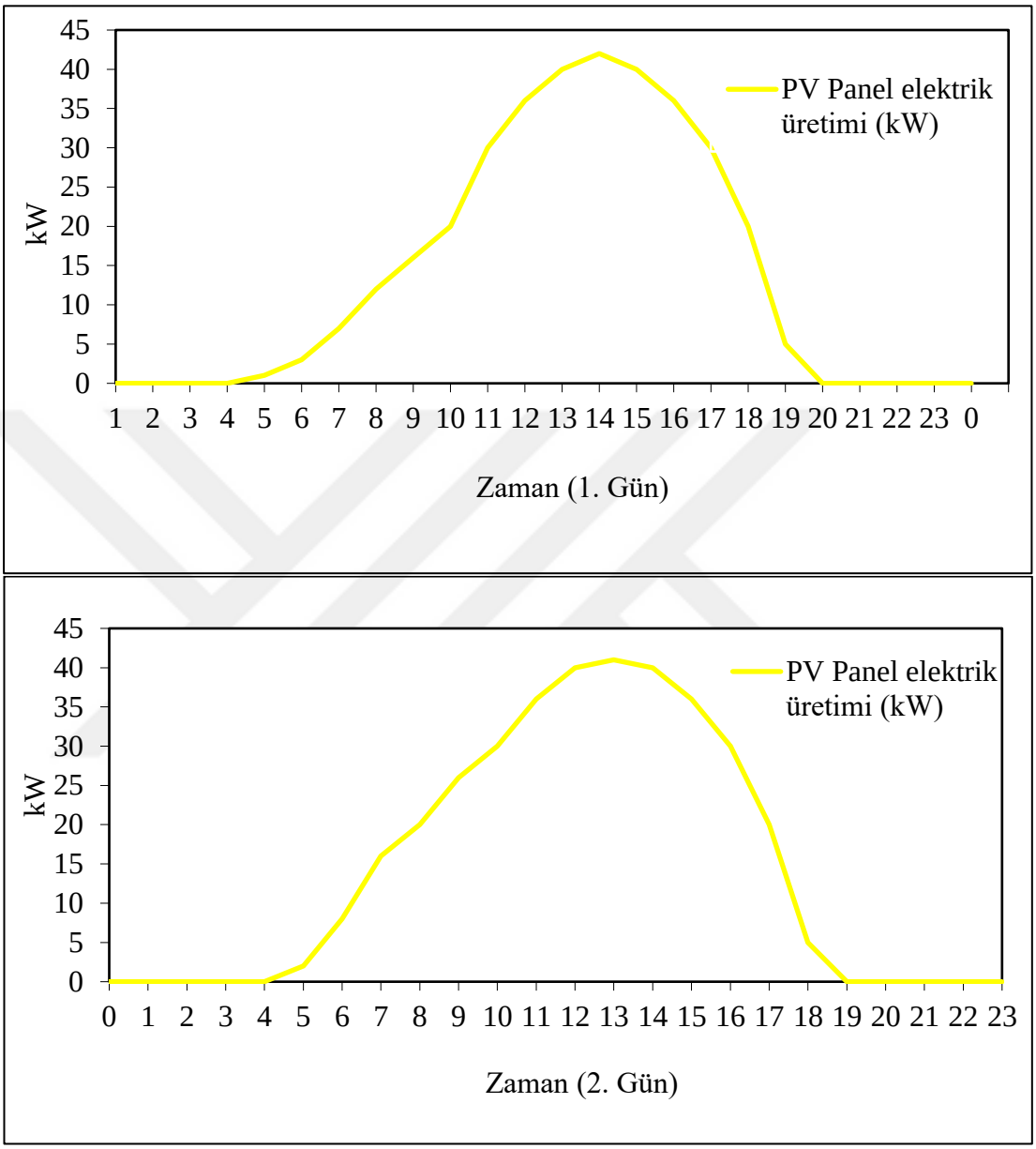
Türkiye günlük elektrik tüketim verilerine göre Şekil 7.1'de 2 gün için şebekeden çekilebilecek güç miktarları saat bazlı gösterilmiştir. Bu grafikte görüldüğü gibi gün içerisinde elektrik tüketiminin yoğun olduğu öğlen saatlerinde şebekenin verebileceği güç miktarı azalmaktadır. Tasarladığımız sistemde hem şebeke üzerindeki aşırı güç yüklenmelerini azaltmak hem de araçların şarj kesintisine uğramaması için yardımcı güç kaynakları kullanışmış ve bu güç kaynakları arasında enerji otomasyonu sağlanmıştır.



Şekil 7.1. Şebekeden çekilebilecek güç

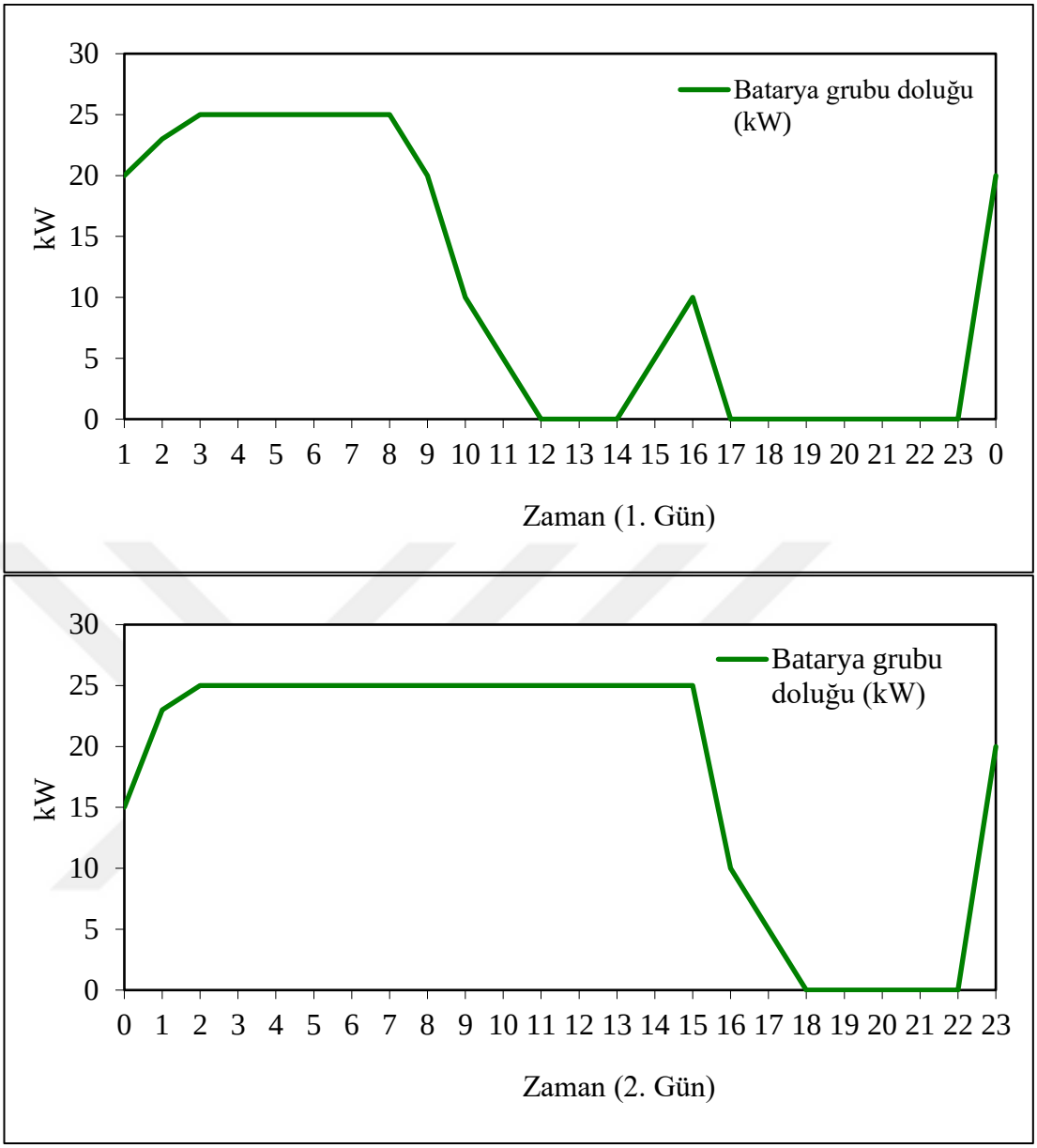
Otopark sisteminin çatısının tamamını kapsayacak şekilde tasarlanan PV panel maksimum gücü 45 kWp olarak hesaplanmıştır. Güneşli bir günde, PV panel sistemi için üretilen güç öğlen saatlerinde maksimum, sabah saatlerinde az ve gece saatlerinde sıfırdır. Enerji otomasyonu PV panel ile üretilen enerji, ihtiyaç önceliğine göre kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. PV panel enerji akışı algoritma ve senaryolarda

gösterilmiştir. İncelenen 2 gün için PV panelde elektrik üretimi Şekil 7.2'de gösterildiği gibidir.



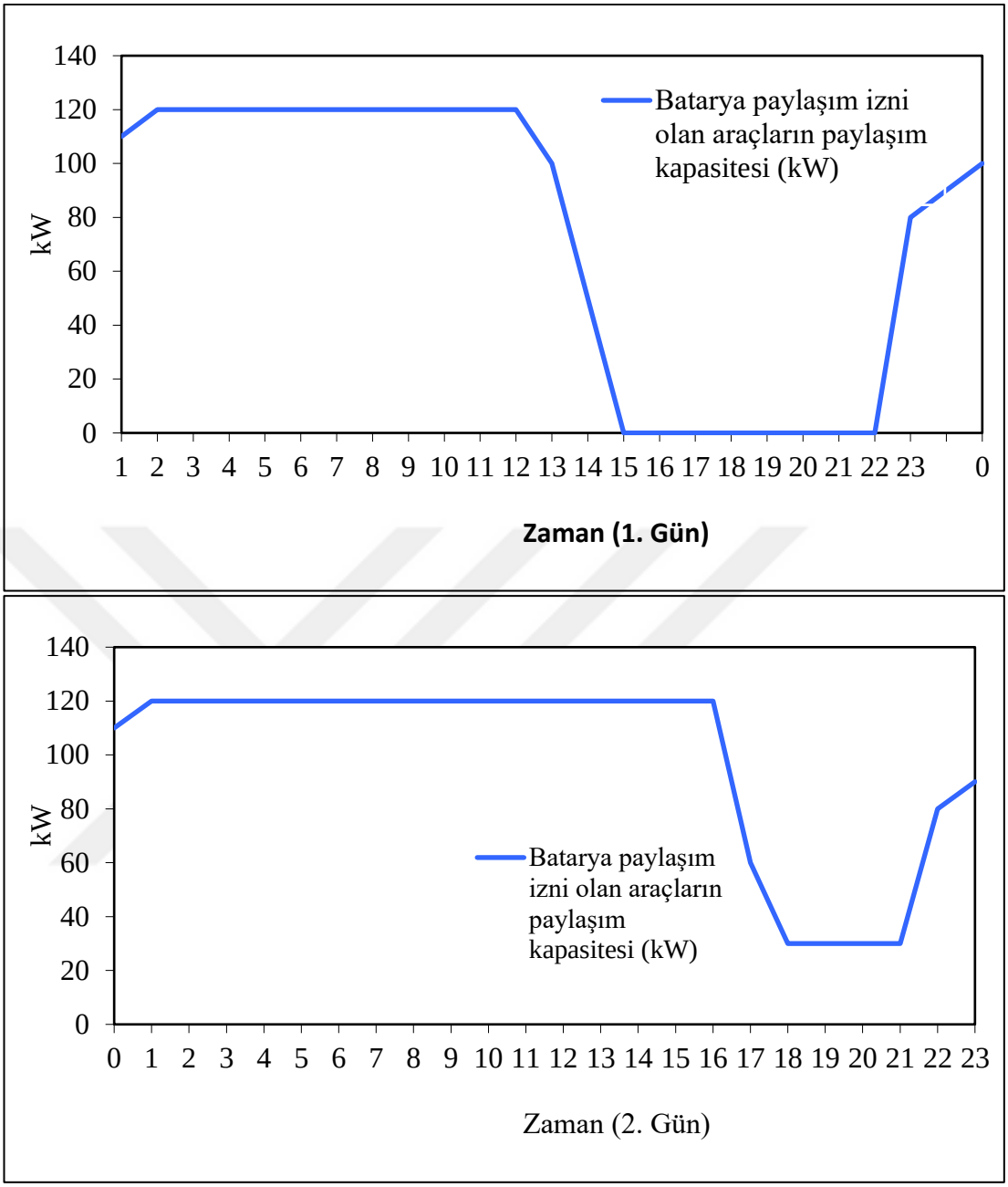
Şekil 7.2. Günlük PV panelden üretilen güç

Akıllı otopark sisteminin enerji ihtiyacını PV panel ve şebekeden karşılayamadığı durumlarda sisteme yardımcı enerji kaynağı olarak tasarlanmış olan batarya grubu 2 günlük enerji tüketim grafiği Şekil 7.3'de gösterilmiştir. Grafikten görüldüğü gibi 1. Gün 10:00-13:00 arasında 2. Gün ise 15:00-18:00 arasında yetersiz kalan şebeke PV panel ve batarya grubu tarafından desteklenmiştir.



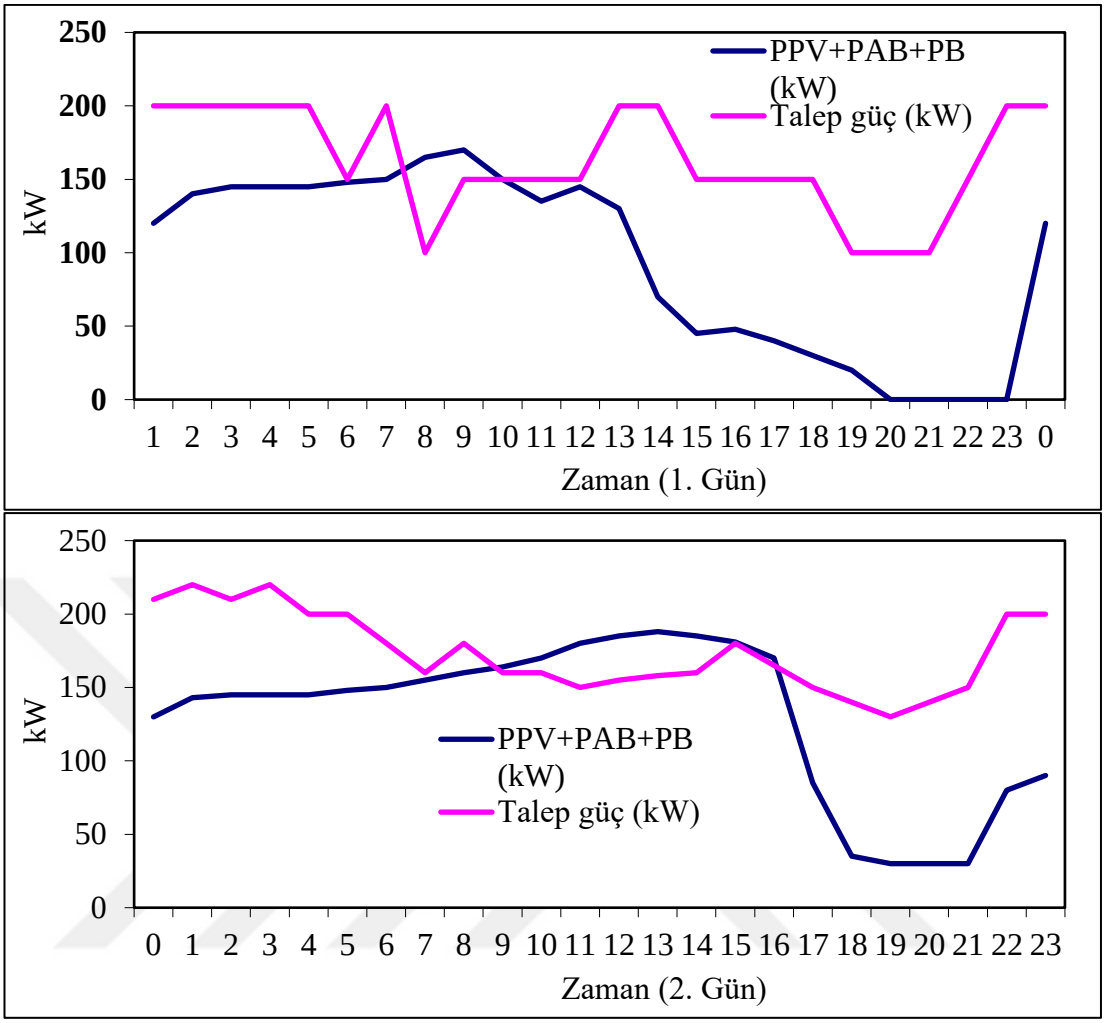
Şekil 7.3. Günlük batarya kullanımı

Tasarlanan sistem şebekeden yük çekilememesi veya çekilebilecek maksimum yükün yetersiz olması, PV panel ve batarya grubunun talep gücü yeterli olmaması durumunda otomasyon sistemi batarya paylaşımı olup paylaşım için yeterli rezervasyon süresi ve batarya doluluğu olan araçlardan talep gücünü karşılayabilecektir. Şekil 7.4'de görüldüğü gibi batarya paylaşımı için müsait olan araçların paylaşım için uygun olan güçleri 1. gün saat 13:00 ile 15:00 arasında 2. Gün 16:00-18:00 arasında kullanılarak şebeke desteklenmiştir.



Şekil 7.4. Günlük araç bataryası paylaşım gücü grafiği

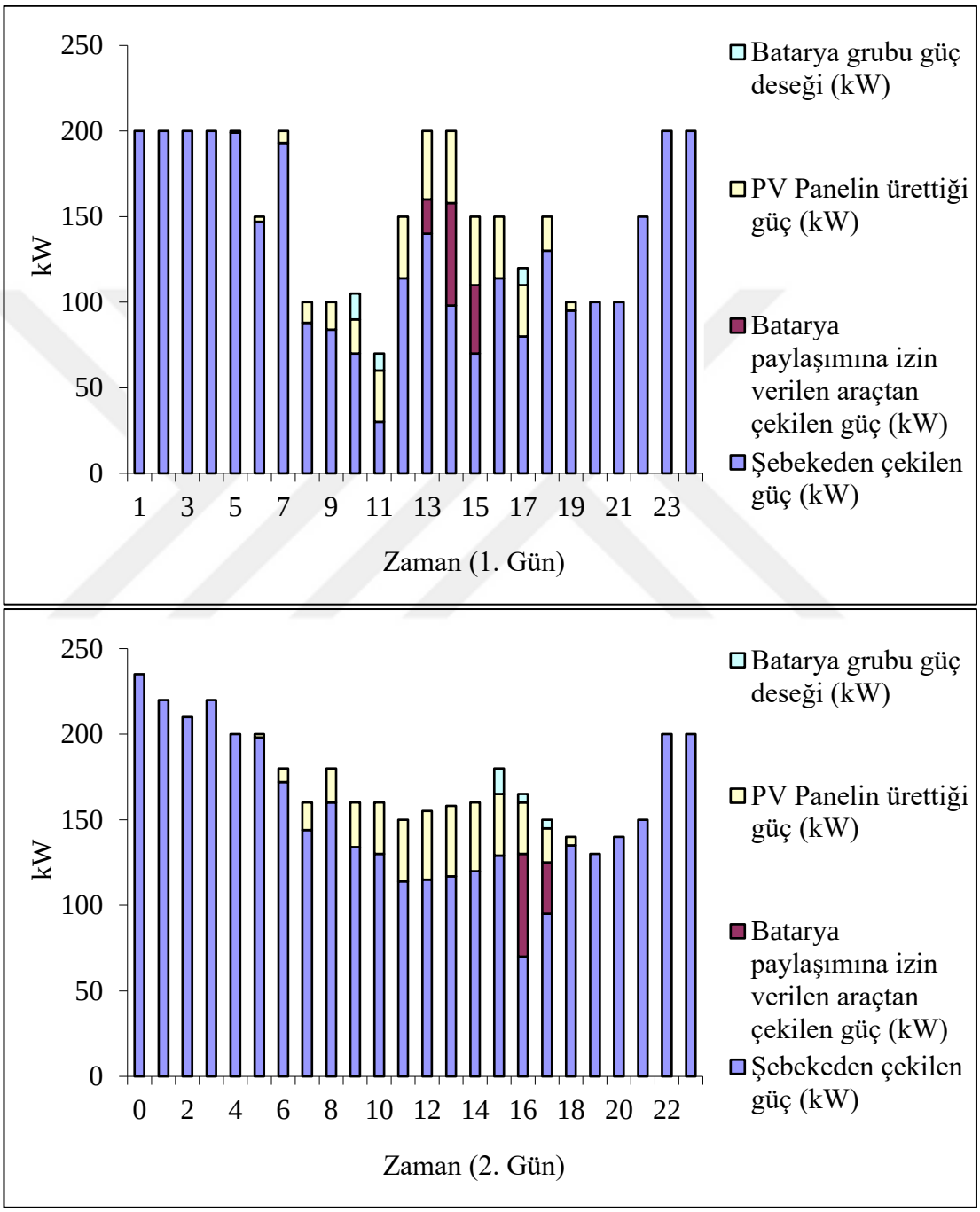
Şebekeden alınan güç hariç, sistemdeki güç miktarı Şekil 7.5'de gösterilmiştir. PV panelde üretilen güç, batarya grubu ve araç bataryalarındaki potansiyel güçler şebeke güç yoğunluğu ve sistem tarafından talep edilen güç doğrultusunda kullanılmıştır. Bu güç kullanım grafiği ve talep güç değişimi Şekil 7.5'de gösterilmiştir.



Şekil 7.5. PV panel, batarya grubu ve araç bataryası toplam güç eğrisi ve talep güç

En önemli amacı elektrikli araç şarjı yapılırken şebeke üzerinde olumsuz etki bırakmamak olan akıllı otopark sisteminin şebekeye etkisi en açık şekilde Şekil 7.6'da gösterilmiştir. Sistem araç şarjı yaparken şebekenin yoğun olduğu saatlerde PV panel, batarya grubu ve batarya paylaşımının şebeke üzerinden minimum yük çekmiştir. Grafikte görüldüğü gibi 1. Gün için girilen güç değerleri neticesinde saat 01:00 ile saat 05:00 arasında sistem sadece şebeke tarafından beslenmiştir. 05:00-11:00 saat diliminde ise şebeke ve PV panel ile beslenmiştir. 10:00-12:00 zaman diliminde ise şebeke, PV panel ve batarya grubu tarafından beslenmiştir. 12:00'dan 13:00'a kadar olan sürede ise tekrar PV panel ve batarya grubu tarafından beslenmiştir. 13:00-17:00 arasında ise batarya grubunda güç kalmadığından, PV panelde üretilen güç ve şebekeden çekilen maksimum güç talep gücü karşılamadığından batarya paylaşım izinli araç bataryalarından güç çekilir. Bu durumda, 13:00-17:00 aralığında görüldüğü gibi talep güç PV panel, şebeke ve araç bataryalarından sağlatılır. 17:00 20:00 zaman

aralığında ise PV panel ve şebekeden çekilebilecek güç toplamı talep güce büyük ya da eşit olduğundan talep güç PV panel ve şebekeden karşılanır. 20:00-00:00 zaman aralığında ise şebekeden çekilebilecek güç yeterli olduğundan talep güç şebekeden karşılanır.



Şekil 7.6. Şebeke, PV panel, batarya grubu ve araç bataryaları güç tüketim

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında; EA ve HEA'ların tarihçeleri, batarya teknolojileri, şarj istasyonları araştırıldı ve şarj standartları incelendi. Bu araçların yaygınlaşmasının elektrik şebekesi üzerinde oluşturacağı etkiler araştırıldı ve bu etkilerin azaltılmasına yönelik çalışmalar incelendi. Elektrikli araçların yaygınlaşmasının önündeki engeller araştırıldı. Araştırmalar neticesinde önemli problemlerde birinin şarj istasyonu bulma sıkıntısı yaşayacağını düşünen araç kullanıcıları olduğu tespit edildi. Bu problemin çözümüne yönelik istasyon bulma kolaylığı sağlayan akıllı telefon uygulaması tasarlandı. Tasarlanan uygulamanın ara yüzü çalışmaya eklendi. Uygulamaya, rezervasyon ve batarya paylaşım izni bölümü konularak enerji otomasyonunda araç bataryalarını kullanma izinli hale getirildi.

Elektrikli araçların şebeke üzerinde oluşturacağı olumsuz etkilerin azaltılmasına yönelik enerji yönetim tabanlı akıllı otopark sistemi üzerinde çalışıldı. Bu otopark; şarj istasyonları, PV panel, batarya grubu, şebeke ve elektrikli araçlardan oluşacak şekilde tasarlandı. Tasarlanan otopark için araç kapasiteleri belirlendi. Belirlenen araç sayısının bulunacağı otopark için alan çalışmaları yapıldı. Yapılan çalışma neticesinde çatıya konulabilecek PV panel kapasitesi belirlendi. PV panelin üretebileceği güç ile uygun batarya grubu kapasitesi belirlendi. Tasarlanan sistem çizildi. Sistemin enerji akış yönünün şartlara göre değişimini gösteren senaryolar belirlendi ve çizildi. Senaryoların çalışma durumları yorumlandı. Oluşturulan senaryoların çalışacağı akış diyagramları oluşturuldu.

Güç üniteleri arasında haberleşmeyi sağlayan bir haberleşme alt yapısı bulunduruldu. Sistemin haberleşme ağını gösteren bir görsel oluşturuldu. Bu haberleşme alt yapısıyla çalışan PLC otomasyon sistemi üzerinde çalışıldı. Çalışmalar çeşitli güç verileriyle test edildi. PLC'den alınan verilerle enerji grafikleri oluşturuldu. Alınan veriler akıllı otopark sisteminin şebeke üzerindeki işlevselliğini doğruladı. Alınan verilerle sistemin tepkisini açıkça gösteren 2 farklı saat diliminde otomasyon sisteminin enerji akışını ifade eden tablolar oluşturuldu.

Enerji otomasyonu olmadan tasarlanacak şarj istasyonları şebeke üzerinde oluşturacağı olumsuz etkiler bilinmektedir. Bu olumsuz etkilerin engellenmesi için EA ve HEA şarjını sağlayan istasyonlar arasında mutlaka otomasyon sistemi olmalıdır. Bu sistemler elektrikli araçlar yaygınlaşmadan geliştirilmeli ve uygulanmalıdır. Elektrikli ve hibrit elektrikli araç bataryalarının paylaşımına olanak sağlayacak batarya sistemleri geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

[1] https://www.forbes.com/sites/sebastianblanco/2018/10/26/gm-calls-for-national-electric-vehicle-policy-says-evs-should-be-25-of-all-new-cars-by-2030/#e8c922a1cf04 (Ziyaret Tarihi: 25 Mart 2019).

[2] https://cleantechnica.com/2018/08/27/european-electric-car-sales-increased-42-in-h1-2018-vs-h1-2017/ (Ziyaret Tarihi: 25 Mart 2019).

[3] Sayın A. A., Yüksel İ., Sonlu Elemanların Ağ Yöntemi Yaklaşımına Dayalı Kenar Civarındaki Gerilim Dağılımlarının Tekillikleri, *Mühendis ve Makine,* 2011, **52**(614), 116-125.

[4] Kerem A., Elektrikli Araç Teknolojisinin Gelişimi ve Gelecek Beklentileri, Derleme Makalesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 2014, **5**(1), 1-13.

[5] Larminie J., Lowry J., Electric Vehicle Technology Explained, *John Wiley & Sons Ltd, The Atrium,* 2003, ISBN: 0-470-85163-5.

[6] https://www.upworthy.com/the-weird-secret-history-of-the-electric-car-and-why-it-disappeared (Ziyaret Tarihi: 25 Mart 2019).

[7] Bradley T. H., Frank A. A., Design demonstrations and sustainability impact assessments for plug-in hybrid electric vehicles, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, **13**(1), 115-128.

[8] Sullivan J. L., Salmeen I. T., Simon C. P., PHEV market place penetration: an agent based simulation, *University of Michigan Transportation Research Institute,* Ann Arbor, 2009, UMTRI-2009-32.

[9] Keskin A., Hibrit Taşıt Teknolojileri ve Uygulamaları, *Mühendis ve Makine,* 2009, **50**(597), 13-20.

[10] Chan, By CC. "The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles." *Proceedings of the IEEE,* 2007, **95**(4), 704-718.

[11] Sabri M. F. M., Danapalasingam K. A., Rahmat M. F., A review on hybrid electric vehicles architecture and energy management strategies. *Renew. Sustain. Energy Rev.,* 2016, **53**(C), 1433-1442.

[12] Mathews J. A., The renewable energies technology surge: a new techno-economic paradigm in the making?, *The journal of policy, planning and futures studies,* 2013, **46**(13), 10-22.

[13] Stigka E. K., Paravantis, Mihalakakou G. K., Social acceptance of renewable energy sources: A review of contingent valuation applications, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014, **32**(C), 100-106.

[14] Liu W., *Introduction to hybrid vehicle system modeling and control*, 3rd ed., New Jersey, John Wiley and Sons, 2012.

[15] Marshall B.M., Kelly J.C., Lee T.K., Keoleian G.A., Filipi Z., Environmental assessment of plug-in hybrid electric vehicles using naturalistic drive cycles and vehicle travel patterns: a Michigan case study, *Energy Policy*, 2013, **58**(40), 358-370.

[16] *www.stanford.edu/class/me302/.../Future%20Automobile%202010-09-21*, 2010, (Ziyaret Tarihi: 25 Mart 2019).

[17] Hota A.R., M. Juvvanapudi M., Bajpai P., Issues and solution approaches in PHEV integration to smart grid, *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, 2014, **30**(C), 217-229.

[18] Gürbüz Y., Kulaksız A. A., Elektrikli araçlar ile klasik içten yanmalı motorlu araçların çeşitli yönden karşılaştırılması, *GÜFBED/GUSTIJ*, 2016, **6**(2), 117-125.

[19] http://batteryuniversity.com/learn/article/electric_vehicle_ev/, (Ziyaret tarihi: 26 Mart 2019).

[20] https://insideevs.com/electric-cars-battery-capacity-efficiency/ (Ziyaret: tarihi 26 Mart 2019).

[21] https://evbox.com/electric-cars/mitsubishi/mitsubishi-i-miev (Ziyaret tarihi: 26 Mart 2019).

[22] https://www.pluglesspower.com/learn/tesla-model-s-charging-home-public-autonomously/ (Ziyaret tarihi: 26 Mart 2019).

[23] https://www.researchgate.net/publication/267337591 (Ziyaret tarihi: 28 Mart 2019).

[24] Duvall M., Comparing the benefits and impacts of hybrid electric vehicle options for compact sedan and sport utility vehicles, E*lectric Power Research Institute (EPRI), Final Report*, UCID-1006892, 1-32, 2002.

[25] Rawson M., Kateley S., "Electric vehicle charging equipment design and health and safety codes", *SAE International*, 1998, **108**(6), 3256-3262.

[26] Tuttle D. P., Baldick R., "The evolution of plug-in electric vehicle-grid interactions", *IEEE Trans. Smart Grid*, 2012, **3**(1), 500-505.

[27] Jakka V.N.S.R., Shukla A., Demetriades G., "Three-winding transformer based asymmetrical dual active bridge converter", *Power Electronics IET*, 2016, **9**(12), 2377-2386.

[28] Musavi F., Edington M., W. Eberle W., Wireless power transfer: A survey of EV battery charging Technologies, *2012 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, Raleigh, NC, USA, 15-20 Eylül 2012.

[29] Hayes J. G., Egan M. G., Murphy J. M. D., Schulz S. E., Hall J. T., Wide-load-range resonant converter supplying the SAE J-1773 electric vehicle inductive charging interface, *IEEE Transactions on Industry Applications*, 1999, **35**(4), 884-895.

[30] Liu C., Hu A.P., Dai X., "A contactless power transfer system with capacitively coupled matrix pad " *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, Phoenix, AZ, USA, 17-22 Eylül 2011.

[31] Liu C., Hu A.P., Nair N.K.C., Covic G.A., "2-D alignment analysis of capacitively coupled contactless power transfer systems," *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, Atlanta, GA, USA, 12-16 Eylül 2010.

[32] Lı W., "Hıgh Effıcıency Wıreless Power Transmıssıon At Low Frequency Usıng Permanent Magnet Couplıng, Master of Applied Science, The Unıversıty of Brıtısh Columbıa, The Faculty of Graduate Studıes, Vancouver, 2009.

[33] www.betterplace.com. (Ziyaret tarihi: 25 Mart 2019)

[34] Lombardi P., Heuer M., Styczynski Z., Battery switch station as storage system in an autonomous power system: Optimization issue, *IEEE PES General Meeting*, Providence, RI, USA, 25-29 Temmuz 2010.

[35] Bauer P., Zhou Yi, Doppler J., Stembridge N., Zhou Y., "Charging of electric vehicles and impact on the grid", *13th Mechatronıka,* Trencianske Teplice, Slovakia, 2-4 Haziran 2010.

[36] SAE Standard J1772, "SAE Electric Vehicle and Plug-in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler", *SAE International*, North America, 2010.

[37] Mouli G. R. C., Kaptein J., Bauer P., M. Zeman, Implementation of dynamic charging and V2G using Chademo and CCS/Combo DC charging standard, *IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC)*, Dearborn, MI, USA, 27-29 Haziran 2016.

[38] Tie S.F., Tan C.W., A review of energy sources and energy management system in electric vehicles, *Renew Sustain Energy Rev*, 2013, **20**(1), 82-102.

[39] Fazelpoura F., Vafaeipourb M., Rahbarib O., Rosenc M. A., Intelligent optimization to integrate a plug-in hybrid electric vehicle smart parking lot with renewable energy resources and enhance grid characteristics, *Energy Conversion and Management*, 2014, **77**(1), 250-261.

[40] Kuran M. Ş., Viana A. C., Iannone L., Kofman D., Mermoud G., Vasseur J. P., A Smart Parking Lot Management System for Scheduling the Recharging of Electric Vehicles, *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2016, **6**(6), 2942-2953.

[41] Andrenacci N., Ragona R., Valenti G., A demand-side approach to the optimal deployment of electric vehicle charging stations in metropolitan areas, *Applıed Energy*, 2016, **182**(1), 39-46.

[42] Yuksel T., Michalek J.J., Effects of regional temperature on electric vehicle efficiency, range, and emissions in the United States, *Environmenal Science and Technology*, 2015, **49**(6), 3974-3980.

[43] Su W., Chow M.Y., Computational intelligence-based energy management for a large-scale PHEV/PEV enabled municipal parking deck, *Applied Energy, 2012,* **96**(1), 171-182.

[44] Su W, Chow MY. Performance evaluation of a PHEV parking station using particle swarm optimization., *Power and Energy Society General Meeting*, San Diego, CA, USA, 24-29 Temmuz 2011.

[45] Mwasilu F., Justo J.J., Kim E.K., Do T.D., Jung J.W., Electric vehicles and smart grid interaction: a review on vehicle to grid and renewable energy sources integration, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014, **34**(1), 501-516.

[46] Peng M., Liu L., Jiang C., A review on the economic dispatch and risk management of the large-scale plug-in electric vehicles (PHEVs)-penetrated power systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 2012, **16**(3), 1508-1515.

[47] Green R.C., Wang L., Alam M., The impact of plug-in hybrid electric vehicles on distribution networks: A review and Outlook, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, **15**(1), 544-553.

[48] Tan K.M., Ramachandaramurthy V.K., Yong J.Y., Integration of electric vehicles in smart grid: a review on vehicle to grid technologies and optimization techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 2016, **53**(1), 720-732.

[49] Ahn C., Li C.T., Peng H., Optimal decentralized charging control algorithm for electrified vehicles connected to smart grid, *J Power Sources*, 2011, **196**(1), 10369-10379.

[50] Wang Z., Wang L., Dounis A.I., Yang R., Integration of plug-in hybrid electric vehicles into energy and comfort management for smart building, *Energy Build*, 2012, **47**(1), 260-266.

[51] Rahman I., Vasant P., Singh B.S.M., Abdullah-Al-Wadud M., Technical challenges of plug-in hybrid electric vehicles deployment in smart electric grid, *Contemporary Engineering Sciences*, DOI: 10.12988/ces.2015.57201.

[52] Kempton W., Letendre, S., Electric vehicles as a new power source for electric utilities. *J Transp Res Part D*, 1997, **2**(3), 157-175.

[53] Ehsani M., Falahi M., Lotfifard S., Vehicle to grid services: potential and applications. *Energies*, 2012, **5**(1), 4076-4090.

[54] Su W., Wang J., Energy Management Systems in Microgrid Operations, The Electricity Journal, 2012, **25**(8), 45-60.

[55] Vasirani M., R. Kota R., Cavalcante R.L.G., Ossowski S., Jennings N.R., An agent-based approach to virtual power plants of wind power generators and electric vehicles. *IEEE Trans Smart Grid,* 2013, **4**(3), 1314-1322.

[56] Kempton W., Tomic J., V2G implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy. *Journal of Power Sources*, 2005, **144**(1), 280-294.

[57] Odun-Ayo T., Crow M.. An analysis of the impact of plug-in hybrid electric vehicles on power system stability, *North American Power Symposium (NAPS)*, Starkville, MS, USA, 4-6 Ekim 2009.

[58] Hadley S.W., Tsvetkova A.A., Potential impacts of plug-in hybrid electric vehicles on regional power generation, *The Electricity Journal*, 2009, **22**(1), 56-68.

[59] Letendre S., Denholm P., Lilienthal P., "Electric & Hybrid Cars: New Load or New Resource," *Public Utilities Frotnightly*, 2006, **16**(3), 16-25.

[60] Kempton W., Tomic J., "Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy", *Journal of Power Sources, Journal of Power Sources*, 2005, **144**(1), 280-294.

[61] Peterson S. B., Whitacre J.F., Apt J., "The economics of using plug-in hybrid electric vehicle battery packs for grid storage", *Journal of Power Sources,* 2010, **195**(2), 2377-2384.

[62] Lund H., Kempton W., "Integration of renewable energy into the transport and electricity sectors through V2G", *Energy Policy,* 2008, **36**(1), 3578-3587.

[63] Turton H., Moura F., "Vehicle-to-grid systems for sustainable development: An integrated energy analysis", *Technological Forecasting & Social Change,* 2008, **75**(1), 1091-1108.

[64] Fluhr J., Ahlert K.H., Weinhardt C., "A Stochastic Model for Simulating the Availability of Electric Vehicles for Services to the Power Grid", *IEEE Conferece on System Sciece,* Honolulu, HI, USA, 5-8 Ocak 2010.

[65] Freire R., Delgado J., Santos J.M., Almeida A.T., Integration of renewable energy generation with EV charging strategies to optimize grid load balancing, *IEEE Conferece on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, Funchal, Portugal, 19-22 Eylül 2010.

[66] Quinn C., Zimmerle D., Bradley T. H., "The effect of communication architecture on the availability, reliability, and economics of plug-in hybrid electric vehicle-to-grid ancillary services", *Journal of Power Sources*, 2010, **195**(1), 1500-1509.

[67] Hosseini S. S., Badri A., Parvania M., The plug-in electric vehicles for power system applications: The vehicle to grid (V2G) concept. *2012 IEEE International Energy Conference and Exhibition (ENERGYCON)*. Florence, Italy, 9-12 Eylül 2012.

[68] Dallinger D., Krampe D., Wietschel M., "Vehicle-to-Grid Regulation Reserves Based on a Dynamic Simulation of Mobility Behavior", *IEEE Transaction on Smart Grid*, 2011, **2**(2), 302-313.

[69] Saber A. Y., Venayagamoorthy G. K., "Optimization of Vehicle-to-Grid Scheduling in Constrained Parking Lots", *IEEE Conference on Power and Energy Society General Meeting*, Calgary, AB, Canada, 26-30 Temmuz 2009.

[70] Pang C., Dutta P., Kim S., Kezunovic M., Damnjanovic I., "PHEVs as Dynamically Configurable Dispersed Energy Storage for V2B Uses in the Smart Grid", *IEEE Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion*, Agia Napa, Cyprus, 7-10 Kasım 2010.

[71] http://www.deloitte.com/view/enGX/global/search/index.htm?searchKeywordsField=Unplugged%3A+Electric+vehicle+realities+versus+consumer+expectations. (Ziyaret tarihi: 26 Mart 2019).

[72] Pieltain Fernández L., Gómez San Román T., Cossent R., Domingo C.M., Frías P., "Assessment of the Impact of Plug-in Electric Vehicles on Distribution Networks", *IEEE Transaction on Power System*, 2011, **26**(1), 206-213.

[73] Godarzi A., Niaki S.A.N., Ahmadkhanlou F., Iravani R., "Local and Global Optimization of Exportable Vehicle Power based Smart Microgrid", *IEEE Conference on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT)*, Anaheim, CA, USA, 17-19 Ocak 2011.

[74] http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/02/20180222-7.htm (Ziyaret tarihi: 29 Mayıs 2019).

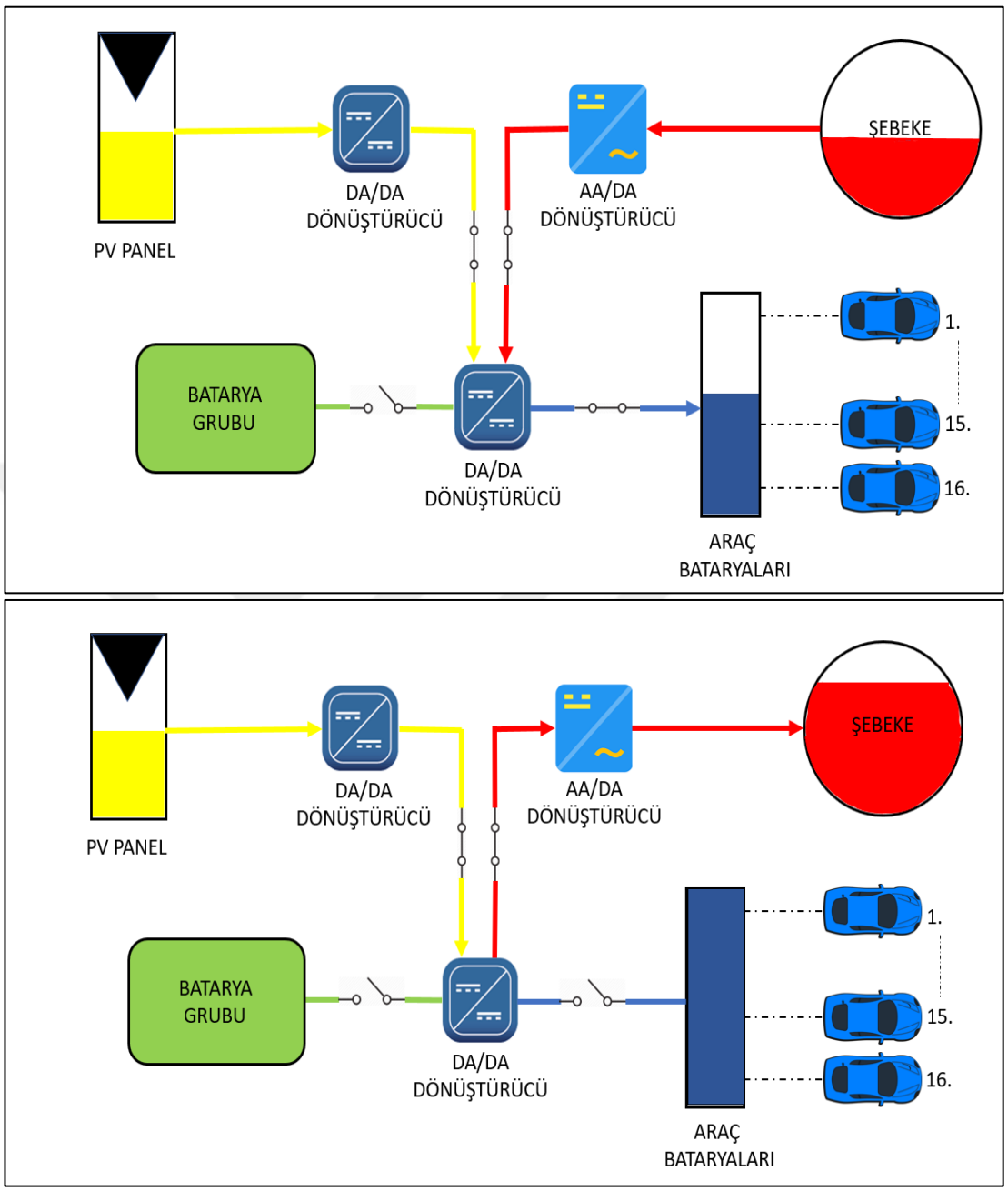
[75] http://www.solaruzel.com/10kw.html (Ziyaret tarihi: 29 Mayıs 2019).

[76] https://satis.powerenerji.com/cati-uzeri-gunes-enerji-santrali-elektrik-uretimi/cati-uzeri-10-kw-gunes-enerjisi-elektrik-uretimi-maliyeti (Ziyaret tarihi: 07 Mayıs 2019).

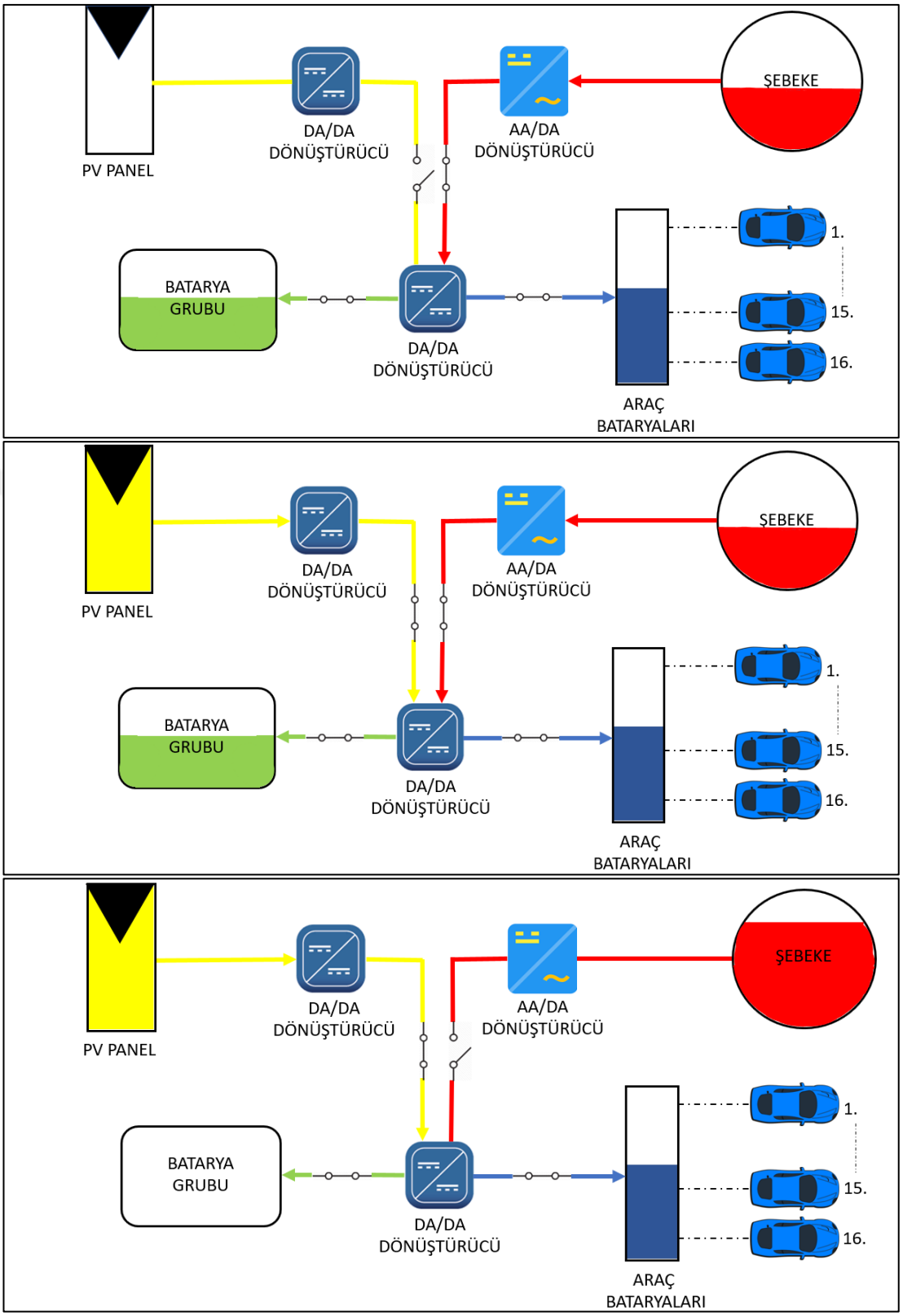
[77] Curry C., Lithium-ion battery cost and market, *Bloomberg New Energy Finance*, 2017, 25(2), 1-12.

EKLER

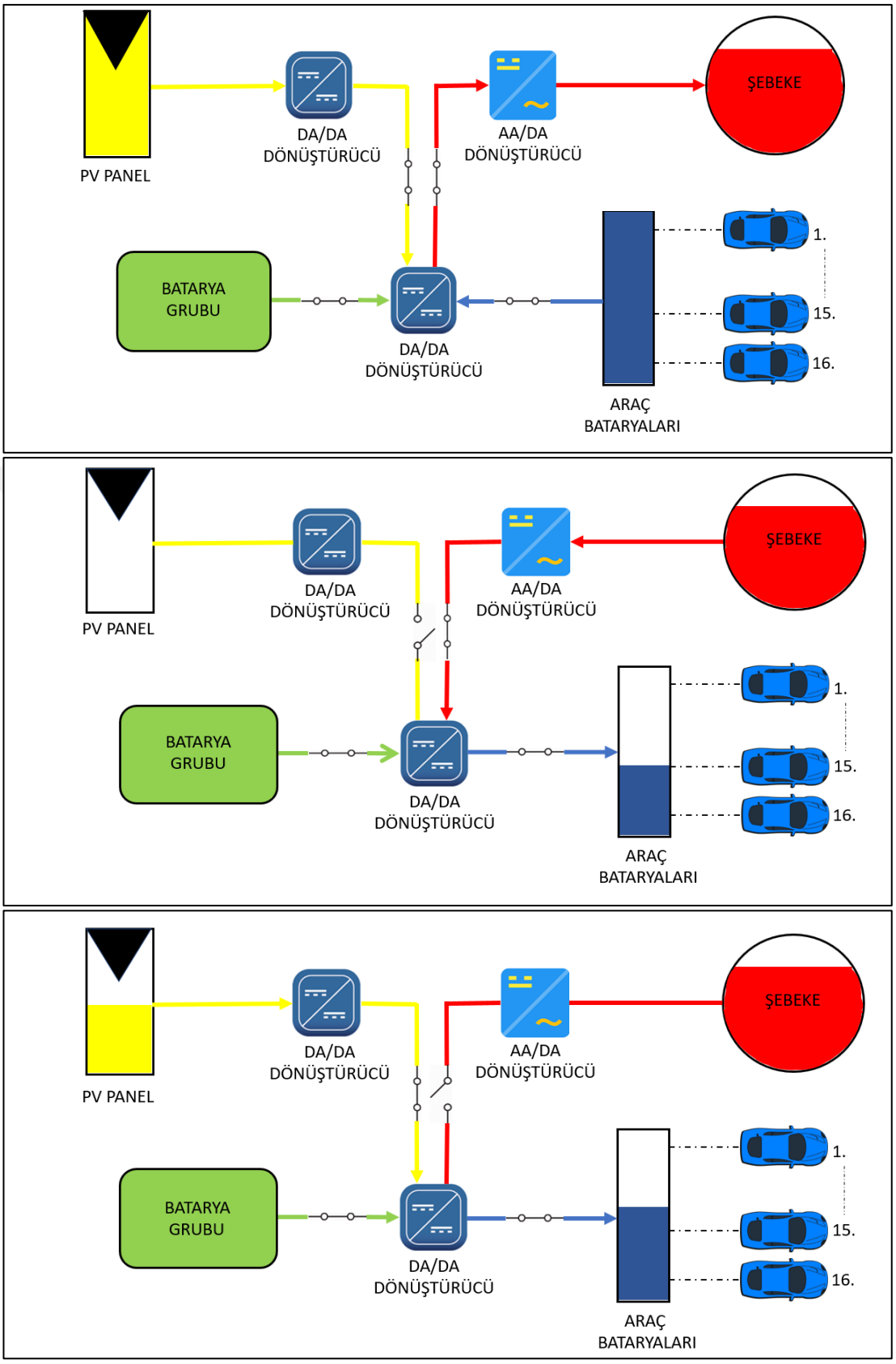
Ek-A



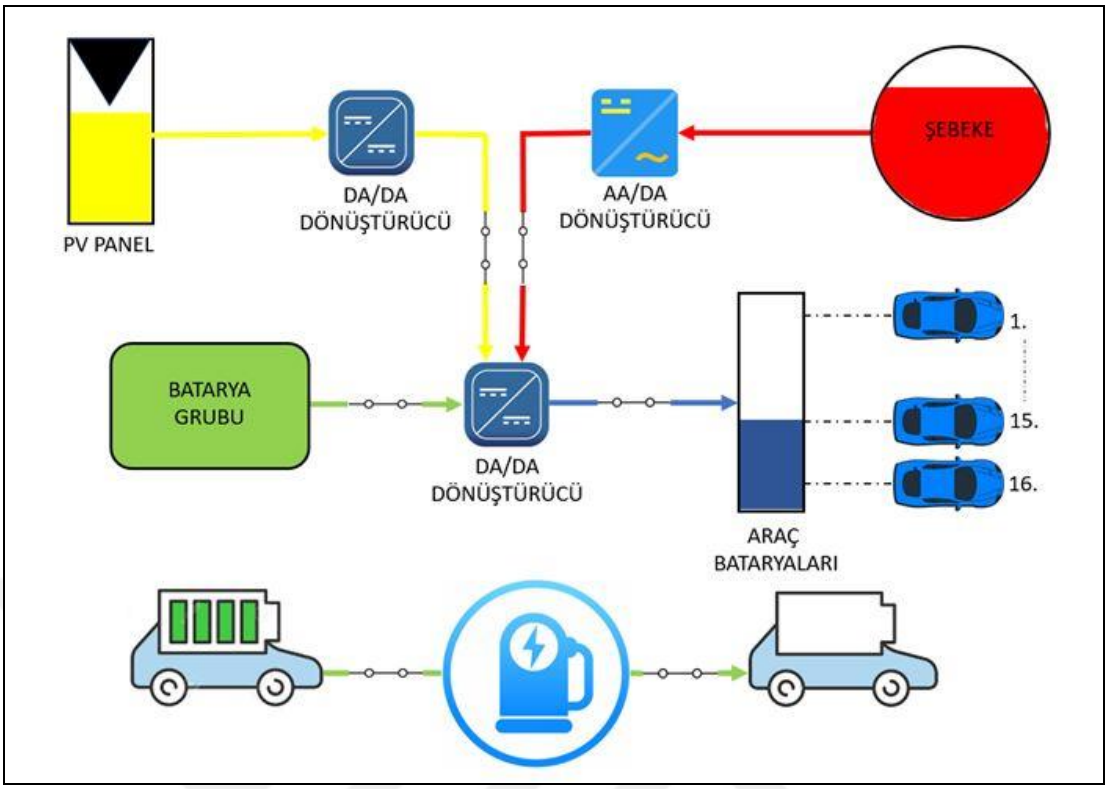
Şekil A.1. Senaryo 1, 2



Şekil A.2. Senaryo 3, 4, 5



Şekil A.3. Senaryo 6, 7, 8



Şekil A.4. Senaryo 9, 10

Ek-B

Tablo B.1. Saat bazlı güç verileri (1. Gün)

Saat	PV panel (kW)	Şebeke (kW)	Batarya grubu (kW)	Batarya paylaşım izinli araçlar (kW)	Talep güç (kW)
0	0	200	0	0	200
1	0	200	0	0	200
2	0	200	0	0	200
3	0	200	0	0	200
4	0	200	0	0	200
5	1	199	0	0	200
6	3	147	0	0	150
7	7	193	0	0	200
8	12	88	0	0	100
9	16	84	0	0	150
10	20	70	15	0	150
11	30	30	10	0	150
12	36	114	0	0	150
13	40	140	0	20	200
14	42	98	0	60	200
15	40	70	0	40	150
16	36	114	0	0	150
17	30	80	10	0	150
18	20	130	0	0	150
19	5	95	0	0	100
20	0	100	0	0	100
21	0	100	0	0	100
22	0	150	0	0	150
23	0	200	0	0	200

Tablo B.2. Saat bazlı güç verileri (2. gün)

Saat	PV panel (kW)	Şebeke (kW)	Batarya grubu (kW)	Batarya paylaşım izinli araçlar (kW)	Talep güç (kW)
0	0	235	0	0	210
1	0	220	0	0	220
2	0	210	0	0	210
3	0	220	0	0	220
4	0	200	0	0	200
5	2	198	0	0	200
6	8	172	0	0	180
7	16	144	0	0	160
8	20	160	0	0	180
9	26	134	0	0	160
10	30	130	0	0	160
11	36	114	0	0	150
12	40	115	0	0	155
13	41	117	0	0	158
14	40	120	0	0	160
15	36	129	15	0	180
16	30	70	5	60	165
17	20	95	5	30	150
18	5	135	0	0	140
19	0	130	0	0	130
20	0	140	0	0	140
21	0	150	0	0	150
22	0	200	0	0	200
23	0	200	0	0	200

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] Erhan K., Ayaz M., **İçer Y**., Conceptual Design of a Smart Parking Lot System for Electric and Hybrid Electric Vehicles, *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2018, **6**, 27 - 32.

ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Mersin'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Mersin'de tamamladı. 2012 yılında Kocaeli Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2016 yılında Kocaeli Üniversitesinden mezun oldu. 2016 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Anabilim Dal'ında yüksek lisans öğrenimine başladı.