

ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

**ARAÇTAN ŞEBEKEYE (V2G) SİSTEMİNİN 24 SAATLİK
SİMÜLASYONU**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. YILMAZ UYAROĞLU**

**HAZIRLAYAN
ÖMER FARUK ORUÇ**

ARALIK 2023

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

**ARAÇTAN ŞEBEKEYE (V2G) SİSTEMİNİN 24
SAATLİK SİMÜLASYONU**

ÜRETİM DERSİ ÖDEVİ

Ömer Faruk ORUÇ

G190100063

DANIŞMAN

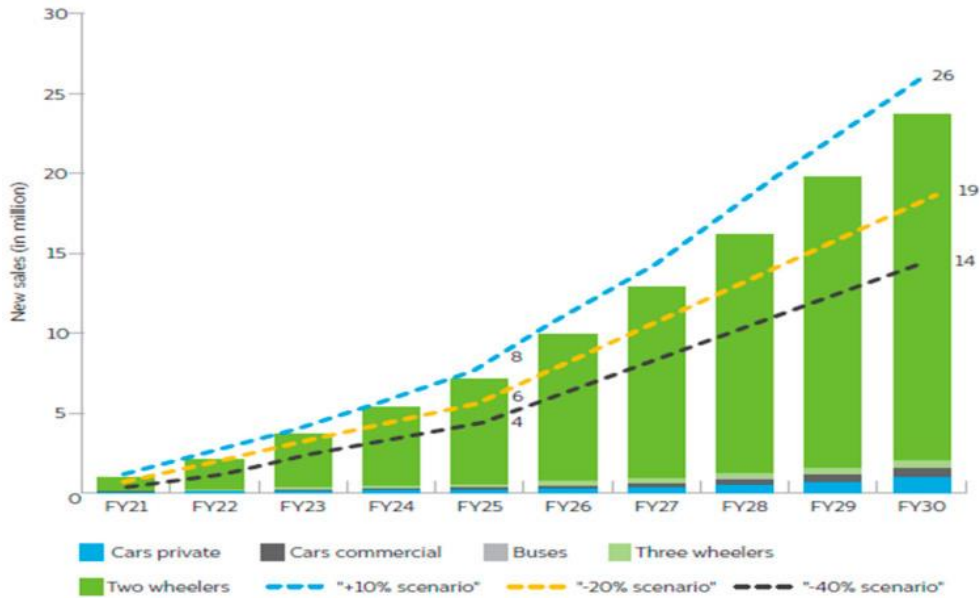
Prof. Dr. Yılmaz UYAROĞLU

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1. GİRİŞ	2
BÖLÜM 2. MATEMATİKSEL YÖNTEM ve TASARIM	5
BÖLÜM 3. SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI.....	11
3.1. Simülasyon Parametreleri.....	14
3.2. Simülasyon Sonuçları.....	16
BÖLÜM 4. SONUÇLAR	17
BÖLÜM 5. KAYNAKLAR	18

BÖLÜM 1. GİRİŞ

En gelişmiş ülkelerde enerji sektöründeki önemli sorunlardan biri ulaştırma filolarının karbondan arındırılmasıdır [1, 2, 3, 4]. RES'leri elektrikli araçlarla entegre etme ve akıllı şebekede V2G'yi petrol ürünlerine bağımlılığı azaltma ve enerji talebini karşılama çözümü olarak değerlendirme yönünde güçlü bir eğilim var. NITI Aayog'un Hindistan'a yönelik 2030 elektrikli ulaşım stratejisi [5] önemli bir pazar fırsatını temsil ediyor. Rapor, EV satışlarını pazar segmentine, pil ihtiyaçlarına, gerekli halka açık şarj altyapısına ve Hindistan'ın EV geçişini kolaylaştırmak için 2030 yılına kadar gereken yatırımlara göre analiz ediyor. Çalışmada 2030 hedefinin yanı sıra üç alternatif geçiş senaryosu da simüle ediliyor. Bu hedef gerçekleşirse Hindistan'ın elektrikli araç endüstrisi, ülkenin COVID-19 sonrası ekonomik toparlanmasında önemli bir rol oynayabilir. Mevcut ve yeni endüstriler de dahil olmak üzere tüm değer zinciri boyunca istihdam ve ekonomik değer yaratabilir. Hindistan'ın tüm ticari araçların %70'inin, özel araçların %30'unun, otobüslerin %40'ının ve iki ve üç tekerlekli araç satışlarının %80'inin elektrikli olmasını öngören 2030 e-mobilite vizyonu, 26 milyon EV'ye tekabül ediyor. Elektrikli araçların, yüksek benimsenme senaryosu kapsamında tüm yeni otomobil satışlarının %43'ünü oluşturması ve 112 milyon adede kadar olan hedefin %10 üzerinde olması bekleniyor. Sınırlı benimsenme senaryosunda bu, yeni araç satışlarında %23'e, istenilen seviyenin %40 altına, 61 milyon adede kadar düşebilir. Şekil 1 farklı senaryolar altında EV satışlarının büyümesini gösteriyor.



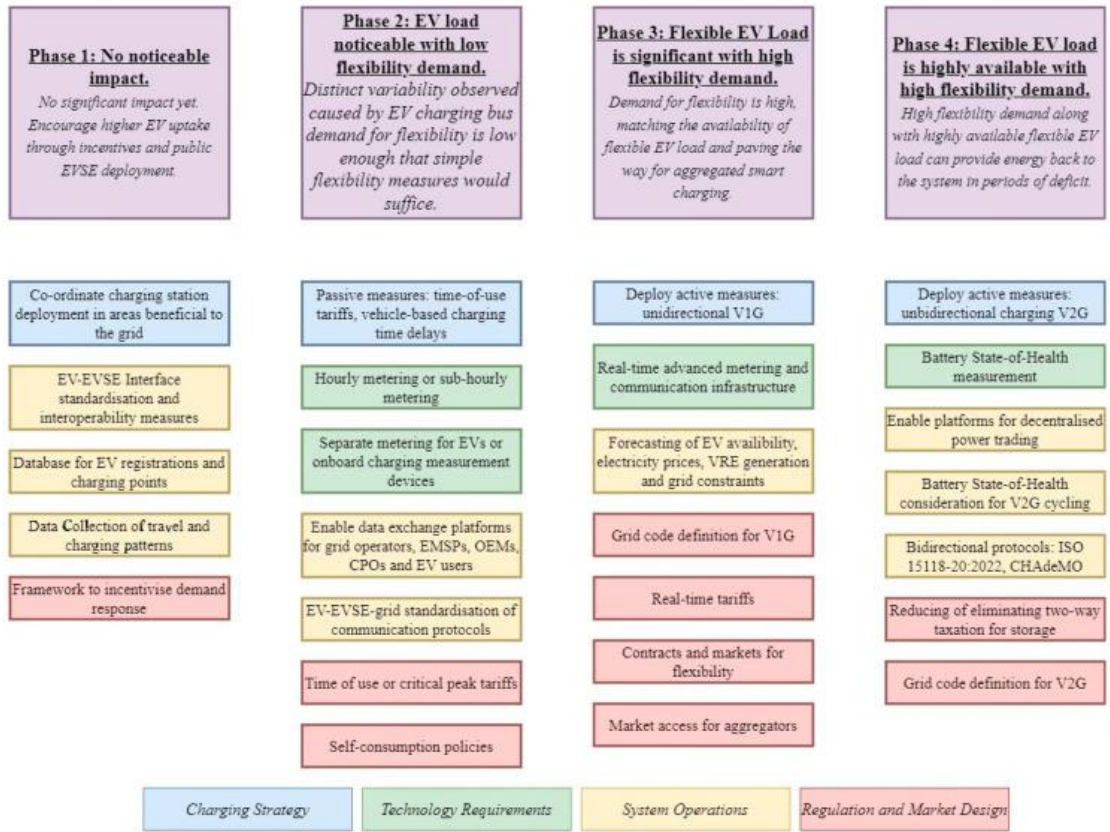
Şekil 1 EV satışların farklı senaryoları [15]

Elektrikli araç filosunun benimsenmesi, çevre ve ekonomi için çeşitli faydalar sağlar, ancak elektrikli araçların yaygın şekilde benimsenmesi, özellikle talebin yüksek olduğu zamanlarda önemli güç sistemi dalgalanmalarına neden olabilir [6]. Elektrikli araçların yalnızca %5'i genellikle günlük olarak sürülüyor, diğer %90'ı ise boşta ve partiler halinde depolanıyor [7]. Elektrikli araç sahiplerinin gelir yaratma sürecine aktif katılımını teşvik etmek için farklı ülkeler, aşağıdaki şekilde gösterilen farklı türde teşvikler sağlamıştır. Şekil 2’de bazı ülkelerin sıfır emisyonlu hafif hizmet araçları için teşvikleri yer almaktadır.

		Kanada	Çin	Avrupa Birliği	Hindistan	Japonya	Amerika Birleşik Devletleri
Teşvik aracı	Mali teşvikler	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Yönetmelik şarj cihazı	Donanım standartları	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Bina yönetmelikleri	✓	✓	✓	✓	---	✓
Teşvik şarj cihazı	Mali teşvikler	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Şekil 2 Farklı ülkelerin sıfır emisyonlu hafif hizmet aracı teşvikleri [8]

Geleneksel enerji santrallerinde elektrik üretmek için kullanılan fosil yakıtlı ürünlerin sayısı ilk etapta azaltılıyor. İkinci sırada, içten yanmalı (IC) otomobillerin kullanımı elektrikli araçlara geçerek benzin miktarını azaltıyor. Çok sayıda çalışma, özellikle Monte-Carlo Simülasyonu [9] olmak üzere simülasyon modüllerini kullanırken, diğerleri mevcut güç ağının gelecekte elektrikli araç filosunu benimsemeye uygunluğunu değerlendirmek için yeni optimizasyon modelleri oluşturmuştur [10, 11]. Yoğun talebi azaltmak ve şebeke güvenilirliğini artırmak, V2G sisteminin en önemli hedeflerinden ikisidir [12, 13]. Uluslararası Enerji Ajansı, EV sahiplerinin şebeke istikrarına aktif katılımını teşvik etmek amacıyla elektrikli araçların şebeke entegrasyonuna yönelik bir tablo geliştirmiştir. Şekil 3’te bu tablo yer almaktadır.



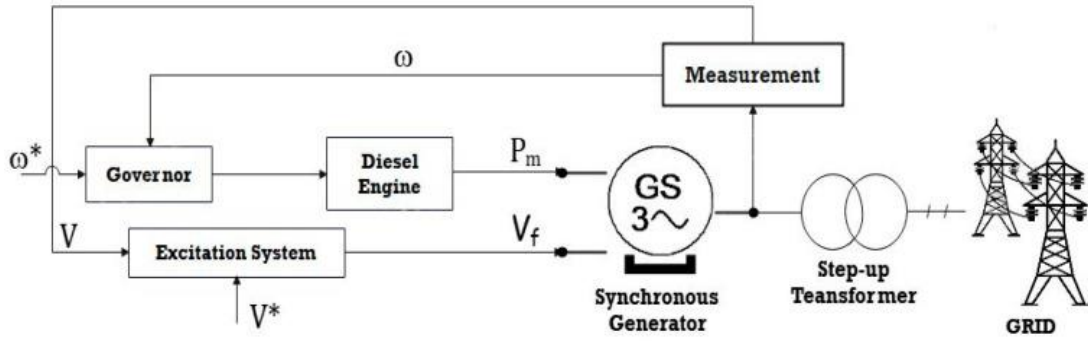
Şekil 3 EV'lerin şebeke entegrasyonuna yönelik tablo [14]

BÖLÜM 2. MATEMATİKSEL YÖNTEM ve TASARIM

Geleneksel enerji santrallerine dayalı güç ağları, genellikle gün boyunca tutarlı bir güç kaynağına sahiptir. Bu çalışmanın gücü, önceki araştırmalarla karşılaştırıldığında, bu özelliklerin izlenmesi için yeni ve son teknoloji endeksler sağlayarak, V2G sisteminin farklı enerji kaynağı türleri için şebekenin emisyonu, maliyeti ve güvenilirliği üzerindeki etkilerini değerlendirmesidir. Bununla birlikte, RES'ler kesintili olduğundan, üretilen enerjinin ana kaynağı olarak bunlara dayanan güç ağları, düzensiz bir tedarik düzenine sahiptir. Bu çalışmaya yapılan bir diğer önemli katkı, iki farklı enerji şebekesi türü (RES'lerin daha az nüfuz ettiği şebeke ve RES'lerin daha fazla nüfuz ettiği şebeke) bağlamında sistemin güvenilirliğini değerlendirmek için iki yenilikçi endeksin tanıtıldığı stokastik güç kaynağıdır. EV'lerin, V2G sisteminin ve bunun RES'lerle entegrasyonunun, özellikle rüzgâr ve güneş enerjisi üretimi olmak üzere elektrik şebekesi üzerindeki etkileri hakkında kapsamlı bir analiz sunulurken, bu konunun güvenilirliği ile çevresel ve ekonomik unsurları da bu çalışmada ele alınmaktadır. Pek çok senaryo belirlenmiştir ve Monte-Carlo simülasyonu onlara sistem performans ölçümlerinin sonuçlarını sağlar. Enerji şebekesinin özelliklerine bağlı olarak önerilen metodoloji, simülasyon ve endeksler birçok yerde kullanılabilir ve politika yapımcılar için mükemmel araçlar sağlayabilir.

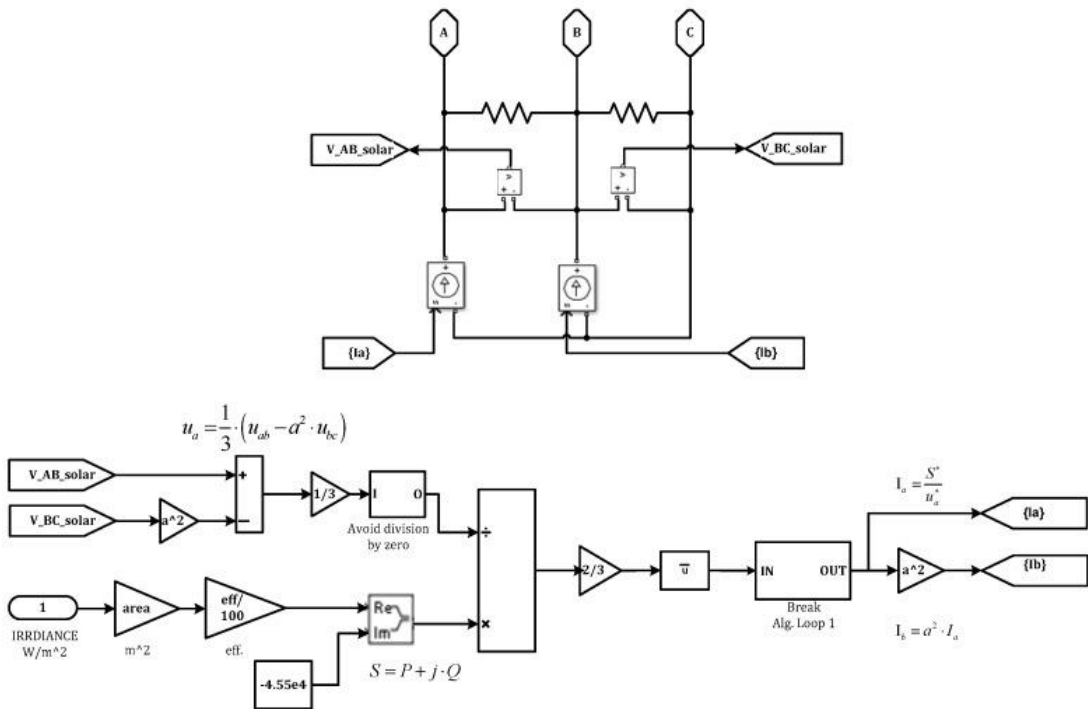
MATLAB güç sistemi ağ fazör modeli kullanılarak 24 saatlik bir simülasyon hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bir mikro şebeke dört bölümden oluşur: sistemin birincil güç kaynağı bir DG, RES sağlayan rüzgarla bağlantılı bir PV ve şebekede ek yük görevi gören bir V2G düzenlemesidir. İlkbahar veya sonbaharda, enerji kullanımının düşük olduğu günlerde, bir mikro şebekenin büyüklüğü 2000 haneden oluşan bir topluluğa hizmet verecek büyüklüktedir. Varsayılan model 400 EV'yi dikkate alır, bu da EV'ler ile evler arasında 1:5'lik bir oran anlamına gelir ve bu da gelecekte iyi bir konfigürasyon olarak kabul edilir.

DJ, üretilen ve kullanılan enerji miktarı arasındaki dengenin korunmasına yardımcı olur. Senkron ünitesinin rotor hızı, şebeke frekansı sapmasını belirlemek için kullanılabilir. Regülatör, çeşitli elektrik talebi durumlarında belirli bir elektrik frekansını korumak için dizel motorun dönüş hızını kontrol eder. Regülatör modeli, %5 frekans düşüşüne sahip Woodward dizel regülatörüdür.



Şekil 4 DJ blok diyagramı [15]

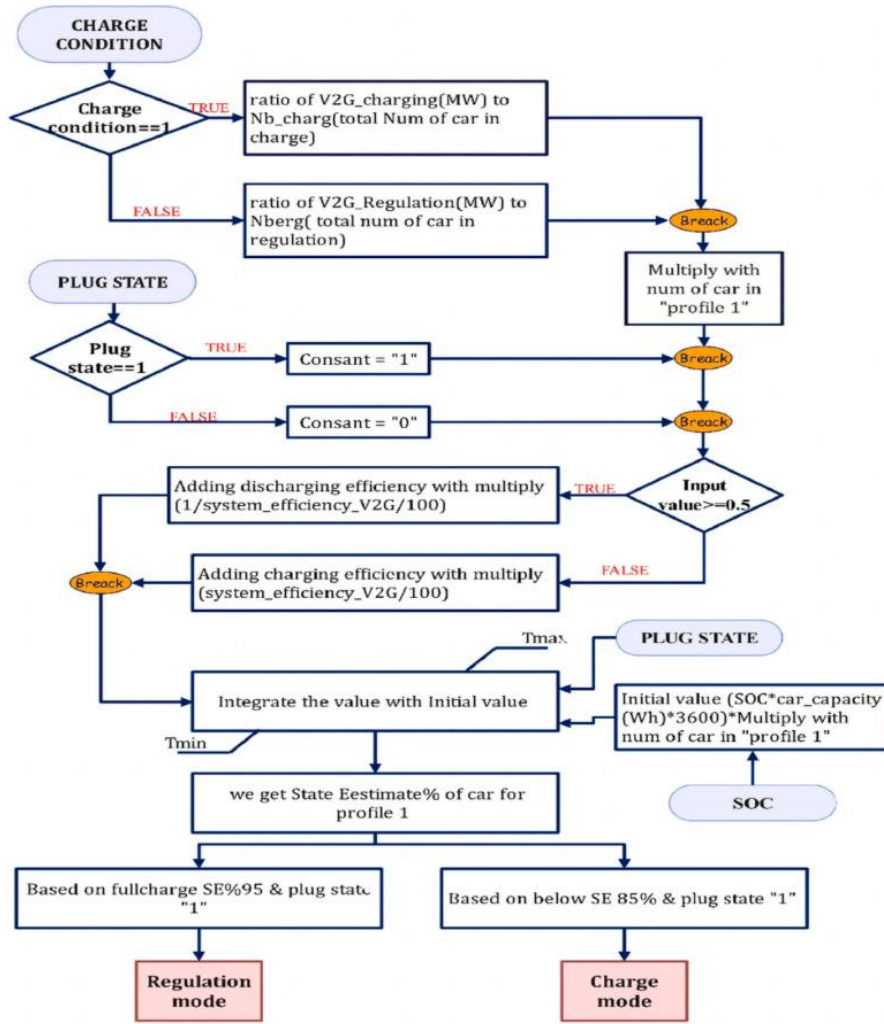
Şekil 4’te dizel jeneratörün blok diyagramı yer almaktadır. Bu mikro şebekedeki RES'in ilk kaynağı, üç değişkene göre enerji üreten bir PV çiftliğidir: elektriği dağıttığı alan, panel verimliliği ve ışıınım verileri. Güneş ışıınımı, bir ışıınım simülasyonu kullanılarak gerçek zamanlı olarak etkinleştirilir. Ek olarak, 12 saat boyunca 300 saniyelik kısmi gölgeleme çoğaltılmıştır. PV alt sistemi hesaplama bölümünde, AC kaynakları kullanılarak şebekeye eklenen akımı belirlemek için dört değişken kullanılır. Bunlar faz-faz AC gerilimleri, güneş ışıınımının özellikleri, güneş panellerinin toplam kullanılabilir alanı ve verimleridir. Hat voltajı, giriş değerlerine göre faz voltajına dönüştürülür.



Şekil 5 PV jeneratörü için blok diyagramı [15]

Şekil 5'te pv jeneratörü için teorik bir blok diyagramı yer almaktadır. Rüzgâr çiftliği, rüzgâr hızı belirli bir noktaya ulaştığında elektrik üretmeye başlar. Rüzgâr hızı izin verilen maksimum hıza ulaştığında rüzgâr santralının şebekeyle bağlantısı kesilir ve rüzgâr maksimum hızın altına düşene kadar bağlantısız kalır.

V2G, genel bir elektrikli araç koleksiyonunu simüle eder. Maske, eklenti ve şarj durumu (SOC) arama tablolarını değiştirerek modelin beş farklı profili arasında geçiş yapacak şekilde ayarlanabilir. Kullanıcı, her bir mevcut bağlantı noktası türünü kaç adet EA'nın takip edeceğini seçebilir. Kullanıcı ayrıca güç dönüştürücü verimliliğini, nominal hacmi ve nominal gücü de seçebilir. Her bir EV'nin güç çıkışı 40 kW'tır ve V2G'nin güç derecesi sonuç olarak 16 MW'tır. Plug-in EV'lerin (PHEV'ler) frekansını düzenlemek için bir toplayıcıya ihtiyaç vardır. Şebeke ağına yerleştirilen V2G toplayıcı monitörleri, elektrikli araç filosunu sürekli olarak izler. Tüm kâr, kaç aracın V2G yeteneğine sahip olduğuna bağlıdır. Şekil 6, V2G'nin düzenleme ve şarj modları için birleştirilmiş akış şemasını göstermektedir.



Şekil 6 Akış şeması [15]

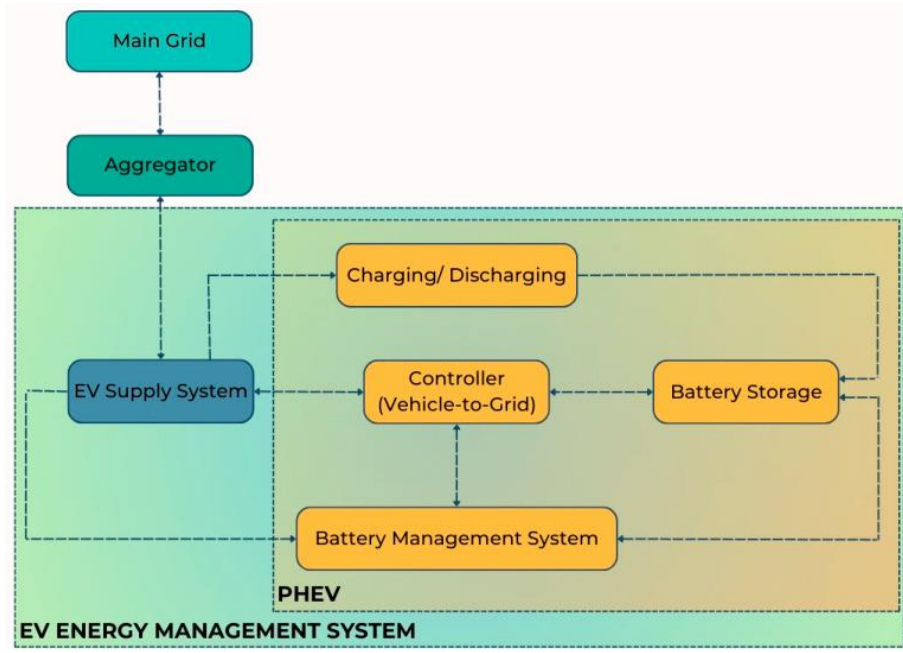
Elektrikli araç filosuna sağlanabilecek enerji, güce dahildir. Operatör, toplayıcıya sinyaller veya emirler gönderebilir ve toplayıcı da bunları elektrikli araç filosuna iletebilir. Sonuç olarak, PHEV filosu düzenleme kapasitesini değerlendirmek ve en iyi teklif stratejisini seçmek mümkündür. Belirli bir PHEV'nin çift yönlü enerji alışverişi yoluyla frekansı düzenlemeye katılımı, toplayıcı tarafından kararlaştırılacak ve yönlendirilecektir. Şarj kontrolörünün, şebekede fazla güç olduğunda veya aşırı frekans senaryosunun yanı sıra önemli bir endüstriyel yük reddedildiğinde veya bir kaynak tekrar devreye girdiğinde bir işlevi vardır. Şarj modundayken elektrikli araçların şarj edilmesi için iki durum araştırılmıştır. Önce prize takma, sonra SOC ikincisi [16].

Tüm elektrikli araç filosundan oluşan beş grup vardır. Her grup, şarj etmek için gereken süreye ve şarj istasyonlarının mevcudiyetine bağlı olarak stokastik bir şarj profiline sahiptir. EV'lerin profilini çıkarmak için SOC ve prize takma süresi

kullanılmıştır. Elektrikli araçların şarj durumunda mı yoksa düzenleme durumunda mı olduğunu belirlemenin yolu Şekil 6'da gösterilmiştir. Takma durumu ve SOC başlatma tarafından getirilen çıkış varyasyonlarını kısıtlamak için SOC kontrolör mimarisi içinde iki sınırlayıcı da uygulanmıştır. Şekil 5, V2G'nin düzenleme ve şarj modları için akış şemasını göstermektedir. Şarj cihazı kontrolörü aşağıda açıklandığı gibi aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Durum Tahmini (SE) %95 ile %85 arasında ayarlanmıştır; bu aralığın dışında, yüksek kaliteli güç çıkışını garanti etmek için şarj işlemi duracaktır.
- SE %85'ten düşük olduğunda elektrikli araçlar şarj modundadır ve %95'ten fazla olduğunda düzenleme modundadır.

Şekil 7, çalışma için kullanılan V2G teknolojisini özetlemekte ve çalışma yapısını göstermektedir. PHEV'lerin frekansını düzenlemek için bir toplayıcıya ihtiyaç vardır. Elektrik şebekesi ağına yerleştirilen V2G toplayıcı monitörleri araç filosunu sürekli olarak izlemektedir. V2G özelliklerine sahip toplam araç sayısı toplam profili belirler. Otomobil filosuna sağlanabilecek enerji, güce dahil edilir. Operatör, toplayıcıya sinyaller veya emirler gönderebilir ve toplayıcı da bunları araç filosuna iletebilir. Sonuç olarak, PHEV filosunun düzenleme kapasitesini değerlendirmek ve en iyi teklif stratejisini seçmek mümkündür. Çift yönlü enerji alışverişini kullanan frekans düzenlemesi, belirli bir PHEV için toplayıcı tarafından kararlaştırılacak ve yönlendirilecektir. V2G kontrolörü, BMS için seçimler yapmak üzere bataryanın şarj seviyesini ve gerçek zamanlı frekansı kullanır. Şarj cihazı/deşarj cihazı blok/sıra kontrolü de V2G kontrolörü tarafından sağlanır. Ek olarak, bataryanın sağlıklı SOC'si BMS tarafından takip edilir [15].



Şekil 7 V2G işleminin gösterimi [15]

BÖLÜM 3. SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI

Simülasyon, bir mikro grid içinde yer alan çeşitli bileşenleri içermektedir. Dizel jeneratör, yenilenebilir enerji kaynakları, araç kullanıcı profilleri ve endüstriyel yüklerin birleşimi, gerçek dünya koşullarını yansıtmaktadır. Bu, simülasyonun güvenilir bir temelde gerçekleştirildiğini ve elde edilen sonuçların gerçek dünya uygulamalarına uygun olduğunu göstermektedir.

Simülasyonun başlangıcında belirlenen parametreler arasında dizel jeneratörün rolü öne çıkmaktadır. Dizel jeneratör, gün içindeki enerji dengesini sağlamak adına etkili bir şekilde çalışmış ve özellikle senaryoda ortaya çıkan beklenmeyen olaylara hızlı bir şekilde tepki vermiştir. Bu, mikro gridin temel enerji sağlayıcısı olan dizel jeneratörün ne kadar esnek ve güvenilir olduğunu göstermektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları olan PV ve rüzgâr enerjisi, simülasyon boyunca dinamik bir performans sergilemiştir. Güneş yoğunluğundaki değişimlere ve rüzgâr hızındaki dalgalanmalara bağlı olarak üretimdeki değişikliklere hızlı bir şekilde uyum sağlamışlardır. Bu durum, mikro gridin sürdürülebilir ve çevre dostu bir enerji kaynağına sahip olduğunu vurgular.

Araçtan Şebekeye (V2G) sistemi ise simülasyondaki belki de en dikkat çekici bileşendir. V2G sistemi, elektrikli araçların enerji depolama kapasitelerini kullanarak şebekeye sağladığı katkıyı yönetmiş ve özellikle senaryoda ortaya çıkan frekans sapmalarını düzeltme konusunda etkileyici bir performans sergilemiştir. Beş farklı araç kullanıcı profili, sistemin gün içindeki enerji taleplerini çeşitlendirmiş ve V2G sisteminin esnekliğini ortaya koymuştur.

Modelin simülasyonu 24 saattir. Güneş ışınımının en yüksek yoğunluğu gün ortasında meydana gelir ve düzenli bir dağılım aralığını takip eder. Gün boyunca rüzgarın şiddetinde birkaç zirve ve küçük şiddette kısa patlamalar görülüyor. Evsel yükü simüle etmek için konut yükü tüketimi modeline yakından yaklaşan tipik bir model kullanılır. Gündüz tüketimi minimum düzeydedir ve akşam saatlerinde en yüksek seviyeye ulaşır ve gece boyunca giderek azalır. Gün boyunca şebeke parametreleri aşağıdaki üç durumdan etkilenecektir:

- ASM'nin başlangıcı üçüncü saatin başındaydı.
- Öğle vakti, güneş enerjisinin ne kadar üretildiğini etkileyen bir miktar kısmi gölgelenme fark edilecektir.

- Rüzgâr hızı izin verilen en yüksek rüzgâr hızından daha yüksek olduğunda bir rüzgâr çiftliği her 22 saatte bir açılır.

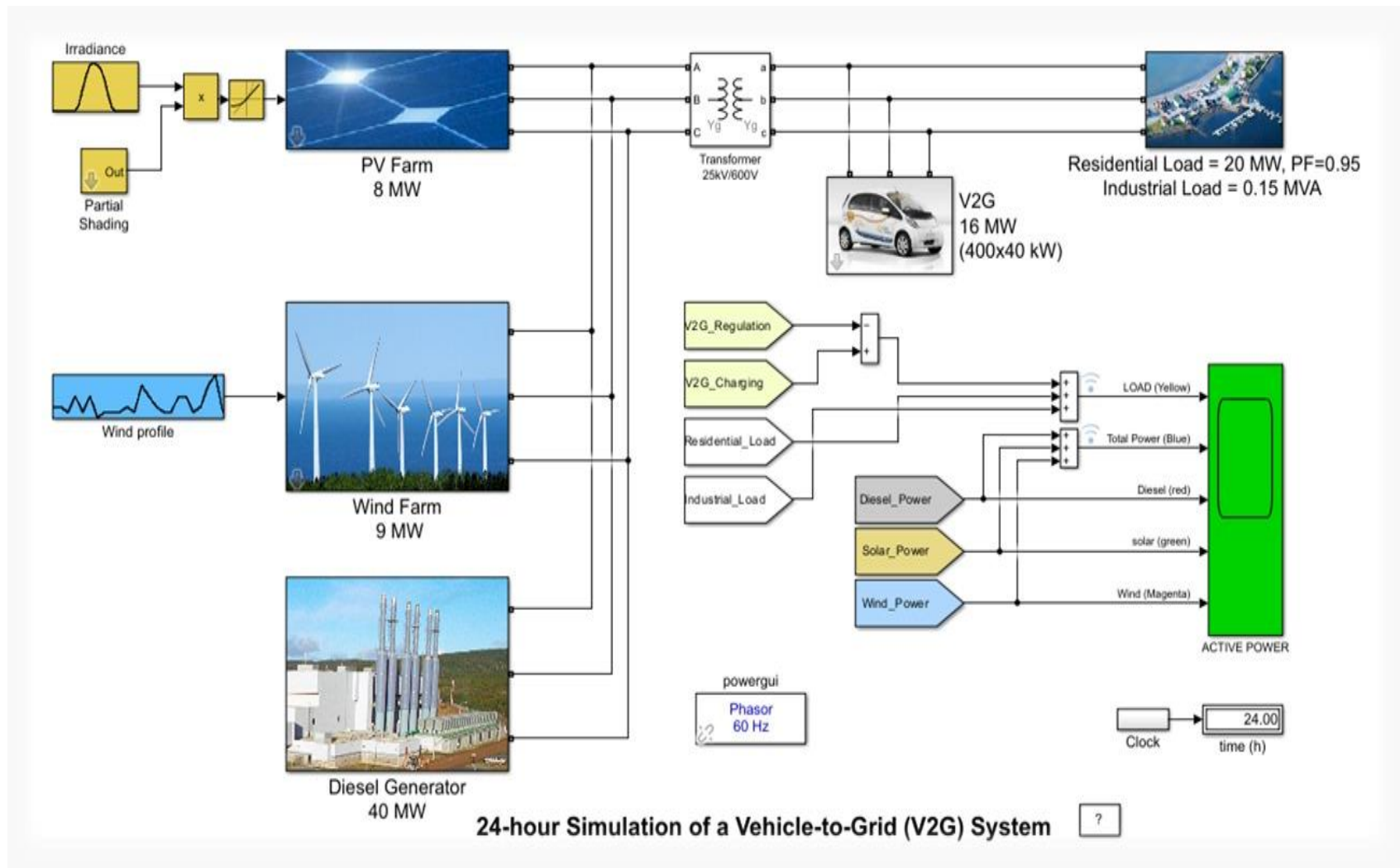
Çalışmanın öncelikli amacı sistem gücünü dengelemek, voltaj ve frekans gibi sistem özelliklerindeki değişiklikleri azaltmak ve şebekeden ithal edilen elektrik miktarını sınırlamaktır.

Çalışma, tüketicilere yüksek kalitede elektrik sağlarken aynı zamanda maliyetleri düşürmeye odaklanıyor; çünkü asıl amaç, enerji şebekesi ile enerji etkileşimini ve sistem özelliklerindeki değişiklikleri en aza indirmektir.

Metodolojinin bazı varsayımları aşağıda listelenmiştir:

- Simülasyon, mikro şebekenin 24 saat boyunca sürekli olarak çalıştığını varsaymaktadır.
- Modele göre DG doğrusal bir frekans düşüşü karakteristiğine sahip olabilir. Sonuç olarak referans değerinden frekans farkı, regülatörün hızı ne kadar hızlı ayarlayacağını doğrudan etkiler.
- Model, elektrik frekansını ölçen sensörlerin ve motora yakıt beslemesini değiştiren aktüatörün anında ve hatasız tepki verdiğini varsayabilir.
- Model, mükemmel transformatörlerin, invertörlerin ve voltaj regülatörlerinin yanı sıra diğer kayıpsız ve ideal bileşenleri varsayar. Bu bileşenler, transformatör veya dönüştürücü kayıpları gibi gerçek dünyadaki kayıpları dikkate almaz.
- Şarj/deşarj oranları ve pilin bozulması gibi gerçekçi kısıtlamalar dikkate alınmaksızın, V2G sisteminin elektrikli arabalarla tamamen çift yönlü güç alışverişine sahip olduğuna inanılıyor.

Şekil 8 MATLAB-SIMULINK programında oluşturulmuş tüm sistematğin şeması yer almaktadır. Çalışma için tüm işlemler bu sistematik üzerinde yapılmıştır. Her bir modül içerisinde birçok modül barındırmaktadır ve hesaplamaları yapıldıktan sonra tek tek burada sistematğin içerisine entegre edilmiştir.

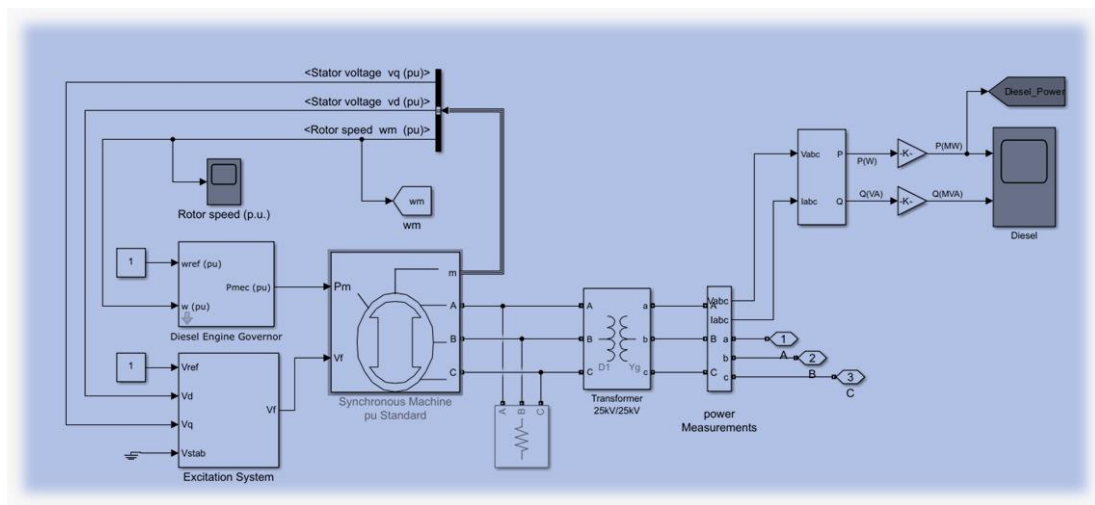


Şekil 8. Sistem Şeması

3.1. Simülasyon Parametreleri

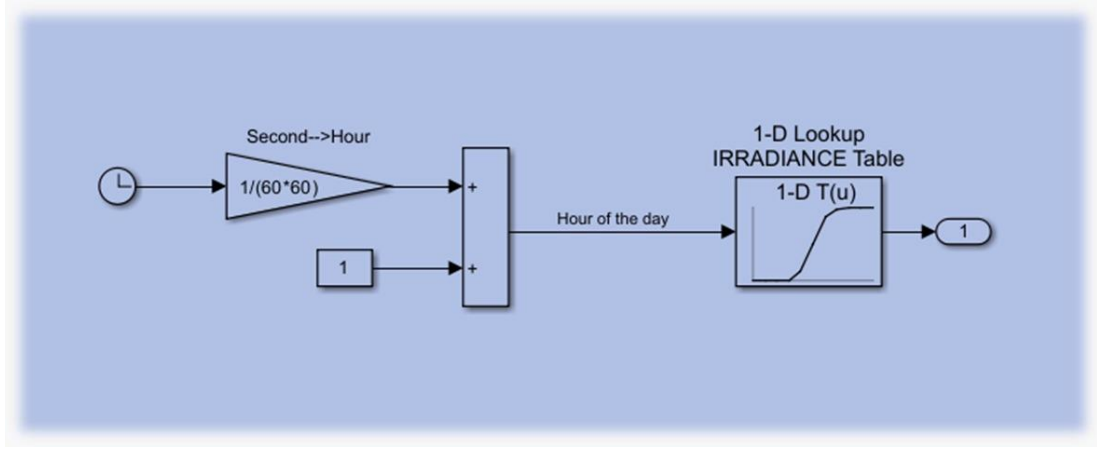
Simülasyon, bir mikro grid içindeki çeşitli bileşenlerle gerçekleştirilmiştir. Dizel jeneratör, yenilenebilir enerji kaynakları, araç kullanıcı profilleri ve endüstriyel yüklerin birleşimi, gerçek dünya senaryolarını yansıtmaktadır.

Dizel Jeneratör: Gün içinde enerji dengesini sağlamak için kullanılan temel enerji kaynağı. Sistematik içerisinde dize jeneratöre ait şematik görsel Şekil 9’da verilmiştir.

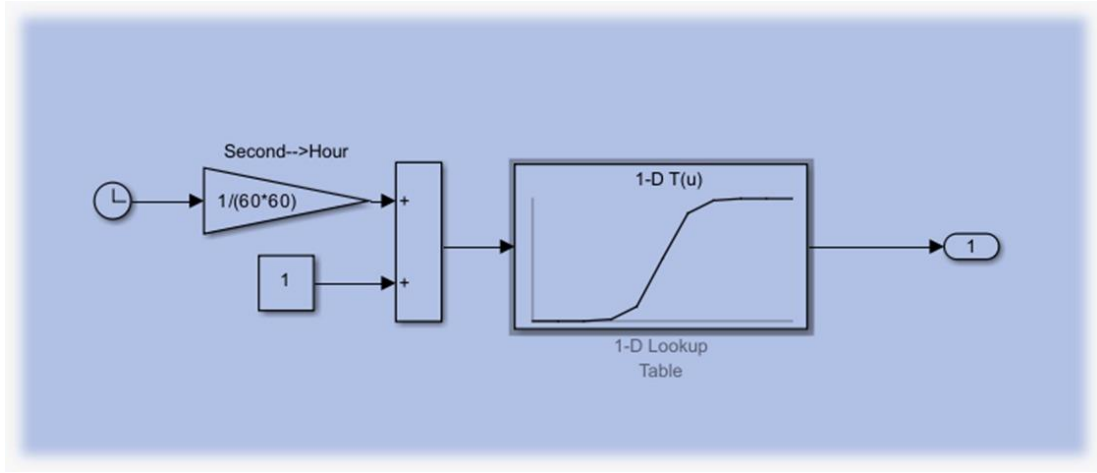


Şekil 9. Dizel Jeneratör Şematiği

Yenilenebilir Enerji Kaynakları: PV ve rüzgâr enerjisi, mikro gridin sürdürülebilirliğini temsil eder. Şekil 10'da güneş enerjisi, Şekil 11'de rüzgâr enerjisinin sistematik içerisinde şematik gösterimleri yer almaktadır. Bu şematiklerden enerji ile ilgili çeşitli parametre değerleri ve hesaplamaları yapılabilmektedir.



Şekil 10. Güneş Enerjisi Şematiği



Şekil 11. Rüzgar Enerjisi Şematiği

Araçtan Şebekeye (V2G) Sistemi: Elektrikli araçların şarj ve deşarj işlemleriyle şebekeye sağladığı katkıyı yönetir.

Endüstriyel Yük: Mikro griddeki enerji talebini artıran indüktif bir yükü temsil eder.

Simülasyon, gerçekçi bir senaryo üzerinden tasarlanmıştır. Güneş yoğunluğu, rüzgâr hızı ve endüstriyel yük gibi faktörler gün içinde değişmektedir. Üç önemli olay, sistemde frekans sapmalarına neden olacak şekilde entegre edilmiştir: asenkron makinenin devreye girmesi, güneş enerjisi üretimini etkileyen kısmi gölgeleme ve rüzgâr çiftliği devreye girme durumu.

Simülasyonda kullanılan tüm parametreler MATLAB-SIMULINK programında kurulan diyagram üzerinde detaylı olarak gösterilmiştir.

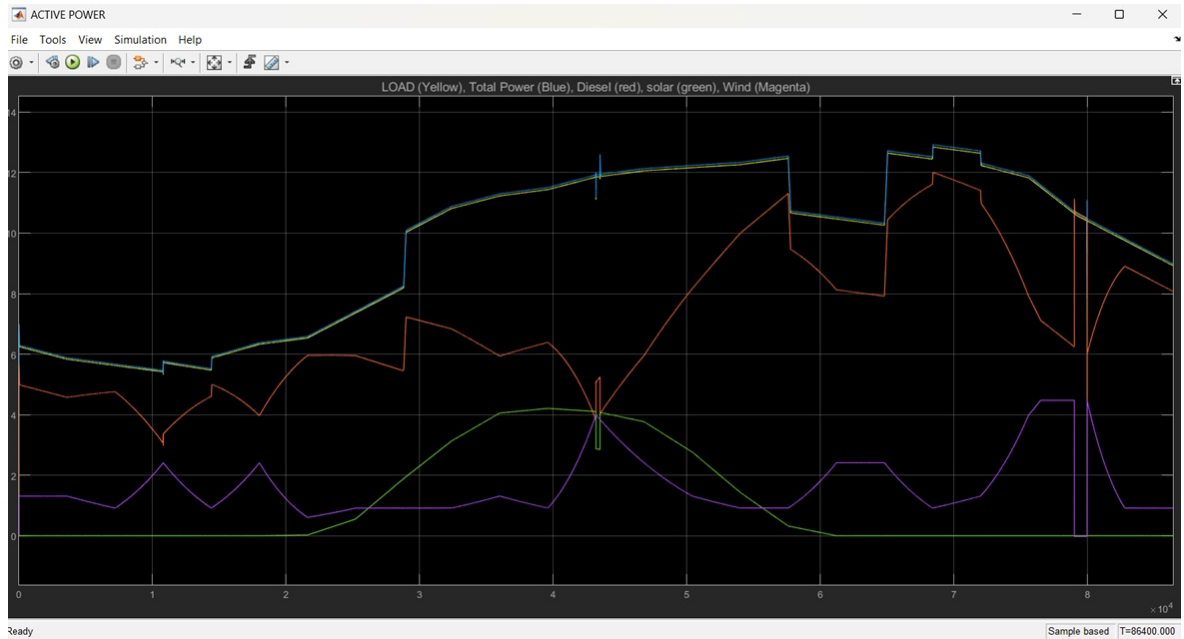
3.2. Simülasyon Sonuçları

Simülasyon sonuçları, 24 saatlik süre içinde mikro gridin performansını detaylı bir şekilde gösterir. Dizel jeneratörün enerji dengeleme yeteneği, yenilenebilir enerji kaynaklarının dalgalanmalarına karşı adaptasyonu ve V2G sisteminin şebeke frekansını düzenleme etkinliği gözlemlenir.

Şebeke Frekansı Düzenleme: V2G sistemi, beklenmeyen olaylara hızlı bir şekilde tepki vererek şebeke frekansındaki sapmaları düzeltme kapasitesine sahiptir.

Araç Kullanıcı Profilleri: Beş farklı araç kullanıcı profili, gün içindeki enerji taleplerini çeşitlendirir. Bu, V2G sisteminin esnekliğini ve optimize edilebilirliğini vurgular.

Enerji Depolama ve Çıkarma: Elektrikli araçlar, enerji depolama kapasitelerini kullanarak enerji talebindeki zirveleri dengeleme ve şebekeye enerji sağlama yetenekleri ile etkileyici bir performans sergiler. Şekil 12’de yapılmış olan simülasyonun 24 saat için üretim-tüketim grafiği yer almaktadır. Bu grafikten 24 saat için tüm enerji kaynaklarının ve yüklerin nasıl bir performans sergileyeceği gözlemlenebilmektedir.



Şekil 12. 24 saat için üretim-tüketim grafiği

BÖLÜM 4. SONUÇLAR

Günden güne artan elektrikli araçlar ve binaların enerji ihtiyacını artıracığından hiç şüphe duyulmamaktadır. İklim değişikliği ve karbon emisyonlarını azaltmak için dünya genelinde yenilenebilir enerjiye talep artmaktadır. Fosil yakıtların iklim değişikliğine etkileri, karbon emisyonuna sebep olması ve artan enerji ihtiyaçları karşısında fosil yakıtların artan fiyatları ülkeleri yeni çözüm araçları bulmaya itmektedir. Hem konutları hem elektrikli araçları hem de olası diğer yükleri çeşitli enerji kaynaklarından beslemek bu yönde atılmış alternatif bir yöntemdir. Elektrikli araç sektörünün gelişmesiyle birlikte elektrikli araçların binalara ve çeşitli yüklere enerji sağlaması gündeme gelmiştir. Yapılan çalışma bu kapsamda ilerisi için umut edici sonuçlar vermektedir. Elde edilen grafik ile 24 saat içinde yükler ve enerji kaynaklarının nasıl bir performans sergileyeceği gözlemlenebilmektedir. İstenilen performansa göre simülasyon içerisinde çeşitli değişiklikler ve oynamalar yapılabilir. Ek olarak optimizasyon çalışması yapılarak istenilen en doğru sonuçları elde etmek mümkün olabilmektedir. Bu simülasyon, V2G sisteminin mikro grid içindeki rolünü ve performansını değerlendirmek adına bir temel oluşturur. Gelecekteki çalışmalar, daha karmaşık senaryolar, farklı araç modelleri ve daha büyük mikro grid yapıları üzerine odaklanabilir. V2G sistemleri, enerji sektöründe sürdürülebilirliği ve esnekliği artırmak adına gelecekteki önemli bir oyuncu olabilir.

BÖLÜM 5. KAYNAKLAR

- [1] EV Everywhere Grand Challenge: Road to Success. US Department of Energy; Washington, DC, USA: 2014.
- [2] Galus M.D.A.G., Vayá M.G., Krause T. WIREs Energy and Environment. Wiley Online Library; Hoboken, NJ, USA: 2012. The role of electric vehicles in smart grids; pp. 1–17.
- [3] E-Mobility: Closing the Emissions Gap. World Energy Council; London, UK: 2016.
- [4] Tarroja B., Shaffer B., Samuelson S. The importance of grid integration for achievable greenhouse gas emissions reductions from alternative vehicle technologies. *Energy*. 2015; 87:504–519. doi: 10.1016/j.energy.2015.05.012.
- [5] India's Electric Vehicle Transition. CEEW The Council; New Delhi, India: 2019.
- [6] Chen Z., Carrel A.L., Gore C., Shi W. Environmental and economic impact of electric vehicle adoption. *Environ. Res. Lett.* 2021; 16:045011. doi: 10.1088/1748-9326/abe2d0.
- [7] Sovacool B.K., Hirsh R.F. Beyond batteries: An examination of the benefits and barriers to plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and a vehicle-to-grid (V2G) transition. *Energy Policy*. 2009; 37:1095–1103. doi: 10.1016/j.enpol.2008.10.005.
- [8] IEA Global EV Outlook 2021, IEA, Paris. 2021. [(accessed on 1 February 2023)]. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>.
- [9] Hashemi-Dezaki H., Hamzeh M., Askarian-Abyaneh H., Haeri-Khiavi H. Risk management of smart grids based on managed charging of PHEVs and vehicle-to-grid strategy using Monte Carlo simulation. *Energy Convers. Manag.* 2015; 100:262–276. doi: 10.1016/j.enconman.2015.05.015.
- [10] DeForest N., MacDonald J.S., Black D.R. Day ahead optimization of an electric vehicle fleet providing ancillary services in the Los Angeles Air Force Base vehicle-to-grid demonstration. *Appl. Energy*. 2018; 210:987–1001. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.07.069.
- [11] Zheng Y., Shang Y., Shao Z., Jian L. A novel real-time scheduling strategy with near-linear complexity for integrating large-scale electric vehicles into

- smart grid. Appl. Energy. 2018; 217:1–13. doi: 10.1016/j.apenergy.2018.02.084.
- [12] Mehrjerdi H., Bornapour M., Hemmati R., Ghiasi S.M.S. Unified energy management and load control in building equipped with wind-solar-battery incorporating electric and hydrogen vehicles under both connected to the grid and islanding modes. Energy. 2018; 168:919–930. doi: 10.1016/j.energy.2018.11.131.
 - [13] Mehrjerdi H., Rakhshani E. Vehicle-to-grid technology for cost reduction and uncertainty management integrated with solar power. J. Clean. Prod. 2019; 229:463–469. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.023.
 - [14] International Energy Agency Grid Integration of Electric Vehicles A Manual for Policy Makers. March 2022. [(accessed on 1 July 2023)]. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/21fe1dcb-c7ca-4e32-91d4-928715c9d14b/GridIntegrationofElectricVehicles.pdf>
 - [15] Sarda J, Raj Y, Patel A, Shukla A, Kachhatiya S, Sain M. A Vehicle-to-Grid System for Controlling Parameters of Microgrid System. Sensors (Basel). 2023 Aug 1;23(15):6852.
 - [16] Chola, Robin & Singh, Shashi. (2021). A Case Study on 24-h Simulation of V2G System. 10.1007/978-981-15-5313.