



## Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Konumlandırılması ve Enerji Şebekesi Üzerine Etkisi Konulu Derleme Çalışması

### A Review on Locating the Electric Vehicle Charging Stations and Their Effect on the Energy Network

Mustafa NURMUHAMMED<sup>1\*</sup> , Teoman KARADAĞ<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>İnönü Üniversitesi, Malatya OSB Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Malatya

<sup>2</sup>İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Malatya

Anahtar Kelimeler	Özet
Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Şarj İstasyonlarının Konumlandırılması Şarj İstasyonlarının Enerji Şebekesine Etkileri	Dünyanın birçok ülkesinde satış rakamları hızla büyüyen elektrikli araçlar, son on yılda otomotiv sektöründe yükselen bir trende sahiptir. Elektrikli araçların yaygınlaşmasında önemli bir yere sahip olan hızlı şarj istasyonları çok kısa sürede elektrikli araçları hızlı bir şekilde şarj edebilmektedir. Günümüz elektrikli araçlarında daha büyük kapasitelerde bataryalar mevcut olup ilk çıkan elektrik araçlara nazaran şarj kapasitesi ciddi ölçüde artmıştır. Birçok elektrikli aracın aynı anda veya öngörülemeyen zaman dilimlerinde şarj olması elektrik arz ve talebinde çok büyük farklılara neden olmaktadır. Bu farklar dikkate alınmadan şarj istasyonlarının kurulumu gerçekleştirildiğinde yüksek hızlarda şarj olan araçlar şebekede gerilim dengesizliğine ve güç kayıplarına neden olup enerji şebekesini olumsuz etkileyebilmektedir. Hem şebekede alınacak önlemler ve yatırım kararları hem de hızlı şarj istasyonlarının şebekeye olası olumsuz etkisi nedeniyle doğru yerde konumlandırılmaları büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmayla, elektrikli araç şarj sistemleri ve bu sistemlerin enerji şebekesi üzerine etkileri ile ilgili son on yılda öne çıkan çalışmalar detaylı olarak incelenmiştir. Sonuç olarak şarj istasyonlarının enerji şebekesine etkisinin azaltılarak en uygun noktaya konumlandırılması ile ilgili veriler çalışmayla sunulmuştur.

Keywords	Abstract
Electric Vehicle Charging Stations Locating Charging Stations Impact of Charging Stations on the Energy Grid	Electric vehicles, whose sales figures are growing rapidly in many countries of the world, have had a rising trend in the automotive industry in the last decade. Having an important place in the widespread use of electric vehicles, fast charging stations can quickly recharge electric vehicles in a very short time. Today's electric vehicles have larger battery capacities and their charging capacities have increased significantly compared to the first electric vehicles. Charging many electric vehicles at the same time or in unforeseen time periods causes huge differences in electricity supply and demand. When the charging stations are installed without considering these differences, vehicles charging at high speeds can cause voltage imbalance and power losses and adversely affect the energy network. It is of great importance that both the precautions and investment decisions to be taken in the network and the fast-charging stations are located in the right place due to their possible adverse impact on the network. With this study, the prominent studies in the last decade on electric vehicle charging systems and the effects of these systems on the energy network have been examined in detail. As a result, data on the locating charging stations to the most appropriate point by reducing their effect on the energy network is presented.

#### Alıntı / Cite

Nurmuhammed, M., & Karadağ, T. (2021). Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Konumlandırılması ve Enerji Şebekesi Üzerine Etkisi Konulu Derleme Çalışması. *GU J Sci, Part A*, 8(2), 218-233.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
M. Nurmuhammed, 0000-0002-5957-3255	<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b> 07.12.2020
T. Karadağ, 0000-0002-7682-7771	<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b> 27.04.2021
	<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b> 01.05.2021
	<b>Yayın Tarihi / Published Date</b> 03.05.2021

## 1. GİRİŞ

Elektrikli araçlar (EA), 19. yüzyılın sonlarında ve 20. yüzyılın başlarında piyasaya çıkmış ve o dönemde olumlu bir trend yakalamıştır. İlerleyen yıllarda içten yanmalı motor teknolojisindeki gelişmeler ile seri üretimin artması ve petrolün yaygınlaşmasıyla, maliyetlerin düşmesi elektrikli araçlara olan ilgiyi azaltmıştır (Chan, 2013). 1970'li yılların başında ve sonrasında yaşanan enerji krizleri ile EA geçici olarak tekrar gündeme gelmiştir. Elektrikli araçlar 2000'li yıllara kadar çok az kullanıcı tarafından benimsenmiştir. 2008 yılı sonrasında batarya ve diğer EA parçalarında kaydedilen teknolojik gelişmeler elektrikli araçların kitlesel olarak pazara sunulmasının önünü açmıştır. 2014 yılı sonrasında satışlar ivme kazanmaya başlamıştır. Tüm dünyada elektrikli araç satışlarında 2014 - 2019 yılları arasında %46 ile %69 arasında değişen büyüme rakamları kaydedilmiştir (Irlle, 2020). Avrupa'daki araç satışları incelendiğinde tüm araç satışları 2020 yılının ilk üç çeyreğinde bir önceki yıla göre %29 azalırken, elektrikli araç satışları %65, şarj edilebilir hibrit satışları %179 artarak; toplamda şarj edilebilir araç satışlarında %103 artış olmuştur (Kane, 2020). Elektrikli araç satışlarındaki büyümeye paralel olarak elektrikli araç sektörü de büyümektedir. Yapılan bir derleme çalışmasında elektrikli araçların tercih sebepleri araştırılmış ve aşağıdaki faktörlerin etkili olduğu görülmüştür:

- Elektrikli araç satın alma maliyeti,
- Bakım-onarım maliyeti,
- Sürüş menzili,
- Şarj süresi,
- Araç performansı,
- Şarj istasyonları altyapısı,
- Marka çeşitliliği (Liao vd., 2017).

Hava kirliliğinin yaşandığı ülkelerden Çin'de yapılan bir çalışmada ise hava kirliliği ve fiyat uygunluğu kriterlerinin ön plana çıktığı, araç performansı ve devlet teşviklerinin de önemli rol oynadığı belirtilmiştir (Lin & Wu, 2018). Yukarıda sayılan maddelerden şarj istasyonları, uzun yol seyahatlerini mümkün kıldığı ve evde şarj imkânı olmayan kullanıcıların elektrikli araç kullanmasının önünü açtığı için bu sektördeki en önemli unsurlardan biridir.

## 2. ŞARJ İSTASYONLARI

Elektrikli araçların şarj işlemi Alternatif akım (Alternative Current - AC) ve doğru akım (Direct Current - DC) ile şarj olarak ikiye ayrılır.

### 2.1. AC Şarj İstasyonları

Şebeke üzerinden sunulan AC enerji ile çalışan şarj istasyonları şebeke ve elektrik tesisatının elverdiği ölçüde farklı hızlar sunmaktadır. Araç içerisinde bulunan çevirici (on-board charger) üreticinin sınırladığı enerji seviyesini geçmeyecek şekilde AC enerjisi bataryalara iletmek üzere DC enerjiye dönüştürür. Örneğin 7.4 kW'lık çeviriciye sahip bir araç 22 kW'lık bir AC şarj istasyonuna bağlandığında bataryalara en fazla 7.4 kW'lık enerji aktarılır.

Günümüzde genellikle 380 V trifaz ile beslenen 22 kW hızında AC şarj istasyonları fiyatının uygun olması sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Hem 22 kW şarj hızındaki istasyonlar hem de bazı araç üreticilerinin AC şarj ile 43 kW hızında şarjı desteklemeleri Otomotiv Mühendisleri Derneği'nin (Society of Automotive Engineers-SAE) aşağıdaki Tablo 1'de verilen aralığında yer almamaktadır.

**Tablo 1.** SAE'nin Tanımladığı AC Standartları (SAE International, 2017)

Şarj Yöntemi	Gerilim (AC - V)	Faz	Maksimum Akım (A)	Maksimum Güç (kW)
AC Seviye 1	120	1-faz	12	1.44
			16	1.92
AC Seviye 2	208 - 240	1-faz	≤ 80	<19.2

SAE tarafından daha önce AC Seviye 3 için 20 kW üzeri güç, 1-faz veya 3-faz olarak 2011 yılında standart önerilmiş fakat sonlandırılmamıştır (Herron, 2017).

## 2.2. DC Şarj İstasyonları

Elektrikli araçlardaki bataryalar yapıları gereği Doğru Akım (DC) ile şarj olurlar. Araç içinde bulunan AC-DC çevirici ile çevrilen güç, çok yüksek akımlarda oluşan ısınmadan dolayı üreticiler tarafından sınırlandırılır. Diğer bir yöntem ise AC-DC dönüşümünü aracın dışında yaparak araca doğrudan DC güç vermektir. Bu yöntem ile araç üzerindeki dönüştürücü kullanılmadığından, bu cihazın getirdiği güç sınırlaması yerine DC güç ile şarj olurken getirilen sınırlamalar geçerli olur. DC güç için şarj sınırlamaları AC güce göre çok daha yüksek hızları desteklediğinden elektrikli araçlar DC güç ile çok yüksek hızlarda, çok kısa sürelerde şarj olabilirler.

Elektrikli araç satışlarının her geçen yıl arttığı düşünüldüğünde, DC şarj istasyonları sayısının da zamanla artacağı öngörülmektedir. DC şarj istasyonları, kullanıcılara daha hızlı şarj imkânı sunarken, şarj istasyonunun yüksek güç talebi nedeniyle elektrik şebekesine ani yük getirme ve dolayısıyla trafo ömürlerinin kısılması, trafo kapasitelerinin yükseltilmesi gibi önemli miktarda maliyet potansiyeline sahiptir (Shao vd., 2011). Bu sebeple kurulacak olan şarj istasyonlarının kullanıcıların ortak yaşam alanlarında faaliyet göstermesi ve en uygun noktalara yerleştirilmesi yıllık oluşabilecek ekstra maliyetleri azaltmaya yardımcı olabilir (McPhail, 2014). Elektrikli araçların yaygınlaşmasındaki en önemli sebeplerden biri olarak, şarj altyapısının yaygınlaşması ve gelişmesi gösterilebilir (Ashique vd., 2017). Ayrıca elektrikli araç şarj işleminin standardizasyonu ve yasal altyapısının sağlanması için çalışan dünya çapında üç ana organizasyon vardır. Bunlar; Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Commission - IEC), CHAdeMO (Charge de Move) ve Otomotiv Mühendisleri Derneği (Society of Automotive Engineers – SAE)'dir. Tesla Motors ise kendi şarj standardını kullanmaktadır (Tan vd., 2016). Tablo 2'de SAE'nin şarj istasyonları için tanımladığı DC çıkış gerilimi, maksimum akım ve güç bilgileri verilmiştir.

**Tablo 2.** SAE'nin Şarj İstasyonları İçin Tanımladığı DC Standartları (SAE International, 2017)

Şarj Yöntemi	DC Çıkış Gerilimi (DC V)	Maksimum Akım (A)	Maksimum Güç (kW)
DC Seviye 1	50 - 1000	80	80
DC Seviye 2	50 - 1000	400	400

Elektrikli araçların şarj süreleri batarya grubunun kapasitesi ve şarj cihazının güç değeriyle birebir ilişkilidir. AC Seviye 1 ve Seviye 2 şarj işleminde şarj hızı düşük olduğundan genelde şarj süresi daha uzun sürmektedir. Elektrikli araç üreticileri ürettikleri araçların AC ve DC şarj alma hızlarını farklı nem ve sıcaklık ortamlarında sorunsuz çalışacak şekilde tasarlamaya çalışırlar. Bu yüzden her aracın AC ve DC şarj hızları üreticiler tarafından güvenli aralıklarda kalacak şekilde sınırlandırılmıştır. Çoğu araç üreticisi araçlarda hem AC hem de DC şarj soketi bulundurmaktadır fakat DC şarj özelliği bazı üreticiler tarafından opsiyonel olarak sunulmaktadır.

Günümüzde dünyada DC şarj istasyonlarına çok büyük yatırımlar yapılmaktadır. BMW, Ford, Mercedes Benz, Audi ve Porsche'yi barındıran Volkswagen Grubu ortaklığında IONITY adlı şarj firması kurulmuştur (URL-1, n.d.). IONITY Avrupa'nın muhtelif yerlerinde Eylül 2020 itibarıyla 247 adet DC şarj istasyonu işletmektedir

ve yakında devreye almayı planladığı birçok istasyonu mevcuttur (URL-2, n.d., URL-3, n.d.). Avrupa’da halen birçok noktada DC şarj istasyonu ihtiyacı devam etmektedir. Yapılan analizlere göre planlanan bu yatırım maliyetinin, önümüzdeki 11 yıl için 20 Milyar Euro’yu bulması öngörülmektedir. Bu rakam yıllık olarak yaklaşık 1.8 Milyar Euro’ya tekabül etmekte ve Avrupa Birliği’nin yol altyapısına harcadığı paranın sadece yüzde üçüne tekabül etmektedir (GCC, 2020).

Tesla, kendisine özgü şarj standardı ile elektrikli araçları için “Supercharger” olarak isimlendirdiği şarj ağına sahiptir. DC Seviye 1 ve Seviye 2 şarjı için aynı konektörü kullanmaktadır. Tesla araçları, Supercharger şarj istasyonuna bağlandığında tüketilen enerji aracın şarj kayıtlarına eklenmektedir (URL-4, n.d.). 2019 yılında yeni nesil Supercharger V3 ile şarj hızı 120 kW’tan 250 kW’a yükseltilmiştir. Ayrıca araçlara aktarılan enerji, diğer araçlarla paylaşılmadan, araç başına 250 kW düşecek şekilde tasarlanmıştır. Aralık 2020 itibarıyla dünya genelinde 20 bin’den fazla istasyon kullanıcıların hizmetine sunulmuştur (URL-5, n.d.).

Günümüzde AC ve DC şarj istasyonlarının geldiği nokta itibarıyla 64 kWh’lik bataryası olan bir elektrik aracın %0’dan %80’e kadar farklı hızlarla dolumu için gereken şarj süresi Tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 3. Şarj Hızı ve Süreleri (Speirs, 2020)**

Şarj Türü	Şarj Hızı	1 Saat Şarj ile Kazanılan Menzil	Süre
Şarj Cihazı (8 A)	1.8 kW	10 km	35 saat
1-faz AC Şarj	7.4 kW	40 km	9 saat
3-faz AC Şarj	22 kW	120 km	3 saat
DC Şarj	25 kW	150 km	1.5 saat (%80’e kadar)
Hızlı DC Şarj	50 kW	300 km	1 saat (%80’e kadar)
Ultra Hızlı DC Şarj	175 kW	1000 km	15 dakika (%80’e kadar)

Elektrikli araçların şarj olma hızları ve süreleri bataryaların ne kadar hızlı dolduğu ile alakalıdır. Bataryaların şarj hızını belirleyen faktör ise öncelikli olarak bataryada kullanılan kimyasallardır. Yüksek akıma daha dayanıklı kimyasallar sayesinde şarj hızını arttırmak ve dolayısıyla şarj süresini kısaltmak mümkündür.

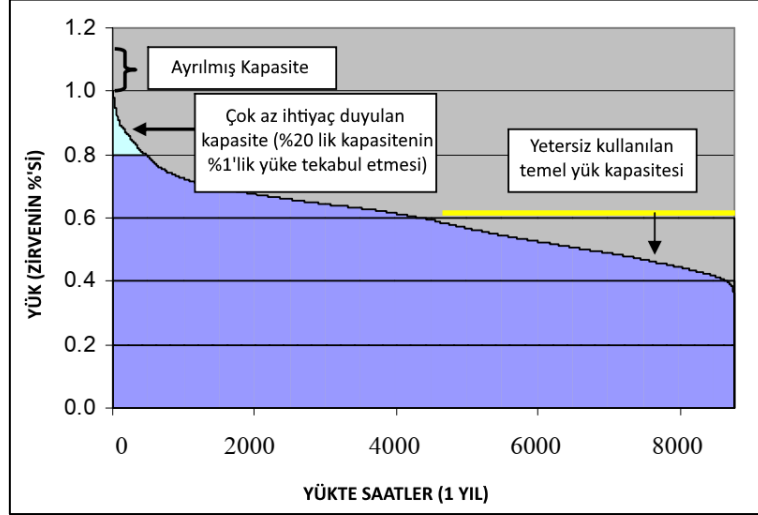
### 2.3. Şarj İstasyonlarının Elektrik Şebekesine Entegrasyonu ve Karşılaşılan Sorunlar

Bir elektrikli aracı şarj etmek için bahsedilen şarj yöntemleri arasında en hızlı yöntem, aracın DC olarak şarj edilmesidir. Dünya genelinde elektrikli araçların şarj sürelerini kısaltabilmek için, şarj istasyonlarının güçleri arttırılmaktadır. Bu sebepten günümüzde 350 kW ve üzeri güçteki istasyonların sayısı her geçen gün artmaktadır. Birçok şarj istasyonunda birden fazla şarj cihazı mevcuttur ve bazı cihazlarda ise aynı anda daha fazla aracı şarj edebilmek adına birden fazla şarj soketi bulunmaktadır. Onlarca aracın aynı anda şarj olması, elektrik şebekesi üzerinde ciddi sorunlar oluşturabilmektedir.

Sorunlardan biri şebeke üzerinde oluşan yük talebinin artmasıdır. Günümüzde dünya yollarında 250 kW ve üzeri şarj hızını destekleyen yüzbinlerce araç mevcuttur. Bu araçlardan sadece sekiz tanesinin aynı anda bir şarj alanında şarj olması anlık 1 MW’lık enerji ihtiyacı oluşacaktır. Bu enerji TEİAŞ’ın kişi başına düşen tüketim verilerine göre hesaplandığında yaklaşık 120 konutun bir ayda kullandığı enerjiye tekabül etmektedir (TEİAŞ, 2018). Orta çaplı 20 MW kurulu güce sahip bir hidroelektrik santralinin sadece 160 araca hizmet verebileceği görülmektedir. Elektrikli araç satışlarının her geçen yıl artmasıyla yakın gelecekte şarj işlemi şebekeye ek yükler getirecek ve trafolarla yoğunluğun artmasına sebep olacaktır (Lopes vd., 2011). Bu veriler elektrikli araç olarak otomobiller göz önüne alınarak oluşturulmuş olsa da elektrikli araç sektörünün çeşitlenmesi ile otobüs ve kamyon gibi araçların yaygın olarak kullanılması, oluşacak bu enerji ihtiyacının katlanarak artmasına sebep olacaktır. ABD’de 2009-2019 arasında enerji talebinde düşüş yaşanmış ve enerji üretim artışı çok düşük seviyelerde kalmıştır ancak elektrikli araç sektörü bu trendi değiştirebilir (ENERGY, 2019).

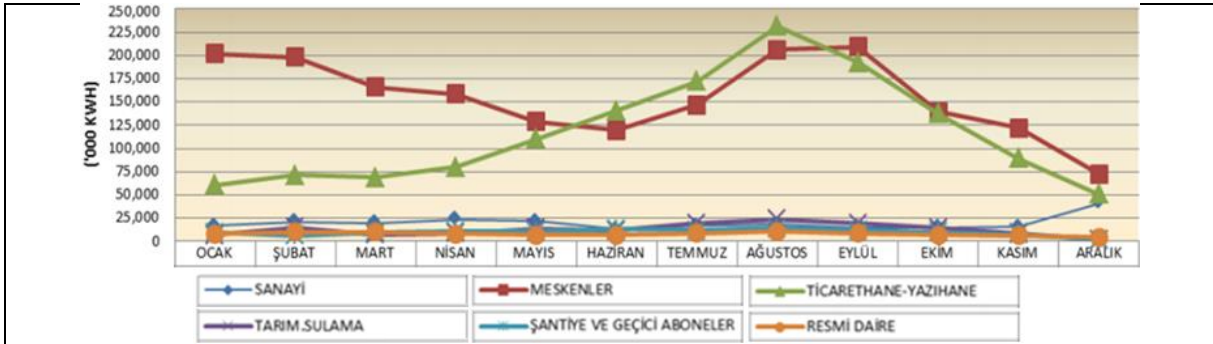
Kontrolsüz EA şarjı şebekedeki enerji tüketim yoğunluğunun yüksek olduğu saatlerde trafo başına düşen yükü arttırır, bu da enerji arzının dengelenmesinde büyük sorunlar oluşturabilir. Yapılan bir çalışmada aynı marka,

model iki araç ile beş evde saat 18:00'da ve yoğun olmayan saatlerde şarj işleminin etkisi incelenmiş ve trafodaki yük artışı gözlenmiştir. Çalışmanın kış mevsimindeki sonuçlarına göre ilk durumda trafoda %68, ikinci durumda ise %58'lik bir yük artışı gözlenmiştir (Shao vd., 2009). Yük artışı gün içerisinde olduğu gibi mevsimsel olarak da yaşanabilir. Bir enerji santralının yıl içerisinde kullanım grafiği Şekil 1'deki gibi gösterilebilir.



Şekil 1. Enerji Santrali Güç Kullanım Eğrisi (Denholm & Short, 2006)

Şekilden de anlaşılacağı gibi kullanım zirvesi %5'ten daha az bir zamanda gerçekleşmekte ve bunun için %20'den daha fazla bir yük kapasitesi gerekmektedir (Denholm & Short, 2006). Mevsimsel kullanım göz önüne alındığında ise özellikle turizm bölgelerinde kışın ve yazın tüketilen enerji miktarı ciddi oranda farklılık göstermektedir. Şekil 2'de ülkemizin turizm merkezlerinden Antalya şehrine ait enerji tüketim grafiği bulunmaktadır.



Şekil 2. Antalya ili Elektrik Tüketiminin Kullanım Alanlarına Göre Dağılımı Ocak-Aralık (x1000 kWh) (ATSO, 2015)

Yukarıdaki grafikten de görüleceği gibi Ticarethane tüketimi nisan ayında artmaya başlayarak ağustos ayı itibarıyla en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Kültür ve Turizm Bakanlığının verilerine göre 2019 yılında ülkemize Rusya, Almanya ve İngiltere'den 12 milyonun üzerinde turist gelmiştir (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2019). Bu ülkelerden bazılarının elektrikli araç satış rakamları incelendiğinde, 2019 yılında Almanya'da 109 bin ve İngiltere'de 50 binin üzerinde elektrikli araç satışı gerçekleştiği görülmüştür (IEA, 2020). Türkiye'de ise bu rakam 2019 yılında 222 ve 2020 yılında 844 adet olmuştur (ODD, 2019, 2020). Ülkemizde elektrikli araç sayısının az olması sebebiyle şarj işleminin enerji şebekesine olumsuz etkisi görülmektedir. Fakat, genel olarak ülkemize gelen turistlerin ülkelerine bakıldığında, tüm dünyada olduğu gibi elektrikli araç kullanımının hızla arttığı ülkeler olduğu görülmektedir. Almanya'da elektrikli araç satışlarında 2019 yılında, bir önceki yıla göre %61'lik bir artış gerçekleşmiştir (IEA, 2020). Dolayısıyla ülkemizde elektrikli araçların yayılmaya başlamasıyla turistlerin kendi ülkelerinden getirecekleri veya ülkemizde kiralayacakları araçların elektrikli olma ihtimali her geçen yıl artmaktadır.

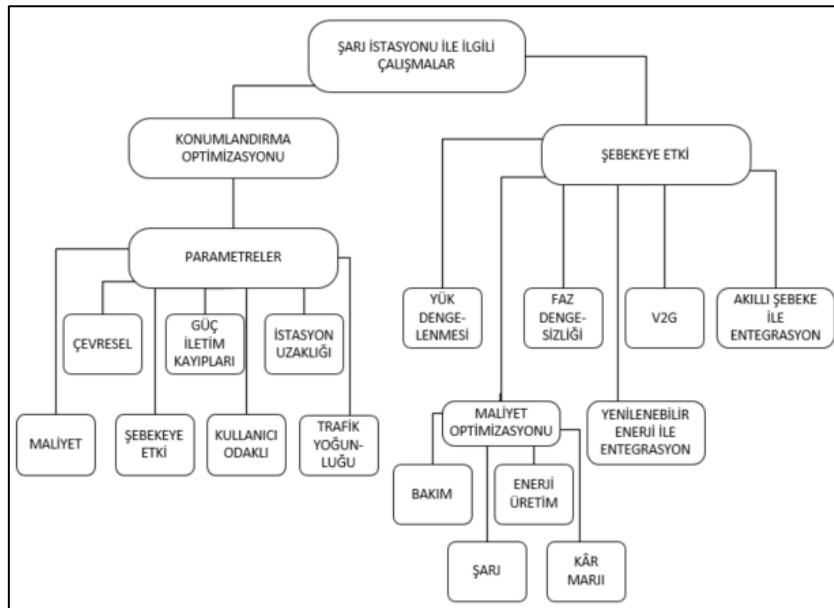
Elektrikli araçların, enerji şebekesinden yüksek miktarlarda enerji çekmesi, dolaylı da olsa turizm yolu ile enerji talep artışına sebep olacaktır. Kullanıcıların şarj etme alışkanlıklarına bağlı olarak, çok sayıda aracın eş zamanlı şarjı, yükte oluşacak mevsimsel talep değişkenliği ve şebekede enerji arz güvenliğinde problemlere neden olacaktır (Moslehi & Kumar, 2010). Mevcut güç sistemi bileşenleri, ekstra yükleri uzun süre kaldıracak şekilde tasarlanmamıştır. Bu durum bileşenlerin aşırı yüklenmesine neden olabilir veya mevcut trafolarla zarar verebilir. Bunun yanında enerji şebekesindeki faz ve voltaj dengesizliği de karşılaşılan önemli problemlerden biridir. Aynı faz kullanılarak çok sayıda elektrikli araç şarj edildiği takdirde, enerji şebekesinde faz dengesizliği oluşabilir. Elektrikli araçların plansızca şarj edilmesi dağıtım şebekelerinde ciddi problemlere sebep olur (Geth vd., 2012). Eş zamanlı olarak çok sayıda elektrikli araç şarjı, şarj cihazlarının bağlantı noktalarında gerilim düşümü ve sapsmalara neden olabilir (Singh vd., 2010; Ma vd., 2017; Ucer vd., 2018).

Elektrikli araçların şarjı, oluşacak aşırı harmoniklerle güç sistemlerinde potansiyel bir sorun teşkil eder (Staats vd., 1997). Aşırı harmonik akım bozulmasına sahip şarj sistemleri, ikincil dağıtım hattı ve trafo değerinin düşmesine veya hizmet kalitesi sorunlarına neden olabilir (Bass vd., 2001). Elektrikli araçların şarjı esnasında oluşan harmoniklerin araştırılması ve sorunun çözümü için literatürde birçok çalışma yapılmıştır (Orr vd., 1982; Staats vd., 1997; Lo vd., 1999; Bass vd., 2001; Huang vd., 2008; Balcells & García, 2010; Guo vd., 2018). Bazı çalışmalar harmoniklerin tahmini üzerineyken, bazıları ise harmoniklerin oluşumunun kanıtlanması üzerine yapılmış çalışmalardır.

Elektrikli araçlar şarj esnasında, şebekeden yüksek oranda güç talebiyle aktif güç tüketimine neden olur, bu da dağıtım sisteminde güç kaybına yol açar. Şarj istasyonlarının en uygun noktalara konumlandırılması ve güç kapasitesinin doğru seçilmesi şebekedeki güç kaybını en aza indirebilir. Güç kaybını araştıran ve azaltmak için öneri sunan çalışmalar yapılmıştır (Singh vd., 2010; Poursistani vd., 2015; Apostolaki-Iosifidou vd., 2017; Zhao & Yuan, 2018).

Tüm bu çalışmalar incelendiğinde elektrikli araçların şarj işleminin, elektrik şebekesine bahsedilen olumsuz etkilerinin azaltılması için şarj istasyonlarının doğru noktalara konumlandırılmasının gerekliliği ve önemi daha da artmaktadır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, şarj istasyonlarıyla ilgili araştırmalar genellikle şarj istasyonlarının en uygun yerleşimi ve istasyonların şebekeye etkileri olarak iki ana başlık altında yoğunlaştığı gözlenmiştir. Şarj istasyonunun yerleşimi ile ilgili yapılan çalışmalarda birçok parametre belirlenmiş ve bazı parametrelerin ağırlıkları belirlenerek konum önerisinde bulunulmuştur. Şekil 3'te şarj istasyonlarının konumlandırılması ve şebekeye etkisi üzerine yapılan çalışma alanları listelenmiştir.



Şekil 3. Şarj İstasyonu ile İlgili Çalışma Alanları

## 2.4. Şarj İstasyonlarının Konumlandırılması

DC şarj istasyonlarının maliyetleri çok yüksek olduğundan maliyet birçok çalışmada parametre olarak alınmış ve şarj istasyonu yerleşimi, maliyet parametresi göz önüne alınarak yapılmıştır (Wang, 2007; Phonrattanasak & Leeprechanon, 2012; Liu vd., 2013; Tang vd., 2013; Yang vd., 2017). Örneğin yıllık güç iletim kayıpları, elektrikli araçların şarj istasyonuna ulaşım maliyeti, şarj istasyonunun yatırım maliyeti ve sistemin düzgün çalışabilmesi için harcanan bakım maliyetlerinin azaltılmasını amaçlayan en uygun istasyon yerleşimi hesaplamalara dâhil edilmiştir (Phonrattanasak & Leeprechanon, 2012).

Elektrikli araçların enerji tüketimi, coğrafi koşullardan etkilenmektedir. Örneğin rakım farkının bulunduğu iki nokta arasındaki tüketim, yolun eğimi nedeniyle gidiş ve geliş istikametlerinde farklılık gösterecektir. Bu nedenle bazı çalışmalarda coğrafi koşullar dikkate alınarak şarj istasyonlarının en uygun yerleşimi önerilmiştir (Tang vd., 2013; Raposo vd., 2015).

Parametre olarak çevresel faktörleri kullanan makaleler bulunmaktadır (Liu vd., 2013; Guo & Zhao, 2015; Wu vd., 2016; Zhao & Li, 2016; Harighi & Bayindir, 2019). İstasyon yerleşimi yaparken çevre bilinci ile kurulum yapılması ve elektrikli araçlar için şarj istasyonu yaparak dolaylı olarak çevreci araçların artmasına katkıda bulunduğu düşünülmektedir (Guo & Zhao, 2015). Çevreci olarak ön plana çıkan elektrikli araçların şarjında kullanılan elektriğin üretim yöntemi de aynı şekilde karbon ayak izinin takibinde büyük önem arz etmektedir. Şarj için kullanılan elektrik enerjisi bir termik santralden karşılanıyorsa bunun çevreci bir çözümün aksine karbon ayak izinin arttığı bir durum olduğu görülmektedir.

Elektrikli araçların enerji şebekesine olası etkileri gözetilerek şarj istasyonu yerleşimi ile ilgili literatürde daha birçok güncel çalışma vardır (Phonrattanasak & Leeprechanon, 2012, 2014; Tang vd., 2013; Zhao & Li, 2016; Suganya vd., 2017; Kong vd., 2019; Lin vd., 2019). Örneğin, Ankara ili için şebeke altyapısı özellikleri, trafoların kapasitelerinin kategorize edilmesi ve diğer parametreler ile istasyonun yeri belirlenmeye çalışılmıştır (Harighi vd., 2019).

Şarj istasyonlarının konumlandırılmasında araçları şarj etmek için aracın bulunduğu yerden şarj istasyonuna kadar sürülecek mesafe de hesaplanarak önerilerde bulunulmuştur (Phonrattanasak & Leeprechanon, 2012). Bu mesafe arttığında araçlar şarj olmak için daha fazla yol kat edecek ve dolaylı olarak şarj maliyetleri artacaktır. Tüm bunların yanında aracı şarj etmek için şarj istasyonuna kadar gidilmesi yerine araçlar park halindeyken şarj olmaları için çalışmalar da yapılmıştır (Frade vd., 2011; Chen vd., 2013).

Şarj istasyonu yerleşiminde, hem istasyon maliyeti hem de işletme maliyeti çok yüksek olduğu için bu cihazların kullanımlarının maksimuma çıkarılması hedeflenmektedir. Bu yüzden bu istasyonların yerleşimi, trafik yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde yapıldığında cihazların kullanım oranı yükselecek, istasyon operatörü yaptığı yatırımın karşılığını daha kısa vadede alacak ve kullanıcılar açısından şarj hizmeti alabilecekleri yeni bir nokta eklenmiş olacaktır. Bu nedenle şarj istasyonlarının yerleşiminde trafik yoğunluğunun göz önüne alınması büyük önem arz etmektedir (Tang vd., 2013; Jordán vd., 2018; Kong vd., 2019). Trafik yoğunluğunun yanı sıra nüfus yoğunluğu da elektrikli araçların yoğun kullanıldığı noktaları bulma açısından faydalı olabilmektedir. Bu sebeple şarj istasyonu yerleşim optimizasyonunda kullanılan parametrelerden biri olarak nüfus yoğunluğu da öne çıkan bir diğer önemli parametredir (Frade vd., 2011; Chen vd., 2013; Jordán vd., 2018).

Çalışmaların bir kısmı teorik olarak çalışıldıktan sonra gerçek hayata uygulanmıştır. Örneğin, Portekiz'in başkenti Lizbon kentinde yapılan bir çalışmada kullanıcı talepleri üzerine yerleştirme problemi uygulanmıştır (Frade vd., 2011). Penghu, Tayvan (Wang, 2007), Pekin, Çin (Guo & Zhao, 2015; Wu vd., 2016; Zhao & Li, 2016), Tientsin, Çin (Phonrattanasak & Leeprechanon, 2012), Shenzhen, Çin (Lin vd., 2019), Seattle, ABD (Chen vd., 2013), Hong Kong (Lam vd., 2014), Angra do Heroísmo, Portekiz (Raposo vd., 2015), Boston, ABD, Dublin, İrlanda (Gagarin & Corcoran, 2018), İspanya (Jordán vd., 2018) ve Ankara, Türkiye (Erbaş vd., 2018) şehirlerinde de uygulamalar yapılmış ve sonuçlar bilim dünyasıyla paylaşılmıştır.

Yapılan bazı çalışmalarda ise niceliğinin ölçülmesi zor olan parametreler veya bazı kriterlerin önem derecelerini ayırt etmek ve sistem içerisindeki ağırlıklarını belirlemek için uzmanlar tarafından görüşler alınmış

ya da belirlenen parametreler oylanarak değerlendirilmiştir. Böylece bu değerler parametre değerleri olarak kaydedilmiştir (Tang vd., 2013; Zhao & Li, 2016; Erbaş vd., 2018).

## 2.5. Şarj İstasyonlarının Şebekeye Etkisi

Şarj istasyonlarının elektrik şebekesine olası etkileri ve bunları azaltmayı öneren çalışmalar mevcuttur. Bir çalışmada elektrikli araçların DC hızlı şarj istasyonlarında şarj olmasının şebekeye güç akışı, kısa devre ve koruma açısından etkisi araştırılmıştır (Etezadi-Amoli vd., 2010). Elektrikli araçların şarj olmasının şebekeyi nasıl etkilediği araştırılmış ve tahmini olarak gelecek öngörüsünde bulunulmuştur (Tekdemir vd., 2017). Şarj istasyonlarının, elektrik şebekesinin yanı sıra binaları nasıl etkilediği üzerine de çalışma yapılmıştır (Sehar vd., 2017). Anlık yük artışları için bir çalışmada Volan enerji depolama (Flywheel energy storage) yöntemi önerilmiştir (Dragičević vd., 2014). Bir başka çalışmada ise elektrikli araçlar esnek yük olarak kabul edilip güç yönetimi için kullanıcının istediği zamanda hazır olacak şekilde şarj istasyonu üzerinden enerjiyi ayarlayarak şarj olması önerilmiştir (Diaz vd., 2018). Elektrikli araçların şarj ve deşarj işlemlerinde güç kayıpları da incelenmiştir (Apostolaki-Iosifidou vd., 2017). Yukarıda bahsedilen çalışmaların yanı sıra bu güç kaybının enerji şebekesine etkisi üzerine yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır (Lin vd., 2010; Clement-Nyns vd., 2009, 2011; Green vd., 2011; Bompard vd., 2012; Galiveeti vd., 2018).

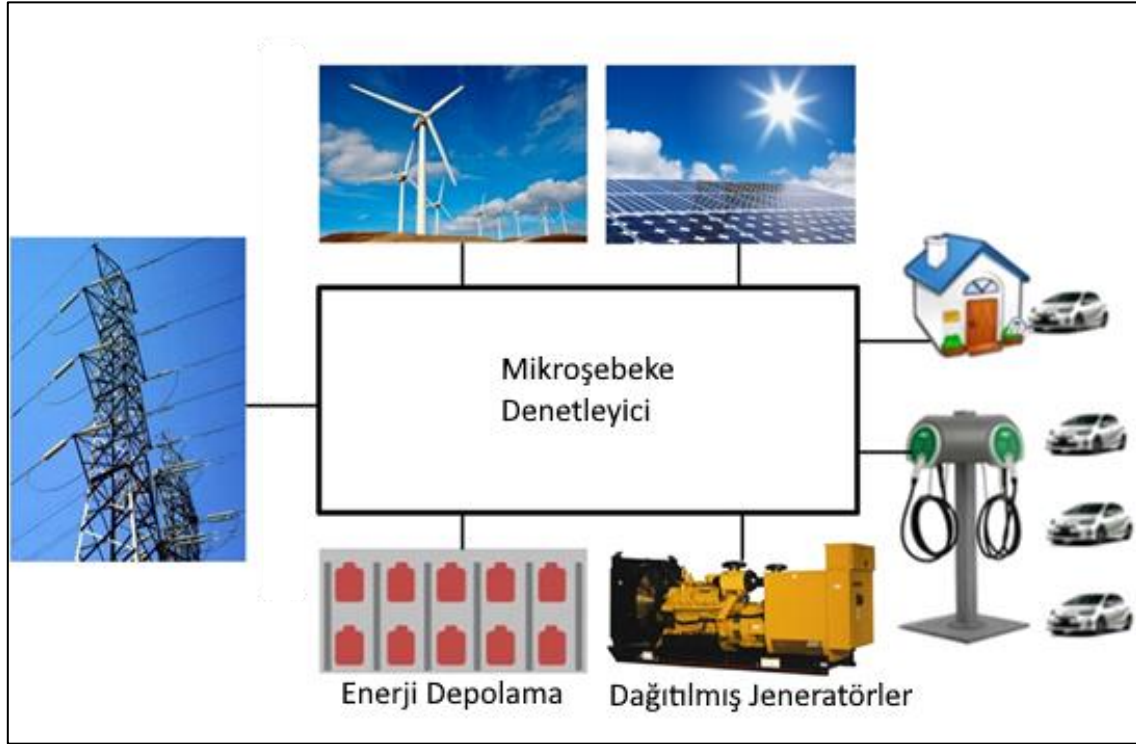
Akıllı Şebeke (Smart Grid) kavramının farklı kurumlara göre birçok tanımı olsa da genel olarak gözlemlenebilir, sürdürülebilir, daha verimli, sistemle bütünleşmiş cihazları kullanan, ekonomik ve güvenli enerji sağlamak için teknolojik unsurların kullanıldığı elektrik şebekeleridir. Akıllı şebekelerin bir özelliği olan araçtan şebekeye (Vehicle to Grid – V2G) şarj edilebilir elektrikli araçların şebekeden elektrik aldığı gibi şebekeye elektriği geri ileterek veya şarj akımını kontrol ederek enerji şebekesine destek olan bir sistemdir. Bu sistem ile elektrikli araçların bataryaları aslında şebekenin yedek bataryası olarak düşünülebilir. Bu sistem ile iki yönlü enerji alışverişi mümkün olduğundan, şebeke açısından elektrikli araçlardaki bataryalar, şebekenin gerektiğinde kullanılabileceği yedek batarya gibi davranabilir. Bu alanda yapılmış çalışmalarda V2G'nin sunduğu avantajlar belirtilmiştir (Lund & Kempton, 2008; Sortomme & El-Sharkawi, 2011; Mwasilu vd., 2014; Khalkhali vd., 2015; Harighi & Bayindir, 2019). Örneğin bir çalışmada şebeke operatörünün şarj istasyonlarına bağlı elektrikli araç sahiplerinden elektrik alarak şebekede kullanması için istasyon yerleşim optimizasyonu yaparak operatör için maksimum kâr oranı ile daha iyi gerilim profillerine ulaşılabileceği önerilmiştir (Khalkhali vd., 2015). Başka bir çalışmada elektrikli araçların akıllı şebekede yapay zekâ kullanılarak yönetilmesi üzerine araştırma yapılmıştır (Rigas vd., 2015). Elektrikli araçların akıllı şebekelerde kullanılması ve şebekeye entegrasyonu alanlarında birçok çalışma yapılmıştır (Tomić & Kempton, 2007; Lund & Kempton, 2008; IEC, 2012; Li vd., 2012; Galus vd., 2013; Yang vd., 2014; Tan vd., 2016). V2G'nin bir parçası olan elektrikli araç kullanıcılarının araçlarını sisteme entegre etmeleri için de cazip bir senaryoya ihtiyaç vardır (Mwasilu vd., 2014). Aksi halde batarya yıpranmaları nedeniyle kullanıcılar bu sisteme entegre olmak istemeyebilirler.

Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında birçok çalışmanın parametreler ile hesaplamalar yaptıktan sonra bir karar verme algoritması kullandığı görülmektedir. En sık kullanılan algoritmalar: tamsayı programlama (Wang, 2007), karışık tamsayı programlama (Frade vd., 2011; Chen vd., 2013), genetik algoritma (You & Hsieh, 2014; Shi & Lee, 2015; Li vd., 2016; Awasthi vd., 2017; Mozafar vd., 2017; Jordán vd., 2018; Harighi vd., 2019; Hu vd., 2019; Vazifeh vd., 2019; Lin vd., 2020), parçacık sürü algoritması (Pashajavid & Golkar, 2013; Awasthi vd., 2017; Mozafar vd., 2017; Liu vd., 2018; Sultana vd., 2018; Hu vd., 2019) ve karınca kolonisi optimizasyonudur (Phonrattanasak & Leeprechanon, 2012, 2014).

Elektrikli araçların yüksek enerjiyi kısa zamanda alması sebebiyle şebekeye yük getirmesi birçok çalışmada incelenmiş ve yayınlar yapılmıştır (Etezadi-Amoli vd., 2010; Tekdemir vd., 2017; Diaz vd., 2018; Güneş vd., 2018; Harighi & Bayindir, 2019; Liu vd., 2019). Bu çalışmalardan bazıları şebekedeki yükün tahmini ile ilgilidir (Tekdemir vd., 2017; Diaz vd., 2018; Güneş vd., 2018; Liu vd., 2019). Bazı çalışmalarda şebekeye yansıyan yükün tahmin edilmesi yerine belli bir değer belirlenerek varsayım olarak hesaplanmıştır (Phonrattanasak & Leeprechanon, 2012, 2014). Bir çalışmada ise geleceğe dönük senaryolar oluşturulmuş ve şarj istasyonlarının elektrik dağıtım şebekelerinin güvenilirlik indislerine olan etkileri dağıtım sisteminde gösterilmiştir (Güneş vd., 2018).



Güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları çevre dostu enerji üretimi sağlamasının yanı sıra hava koşullarına bağlı olarak belli aralıklarla ve süreksiz enerji üretmeleri şebekede planlama, operasyon ve kontrol anlamında sorunlara sebebiyet verebilmektedir (Galus vd., 2013). Bu sorun ile mücadelede elektrikli araçların şarj edilmesi bir çözüm olarak ortaya çıkabilir. Örneğin Nissan, Leaf modelini SunPower firmasının sağladığı güneş enerjisi ile; Tesla ise SolarCity firmasının sağladığı güneş enerjisi ile şarj ederek bu modele örnek olmuşlardır (SUNPOWER, 2011; URL-6, 2016).



**Şekil 4.** Elektrikli Araçların Mikro Şebekeye Bağlı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerinden Şarj Olma İşlemi (Liu vd., 2015)

Elektrik dağıtım şebekesi üzerinde yapılacak yönetim ve sistem değişiklikleri ile üretim ve tüketim optimizasyonları yapılabilir. Şekil 4'te görüldüğü gibi yenilenebilir enerji kaynakları, konut elektrik tesisatı, enerji depolama, ihtiyaç halinde devreye giren jeneratör ile elektrikli araç şarj cihazlarının bağlı olduğu, mikro şebeke denetleyici bu enerji yönetimini üstlenmiştir. Diğer taraftan çok büyük kapasiteli yenilenebilir enerji santrallerinin sorunsuzca ve kademeli olarak elektrik şebekesine entegrasyonu için çok büyük kapasiteli enerji depolama kaynakları gerekmektedir (IEC, 2012). Bu bağlamda elektrikli araçlar şebekeye bağlı olduklarında bu enerjinin depolanmasında rol alabilir. Örneğin, rüzgâr enerjisi üretimindeki enerji dalgalanmalarına karşı elektrikli araçların bataryalarının dağıtık depolama birimi olarak kullanılması alanında çalışmalar yapılmış ve bu yöntemlerin getirdiği avantajlar sıralanmıştır (Li vd., 2012, 2013; Vaya & Andersson, 2013). Elektrikli araç şarj istasyonlarının iş merkezi binası elektrik tüketimine etkisi araştırılıp, güneş enerjisi ile etkilerinin azaltılması üzerine de çalışmalar yapılmıştır (Kempton & Tomić, 2005; Sehar vd., 2017).

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Literatürdeki çalışmalar tarandığında birçok çalışma elektrikli araçların şarj edilmesiyle elektrik dağıtım şebekesine etkisi veya şarj istasyonlarının konumlarının belli kriterler dâhilinde belirlenmesi üzerine yoğunlaşmaktadır.

Şarj istasyonlarının konumlandırılması ihtiyaca göre belli parametreler (maliyet, trafik yoğunluğu, çevresel faktörler vb.) dâhilinde yapılan bir çalışmadır. Buradaki parametreler uygulamaya özel olup genelleme yapmak her koşulda optimal yerleşime uygun olmayabilir. Bu yüzden konumlandırma yaparken kullanıcılara parametreleri ayarlayabilme imkânı sağlayan uygulamalar daha uygun yerleşimler sağlayabilir.

Konulandırılmalarının daha doğru ve enerji şebekesine etkilerinin minimize edilebilmesi için V2G gibi akıllı şebeke uygulamalarını ve şebekedeki enerji talebinin düşük olduğu saatlerde kullanılmasına yönelik en uygun zamanlama yöntemlerini kullanmalıyız. Bu sayede trafoların üzerindeki aşırı yüklenme ve enerji şebekesine yapılacak yatırım maliyetleri azaltılabilir.

Şarj istasyonlarının şebekeye etkisi çoğu zaman olumsuz görünmesine rağmen bunu avantaja çevirmeyi öneren makaleler de yayınlanmıştır. Elektrik dağıtım şebekesinde ani enerji üretimine karşı ani yükler kullanılabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarındaki tutarsız zamanlama iyi yönetildiği takdirde bu tutarsızlık elektrikli araçların şarjı ile dengelenebilir.

Bu derleme çalışmasında şarj istasyonlarının konumlandırılması ve şebekedeki etkileri ile ilgili çalışmalar derlenmiştir. Önümüzdeki yıllarda hızla gelişen bu sektör için şimdiden bilimsel çalışmaların yapılmasının ve takip edilmesinin gelecek çalışmalar ve pratik uygulamalar için bir kılavuz niteliğinde olacağı düşünülmektedir.

Tüm bu incelenen akademik çalışmalardaki belirlenen parametreler göz önüne alınarak oluşturulacak yeni yaklaşımlar ile şarj istasyonlarının en uygun noktalara konumlandırılması ve daha sorunsuz yönetimi mümkün olabilecektir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar tarafından potansiyel çıkar çatışması bildirilmedi.

## KISALTMALAR VE SEMBOLLER

EA	Elektrikli araç
IEC	Electrotechnical Commission (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)
SAE	Society of Automotive Engineers (Otomotiv Mühendisleri Derneği)
AC	Alternating Current (Alternatif Akım)
DC	Direct Current (Doğru Akım)
CHAdemo	CHARGE de Move
V2G	Vehicle to Grid (Araçtan Şebekeye)

## KAYNAKLAR

- ATSO, Antalya Ticaret ve Sanayi Odası (2015). 2015 yılı Aylık Ekonomik Göstergeler. [www.atso.org.tr/icerik/3/66/aylik-ekonomik-gostergeler.html](http://www.atso.org.tr/icerik/3/66/aylik-ekonomik-gostergeler.html)
- Apostolaki-Iosifidou, E., Codani, P., & Kempton, W. (2017). Measurement of power loss during electric vehicle charging and discharging. *Energy*, 127, 730-742. doi:[10.1016/j.energy.2017.03.015](https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.015)
- Ashique, R. H., Salam, Z., Bin Abdul Aziz, M. J., & Bhatti, A. R. (2017). Integrated photovoltaic-grid dc fast charging system for electric vehicle: A review of the architecture and control. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 1243-1257. doi:[10.1016/j.rser.2016.11.245](https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.245)
- Awasthi, A., Venkitesamy, K., Padmanaban, S., Selvamuthukumar, R., Blaabjerg, F., & Singh, A. K. (2017). Optimal planning of electric vehicle charging station at the distribution system using hybrid optimization algorithm. *Energy*, 133, 70-78. doi:[10.1016/j.energy.2017.05.094](https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.094)
- Balcells, J., & García, J. (2010). Impact of plug-in electric vehicles on the supply grid. In: Proceedings of the 2010 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), 1-4. doi:[10.1109/VPPC.2010.5729217](https://doi.org/10.1109/VPPC.2010.5729217)
- Bass, R., Harley, R., Lambert, F., Rajasekaran, V., & Pierce, J. (2001). Residential harmonic loads and EV charging. In: Proceedings of the 2001 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, Volume 3, 803-808. doi:[10.1109/PESW.2001.916965](https://doi.org/10.1109/PESW.2001.916965)

- Bompard, E., Ragazzi, E., & Tenconi, A. (2012). Electric Vehicles and Power Grids: Challenges and Opportunities. In: Calabrese, G. (Eds.) *The Greening of the Automotive Industry* (pp. 207-224). doi:[10.1057/9781137018908\\_12](https://doi.org/10.1057/9781137018908_12)
- Chan, C. C. (2013). The rise & Fall of electric vehicles in 1828-1930: Lessons learned. In: *Proceedings of the IEEE*, 101(1), 206-212. doi:[10.1109/JPROC.2012.2228370](https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2228370)
- Chen, T. D., Kockelman, K. M., & Khan, M. (2013). Locating Electric Vehicle Charging Stations: Parking-Based Assignment Method for Seattle, Washington. *Transportation Research Record*, 2385(1), 28-36. doi:[10.3141/2385-04](https://doi.org/10.3141/2385-04)
- Clement-Nyns, K., Haesen, E., & Driesen, J. (2009). Analysis of the Impact of Plug-In Hybrid Electric Vehicles on Residential Distribution Grids by using Quadratic and Dynamic Programming. *World Electric Vehicle Journal*, 3(2), 214-224. doi:[10.3390/wevj3020214](https://doi.org/10.3390/wevj3020214)
- Clement-Nyns, K., Haesen, E., & Driesen, J. (2011). The impact of vehicle-to-grid on the distribution grid. *Electric Power Systems Research*, 81(1), 185-192. doi:[10.1016/j.epsr.2010.08.007](https://doi.org/10.1016/j.epsr.2010.08.007)
- Denholm, P., & Short, W. (2006, October). An Evaluation of Utility System Impacts and Benefits of Optimally Dispatched Plug-In Hybrid Electric Vehicles. Technical Report, NREL/TP-620-40293. [www.nrel.gov/docs/fy07osti/40293.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy07osti/40293.pdf)
- Diaz, C., Ruiz, F., & Patino, D. (2018). Smart Charge of an Electric Vehicles Station: A Model Predictive Control Approach. In: *Proceedings of the 2018 IEEE Conference on Control Technology and Applications (CCTA)*, 54-59. doi:[10.1109/CCTA.2018.8511498](https://doi.org/10.1109/CCTA.2018.8511498)
- Dragičević, T., Sučić, S., Vasquez, J. C., & Guerrero, J. M. (2014). Flywheel-based distributed bus signalling strategy for the public fast charging station. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 5(6), 2825-2835. doi:[10.1109/TSG.2014.2325963](https://doi.org/10.1109/TSG.2014.2325963)
- Erbaş, M., Kabak, M., Özceylan, E., & Çetinkaya, C. (2018). Optimal siting of electric vehicle charging stations: A GIS-based fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis. *Energy*, 163, 1017-1031. doi:[10.1016/j.energy.2018.08.140](https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.140)
- Etezadi-Amoli, M., Choma, K., & Stefani, J. (2010). Rapid-Charge Electric-Vehicle Stations. *IEEE Transactions On Power Delivery*, 25(3), 1883-1887. doi:[10.1109/TPWRD.2010.2047874](https://doi.org/10.1109/TPWRD.2010.2047874)
- Frade, I., Ribeiro, A., Gonçalves, G., & Antunes, A. P. (2011). Optimal location of charging stations for electric vehicles in a neighborhood in Lisbon, Portugal. *Transportation Research Record*, 2252(1), 91-98. doi:[10.3141/2252-12](https://doi.org/10.3141/2252-12)
- Gagarin, A., & Corcoran, P. (2018). Multiple domination models for placement of electric vehicle charging stations in road networks. *Computers and Operations Research*, 96, 69-79. doi:[10.1016/j.cor.2018.03.014](https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.03.014)
- Galiveeti, H. R., Goswami, A. K., & Dev Choudhury, N. B. (2018). Impact of plug-in electric vehicles and distributed generation on reliability of distribution systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 21(1), 50-59. doi:[10.1016/j.jestch.2018.01.005](https://doi.org/10.1016/j.jestch.2018.01.005)
- Galus, M. D., Vayá, M. G., Krause, T., & Andersson, G. (2013). The role of electric vehicles in smart grids. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 2(4), 384-400. doi:[10.1002/wene.56](https://doi.org/10.1002/wene.56)
- ODD, Otomotiv Distribütörleri Derneği (2019). Genel Değerlendirme Aralık 2019. [www.odd.org.tr/web\\_2837\\_1/neuralnetwork.aspx?type=35](http://www.odd.org.tr/web_2837_1/neuralnetwork.aspx?type=35)
- ODD, Otomotiv Distribütörleri Derneği (2020). Genel Değerlendirme Aralık 2020. [www.odd.org.tr/web\\_2837\\_1/neuralnetwork.aspx?type=35](http://www.odd.org.tr/web_2837_1/neuralnetwork.aspx?type=35)
- Geth, F., Leemput, N., Van Roy, J., Buscher, J., Ponnette, R., & Driesen, J. (2012). Voltage droop charging of electric vehicles in a residential distribution feeder. In: *Proceedings of the 3rd IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe)*, 1-8. doi:[10.1109/ISGTEurope.2012.6465692](https://doi.org/10.1109/ISGTEurope.2012.6465692)
- Green, R. C., Wang, L., & Alam, M. (2011). The impact of plug-in hybrid electric vehicles on distribution networks: A review and outlook. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 544-553. doi:[10.1016/j.rser.2010.08.015](https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.08.015)

- IEC, International Electrotechnical Commission (2012) IEC White Paper: Grid integration of large-capacity Renewable Energy sources and use of large-capacity Electrical Energy Storage by Market Strategy Board Project Team, 101p. [webstore.iec.ch/publication/22375](http://webstore.iec.ch/publication/22375)
- ENERGY, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (2019). Summary Report on EVs at Scale and the U.S. Electric Power System. [www.energy.gov/eere/vehicles/downloads/summary-report-evs-scale-and-us-electric-power-system-2019](http://www.energy.gov/eere/vehicles/downloads/summary-report-evs-scale-and-us-electric-power-system-2019)
- Güneş, D., Tekdemir, İ. G., Karaarslan, M. Ş., & Alboyacı, B. (2018). Elektrikli araç şarj istasyonu yüklerinin güvenilirlik indisleri üzerine etkilerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(3), 1073-1084. doi:[10.17341/gazimmfd.416408](https://doi.org/10.17341/gazimmfd.416408)
- Guo, J., Zhao, H., Shen, Z., Wang, A., Cao, L., Hu, E., Wang, Z., & Song, X. (2018). Research on Harmonic Characteristics and Harmonic Counteraction Problem of EV Charging Station. In: Proceedings of the 2nd IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2), 1-5. doi:[10.1109/EI2.2018.8582095](https://doi.org/10.1109/EI2.2018.8582095)
- Guo, S., & Zhao, H. (2015). Optimal site selection of electric vehicle charging station by using fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective. *Applied Energy*, 158, 390-402. doi:[10.1016/j.apenergy.2015.08.082](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.08.082)
- Harighi, T., & Bayindir, R. (2019). Load Estimation Use in Electric Vehicle Charge Station Coordination in Different Node and Definite Area. In: Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Smart Grid (ICSmartGrids), 264-271. doi:[10.1109/ISGWCP.2018.8634506](https://doi.org/10.1109/ISGWCP.2018.8634506)
- Harighi, T., Padmanaban, S., Bayindir, R., Hossain, E., & Holm-Nielsen, J. B. (2019). Electric vehicle charge stations location analysis and determination-Ankara (Turkey) case study. *Energies*, 12(18), 3472. doi:[10.3390/en12183472](https://doi.org/10.3390/en12183472)
- Herron, D. (2017). Charging levels - Level 1, Level 2, DC Fast Charging, etc. In: Range Confidence: Charge Fast, Drive Far, with your Electric Car (Ch. 11-1). [greentransportation.info/ev-charging/range-confidence/chap4-charging/4-charging-levels.html](http://greentransportation.info/ev-charging/range-confidence/chap4-charging/4-charging-levels.html)
- Hu, D., Zhang, J., & Zhang, Q. (2019). Optimization design of electric vehicle charging stations based on the forecasting data with service balance consideration. *Applied Soft Computing*, 75, 215-226. doi:[10.1016/j.asoc.2018.07.063](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.07.063)
- Huang, M., Huang, S., & Jiang, J. (2008). Harmonic study of electric vehicle chargers. *Journal of Beijing Jiaotong University*, 32(5), 85-88. [jdx.bjtu.edu.cn/EN/Y2008/V32/I5/85](http://jdx.bjtu.edu.cn/EN/Y2008/V32/I5/85)
- IEA, International Energy Agency (2020, June). Global EV Outlook 2020: Entering the decade of electric drive? Technology report. [www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020](http://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020)
- GCC, Green Car Congress (2020). IONITY orders 324 350kW EV chargers from ABB for second phase of expansion. Retrieved August 31, 2020, [www.greencarcongress.com/2020/01/20200110-abb.html](http://www.greencarcongress.com/2020/01/20200110-abb.html)
- Irle, R. (2020). Global Plug-in Vehicle Sales Reached over 3,2 Million in 2020. [www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/](http://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/)
- Jordán, J., Palanca, J., Del Val, E., Julian, V., & Botti, V. (2018). A multi-agent system for the dynamic emplacement of electric vehicle charging stations. *Applied Sciences*, 8(2), 313. doi:[10.3390/app8020313](https://doi.org/10.3390/app8020313)
- Kane, M. (2020, November n.d.-a). Passenger Plug-In Electric Car Sales In Europe In Q1-Q3 2020 By Country. [insideevs.com/news/452914/plugin-car-sales-europe-q1q3-2020-country/](http://insideevs.com/news/452914/plugin-car-sales-europe-q1q3-2020-country/)
- Kempton, W., & Tomić, J. (2005). Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy. *Journal of Power Sources*, 144(1), 280-294. doi:[10.1016/j.jpowsour.2004.12.022](https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2004.12.022)
- Khalkhali, K., Abapour, S., Moghaddas-Tafreshi, S. M., & Abapour, M. (2015). Application of data envelopment analysis theorem in plug-in hybrid electric vehicle charging station planning. *IET Generation, Transmission and Distribution*, 9(7), 666-676. doi:[10.1049/iet-gtd.2014.0554](https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2014.0554)
- Kong, W., Luo, Y., Feng, G., Li, K., & Peng, H. (2019). Optimal location planning method of fast charging station for electric vehicles considering operators, drivers, vehicles, traffic flow and power grid. *Energy*, 186, 115826. doi:[10.1016/j.energy.2019.07.156](https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.156)



- Lam, A. Y. S., Leung, Y. W., & Chu, X. (2014). Electric vehicle charging station placement: Formulation, complexity, and solutions. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 5(6), 2846-2856. doi:[10.1109/TSG.2014.2344684](https://doi.org/10.1109/TSG.2014.2344684)
- Li, C. T., Ahn, C., Peng, H., & Sun, J. (2012). Integration of plug-in electric vehicle charging and wind energy scheduling on electricity grid. In: Proceedings of the 2012 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 1-7. doi:[10.1109/ISGT.2012.6175617](https://doi.org/10.1109/ISGT.2012.6175617)
- Li, C. T., Ahn, C., Peng, H., & Sun, J. (2013). Synergistic control of plug-in vehicle charging and wind power scheduling. *IEEE Transactions on Power Systems*, 28(2), 1113-1121. doi:[10.1109/TPWRS.2012.2211900](https://doi.org/10.1109/TPWRS.2012.2211900)
- Li, S., Huang, Y., & Mason, S. J. (2016). A multi-period optimization model for the deployment of public electric vehicle charging stations on network. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 65, 128-143. doi:[10.1016/j.trc.2016.01.008](https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.01.008)
- Liao, F., Molin, E., & van Wee, B. (2017). Consumer preferences for electric vehicles: a literature review. *Transport Reviews*, 37(3), 252-275. doi:[10.1080/01441647.2016.1230794](https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1230794)
- Lin, B., & Wu, W. (2018). Why people want to buy electric vehicle: An empirical study in first-tier cities of China. *Energy Policy*, 112, 233-241. doi:[10.1016/j.enpol.2017.10.026](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.026)
- Lin, R., Ye, Z., Guo, Z., & Wu, B. (2020). Hydrogen station location optimization based on multiple data sources. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(17), 10270-10279. doi:[10.1016/j.ijhydene.2019.10.069](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.10.069)
- Lin, S., He, Z., Zang, T., & Qian, Q. (2010). Impact of plug-in hybrid electric vehicles on distribution systems. In: Proceedings of the 2010 International Conference on Power System Technology: Technological Innovations Making Power Grid Smarter (POWERCON), 1-5. doi:[10.1109/POWERCON.2010.5666121](https://doi.org/10.1109/POWERCON.2010.5666121)
- Lin, Y., Zhang, K., Shen, Z. J. M., Ye, B., & Miao, L. (2019). Multistage large-scale charging station planning for electric buses considering transportation network and power grid. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 107, 423-443. doi:[10.1016/j.trc.2019.08.009](https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.08.009)
- Liu, J., Zhang, T., Zhu, J., & Ma, T. (2018). Allocation optimization of electric vehicle charging station (EVCS) considering with charging satisfaction and distributed renewables integration. *Energy*, 164, 560-574. doi:[10.1016/j.energy.2018.09.028](https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.09.028)
- Liu, L., Kong, F., Liu, X., Peng, Y., & Wang, Q. (2015). A review on electric vehicles interacting with renewable energy in smart grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 648-661. doi:[10.1016/j.rser.2015.06.036](https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.036)
- Liu, Z., Xie, Y., Feng, D., Zhou, Y., Shi, S., & Fang, C. (2019). Load forecasting model and day-ahead operation strategy for city-located EV quick charge stations. In: Proceedings of the 8th Renewable Power Generation Conference (RPG), IET Conference Publications (CP764), 1-6. doi:[10.1049/cp.2019.0492](https://doi.org/10.1049/cp.2019.0492)
- Liu, Z., Wen, F., & Ledwich, G. (2013). Optimal planning of electric-vehicle charging stations in distribution systems. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 28(1), 102-110. doi:[10.1109/TPWRD.2012.2223489](https://doi.org/10.1109/TPWRD.2012.2223489)
- Lo, E. W. C., Sustanto, D., & Fok, C. C. (1999). Harmonic load flow study for electric vehicle chargers. In: Proceedings of the International Conference on Power Electronics and Drive Systems (PEDS), Volume 2, 495-500. doi:[10.1109/peds.1999.794613](https://doi.org/10.1109/peds.1999.794613)
- Lopes, J. A. P., Soares, F. J., & Almeida, P. M. R. (2011). Integration of electric vehicles in the electric power system. In: Proceedings of the IEEE, 99(1), 168-183. doi:[10.1109/JPROC.2010.2066250](https://doi.org/10.1109/JPROC.2010.2066250)
- Lund, H., & Kempton, W. (2008). Integration of renewable energy into the transport and electricity sectors through V2G. *Energy Policy*, 36(9), 3578-3587. doi:[10.1016/j.enpol.2008.06.007](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.06.007)
- Ma, G., Jiang, L., Chen, Y., Dai, C., & Ju, R. (2017). Study on the impact of electric vehicle charging load on nodal voltage deviation. *Archives of Electrical Engineering*, 66(3), 495-505. doi:[10.1515/ae-2017-0037](https://doi.org/10.1515/ae-2017-0037)
- McPhail, D. (2014). Evaluation of ground energy storage assisted electric vehicle DC fast charger for demand charge reduction and providing demand response. *Renewable Energy*, 67, 103-108. doi:[10.1016/j.renene.2013.11.023](https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.11.023)

- Moslehi, K., & Kumar, R. (2010). A reliability perspective of the smart grid. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 1(1), 57-64. doi:[10.1109/TSG.2010.2046346](https://doi.org/10.1109/TSG.2010.2046346)
- Mozafar, M. R., Moradi, M. H., & Amini, M. H. (2017). A simultaneous approach for optimal allocation of renewable energy sources and electric vehicle charging stations in smart grids based on improved GA-PSO algorithm. *Sustainable Cities and Society*, 32, 627-637. doi:[10.1016/j.scs.2017.05.007](https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.05.007)
- Mwasilu, F., Justo, J. J., Kim, E. K., Do, T. D., & Jung, J. W. (2014). Electric vehicles and smart grid interaction: A review on vehicle to grid and renewable energy sources integration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 501-516. doi:[10.1016/j.rser.2014.03.031](https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.031)
- SUNPOWER (2011). Nissan LEAF™ Charges up With SunPower. Retrieved November 10, 2020, [newsroom.sunpower.com/press-releases?item=122812](http://newsroom.sunpower.com/press-releases?item=122812)
- Orr, J. A., Emanuel, A. E., & Oberg, K. W. (1982). Current Harmonics Generated By a Cluster of Electric Vehicle Battery Chargers. *IEEE Power Engineering Review*, PER-2(3), 30-31. doi:[10.1109/mper.1982.5520328](https://doi.org/10.1109/mper.1982.5520328)
- Pashajavid, E., & Golkar, M. A. (2013). Optimal placement and sizing of plug in electric vehicles charging stations within distribution networks with high penetration of photovoltaic panels. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 5(5). doi:[10.1063/1.4822257](https://doi.org/10.1063/1.4822257)
- Phonrattanasak, P., & Leeprechanon, N. (2012). Optimal Location of Fast Charging Station on Residential Distribution Grid. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 3(6), 675-681. [www.ijimt.org/show-40-537-1.html](http://www.ijimt.org/show-40-537-1.html)
- Phonrattanasak, P., & Leeprechanon, N. (2014). Optimal placement of EV fast charging stations considering the impact on electrical distribution and traffic condition. In: Proceedings of the 2014 International Conference and Utility Exhibition on Green Energy for Sustainable Development (ICUE), 1-6.
- Poursistani, M. R., Abedi, M., Hajilu, N., & Gharehpetian, G. B. (2015). Impacts of plug-in electric vehicles smart charging on distribution networks. In: Proceedings of the 2014 International Congress on Technology, Communication and Knowledge (ICTCK), 1-6. doi:[10.1109/ICTCK.2014.7033499](https://doi.org/10.1109/ICTCK.2014.7033499)
- Raposo, J., Rodrigues, A., Silva, C., & Dentinho, T. (2015). A multi-criteria decision aid methodology to design electric vehicles public charging networks. *AIP Advances*, 5(5), 057123. doi:[10.1063/1.4921087](https://doi.org/10.1063/1.4921087)
- Rigas, E. S., Ramchurn, S. D., & Bassiliades, N. (2015). Managing Electric Vehicles in the Smart Grid Using Artificial Intelligence: A Survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(4), 1619-1635. doi:[10.1109/TITS.2014.2376873](https://doi.org/10.1109/TITS.2014.2376873)
- SAE International (2017) SAE Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler. Standard J1772\_201710. [www.sae.org/standards/content/j1772\\_201710/](http://www.sae.org/standards/content/j1772_201710/)
- Sehar, F., Pipattanasomporn, M., & Rahman, S. (2017). Demand management to mitigate impacts of plug-in electric vehicle fast charge in buildings with renewables. *Energy*, 120, 642-651. doi:[10.1016/j.energy.2016.11.118](https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.118)
- Shao, S., Pipattanasomporn, M., & Rahman, S. (2009). Challenges of PHEV penetration to the residential distribution network. In: Proceedings of the 2009 IEEE Power and Energy Society General Meeting (PES), 1-8. doi:[10.1109/PES.2009.5275806](https://doi.org/10.1109/PES.2009.5275806)
- Shao, S., Pipattanasomporn, M., & Rahman, S. (2011). Demand Response as a Load Shaping Tool in an Intelligent Grid With Electric Vehicles. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2(4), 624-631. doi:[10.1109/TSG.2011.2164583](https://doi.org/10.1109/TSG.2011.2164583)
- Shi, R., & Lee, K. Y. (2015). Multi-Objective Optimization of Electric Vehicle Fast Charging Stations with SPEA-II. *IFAC-PapersOnLine*, 48(30), 535-540. doi:[10.1016/j.ifacol.2015.12.435](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.12.435)
- Singh, M., Kar, I., & Kumar, P. (2010). Influence of EV on grid power quality and optimizing the charging schedule to mitigate voltage imbalance and reduce power loss. In: Proceedings of the 14th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC), 196-203. doi:[10.1109/EPEPEMC.2010.5606657](https://doi.org/10.1109/EPEPEMC.2010.5606657)

- Sortomme, E., & El-Sharkawi, M. A. (2011). Optimal charging strategies for unidirectional vehicle-to-grid. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2(1), 131-138. doi:[10.1109/TSG.2010.2090910](https://doi.org/10.1109/TSG.2010.2090910)
- Speirs, R. (2020). How Long Will It Take To Charge My EV? [www.evnex.com/articles/ev-charging-times](http://www.evnex.com/articles/ev-charging-times)
- Staats, P. T., Grady, W. M., Arapostathis, A., & Thallam, R. S. (1997). A statistical method for predicting the net harmonic currents generated by a concentration of electric vehicle battery chargers. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 12(3), 1258-1266. doi:[10.1109/61.637002](https://doi.org/10.1109/61.637002)
- Suganya, S., Raja, S. C., & Venkatesh, P. (2017). Simultaneous coordination of distinct plug-in Hybrid Electric Vehicle charging stations: A modified Particle Swarm Optimization approach. *Energy*, 138, 92-102. doi:[10.1016/j.energy.2017.07.036](https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.036)
- Sultana, U., Khairuddin, A. B., Sultana, B., Rasheed, N., Qazi, S. H., & Malik, N. R. (2018). Placement and sizing of multiple distributed generation and battery swapping stations using grasshopper optimizer algorithm. *Energy*, 165, 408-421. doi:[10.1016/j.energy.2018.09.083](https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.09.083)
- T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü. (2019). 2019 Ocak Eylül Turizm İstatistikleri. <https://yigm.ktb.gov.tr/Eklenti/67862,turizmistatistikleri2019-306112019pdf.pdf>
- Tan, K. M., Ramachandaramurthy, V. K., & Yong, J. Y. (2016). Integration of electric vehicles in smart grid: A review on vehicle to grid technologies and optimization techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 720-732. doi:[10.1016/j.rser.2015.09.012](https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.012)
- Tang, Z., Guo, C., Hou, P., & Fan, Y. (2013). Optimal Siting of Electric Vehicle Charging Stations Based on Voronoi Diagram and FAHP Method. *Energy and Power Engineering*, 5, 1404-1409. doi:[10.4236/epe.2013.54b266](https://doi.org/10.4236/epe.2013.54b266)
- TEİAŞ, Türkiye Elektrik İletim AŞ (2018). Türkiye ve Kişi Başına Kurulu Güç - Brüt Üretim - Arz - Net Tüketiminin Yıllar İtibariyle Gelişimi. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>
- Tekdemir, I. G., Alboyaci, B., Gunes, D., & Sengul, M. (2017). A probabilistic approach for evaluation of electric vehicles' effects on distribution systems. In: Proceedings of the 4th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE), 143-147. doi:[10.1109/ICEEE2.2017.7935809](https://doi.org/10.1109/ICEEE2.2017.7935809)
- Tomić, J., & Kempton, W. (2007). Using fleets of electric-drive vehicles for grid support. *Journal of Power Sources*, 168(2), 459-468. doi:[10.1016/j.jpowsour.2007.03.010](https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2007.03.010)
- Ucer, E., Kisacikoglu, M. C., & Cafer Gurbuz, A. (2018). Learning EV Integration Impact on a Low Voltage Distribution Grid. In: Proceedings of the 2018 IEEE Power and Energy Society General Meeting (PESGM), 1-5. doi:[10.1109/PESGM.2018.8586208](https://doi.org/10.1109/PESGM.2018.8586208)
- Vaya, M. G., & Andersson, G. (2013). Integrating renewable energy forecast uncertainty in smart-charging approaches for plug-in electric vehicles. In: Proceedings of the 2013 IEEE Grenoble Conference, 1-6. doi:[10.1109/PTC.2013.6652150](https://doi.org/10.1109/PTC.2013.6652150)
- Vazifeh, M. M., Zhang, H., Santi, P., & Ratti, C. (2019). Optimizing the deployment of electric vehicle charging stations using pervasive mobility data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 121, 75-91. doi:[10.1016/j.tra.2019.01.002](https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.01.002)
- Wang, Y. W. (2007). An optimal location choice model for recreation-oriented scooter recharge stations. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(3), 231-237. doi:[10.1016/j.trd.2007.02.002](https://doi.org/10.1016/j.trd.2007.02.002)
- Wu, Y., Yang, M., Zhang, H., Chen, K., & Wang, Y. (2016). Optimal site selection of electric vehicle charging stations based on a cloud model and the PROMETHEE method. *Energies*, 9(3), 157. doi:[10.3390/en9030157](https://doi.org/10.3390/en9030157)
- Yang, J., Dong, J., & Hu, L. (2017). A data-driven optimization-based approach for siting and sizing of electric taxi charging stations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 77(2), 462-477. doi:[10.1016/j.trc.2017.02.014](https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.02.014)
- Yang, Z., Li, K., Foley, A., & Zhang, C. (2014). Optimal scheduling methods to integrate plug-in electric vehicles with the power system: A review. *IFAC Proceedings Volumes*, 47(3), 8594-8603. doi:[10.3182/20140824-6-za-1003.01804](https://doi.org/10.3182/20140824-6-za-1003.01804)

- You, P. S., & Hsieh, Y. C. (2014). A hybrid heuristic approach to the problem of the location of vehicle charging stations. *Computers & Industrial Engineering*, 70, 195-204. doi:[10.1016/j.cie.2014.02.001](https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.02.001)
- Zhao, H., & Li, N. (2016). Optimal siting of charging stations for electric vehicles based on fuzzy Delphi and hybrid multi-criteria decision making approaches from an extended sustainability perspective. *Energies*, 9(4), 270. doi:[10.3390/en9040270](https://doi.org/10.3390/en9040270)
- Zhao, L. S., & Yuan, H. M. (2018). The impact of quick charge on power quality of high-voltage grid. In: 3rd Asia Conference on Power and Electrical Engineering. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 366, 012033. doi:[10.1088/1757-899X/366/1/012033](https://doi.org/10.1088/1757-899X/366/1/012033)
- URL-1 (n.d.). IONITY. Our Background. Retrieved August 31, 2020, [ionity.eu/en/about.html](https://ionity.eu/en/about.html)
- URL-2 (n.d.). EV Charging Station Map. Retrieved August 31, 2020, [www.plugshare.com/](http://www.plugshare.com/)
- URL-3 (n.d.). IONITY. Our Network. Retrieved August 31, 2020, [ionity.eu/en/where-and-how.html](https://ionity.eu/en/where-and-how.html)
- URL-4 (n.d.). Supercharging. Retrieved December 1, 2020, [www.tesla.com/support/supercharging](https://www.tesla.com/support/supercharging)
- URL-5 (n.d.). Charge on the Road. Retrieved August 31, 2020, [www.tesla.com/en\\_EU/supercharger](https://www.tesla.com/en_EU/supercharger)
- URL-6 (2016). Tesla and SolarCity. [www.tesla.com/blog/tesla-and-solarcity](https://www.tesla.com/blog/tesla-and-solarcity)