TMMOB
Elektrik Mühendisleri Odası
İZMİR ŞUBESİ

Uygulama, Mevzuat ve Mühendislik Yaklaşımıyla

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARI

DAHA TEMİZ
DAHA AKILLI
DAHA GÜÇLÜ
BİR GELECEK

Elektrikli Araçlarda Akıllı Şarj ve Araçtan Şebekeye (V2G) Teknolojileri

Akıllı Şarj | V2G | Talep Tarafı Yönetimi | Şebeke Esnekliği | Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu



Prof. Dr. Mutlu BOZTEPE
Ege Üniversitesi

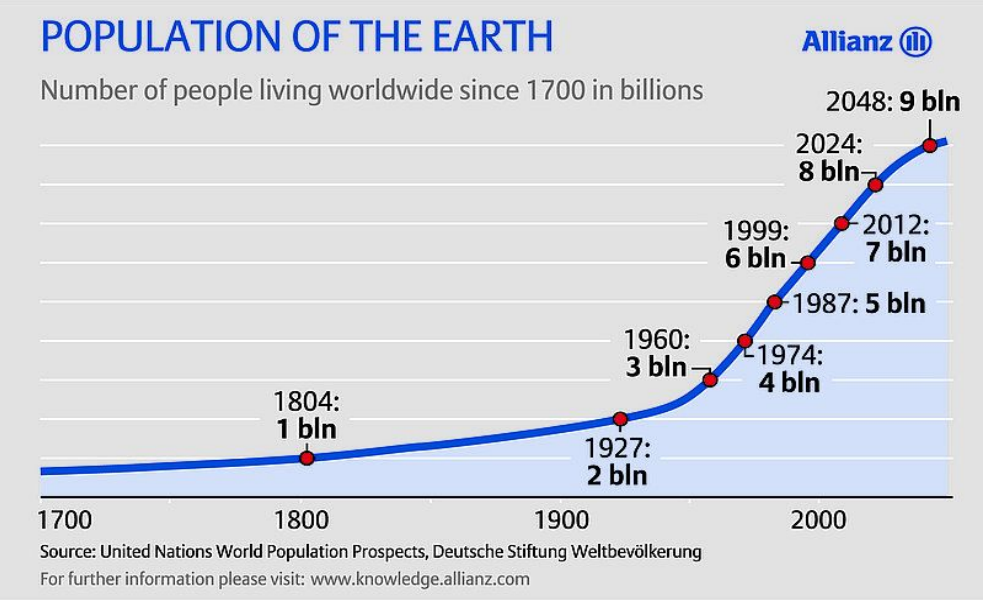
SÜRDÜRÜLEBİLİR ULAŞIM | TEKNOLOJİ VE YENİLİK | TEMİZ ENERJİ YAŞANABİLİR YARINLAR

EMO İzmir Şubesi
Hizmet ve Eğitim Merkezi, 11 Kasım 2026

Enerji paradoksu

- Enerji kullanımı arttıkça yaşam konforu ve refah yükseliyor.
- Refah yükseldikçe popülasyon, yani Dünya nüfusu artıyor.
- Kişi başına tüketilen enerji miktarı yaşam kalitesinin bir ölçüsü olarak alınırsa, yaşam kalitesinin düşmemesi için,

<u>Dünya nüfusunun artış hızı oranında enerji üretiminin de artması gerekiyor</u>.



Elektrikli Araçlarla Birlikte Enerji Talebi artacak!

- Türkiye'de otomobiller yılda ortalama 13.500 km yol yapıyor (TÜİK 2023)
- Öyleyse bir elektrikli aracın ortalama yıllık enerji ihtiyacı;

  *(13.500 km) * (15 kWh/100km) = 2025 kWh/yıl*
- Türkiye'de kayıtlı yaklaşık 17 Milyon otomobilin elektrikli olması durumunda gerekecek enerji miktarı,

  *(2025 kWh/yıl) * (17 Milyon)= 34,4 Milyar kWh/yıl*
- Bu değer Türkiye'nin ,
  - **2025 yılındaki elektrik tüketiminin (~361 Milyar kWh) yaklaşık %10'u,**
  - **Konutların 1 yılda tükettiği enerjinin (62 Milyar kWh) yarısından fazla.**
- Dolayısıyla sadece otomobillerin değil bütün araçların (Kamyon, Otobüs, Tır, ticari araçlar vb.) elektrikli olması durumunda konutların tüketiminden çok daha fazla bir enerji ihtiyacı doğacaktır.
- **Bu enerji talebi hangi kaynaklardan karşılanabilir ve nasıl yönetilmeli!**

Konvansiyonel ve Yenilenebilir Enerji Üretim Yöntemleri





Konvansiyonel enerji kaynakları

- Kömür, doğal gaz, petrol ve nükleer enerji
- Kontrollü ve programlanabilir üretim
- Yakıt ve işletme maliyetleri
- **Talebe göre güç ayarlama imkânı**
- **Fosil yakıtlarda yüksek karbon emisyonu**

Yenilenebilir enerji kaynakları

- Güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle
- Doğal kaynaklara dayalı üretim
- Düşük işletme kaynak maliyeti
- **Düşük yaşam döngüsü emisyonu (kaynağa göre değişir)**
- **Güneş ve rüzgârda değişken üretim**

Enerji Üretim Yöntemlerinin Değerlendirmesi

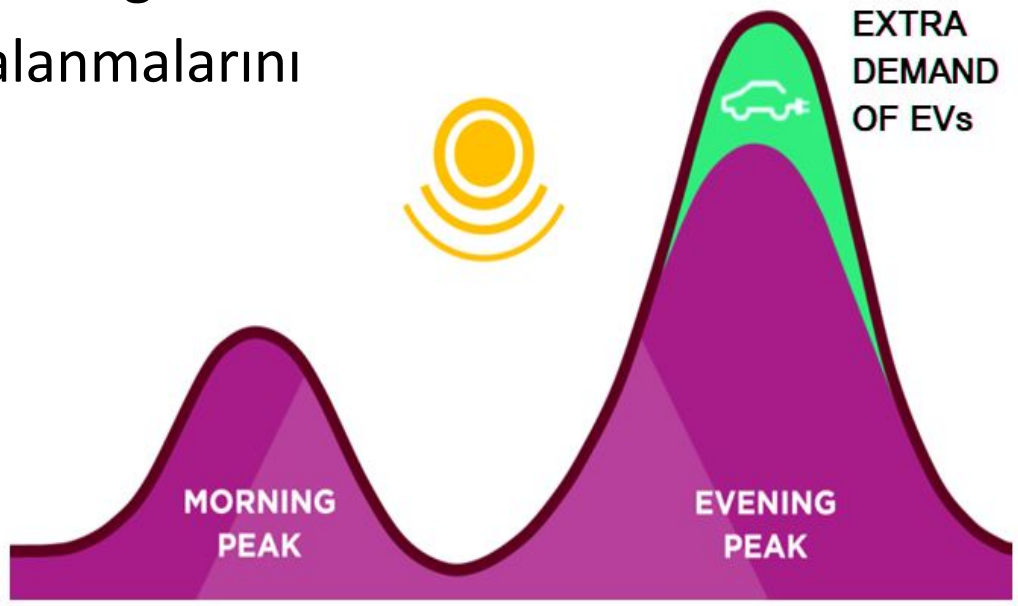
- **1. Süreklilik (Continuity)**
  - Konvansiyonel santrallerde üretim, yakıt ve işletme koşulları elverdiğinde kontrol edilebilir.*
  - Güneş ve rüzgâr enerjisinde üretim meteorolojik koşullara bağlıdır.
  - Üretim-talep dengesinin korunması için enerji depolama ve esnek üretim sistemleri önemlidir.
- **2. Verimlilik (Efficiency)**
  - Termik santrallerde yakıtın elektrik enerjisine dönüşümü sırasında termodinamik kayıplar oluşur.
  - Yenilenebilir sistemlerde yakıt tüketimi olmadan elektrik üretimi sağlanır.
  - Sistem verimliliği; dönüşüm kayıpları, kapasite faktörü, depolama ve şebeke kayıplarıyla birlikte değerlendirilmelidir.
- **3. Sürdürülebilirlik (Sustainability)**
  - Fosil yakıt kullanımı sera gazı emisyonlarına ve çevresel etkilere neden olur.
  - Yenilenebilir enerji kaynakları yaşam döngüsü boyunca genellikle çok daha düşük karbon ayak izine sahiptir.
  - Kaynakların sürdürülebilirliği; arazi kullanımı, hammadde ihtiyacı, geri dönüşüm ve ekosistem etkileriyle birlikte değerlendirilmelidir.

Konvansiyonel santraller üretim kontrolü açısından avantaj sağlarken, yenilenebilir kaynaklar düşük karbonlu enerji dönüşümünün temelini oluşturur.

**Nükleer santraller teknik ve ekonomik nedenlerle her zaman hızlı yük takibi yapamaz. Hidroelektrik ve jeotermal gibi yenilenebilir kaynaklar da uygun koşullarda daha sürekli üretim sağlayabilir.*

Mevcut Şebeke Altyapısı Yeterli mi?

- Elektrikli araçların hızlı şarj olması istenir. Buna göre ~75 kWh bataryayı 15 dk'da tam şarj etmek için >300 kW güç gerekir.
- Elektrikli araç sayısı arttığında mevcut elektrik şebekesi bu yükü kaldıramaz, çünkü maksimum güç gereksinimi çok artmaktadır.
- Şebekenin maksimum gücünü yükseltmek çözüm değildir ve aşırı pahalı bir altyapı yatırımı gerektirir.
- Gün içerisindeki güç dalgalanmalarını azaltmaya çalışmak gereklidir.
- Bunun için akıllı şarj yöntemlerine ihtiyaç vardır.



Elektrikli Araç Şarjının Puant Güce Etkisi

- **Örnek hesaplama:** Türkiye'deki otomobil sayısı: ~17 milyon
- Ortalama şarj gücü: 7 kW (AC ev tipi şarj varsayımı)

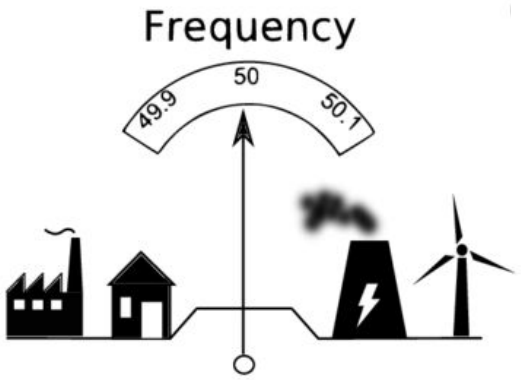
  *Toplam teorik güç talebi = 17 milyon * 7 kW = 119 GW*
- Bu değer, Türkiye'nin Ağustos 2025 yılı puant elektrik talebi olan 57 GW'ın 2 katıdır.
- Ancak tüm araçlar aynı anda şarj olmaz. Gerçekçi senaryoda %40'ı aynı anda şarj edildiği kabul edilirse:

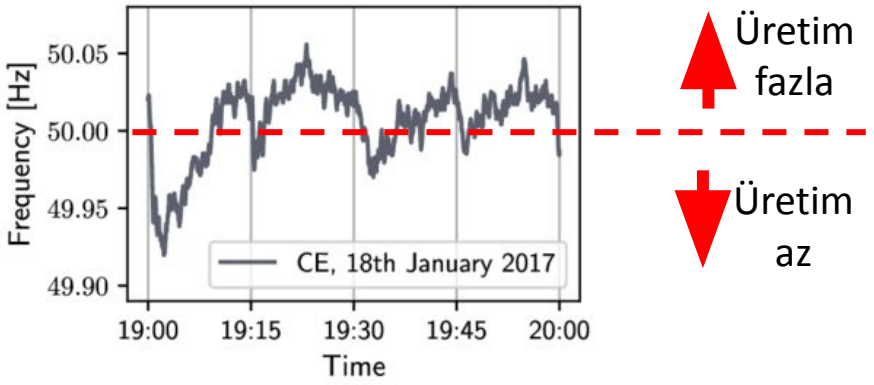
  *Toplam teorik güç talebi = 17 milyon * 7 kW * 0,4= 47,6 GW*

Dolayısıyla;

- **Türkiye'nin elektrik altyapısı, tam elektrikli araç dönüşümünde ciddi şekilde güçlendirilmek zorunda.**
- **Şarj altyapısı, dağıtım kapasitesi ve yenilenebilir enerji yatırımları bu geçiş için kritik.**
- **Elektrikli araçlar, karbon salımını azaltırken enerji talebini de artırır.**

Üretim ve talep arasındaki dengenin sağlanması

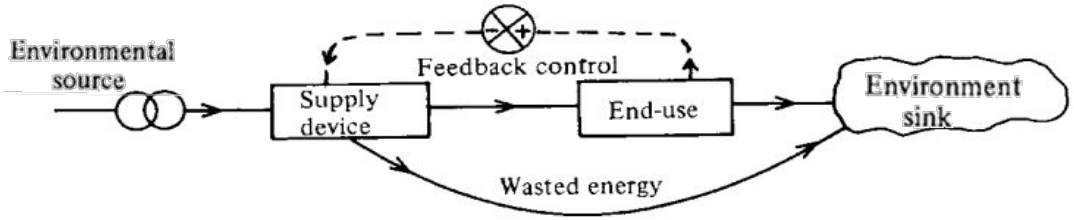




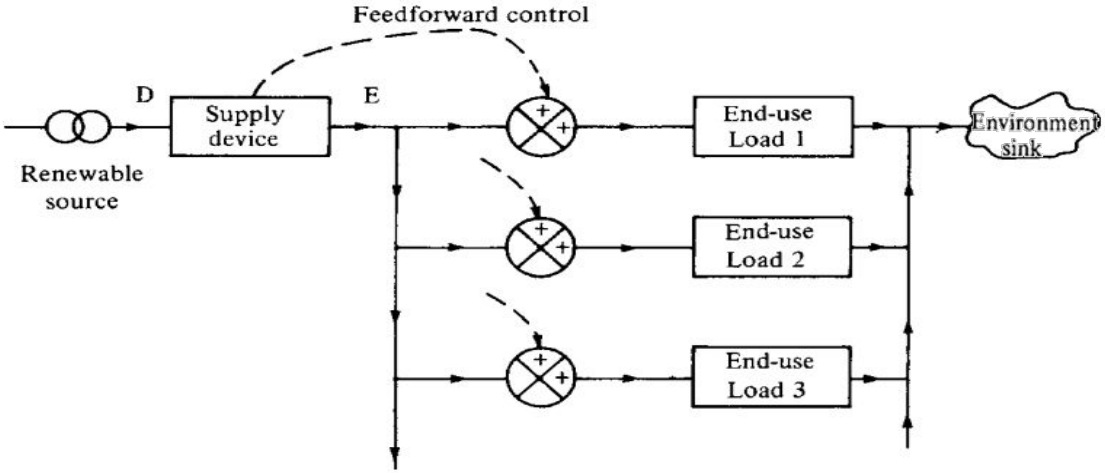
- Enterkonnekte elektrik şebekesinde elektrik senkron jeneratörlerle üretildiği için üretim-tüketim dengesi şebeke frekansına bakarak yapılır.
- Eğer üretim fazla ise jeneratörlerin devri (yani frekans) yükselir.
- Eğer üretim az ise jeneratörlerin devri (yani frekans) düşer.
- Sabit frekans üretim ve tüketimin birbirine denk olduğunun göstergesidir.
- **Soru 1:** Eviriciler üzerinden şebekeye bağlanan ve değişken güç üreten yenilenebilir kaynakların şebekedeki oranı artarsa bu denge nasıl sağlanacak!
- **Soru 2:** Süreksiz ve değişken güce sahip yenilenebilir enerji kaynakları elektrikli araçların yüksek şarj gücü ihtiyacını karşılayabilir mi? (Akşam PV enerji yok!!!)

Yenilenebilir Enerji Kaynağı İle Yük Uyumu (1/2)

- Negatif geri besleme ile o an ihtiyaç yoksa enerji üretimi durdurulur. Dolayısıyla verim düşer. İhtiyacın çok üstünde kurulu güç gerektirir.

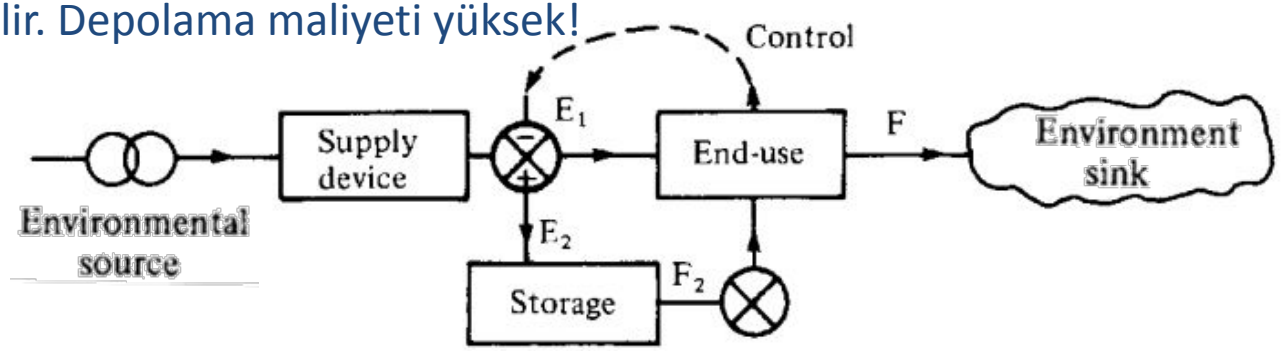


- İleri besleme (Feedforward) kontrol yenilenebilir enerji kaynağının en verimli şekilde kullanımına olanak sağlamaktadır. Çünkü depolama (şarj/deşarj) kayıpları yoktur. Ancak bu yöntemde son kullanıcının tüketimi de kontrol edilmesi gerektiği için en uygun yöntem olduğu tartışmalıdır.

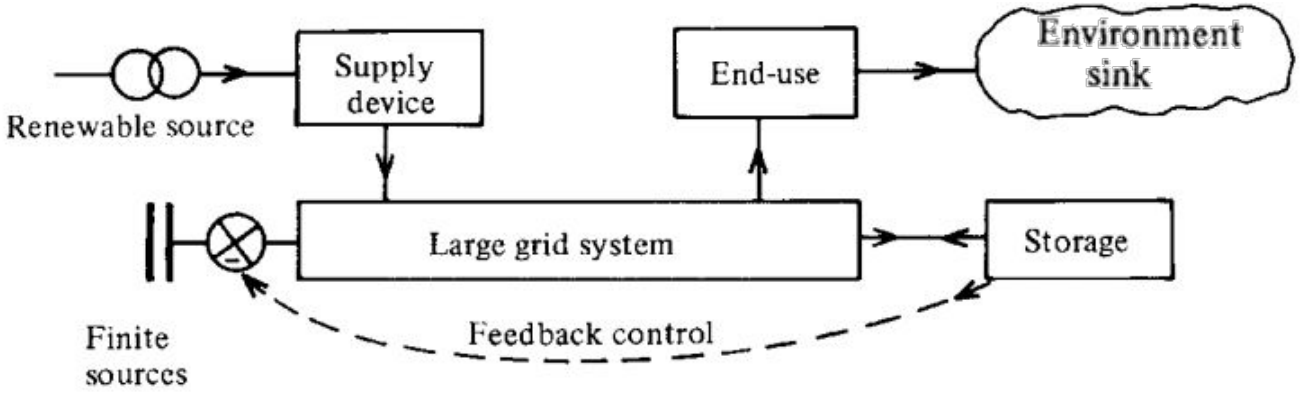


Yenilenebilir Enerji Kaynağı İle Yük Uyumu (2/2)

- Enerji depolama kullanarak yükün dinamik karakteristiği ile enerji üretiminin dinamiği birbirinden bağımsız hale getirilebilir. Küçük boyutlu sistemler için uygun olabilir. Depolama maliyeti yüksek!



- Enerji depolama işlevi büyük kapasiteli bir enerji şebekesi ile de sağlanabilir. Depolama maliyeti mevcut enterkonnekte şebeke ile düşürülebilir.



Enerji Depolamanın Getireceği Faydalar

Elektrik üretimi ile tüketimi arasındaki zamansal uyumsuzluğu gidererek şebekenin güvenilir, esnek ve verimli çalışmasını sağlar.

1. **Üretim – Tüketim Dengesinin Sağlanması :** Elektrik talebi ile üretim arasındaki anlık dengesizliklerin yönetilmesi ve şebeke frekansının korunması.
2. **Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu :** Güneş ve rüzgâr kaynaklarından elde edilen fazla enerjinin depolanarak üretimin düşük olduğu zamanlarda kullanılabilmesi.
3. **Pik Talep Yönetimi (Peak Shaving) :** Talebin yüksek olduğu saatlerde depolanan enerjinin kullanılmasıyla şebeke üzerindeki yükün ve pik güç ihtiyacının azaltılması.
4. **Şebeke Kararlılığının Artırılması :** Frekans ve gerilim kontrolü, hızlı güç desteği ve şebeke esnekliğinin geliştirilmesi.
5. **Enerji Güvenliği ve İşletme Esnekliği :**Kesintilerde yedek enerji desteği sağlanması ve enerji arz güvenilirliğinin artırılması.

Geleceğin elektrik şebekelerinde önemli olan yalnızca enerjiyi üretmek değil, onu doğru zamanda, doğru yerde ve ihtiyaç duyulan miktarda kullanılabilir hâle getirmektir.

Elektrik Enerjisi Depolama Sistemleri

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimindeki değişkenlik ve elektrik talebinin zamana bağlı olarak farklılaşması, enerji sistemlerinde yalnızca üretim kapasitesinin artırılmasını değil, mevcut enerjinin etkin yönetilmesini de gerekli kılmaktadır.
- Bunun için şebeke ölçeğinde enerji depolama sistemlerine ihtiyaç vardır;
  - Li-ion bataryalar,
  - Flow bataryalar,
  - Pompalı hidro sistemler,
  - Basınçlı hava sistemleri,
  - vb.
- Ancak elektrik enerjisini depolamak çok yüksek maliyetli bir yatırımdır.
- Dolayısıyla sahada kullanılabilir olan batarya kapasitesinin maksimum yoğunlukla kullanılması maliyeti optimize edecektir.







Akıllı elektrik şebekesi (Smart grid)

- Akıllı şebekede, enterkonnekte elektrik şebekesi mikro-grid, nano-grid, pico grid vb. alt şebekelere bölünür.
- Her biri ada modunda çalışabilir özellikte olup otonomi süreleri değişebilir.
- Çok esnek yapıları vardır ve her türlü yenilenebilir enerji kaynağını kullanabilir.
- DC, AC veya DC+AC elektrik kullanımı mümkündür
- Bütün hatlarda iki yönlü enerji akışı olabilir.
- Yenilenebilir kaynakları maksimum kullanabilmek için akıllı şebekeye ihtiyaç vardır.



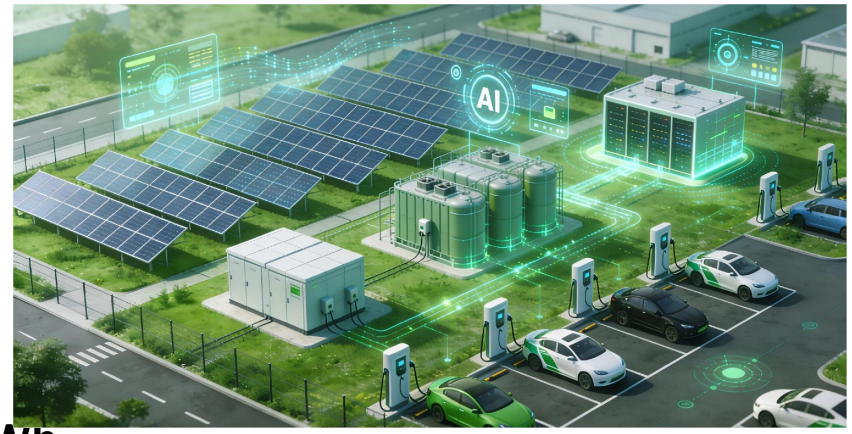
Elektrikli araçlar ile depolama arasındaki bağlantı nedir?

- Bu noktada elektrikli araçlar, akıllı şarj ve V2G teknolojileri sayesinde enerji sisteminin aktif bir bileşeni hâline gelmektedir.
- Bu açıdan bakıldığında elektrikli araç bataryaları önemli bir depolama potansiyeli oluşturmaktadır.
- Fazla üretim dönemlerinde akıllı şarj ile araçlar şarj edilebilir.
- Üretimin yetersiz olduğu veya talebin arttığı dönemlerde V2G ile şebekeye enerji aktarılabilir.
- Böylece yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekeye entegrasyonu desteklenebilir.



Örnek senaryo

- 100 elektrikli araçtan oluşan bir filo düşünelim
- Her araçta 60 kWh batarya olsun
- Bataryaların ortalama doluluk oranı %70 olsun
- Kullanılabilir V2G enerji rezervi için %20 SOC alt sınır hoyalım
- Teorik olarak alt sınırın üzerindeki toplam enerji kapasitesi

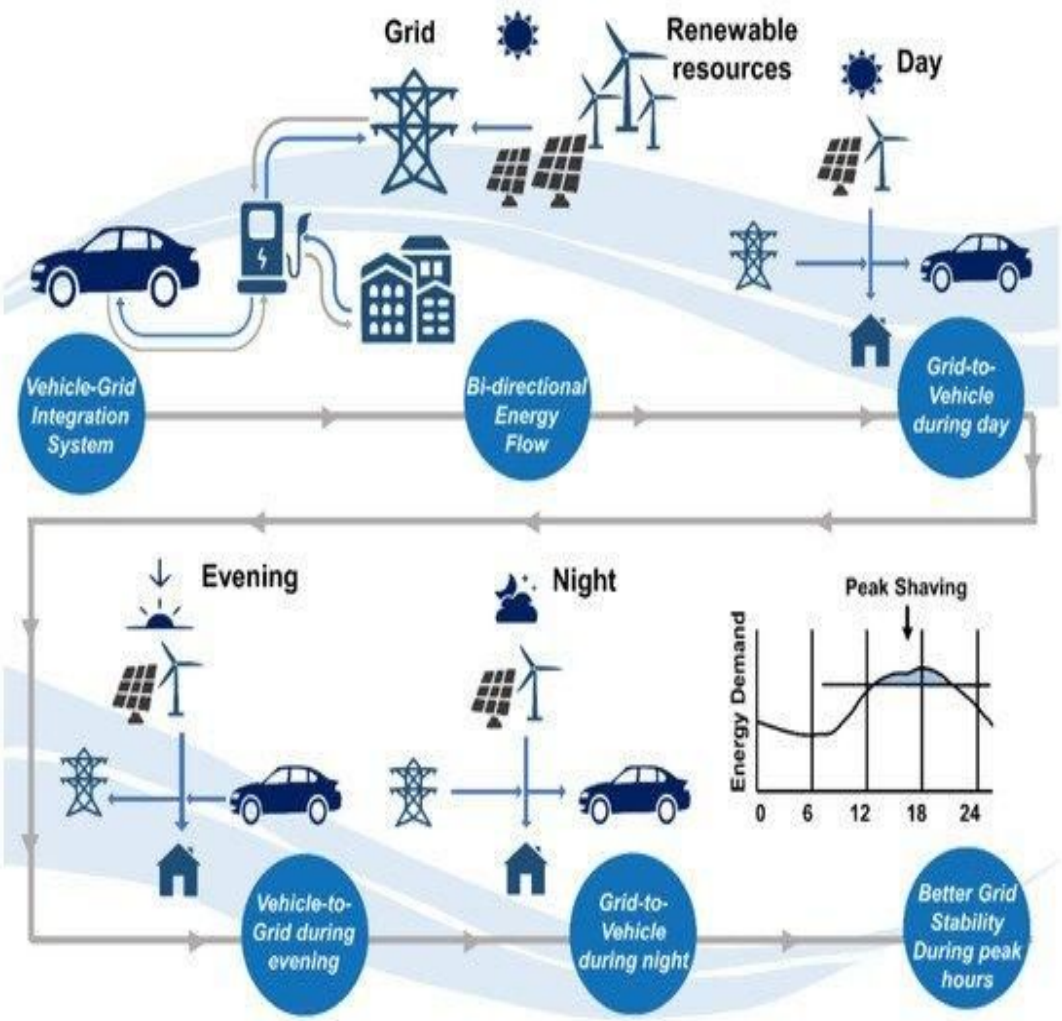


- **100 araç * 60 kWh * (0.70-0.20) = 3.000 kWh**
- Bu örnekte araçların bataryalarında toplam 3 MWh kullanılabilir enerji rezervi bulunmaktadır.
- Ancak gerçek şebekeye aktarılabilecek enerji; araçların bağlantıda bulunması, batarya limitleri, kullanıcıların hareketlilik gereksinimleri ve dönüşüm kayıpları dikkate alınarak daha düşük olacaktır.
- Öyleyse;

Söz konusu bu 100 elektrikli araç,
küçük ölçekli bir enerji depolama santrali gibi çalışabilir mi?

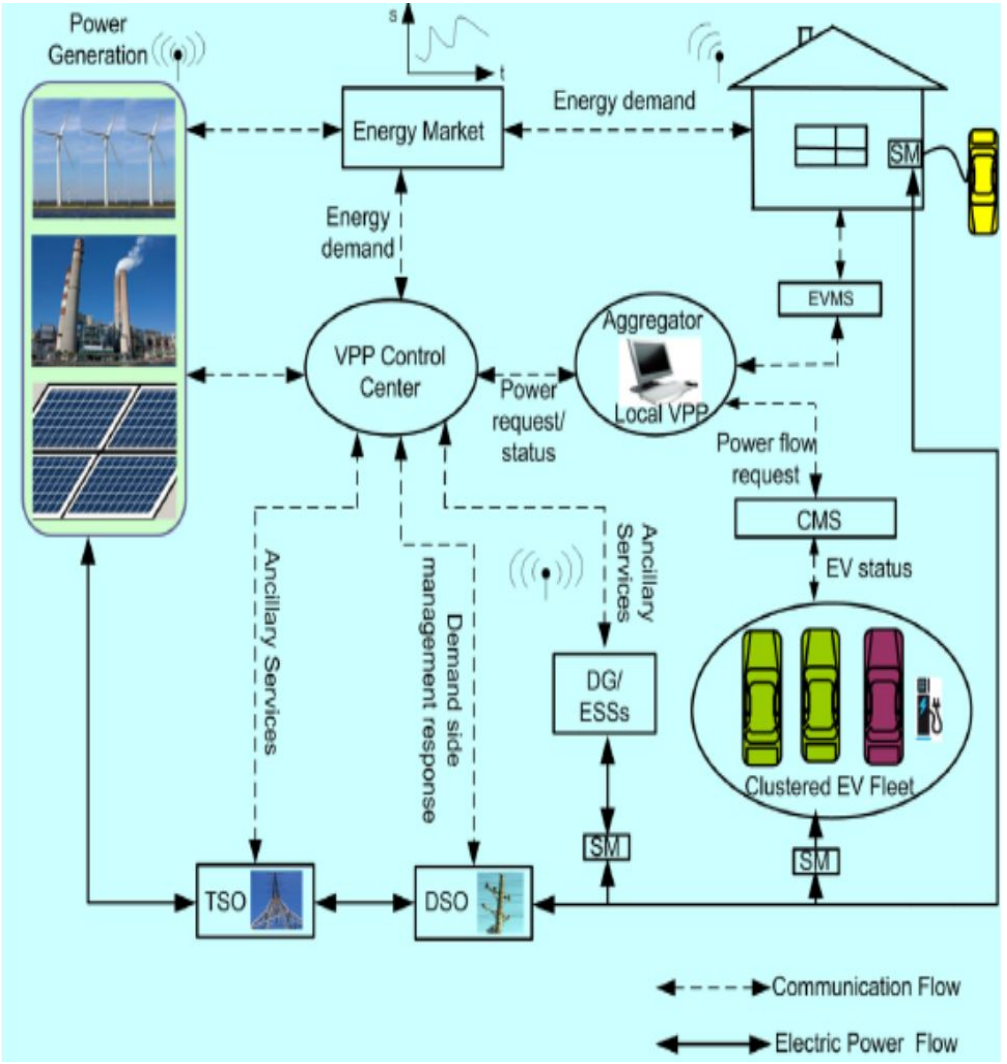
Temel problemin tanımlanması

- Elektrikli araç kullanımındaki artış
- Şarj talebinin elektrik şebekesine etkisi
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının değişken üretimi
- Enerji depolama ihtiyacı
- Akıllı şarj ve V2G:
  - **Smart Charging:** Şarjın ne zaman ve hangi güçte yapılacağını yönetir.
  - **V2G:** Şarjın yanında şebekeye enerji geri aktarımını da mümkün kılar.



Virtual Power Plants (VPP)

- **V2G (Araçtan Şebekeye)** sistemleri ile **aggregator (toplayıcı)** platformları, birbirini tamamlayan etle tırnak gibidir.
- V2G işin donanım ve batarya kısmını oluşturururken, aggregator bu işin arkasındaki "beyin" ve yönetim merkezidir.
- Tek bir elektrikli aracın bataryası şebeke genelinde çok küçük bir damladır. Ancak binlerce araç bir araya geldiğinde devasa bir güç oluşturur.
- İşte **aggregator, bu binlerce küçük bataryayı tek bir merkezde birleştirerek şebekenin ciddiye alacağı büyük bir Sanal Güç Santraline(VPP) dönüştürür.**



Aggregator'ın V2G'deki 4 kritik rolü

1. Sanal Güç Santrali (VPP) Oluşturma

- Elektrik şebekesini yöneten kurumlar (Türkiye'de TEİAŞ gibi), çok küçük enerji miktarları için tek tek evlerle muhatap olmazlar. Şebekeye elektrik satabilmeniz için minimum bir güç seviyesine (örneğin 1 Megawatt) ulaşmak gerekir.
- *Aggregator'ın Rolü: Sisteme bağlı olan 500 ya da 1000 tane evdeki "V2G destekli aracı" dijital olarak birbirine bağlar. Bunları şebekeye tek bir "Sanal Güç Santrali" (Virtual Power Plant) olarak sunar.*

2. Algoritma ile Akıllı Zamanlama Yönetimi

- Bir aracın sahibi saat 18:00'de işten gelip aracını fişe takabilir ama saat 20:00'de acil bir iş için çıkması gerekebilir. Herkesin kişisel programı farklıdır.
- **Aggregator'ın Rolü:** Kullanıcıların mobil uygulamadan girdiği verileri (örneğin: *"Sabah 07:00'de evden çıkacağım ve bataryam %80 dolu olsun"*) analiz eder. Şebekenin ne zaman enerjiye ihtiyaç duyacağını ve hangi aracın ne kadar süre fişte kalacağını yapay zeka algoritmalarıyla hesaplar. Kimseyi mağdur etmeden, doğru zamanda doğru araçtan enerji çeker.

Aggregator'ın V2G'deki 4 kritik rolü

3. Finansal Aracılık ve Esneklik Pazarı

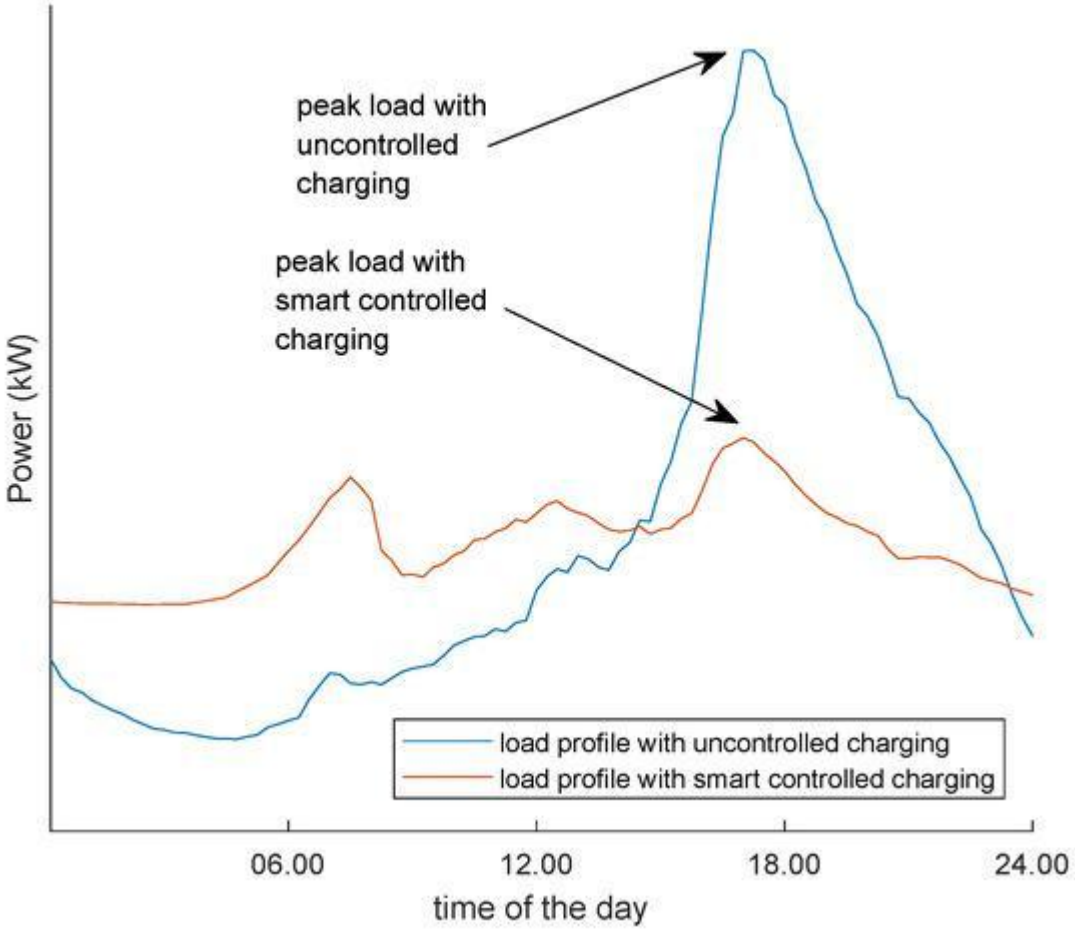
- Şebekede elektrik fiyatları anlık veya saatlik olarak değişir. Bireysel bir sürücünün borsadaki hisse senedi takip eder gibi anlık elektrik fiyatlarını izlemesi imkansızdır.
- ***Aggregator'ın Rolü:*** *Enerji borsasına doğrudan entegredir. Elektriğin en pahalı olduğu dakikaları yakalar, V2G sistemini tetikler ve aracınızdaki elektriği şebekeye en yüksek fiyattan satar. Kazandığı bu kardan sürücüye pay (indirimli elektrik veya nakit ödeme) verir.*

4. Batarya Sağlığı ve Güvenlik Optimizasyonu

- Lityum-iyon bataryaların şebekeye sürekli elektrik verip alması, kontrolsüz yapıldığında batarya ömrünü kısaltabilir.
- ***Aggregator'ın Rolü:*** *Aracın batarya yönetim sisteminden (BMS) gelen verileri okur. Bataryayı aşırı ısıtmayacak, hücre ömrünü yıpratmayacak güvenli sınırlar dahilinde (örneğin bataryayı asla %20'nin altına düşürmeden) deşarj işlemini yönetir.*

Kontrolsüz Şarj (Uncontrolled Charging)

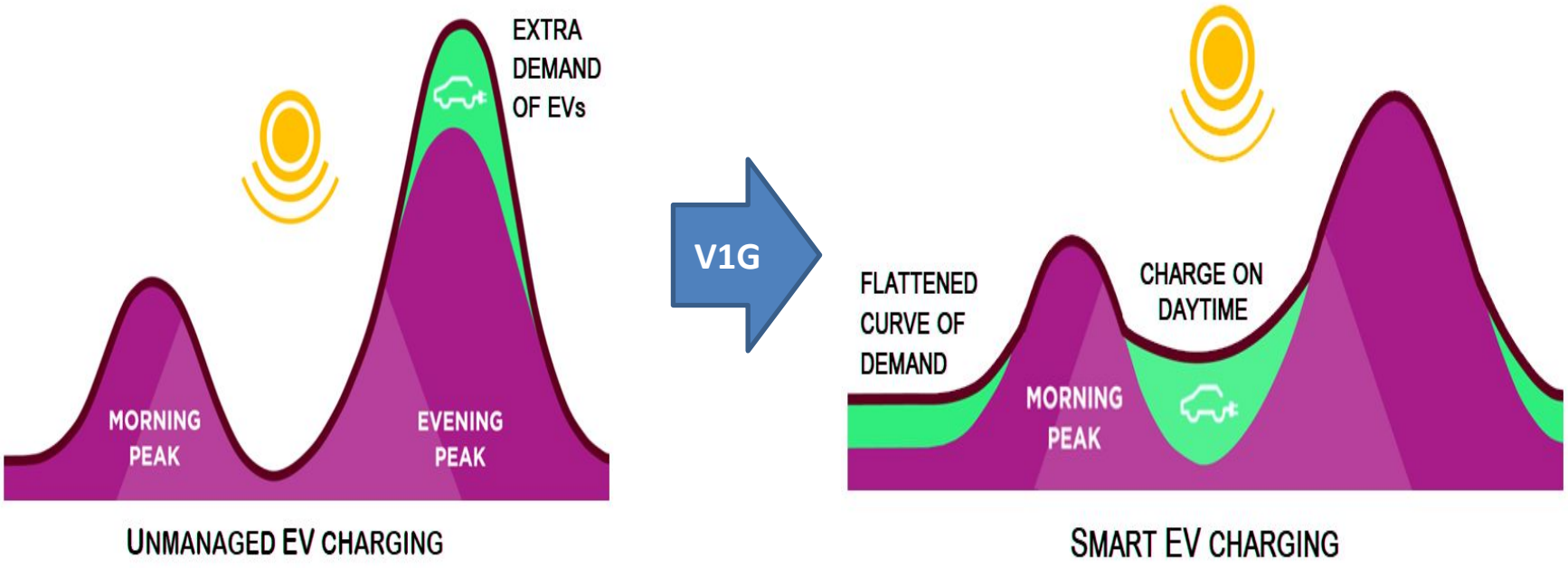
- Araçlar bağlandıkları anda maksimum veya mevcut güç sınırlarında şarj olur.
- Eş zamanlı talep artışı pik yükleri yükseltebilir.



Kaynak: https://www.mdpi.com/1996-1073/13/5/1153

Akıllı şarj (V1G) - Yük kaydırma (Load shifting)

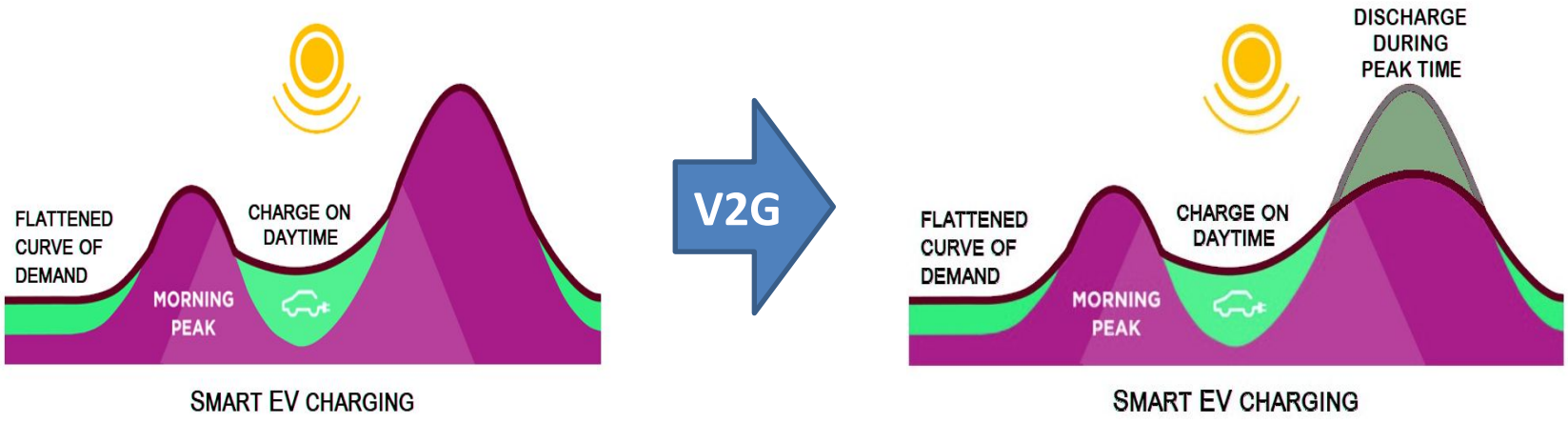
- Şarj zamanı ve gücü kontrol edilir. Amaç, uygun zamanlarda şarj ederek maliyeti ve şebeke üzerindeki yükü azaltmaktır.
- Şarj yükünün V1G ile akşam vakitlerindeki şarj yoğunluğu geceye ve gün içerisine (GES santrallerinin üretim zamanına) kaydırılabilir.
- Böylece şebekeye gelen EA şarj yükünün, güç içerisinde dengeli dağılması sağlanabilir.
- Ayrıca ani güç değişimlerini yavaşlatmak için de kullanılabilir.



Vehicle-to-Grid (V2G) - Yük traşlama (Load shaving)

Bu yöntemle V1G'ye ek olarak şunlar da yapılabilir;

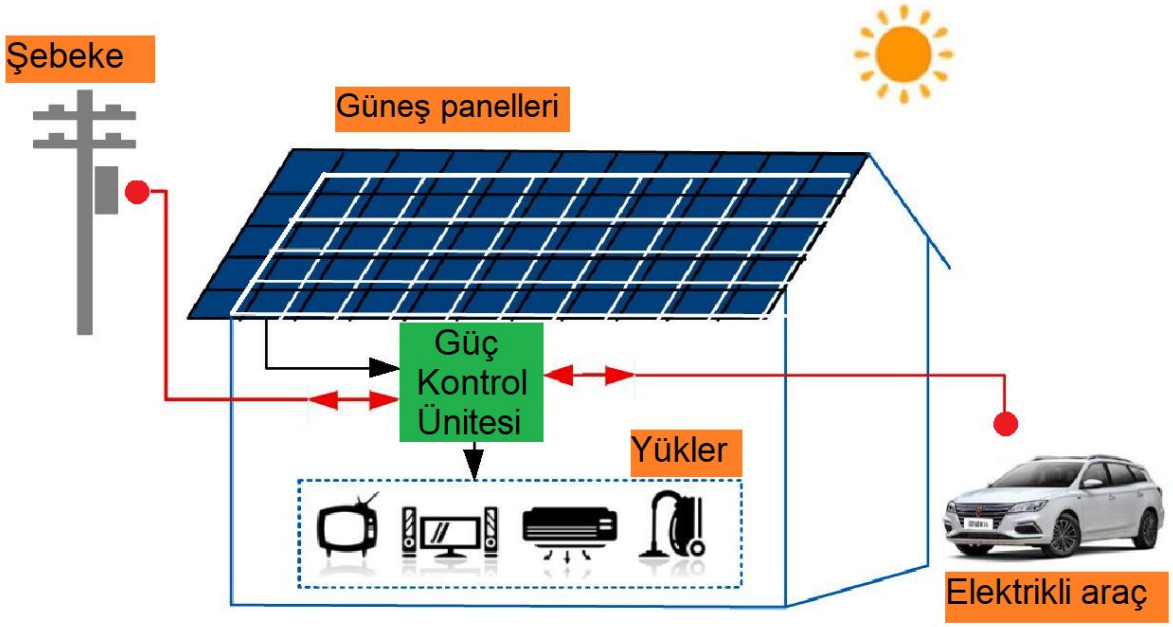
- Pik yük azaltımı (Peak Shaving)
- Frekans ve gerilim desteği
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonuna katkı sağlaması
- Enerji arbitrajı (Enerji ucuz zamanda depolanıp, pahalı zamanda satılabilir)
- Şebeke esnekliği ve dengeleme hizmetleri
- V2G'nin bütün bu hizmetleri sağlayabilmesi araçların şarj durumuna, şarj cihazlarının kapasitesine, şebeke bağlantı gücüne, kontrol sistemi ve piyasa kurallarına bağlıdır.



Vehicle-to-home (V2H) , Vehicle-to-Building (V2B)

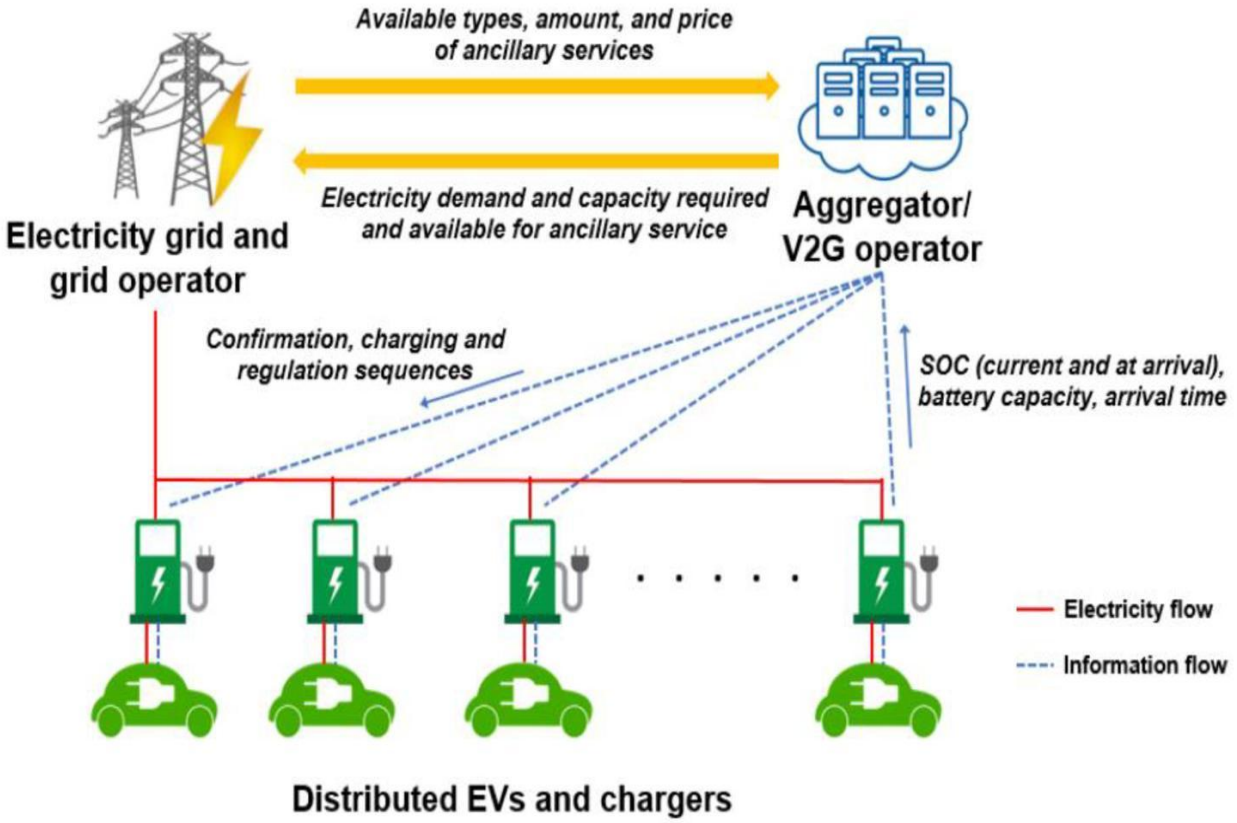
Nano-Şebeke (Nano-Grid)

- Tam şarjlı bir elektrikli aracın bataryası bir evi günlerce besleyecek kapasiteye sahiptir.
- Elektrikli araç bataryası evin enerji sisteminin bir parçası olmaktadır.
- Enerji ucuz zamanda depolanıp, pahalı zamanda satılabilir.



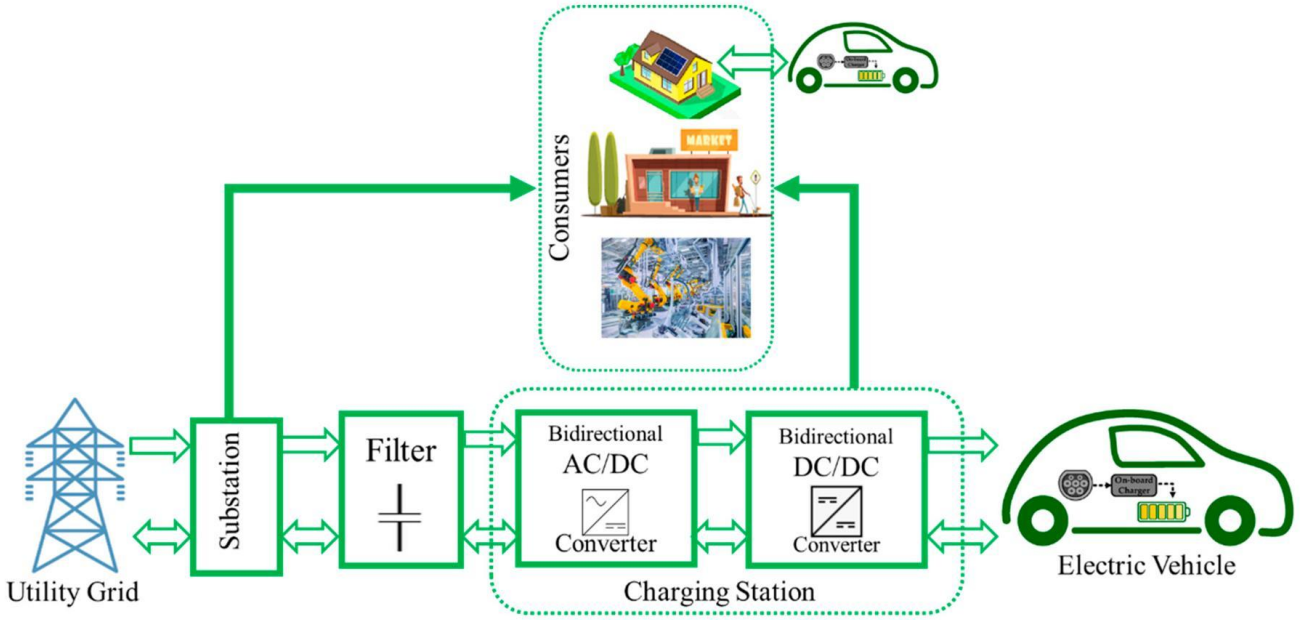
V2G sistem mimarisi ve teknolojik bileşenler

- Elektrikli araç ve batarya yönetim sistemi (BMS)
- Çift yönlü şarj ünitesi
- Haberleşme altyapısı
- Enerji yönetim sistemi ve şebeke operatörü
- Aggregator (toplayıcı) yapısı



V2G sisteminin temel enerji akışı

- Elektrik şebekeden araca aktarılır (G2V).
- Batarya enerjiyi depolar.
- Şebeke ihtiyacı veya uygun piyasa koşulları oluştuğunda çift yönlü şarj cihazı üzerinden enerji geri verilir (V2G).
- Enerji yönetim sistemi, kullanıcının hareketlilik ihtiyacını ve bataryanın SOC sınırlarını gözeterek bu süreci kontrol eder.



Kaynak: https://www.mdpi.com/2032-6653/16/3/142

Haberleşme ve standartlar

- V2G'nin uygulanabilmesi için yalnızca çift yönlü güç aktarımı yeterli değildir.
- Araç ile şarj istasyonunun da haberleşebilmesi gerekir.
- Buna yönelik bazı standartlar:
  - ISO 15118-20: Araç ile şarj ekipmanı arasındaki haberleşme ve çift yönlü güç aktarımı.
  - IEC 61851: Elektrikli araç iletken şarj sistemleri.
  - OCPP: Şarj istasyonu ile merkezi yönetim sistemi arasındaki haberleşme.
  - ISO 15118-20 standardı çift yönlü enerji aktarımına yönelik mesajlaşma ve iletişim gereksinimlerini tanımlıyor.

Kaynak: ISO 15118-20:2022Road vehicles — Vehicle to grid communication interface Part 20: 2nd generation network layer and application layer requirements

Akıllı şarj yöntemleri (Özet)

Özellik	Temel şarj cihazı	Akıllı şarj (Smart charge)	V1G	İki yönlü güç akışı	
				V2X (V2B, V2H)	V2G
EA şarj etme (tek yönlü)	•	•	•	•	•
Şarj başlama zamanını kontrol edebilme		•	•	•	•
Şarj gücünü kontrol edebilme			•	•	•
Dışarı enerji verebilme (ev, diğer araç vb.)				•	•
Şebekeye enerji satabilme (2 yönlü güç akışı)					•

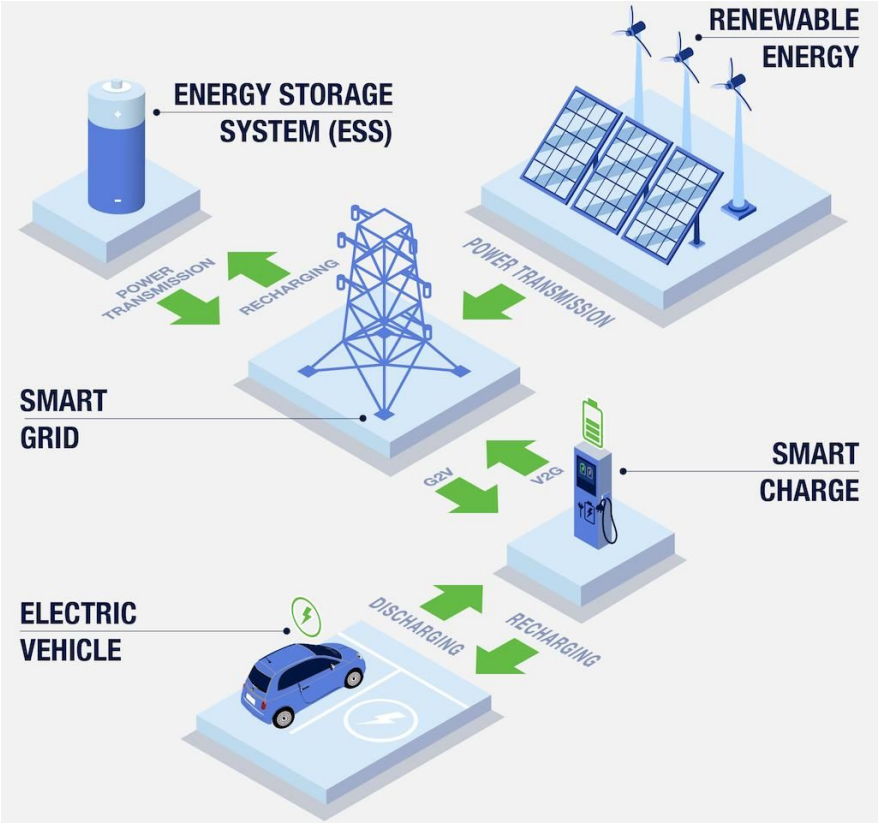
Teknik, ekonomik ve çevresel zorluklar

- Batarya yaşlanması ve çevrim ömrü V2G'nin en önemli tartışma konularından biri.
- Çünkü araç bataryasının şebekeye enerji vermesi ek şarj-deşarj çevrimlerine neden olabilir.
- Batarya ömrünü koruyan optimizasyon algoritmalarına ihtiyaç var.
- Önemli akademik tartışma: V2G'den elde edilen ekonomik fayda, bataryanın ilave yaşlanma maliyetini karşılayabiliyor mu?
- Şarj altyapısı yatırım maliyeti
- Kullanıcıların araçlarını hazır bulundurma ihtiyacı
- Siber güvenlik ve haberleşme standartları
- Ekonomik uygulanabilirlik,
- Elektrikli araç sahibi, aracının bataryasını şebekenin kullanımına açması karşılığında ne kazanır ve hangi maliyetlere katlanır?
- Güç elektroniği ve uzaktan güç kontrol ve yönetimi teknolojilerindeki beklentiler (Verim, güvenilirlik, uzun ömür vb.)



Literatürdeki güncel gelişmeler ve araştırma eğilimleri

- Dağıtık enerji yönetimi
- Batarya ömrünü dikkate alan V2G algoritmaları
- Akıllı şebeke ve mikro şebeke entegrasyonu
- Yapay zekâ destekli şarj optimizasyonu
  - Linear Programming (LP)
  - Mixed Integer Linear Programming (MILP)
  - Model Predictive Control (MPC)
  - Yapay zekâ ve makine öğrenmesi tabanlı optimizasyon
- Bu algoritmaların amacı; elektrik maliyetini, şebeke yükünü, batarya ömrünü ve kullanıcı ihtiyaçlarını birlikte optimize etmektir.



Genel değerlendirme ve sonuç (1/2)

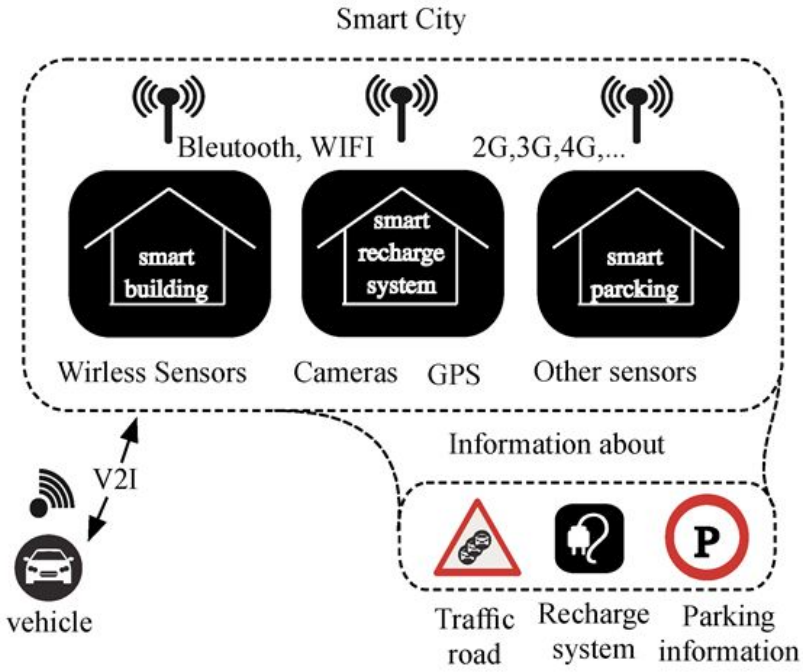
- Elektrikli araçların yaygınlaşması sadece enerji talebini değil, **tüm enerji sisteminin yapısını** dönüştürür.
- Bu dönüşüm, sadece teknolojik değil aynı zamanda **politik, ekonomik ve toplumsal bir paradigma değişimi** gerektirmektedir.
- **Şebeke Esnekliği ve Dönüşüm**
  - **Talep yönlü yönetim (Demand Response)**: Elektrik tüketimi, şebeke yüküne göre dinamik olarak yönlendirilmelidir. Bu, sadece araç şarjı değil, evsel tüketimi de kapsar.
  - **Dağıtık üretim**: Güneş panelleri, rüzgar türbinleri ve ev tipi bataryalarla merkezi üretime bağımlılık azaltılabilir.
  - **Mikro şebekeler**: Yerel enerji toplulukları, kendi üretim ve tüketimlerini dengeleyerek merkezi şebekeye yük bindirmeden çalışabilir.
- Dijitalleşme ve Veri Yönetimi
  - **Şarj istasyonlarının dijital entegrasyonu**: Gerçek zamanlı veri ile şarj yoğunluğu, fiyatlandırma ve bakım yönetimi yapılabilir.
  - **Yapay zeka destekli yük tahmini**: Hangi bölgede ne zaman ne kadar enerjiye ihtiyaç olacağı önceden tahmin edilerek kaynaklar optimize edilebilir.

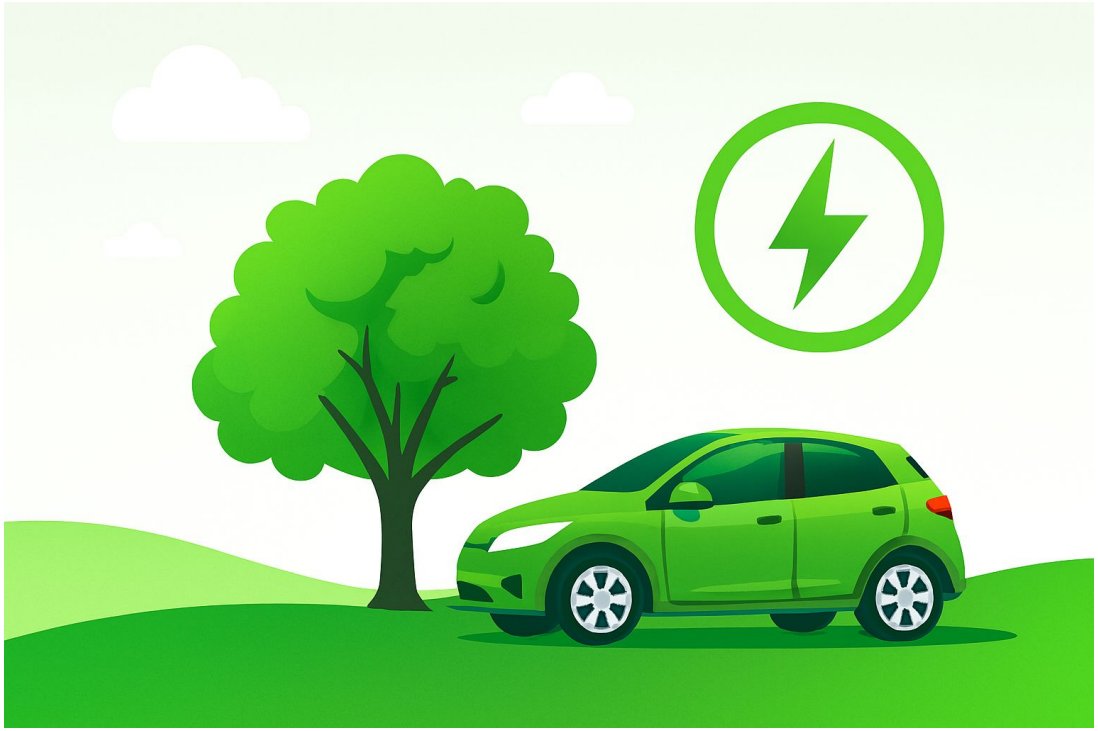
Genel değerlendirme ve sonuç (2/2)

- Kentsel Planlama ve Altyapı
  - **Şehir içi şarj noktaları**: Apartmanlar, AVM'ler, otoparklar gibi alanlara yaygın şarj altyapısı kurulmalı.
  - **Kırsal alanlar**: Şarj altyapısının sadece büyük şehirlerde değil, kırsalda da erişilebilir olması gerekir.
  - **Araç-şebeke entegrasyonu (V2G)**: Araçlar sadece tüketici değil, gerektiğinde enerji sağlayıcı olabilir.
- Sürdürülebilirlik ve Çevresel Etki
  - **Elektrik üretiminin kaynağı**: Elektrikli araçlar ancak elektrik yenilenebilir kaynaklardan gelirse çevresel fayda sağlar.
  - **Batarya geri dönüşümü**: Lityum, nikel gibi kritik minerallerin geri kazanımı uzun vadede stratejik önem taşır.

Akıllı Şehirler (Smart Cities)

- Geleneksel şehir altyapıları elektrikli araçların gerçek potansiyelini açığa çıkaramaz.
- Akıllı şehirler ile şehir sağlık sistemi, su, enerji kanalizasyon, afet vb. sistemler verimli bir şekilde yönetilebilir.
- Şehirdeki tüm akıllı cihazları (kamera, sensör, akıllı telefonlar, akıllı araçlar vb.) birbirine bağlayan,
  bilgi değişimi ve iletişim sağlayan
  cihazlara gereksinim vardır
  (Internet of Things, IoT)
- Elektrikli araçlar, optimum şarj
  zamanlama ve rota seçenekleri
  ile (smart charging, V2G, V2X vb.)
  ile daha verimli çalışacaklardır.
- Otonom sürüş de enerjinin yönetiminde önemli bir potansiyel barındırmaktadır.





Dinlediğiniz için Teşekkürler Sorularınız?

Bu sunumdaki bazı görseller Copilot YZ ile hazırlanmıştır.