

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE ŞARJ İSTASYONLARININ DAĞITIM ŞEBEKESİNE ETKİLERİ

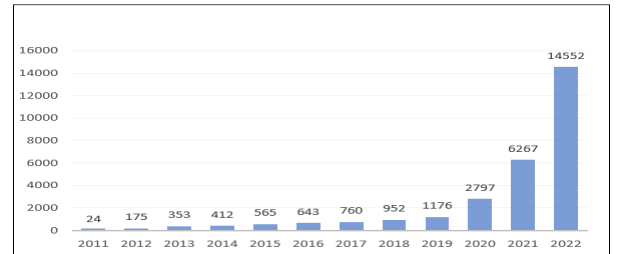
IMPACT OF ELECTRIC VEHICLES AND CHARGING STATIONS ON THE DISTRIBUTION NETWORK

Özet- Sürdürülebilir bir gelecek için en önemli adımların başında elektrikli araçlar gelmektedir. Bu araçlar bize dizel veya benzinli araçların aksine karbondioksit emisyonlarını azaltarak sürdürülebilir bir ulaşım seçeneği sunarlar. Araç sayısının ve kullanımının artmasıyla birlikte kullanıcıların şarj altyapılarına olan gereksinimleri ortaya çıkmaktadır. Yaşanan bu gelişmelerle birlikte şarj istasyonları bir ihtiyaçtan fazlası hale gelmiştir. Ülkemizdeki mevcut kentleşme şekli, yapı stoğunun özellikleri, şehirlerarası etkileşim ve nüfusun coğrafi dağılımı gibi faktörler göz önünde bulundurularak, ülkemizde kısa, orta ve uzun vadede kurulması gereken şarj altyapısıyla ilgili temel öngörüler belirlenmiştir. Gelişen teknolojiler ve artan elektrikli araç kullanımıyla birlikte, gelecekte daha fazla şarj istasyonunun kurulması ve daha büyük güç taleplerinin ortaya çıkması beklenmektedir. Sonuç olarak, elektrik dağıtım şirketlerinin, trafoların kapasitelerini doğru şekilde hesaplayarak gelecekteki talepleri karşılayacak şekilde altyapılarını güçlendirmeleri önemlidir.

I. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN VE ŞARJ İSTASYONLARININ TÜRLERİ

Sürdürülebilir bir gelecek için en önemli adımların başında elektrikli araçlar gelmektedir. Son yıllarda artan benzin fiyatları ve çevresel endişeler nedeniyle

elektrikli araçlar son yıllarda daha popüler hale gelmiştir. Bu araçlar bize dizel veya benzinli araçların aksine karbondioksit emisyonlarını azaltarak sürdürülebilir bir ulaşım seçeneği sunarlar. Elektrikli araçların tarihçesi fosil yakıtlı araçlardan daha eskiye kadar dayanır. Tarihte bilinen ilk elektrikli araç 1835 yılında Thomas Davenport tarafından icat edilmiştir. Araç temel olarak iki elektro mıknatıs, bir pivot ve bir bataryadan oluşan küçük bir lokomotif. O tarihten günümüze kadar yaşanan teknolojik kısıtlamalar yüzünden elektrikli araçlar büyük bir gelişim gösterememiştir. Fakat son senelerde yaşanan çevre sorunları, artan sera gazları ve gürültü kirliliği sebepleriyle bu ulaşım sektörüne geçiş eğiliminin gözlemlendiği söylenebilir.



Şekil I. Trafiğe kayıtlı elektrikli otomobil sayılarının yıllara göre dağılımı [1].

Tablo I. AC ve DC Şarj İstasyon Çeşitleri [3]

Bu araçlar teknolojik açıdan 5 farklı şekilde incelenebilir. Bunlar Tamamen Elektrikli Araçlar (BEV) , Hibrit Otomobiller (HEV) , Hafif Hibrit Otomobiller (MHEV) , Plug-in Hibrit Otomobiller (PHEV) ve Yakıt Hücreli Otomobiller (FCEV) . Bu 5 farklı teknolojideki araçların çalışma prensipleri birbirinden farklıdır. Elektrikli bir araç yanmalı motorun aksine motoru çalıştırmak için yakıtın yanmasına ihtiyaç duymak yerine bataryadan aldığı elektriği kullanır. Bataryanın kapasitesi, bu tip bir elektrikli otomobilin menziline yani tek bir batarya şarjıyla gidebileceği mesafeyi belirler [2]. Araç sayısının ve kullanımının artmasıyla birlikte kullanıcıların şarj altyapılarına olan gereksinimleri ortaya çıkmaktadır. Yaşanan bu gelişmelerle birlikte şarj istasyonları bir ihtiyaçtan fazlası hale gelmiştir. Elektrikli araç şarj istasyonu üniteleri farklı şarjlanma türlerine sahip olup Bunlar alternatif akım (AC) ve doğru akımdır (DC) .

Türkiye ve Avrupa'da kullanılan elektrikli araç şarj cihazları dörde ayrılmaktadır. Mod 1, 2 ve 3'te elektrikli otomobilin kendi AC-DC dönüştürücü şarj teçhizatı devrede olmaktadır. Mod 3'te, şarj gücüne göre (akım ve faz sayısı) 4 adet şarjlanma kademesi bulunmaktadır; [4]

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

DC şarj istasyonlarını ifade etmek için kullanılan Mod 4'te ise araç doğru akımla beslenmektedir. Mod 4 ise şebekeden çekilen AC kaynağın bir hızlı şarj istasyonunda inverter üzerinden DC'ye çevrilerek aracın batarya grubuna direkt (redresöre girmeden) verilmesini sağlamaktadır. Bu da yüksek akımlara ve dolayısıyla hızlı şarjlanmaya imkân tanımaktadır.

II. ELEKTRİKLİ ARAÇ VE ŞARJ İSTASYONLARININ MEVCUT DURUMU

Türkiye'de şarj hizmeti verilen elektrikli araç şarj noktalarının 898'i hızlı şarj (DC), 3.600'ü ise yavaş şarj (AC) noktalarından oluşuyor. 2023 yılı Mart ayı sonu itibariyle ticari olarak elektrikli araçlar için şarj hizmeti verilen 4 bin 498 şarj noktası bulunuyor [5]. Bu istatistiğe göre hızlı şarj istasyonları toplam şarj istasyon sayısının yaklaşık %20'dir. TÜİK verilerine göre 2022 yılı için toplam otomobil sayısı 14.269.352'dir. İzmir ilindeki trafiğe kayıtlı otomobil sayısı 897.864 ve Manisa ilindeki otomobil sayısı 237.622'dir. Bu istatistiğe göre İzmir ilindeki otomobil sayısı Türkiye genelindeki payının %6,29'una sahiptir. Manisa ili için bu oran %1,66'dır. Bu kapsamda 2022 yılında Türkiye'deki toplam elektrikli otomobil sayısı 14.552'nin %6,29'u İzmir ve %1,66'sı Manisa illerinde olduğunu varsayarsak, trafiğe kayıtlı İzmir'de 915 ve Manisa'da 241 elektrikli otomobil olduğu söylenebilir.

III. TÜRKİYE'DEKİ ŞARJ ALTYAPISI İHTİYACINA YÖNELİK ÖNGÖRÜLER

Elektrikli araç sayılarının, 2025 ve 2030 yıllarında Türkiye ve modellenen pilot bölge için belirlenmesinde, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından, ilgili kamu kurumları ve sektör aktörlerinin katkısı ile hazırlanan Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası [7], TÜİK il bazlı motorlu kara taşıtları raporu[1] ve TEHAD raporu [6] bilgilerinden yararlanılmıştır:

Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritasında, Türkiye'de elektrikli araçların gelişimine dair düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 farklı senaryoyu içeren bir projeksiyon oluşturulmuştur. Bu projeksiyona göre 2025 yılında;

- Yüksek senaryoda yıllık elektrikli araç satışının 180 bin adet ve toplam elektrikli araç stoğunun 400 bin adet,
- Orta senaryoda yıllık elektrikli araç satışının 120 bin adet ve toplam elektrikli araç stoğunun 270 bin adet,
- Düşük senaryoda yıllık elektrikli araç satışının 65 bin adet ve toplam elektrikli araç stoğunun 160 bin adet olacağı öngörülmüştür[7].

Tablo II. İzmir ve Manisa illerindeki mevcut şarj istasyon dağılımı (2023, Mayıs)

2030 yılına gelindiğinde ise;

- Yüksek senaryoda yıllık elektrikli araç satışının 580 bin adet ve toplam elektrikli araç stoğunun 2,5 milyon adet,
- Orta senaryoda yıllık elektrikli araç satışının 420 bin adet ve toplam elektrikli araç stoğunun 1,6 milyon adet,
- Düşük senaryoda yıllık elektrikli araç satışının 200 bin adet ve toplam elektrikli araç stoğunun 880 bin adet olacağı öngörülmüştür [7].

Ülkemizdeki mevcut kentleşme şekli, yapı stoğunun özellikleri, şehirlerarası etkileşim ve nüfusun coğrafi dağılımı gibi faktörler göz önünde bulundurularak, ülkemizde kısa, orta ve uzun vadede kurulması gereken şarj altyapısıyla ilgili temel öngörüler belirlenmiştir. Bu doğrultuda, Türkiye'de 2025 yılında 30 bin adetten fazla halka açık şarj noktasına ihtiyaç duyulması öngörülmektedir. Genel kabuller ve ülkemizin koşulları göz önünde bulundurulduğunda, her 10 araç için en az 1 şarj noktasının gereklilik olarak kabul edildiği belirlenmiştir. 2030 yılına gelindiğinde ise bu sayının 160 bin olarak öngörüldüğü tespit edilmiştir [7]. 2025 yılında kurulması planlanan 30 bin şarj noktasının, ülkemizin dinamiklerini dikkate alarak en az 8 bininin hızlı şarj imkânı sunabileceği belirlenmiştir. Özellikle şehirlerarası trafiğin yoğun olduğu ve nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu büyük şehirlerde, yüksek hızlı şarj altyapısına daha fazla ihtiyaç duyulacaktır. Küresel eğilimler de şarj altyapısındaki hızlı şarj oranının artırılması yönündedir. Bu nedenle, halka açık şarj imkânlarının kısa ve orta vadede en az %30'unun hızlı şarj noktalarından oluşması öngörülmektedir. 2030 yılına kadar ise Türkiye'de en az 50 bin hızlı şarj

noktasının kurulması gerekliliği üzerinde durulmaktadır [7].

Tablo III. Türkiye'de 2025 ve 2030 yılları için öngörülen halka açık şarj soket dağılımı [7]

2025 yılı		
AC sayısı	DC sayısı	Toplam
22.000	8.000	30.000
2030 yılı		
AC sayısı	DC sayısı	Toplam
110.000	50.000	160.000

2025 yılı için öngörülen 30.000 şarj soketinin 8.000 adeti DC tip şarj soketi/istasyonu ve 22.000 AC şarj soketi (11.000 adet AC tip şarj istasyonu) olacağı düşünülmektedir. 2023 yılındaki İzmir ilinin EAŞİ sayısının Türkiye genelindeki %4'lük payının değişmeyeceği varsayarak, 2025 yılındaki İzmir ilinde toplam 760 adet EAŞİ olacağı söylenebilir. Manisa ili için %1'lik payın oranı ise toplam 190 adet EAŞİ sayısı olarak hesaplanabilir. Benzer şekilde 2023 yılındaki farklı güç değerlerindeki EAŞİ sayılarının yüzdesel dağılım oranı değişmeyeceğini varsayarsak, 2025-2030 yılındaki farklı güçlerdeki EAŞİ sayıları Tablo 5'de gösterilmektedir.

Tablo IV. 2025 ve 2030 yılı için öngörülen halka açık şarj istasyonu dağılımı

2025 Yılı	İzmir		Manisa		GDZ Dağıtım Bölgesi
	AC	D C	A C	DC	AC+DC
Adet	608	152	151	39	950

2030 Yılı	İzmir		Manisa		GDZ Dağıtım Bölgesi
	AC	D C	A C	DC	AC+DC
Adet	3.360	840	839	211	5.250

Tablo V. 2025 ve 2030 yılı için öngörülen İzmir ve Manisa illerindeki şarj istasyonu dağılımı

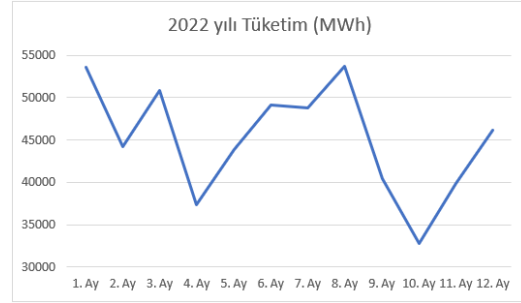
İl	2025					GDZ Dağıtım Bölgesi
	AC tip EAŞİ		DC tip EAŞİ			
	22kW	44kW	90 kW	120 kW	180 kW	
İzmir	342	266	50	51	51	760
Manisa	66	85	13	13	13	190
Toplam	408	351	63	64	64	950

İl	2030					GDZ Dağıtım Bölgesi
	AC tip EAŞİ		DC tip EAŞİ			
	22kW	44kW	90 kW	120 kW	180 kW	
İzmir	1890	1470	280	280	280	4200
Manisa	367	472	70	70	71	1050
Toplam	2257	1942	350	350	351	5250

IV. ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ DAĞITIM ŞEBEKESİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışma kapsamında gelecek yıllarda öngörülen elektrikli araç şarj istasyonlarının dağıtım şebekesine etkilerinin gözlemlenebilmesi için pilot bölge olarak İzmir ili Bornova Trafo Merkezi (TM) referans olarak kabul edilmiştir. 2023 yılında Bornova TM’de bulunan EAŞİ sayısı GDZ Elektrik Dağıtım A.Ş. verilerine göre 5 adet 22kW, 2 adet 44kW, 1 adet 90kW, 3 adet 120kW ve 1 adet 180kW’dır. 2022 yılına ait Bornova TM aylık tüketilen enerji miktarı Şekil 2’de gösterilmektedir. Mevcut şebekede düşük sayıdaki EAŞİ’lerinin elektrik

dağıtım şebekesine etkisinin az olacağı değerlendirilmiştir. Dolayısıyla elektrikli araçların etkilerinin 2025 yılında başladığı varsayılmıştır. Bu bağlamda 2023 yılında Bornova TM’nin İzmir ilindeki EAŞİ sayısının payı %6,31 olduğundan, 2025 ve 2030 yılları için bu oranın değişmeyeceği varsayılmıştır. İlgili yıllardaki farklı güç oranlarındaki EAŞİ sayıları 2023 yılındaki dağılım oranı ile aynı olduğu kabul edilmiştir. Bu kapsamda Bornova TM üzerindeki yıllık tahminlenen EAŞİ dağılımı Tablo 6’da gösterilmektedir.



Şekil 2. Bornova TM 2022 yılı için aylık tüketim enerji miktarı

Tablo VI. Yıllara göre tahminlenen Bornova TM üzerindeki EAŞİ dağılımı

Yıl	AC Şarj İstasyon Sayısı		DC Şarj İstasyon Sayısı		
	22k W	44k W	90k W	120k W	180k W
2025	19	8	5	13	5
2026	37	15	9	24	10
2027	54	22	13	36	14
2028	72	29	17	47	19
2029	90	36	21	59	23
2030	107	42	25	70	28

Yıllara göre öngörülen Bornova TM üzerindeki elektrikli araç şarj istasyonlarının günlük 10 saat çalışmasını varsayarsak, yıl içinde bulunan EAŞİ sayısını yıllık enerji tüketim miktarı ve çalışma saati ile

arpılması sonucu ilgili yıl için toplam enerji tüketim miktarı elde edilmiş olur. 2025'den 2030 yılına kadar Bornova TM'deki EAŐI kaynaklı ek enerji tüketim miktarları Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo VII. Bornova TM üzerinde tahminlenen EAŞİ kaynaklı toplam enerji tüketimleri.

Tablo VIII. Bornova TM üzerindeki yıllara göre normal enerji tüketimleri, EAŞİ kaynaklı ek tüketimler ve EAŞİ ekliyen enerji tüketim artış miktar dağılımları.

Tablo IX. GDZ Elektrik Dağıtım bölgesinde yıllara göre normal enerji tüketimleri, EAŞİ kaynaklı ek tüketimler ve EAŞİ ekliyen enerji tüketim artış miktar dağılımları

Tablo X. GDZ Elektrik Dağıtım bölgesinde yıllara göre eş zamanlı yük miktarları ve bu yükü karşılayacak dağıtım trafosu güç adetleri

Tablo 10’da GDZ Elektrik bölgesinde elektrikli araç şarj istasyonlarından kaynaklı ek güç ihtiyacı görülmektedir. Tabloda, dağıtım trafosu güçlerine bağlı olarak kaç adet trafonun gerektiği belirtilmektedir.

Elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla birlikte, şarj istasyonlarından kaynaklanan ek güç talepleri de artmaktadır. Bu durum, elektrik dağıtım şebekelerinde kapasite artışı ve trafoların doğru şekilde planlanması gerektiği anlamına gelir.

Elektrikli araç şarj istasyonlarının güç ihtiyacı, trafoların kapasitesine bağlı olarak değişir. Tablodaki verilere bakarak, belirli bir güç değeri için kaç adet trafo gerektiği belirlenebilir. Örneğin, 2025 yılında ilave gelecek 20 MW’lık EAŞİ kaynaklı güç değeri için 1 MVA’lık yaklaşık 20 adet trafo gerektiği görülmektedir.

Bu veriler, elektrik dağıtım şirketlerinin, şebekelerinin güç taleplerini ve trafo kapasitesini doğru şekilde planlayabilmesi için önemlidir. Elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla birlikte, bu tür tablolar ve veriler,

elektrik altyapısının uyumlu bir şekilde geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

Gelişen teknolojiler ve artan elektrikli araç kullanımıyla birlikte, gelecekte daha fazla şarj istasyonunun kurulması ve daha büyük güç taleplerinin ortaya çıkması beklenmektedir. Bu nedenle, elektrik dağıtım şirketlerinin, trafoların kapasitelerini doğru şekilde hesaplayarak gelecekteki talepleri karşılayacak şekilde altyapılarını güçlendirmeleri önemlidir.

V. ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ DAĞITIM ŞEBEKESİ ÜZERİNDEKİ HARMONİK ETKİSİ

Elektrikli araçların artan sayısı, şarj istasyonlarının ihtiyacını ve bunların elektrik şebekelerine entegrasyonunu önemli ölçüde artırmaktadır. Ancak, şarj istasyonları ve elektrikli araçlar genellikle elektrik şebekesine doğrusal olmayan yükler vermektedir. Bu yükler, şebekeye harmonik bozunumlar

olarak bilinen istenmeyen sinyalleri eklemektedir [8].

Harmonik bozunumlar, elektrik şebekelerinin verimliliğini ve güvenilirliğini etkilemesiyle birlikte ek kayıplara, ısınmaya ve enerji kalitesinde düşüşe neden olabilir. Ayrıca, harmonik bozunumlar, güç faktörünün düşmesine ve dağıtım şebekesindeki gerilim dalgalanmalarına yol açabilir.

Günümüzde, elektrikli araçların elektrik şebekesine olan harmonik etkileri ile ilgili pek çok araştırma bulunmaktadır. Özellikle, araştırmacılar, harmonik bozunumlarını azaltmak için gelişmiş şarj stratejileri ve filtreleme teknikleri üzerinde çalışmalarını sürdürmektedirler. Bu çalışmalar gelecekte elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla harmonik etkilerin daha rahat yönetilmesine yardımcı olacaktır. Ancak, gelecekteki elektrikli araç sayıları göz önüne alındığında, mevcut stratejiler ve teknolojiler yetersiz kalabilir. Elektrikli araçların sayısı arttıkça, harmonik etkilerin yönetilmesi daha zor hale gelecektir. Bu nedenle, sektör oyuncuları ve düzenleyici kurumlar, gelecekteki enerji sistemlerinin harmonik bozunumlarını etkili bir şekilde yönetebilmesi için proaktif yaklaşımlar geliştirmelidirler [9].

Çözüm yollarından bir diğeri ise akıllı şarj sistemleri ve enerji yönetimi stratejilerinin uygulanmasıdır. Bu sistemler, şarj sürelerini ve güç taleplerini optimize ederek harmonik bozunumları azaltmaya yardımcı olabilir [10]. Ayrıca, şebeke operatörleri, elektrikli araçların şebekeye entegrasyonunu göz önünde bulundurarak şebekenin kapasitesini ve esnekliğini artırabilir. Olumlu sonuç alınabilmesi için şebeke ekipmanlarının doğru boyutlandırılması ve enerji

depolama sistemlerinin kullanımıyla başlanabilir [11].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu da harmonik bozunumların yönetilmesine katkıda bulunabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, özellikle rüzgar ve güneş enerjisi, enerji üretimindeki dalgalanmaları dengelemeye ve şebekeye daha az harmonik bozunum sağlamasına yardımcı olabilir [12].

Sonuç olarak, elektrikli araçların elektrik dağıtım şebekesine harmonik bozunumların mevcut ve gelecekteki etkisi, enerji sektörü için önemli bir sorundur. Bu sorunu ele almak için, akıllı şarj sistemleri, enerji yönetimi stratejileri, şebeke kapasitesinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu gibi çözümler uygulanmalıdır. Bu yaklaşımlar, hem şebeke güvenilirliğini hem de enerji kalitesini artıracak ve elektrikli araçların yaygınlaşmasının olumsuz etkilerini en aza indirecektir.

VI. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada orta büyüme senaryosuna göre elektrikli araç şarj istasyonlarının elektrik dağıtım şebekesine etkisini incelemek için İzmir ili Bornova TM bölgesi incelenmiştir. Bu senaryo için (orta büyüme) 2030 yılında elektrikli araç sayısı 1 milyon 600 bin olarak varsayılmıştır. 2022 yılı Bornova TM'deki enerji miktarı 540.624,02 MWh olduğu Tablo 10'da görülmektedir. TEİAŞ talep tahminlerine göre 2030 yılına kadar ortalama yıllık talep artışı %4 olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda Bornova TM üzerindeki 2030 yılına kadar

tahmini enerji tüketimleri hesaplanabilir.

Tablo 10'da görüldüğü gibi 2025 yılı için elektrikli araç şarj istasyonu kaynaklı ek enerji tüketim oranı %2,14'tür. 2030 yılında ise bu oran %9,71'dir. GDZ Elektrik Dağıtım A.Ş. bölgesi toplam enerji tüketim oranına bakıldığında, 2025 yılındaki EAŞİ kaynaklı ek tüketim artışı %0.95 ve 2030 yılı için bu oran %4,32'dir. Kurgulanan senaryoda gelecekte ilave şebeke yatırımı olmaksızın orta senaryoya göre Bornova TM için 272 şarj istasyonun dağıtım şebekesine entegre edilebileceği gözlemlenmiştir. Fakat bu yıllara kadar öngörülen yıllık %4 elektrik talep artışıyla orantılı şebeke yatırımlarının yapılması gerekmektedir.

Bu tahminler, İzmir ve Manisa illerinin elektrikli araç pazarındaki mevcut payının ve bu payın gelecekteki muhtemel değişikliklerin yansıtılmasına çalışırken, öngörülen elektrikli araç sayılarına ve bu araçların şarj gereksinimlerine dayanmaktadır. Ancak bu tahminlerin doğruluğu, elektrikli araçların yaygınlaşmasını etkileyen birçok faktöre bağlıdır. Örneğin, elektrikli araç teknolojisinin gelişimi, elektrikli araçları satın alma maliyeti, elektrikli araçlar için hükümet politikaları ve teşvikleri, vb. faktörler etkili olacaktır. Bu tür öngörüler, tahmin edilen sonuçların mutlak kesinlikle alınmaması gerektiğini ve bu yüzden bu öngörülerin sadece rehber olarak kabul edilmesi gerektiğini vurgular. Kesin ve ayrıntılı planlamalar için daha derinlemesine analizlerin yapılması gerekliliği önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

[1] TÜİK, "Motorlu Kara Taşıtları, Aralık 2022," Türkiye İstatistik Kurumu, 2022. <http://www.tuik.gov.tr/>. [Erişim Tarihi: 8 Haziran 2023].

[2]<https://www.bmw.com.tr/tr/topics/fascination-bmw/bmw-i-ve-e-mobilite/elektrikli-otomobil-turleri>

[3]<https://www.tehad.org/2017/07/15/elektrikli-arac-sarj-yontem-ve-istasyon-tipleri/>

[4] Kamil Maviş , EPDK Şarj Hizmeti , 04/11/2022

[5] "Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarında Lisans Sayısı 124'e Ulaştı", Anadolu Ajansı, <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/elektrikli-arac-sarj-istasyonlarında-lisans-sayısı-124e-ulaştı/2879086>. [Erişim tarihi: 8 Haziran 2023].

[6] TEHAD, "2022 Yılı Elektrikli Otomobil Satış Rakamları," Türkiye Elektrikli ve Hibrit Araçlar Derneği Raporları, 2022.

[7] Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, "Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası," 2022.

[8] A. E. H. Eltamaly, M. A. Mohamed, "A comprehensive review of the impacts of harmonics on the performance of electric vehicle chargers", Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 59, pp. 1076-1089, 2016.

[9] Z. Chen, L. Zhu, W. Wang, Y. Xue, J. Zhao, "Impact analysis and mitigation strategies for electric vehicle charging

loads on distribution network harmonic distortion”, *Applied Energy*, vol. 253, 113576, 2019.

[10] N. Leemput, F. Geth, J. Van Roy, J. Büscher, R. Belmans, “Impact of electric vehicle on-board single-phase chargers on the harmonic current emissions”, *Electric Power Systems Research*, vol. 118, pp. 58-67, 2014.

[11] X. Fang, S. Misra, G. Xue, D. Yang, “Smart grid: the new and improved power grid: a survey”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 14, no. 4, pp. 944-980, 2012.

[12] T. Ackermann, G. Andersson, L. Söder, “Distributed generation: a definition”, *Electric Power Systems Research*, vol. 57, no. 3, pp. 195-204, 2001.