Created with a trial version of Syncfusion Essential PDF

Elektrikli Araçlar ve Depolama Teknolojileri Bilgilendirme Notu

Temmuz 2021

TSKB

Hazırlayanlar

Çiğdem Demirok – Kredi Tahsis

Damla Özçelik Yanık – Finansal Danışmanlık

Doğa Yeşil – Kurumsal Bankacılık Satış

Feryal Özer – Kurumsal Uyum

Orçun Yıldızca – Mühendislik ve Teknik Danışmanlık

Zümray Şentürk – Kredi Analiz

İÇİNDEKİLER

Grafik Listesi ii
Tablo Listesi ii
Şekil Listesi ii
Kısaltmalar iii
1. Yönetici Özeti 1
2. Elektrikli Araçlar 2
2.1. Dünyada Elektrikli Araçların Gelişimi 2
2.2. Türkiye Elektrikli ve Hibrit Otomobil Pazarı 5
2.3. Türkiye Elektrikli Araçlar Pazarında Gelişmeler 6
2.4. Türkiye Elektrikli Araçlar Pazarında Mevzuat 8
2.5. Elektrikli Araçlar Pazarında Beklentiler 11
2.5.1. Dünya Elektrikli Araçlar Pazarında Beklentiler 11
2.5.2. Türkiye Elektrikli Araçlar Pazarında Beklentiler ve Yapılması Gerekenler 12
3. Enerji Depolama Teknolojileri 14
3.1. Enerji Depolamanın Avantajları ve Yöntemleri 14
3.1.1. Enerji Depolamanın Avantajları 14
3.1.2. Enerji Depolama Yöntemleri 15
3.1.2.1. Kimyasal Depolama 16
3.1.2.2. Elektriksel Depolama 17
3.1.2.3. Mekanik Depolama 17
3.1.2.4. Elektrokimyasal Depolama 18
3.2. Türkiye'de Enerji Depolamaya Yönelik Mevzuat 19
3.3. Enerji Depolamada Güncel Uygulamalar ve Yeni Trendler 21
3.3.1. Enerji Depolamada Dünyadaki Güncel Uygulamalar 21
3.3.2. Enerji Depolamada Türkiye'deki Güncel Uygulamalar 22
3.3.3. Enerji Depolamada Yeni Trendler 24
4. Elektrikli Araçlar Pazarında Batarya Teknolojileri 26
4.1. Dünya Elektrikli Araçlar Pazarında Batarya Teknolojilerindeki Gelişmeler 26
4.2. Türkiye Elektrikli Araçlar Pazarında Batarya Teknolojilerindeki Gelişmeler 28

Grafik Listesi

Grafik 1. Küresel Elektrikli Araç Sayısının Gelişimi (2010-2020) 3
Grafik 2. Küresel Kurulu Enerji Depolama Kapasitesi 21
Grafik 3. Ülke Bazında Lityum İyon Pil Üretim Kapasitesi (GWh/yıl) 27
Grafik 4. Pil Talebi Gelişimi (GWh/yıl) ve Bölge Bazında Pil Talebi (GWh/yıl) 27

Tablo Listesi

Tablo 1. Türkiye Otomobil Pazarının Motor Türüne Göre Dağılımı 5
Tablo 2. Türkiye Elektrikli Otomobil Satışları 6
Tablo 3. Türkiye Otomobil Pazarı ve Elektrikli-Hibrit Otomobil Satışları Gelişimi 6
Tablo 4. Türkiye Elektrik Motorlu Araçlar ÖTV Oranları 10
Tablo 5. Motorlu Araç ile Elektrikli Araç Satış Fiyatı Kıyaslaması 10
Tablo 6. Elektrikli Araçlar Güncel Satış Fiyatları 12
Tablo 7. Batarya Depolamada Ülke Bazında Kurulu Güçler veya Hedefler 28

Şekil Listesi

Şekil 1. Enerji Depolama Yöntemleri 16
Şekil 2. Enerji Depolama Yöntemleri 17
Şekil 3. Pompaj Depolamalı HES Sistemi 17

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AİTM	Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik
Ar-Ge	Araştırma geliştirme
AVM	Alışveriş Merkezi
BOTAŞ	Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
EÇG	Enerji Çalışma Grubu
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ESaaS	Hizmet Olarak Enerji Depolama
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
FSRU	Yüzer Depolamalı Gazlaştırma Ünitesi
GW	Gigavat
GWh	Gigavatsaat
HEV	Hibrit Elektrikli Araçlar
ICE	İçten Yanmalı Motor
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
KOSGEB	Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
kW	Kilovat
kWh	Kilovatsaat
LCOS	Depolamanın Seviyelendirilmiş Maliyeti
Li-ion	Lityum-iyon
LNG	Sıvılaştırılmış doğal gaz
m^2	Metrekare
MW	Megavat
MWh	Megavatsaat
ODD	Otomotiv Distribütörleri Derneği
OEM	Orjinal Ekipman Üreticileri
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
OYDER	Otomotiv Yetkili Satıcıları Derneği
ÖTV	Özel Tüketim Vergisi
PHEV	Plug-in Hibrit Elektrikli Araçlar
PHES	Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santral
Sm^3	Standart Metreküp
TEHAD	Türkiye Elektrikli ve Hibrit Araçları Derneği
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TOGG	Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu
TOKKDER	Tüm Oto Kiralama Kuruluşları Derneği
TSKB	Türkiye Sınai Kalkınma Bankası
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

1. Yönetici Özeti

Dünyada çevreci bakış açısının ve küresel ısınmaya karşı duyarlılığın daha geniş kitleler nezdinde karşılık bulmasının yanı sıra kömür, doğal gaz ve petrol gibi konvansiyonel enerji kaynaklarının sınırlı olması ve artan enerji ihtiyacına bağlı olarak bu kaynakların giderek azalması, son yıllarda yeni teknoloji arayışlarında elektrikli araçların bir alternatif olarak öne çıkmasını desteklemektedir.

Dünyada dolaşımdaki elektrikli araç sayısı 2020 yıl sonu itibarıyla yaklaşık 11 milyon adettir. Ülkemiz ise kullanılmakta olan 1.000 civarı elektrikli araç ile kendi piyasasını geliştirmeye daha yeni başlamıştır.

Elektrikli araçların mobilitenin yakın gelecekteki dönüşümünde ve ulaşım kaynaklı karbon salımının azaltılmasında anahtar rol oynayacağı, daha sessiz, daha çevreci ve daha ekonomik bir ulaşım sağlayacağı bilinmektedir; ancak dünyanın çeşitli ülkelerinde sayıları artmasına rağmen, elektrikli araçların yaygın hale gelmesinin önünde halen bazı engeller olduğu görülmektedir.

Elektrikli araçların fiyatının benzinli araçların fiyatına göre daha uygun olması, araç marka ve modelinde bilinen markalar ve elektrikli araçlarda uzmanlaşmış üreticilerin bulunması, uygun ve yeterli şarj noktalarının varlığı, elektrikli aracın şarj ile ortalama 400-450 km menzil gidebilme beklentisini karşılaması, şarj süresinin 20-30 dakika aralığında seyretmesi elektrikli araçların yaygınlaşması için önemli unsurlardır.

Elektrikli araç talebini etkileyen önemli unsurların başında araç satış fiyatı gelmektedir. Elektrikli araçların üretiminde, maliyeti ve satış fiyatını etkileyen en önemli bileşen batarya teknolojileridir. Bir elektrikli aracın maliyetinin yaklaşık %30'u batarya maliyetinden oluşmaktadır ve elektrikli araç batarya maliyetleri hâlâ yüksek seviyelerdedir. Gelişen teknolojilerle birlikte gerileyen batarya maliyetleri ile elektrikli araç üreticileri menzil olarak daha gelişmiş araçları daha ucuz fiyatlarla piyasaya sunabileceklerdir. Ayrıca elektrikli araçların ülkemizdeki özel tüketim vergisi (ÖTV) oranlarına bakıldığında, vergisiz fiyatı 135 bin TL'den daha düşük olan benzinli veya dizel yakıtlı otomobillere, elektrikli araçlardan daha düşük vergi uygulandığı görülmektedir. Dünya genelinde elektrikli araçlara yönelik olarak satın alma sübvansiyonu, tescil vergisi, KDV, hurda teşviki, yıllık plaka vergisi, park ve geçiş ücretleri, özel şerit kullanımı gibi birçok farklı alanda teşvik uygulamaları bulunmaktadır. Ülkemizde ise özel tüketim vergisi gibi maliyet yaratan uygulamalar elektrikli araçların tercih edilmesini zorlaştırmaktadır.

Son zamanlarda dünyada elektrikli araçlar pazarındaki büyüme lityum-iyon (Li-ion) teknolojisinin gelişmesini de beraberinde getirmiş ve söz konusu gelişmeler lityum tabanlı bataryaların maliyetlerindeki düşüşü tetiklemiştir. Önümüzdeki dönemde teknolojik gelişmelere paralel olarak daha da gerilemesi beklenen lityum tabanlı bataryaların maliyetleri, bu alandaki yatırımları daha finanse edilebilir hale getirecektir.

Artan enerji talebi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kesikli yapısı ve depolama ihtiyacı bu alandaki yatırımları ve devlet desteklerinin yaygınlaşmasını hızlandırmaktadır. Enerji depolama alanında ülkeler nezdinde politikalar belirlenmekte ve devlet teşvikleri artış göstermektedir. Bunlara ilave olarak, sektörde şirketler arası ve kamu kuruluşları arasında kurulan iş birliklerinde ve proje sayılarında da artış yaşanmaktadır. Ayrıca, birçok yatırımcı tarafından birleşme ve satın alma yoluyla enerji depolama sistemleri sektörüne yatırım yapılmaktadır. Türkiye'de farklı alanlarda enerji depolama projeleri bulunmakta olup bu alanda hem özel sektör hem de kamu yatırımları sürmektedir.

2. Elektrikli Araçlar

2.1. Dünyada Elektrikli Araçların Gelişimi

Günümüzde gittikçe popülerleşen elektrikli araçların tarihi aslında içten yanmalı motorlu araçlara (ICE) göre daha eskiye, 1800'lü yılların başına kadar dayanmaktadır. 1828 yılında Macar bir mucidin icat ettiği küçük ölçekli elektrik motorlu araç, ilk örneklerden biri olarak kabul edilirken, 1835 yılında Hollandalı ve Amerikalı mucitlerin yeni modeller geliştirdiği bilinmektedir, ancak gerçek anlamda başarılı çalışmalar 1842 yılında Thomas Davenport ve Robert Davidson'ın geliştirdiği bataryalı araçlarla ortaya çıkmıştır. Bu yıllarda bataryalar henüz şarj edilebilir özellikte değildi. Şarj edilebilen bataryaların 1859 yılında ortaya çıkması ile elektrikli otomobil fikri daha uygulanabilir hale gelmiştir.

1900'lü yılların başında menzil artırma düşüncesi ile elektrik motoru ve benzinli motoru birleştirme fikri ortaya çıkmış ve ilk hibrit (biri benzinli biri elektrikli olmak üzere iki motora sahip) yapı denenmiştir. 1900'lü yıllarda ABD (Amerika Birleşik Devletleri)'de elektrikli araç sayısı benzinli araç sayısından fazlaydı; ancak 1920-1960 yılları arasında benzin fiyatlarının düşmesi, Charles Kettering'in marş motorunu bulması, Amerika'daki yolların iyileşmesiyle uzun menzilli araç ihtiyacının artması, Henry Ford'un içten yanmalı motorlu araçları seri şekilde üretmeye başlaması, araç maliyetlerinin düşmesi gibi nedenlerden dolayı içten yanmalı motorlu araçlar dünya çapında ilgi odağı olmuş ve elektrikli araçlara olan ilginin giderek ortadan kalkmasına yol açmıştır.[1]

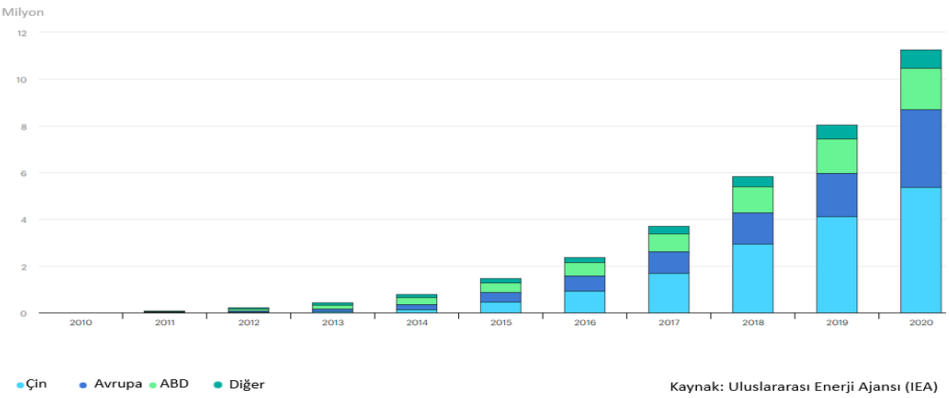
1960'lı yıllarda fosil yakıtlar ile çalışan otomobil sayısında izlenen artış ile oluşan hava kirliliği ve bu durumun insan sağlığına olan olumsuz etkilerine ilave olarak 1973 yılındaki petrol krizi ile birlikte artan benzin fiyatları da alternatif bir araç üretiminin önemini bir kez daha ortaya koymuş ve elektrikli araç çalışmalarını yeniden gündeme getirmiştir.

1980'lerde elektrikli araçların çevre dostu olmasından dolayı hükümetler bu araçlara teşvikler vermeye başlamış, 2000'li yıllara yaklaşılırken Toyota, Prius modeli ile ilk defa seri olarak hibrit otomobil üretmiştir. 2008 yılına gelindiğinde Tesla, piyasadaki diğer elektrikli araçlardan farklı olarak tek seferde şarj edilerek 330 km yol gidebilecek Roadster modeli elektrikli aracı satışa sunmuş ve elektrikli araç piyasasında uzun menzil bakımından bir ilki gerçekleştirmiştir.

Günümüze yakın tarihe gelindiğinde, artan sera gazı salımı ve çevre kirliliğinin en gözlenebilir sonucu olan küresel ısınma konusunda önlem almanın kaçınılmaz olması, elektrikli araçlara yönelimin ana nedenidir. Çevreci bakış açısının ve küresel ısınmaya karşı mücadelenin daha geniş kitlelerce benimsenmesi kadar fosil yakıtların bilinen teorik ömürlerinin azalması da son yıllarda yeni teknoloji arayışlarında elektrikli araçları öne çıkarmaktadır. 2010 yılında 17 bin adet olan dolaşımdaki elektrikli araç sayısı, 2020 yıl sonu itibarıyla 10 milyondan fazla yaklaşık 11 milyon adete ulaşmıştır. 2020 yıl sonu itibarıyla bölgeler bazında toplam dolaşımdaki elektrikli araç sayısına bakıldığında; Çin'in toplam 4,5 milyon adet araç sayısı ile lider

[1] Dünya Enerji Konseyi, (2018). "Elektrikli Araçlar", https://www.dunyaenerji.org.tr/elektrikli-araclar/, Erişim tarihi: 14.06.2021.

konumda olduğu, 3,2 milyon adet ile Avrupa Bölgesi'nin ikinci sırada, 1,8 milyon adet ile ABD'nin ise üçüncü sırada olduğu görülmektedir.[2]



Grafik 1. Küresel Elektrikli Araç Sayısının Gelişimi (2010-2020)
Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)

2020 yılında Covid-19 salgını nedeniyle küresel ekonomik daralmaya bağlı olarak dünya genelinde araba satışları %16 oranında gerilemiş, buna karşın elektrikli araç satışları %43 oranında artmıştır. 2020 yıl sonu itibarıyla dünya genelinde satışta olan elektrikli araç model sayısı ise 2019 yılına göre %40 oranında artarak 370'e ulaşmıştır. Model sayısı bakımından Çin lider olsa da 2020 yılında satışa sunulan modeller bakımından Avrupa Bölgesi model sayısını iki katına çıkarmıştır.[3]

Aşağıda başlıca bölgeler itibarıyla elektrikli araç gelişimlerine kısaca yer verilmektedir.

Avrupa

1835 yılında üretilen ve dünyanın ilk örnekleri arasında gösterilen araçlardan birinin Hollandalı Profesör Stratingh tarafından geliştirildiği bilinmektedir. 1897 yılında İngiltere'de 15 adet elektrik ile çalışan model Londra Elektrikli Taksi Firması tarafından geliştirilmiş ve kullanıma başlanmıştır. Yine 1900'lü yıllarda Fransız Electroautomobile Krieger tarafından ilk kez hibrit modellere ilişkin denemeler yapılmıştır. 1970'li yıllara değin dünya genelinde olduğu gibi Avrupa'da da petrol fiyatlarının düşük seyretmesi ve uzun menzil ihtiyacına cevap verilememesi sonucunda kullanılan araçların tamamına yakınını benzinli araçlar oluşturmuştur.[4]

Volkswagen, Fiat, BMW ve Mercedes gibi devasa otomotiv üretim gruplarına sahip olan Avrupa bölgesinde elektrikli araç satışları istenilen sayılara 2013 yılına kadar ulaşılamamıştır. Çevreci yönelimleri ve sürdürülebilirlik temelli politikaları kapsamında aralarında Belçika, Almanya, Finlandiya ve Fransa'nın olduğu bir grup Avrupa ülkesi elektrikli araçları teşvik etmek için elektrikli araç alımlarında ucuz maliyetli

[2] IEA analysis based on country submissions, complemented by ACEA (2021); CAAM (2021); EAFO (2021); EV Volumes (2021) and Marklines (2021).
[3] Uluslararası Enerji Ajansı, a.g.e.
[4] Alper Kerem, (2014). "Elektrikli Araç Teknolojisinin Gelişimi ve Gelecek Beklentileri", Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Erişim tarihi: 14.06.2021. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/181605, Erişim tarihi: 14.06.2021.

kredi desteği ve vergi indirimleri getirmişlerdir. Ancak sunulan teşviklerin istenilen etkiyi yaratmadığı görülmüştür. Bu durumun en temel sebeplerinden biri yeterli oranda şarj istasyonunun bulunmaması ve menzil sorunu olmuştur. Gelişen teknoloji sayesinde tek şarjlama ile daha uzun menzil yapılabilmesi gerek özel gerekse ortak şarj alan sayılarındaki artış ve depolama teknolojisindeki maliyet düşüşü ile birlikte 2015 yılından bu yana elektrikli araç satışlarında yukarı yönlü ivme dikkat çekmektedir.[5]

Günümüze gelindiğinde Avrupa bölgesinde 2020 yılı itibarıyla 3,2 milyon elektrikli araç olduğu bilinmektedir. 2020 yılında Almanya'da 395 bin adet, Fransa'da 185 bin adet, İngiltere'de 176 bin adet olmak üzere toplam 1,4 milyon adet elektrikli araç satılmıştır. Avrupa ilk defa 1,4 milyon adet satış ile Çin'den daha fazla (1,2 milyon adet) elektrikli araç satışı gerçekleştirmiş olup söz konusu artışta özellikle hükümetlerin izlediği çevreci politikalar, vergi indirimleri, üretim maliyetlerinin düşmesi ve model çeşitliliğinin artması etkili olmuştur.[6]

Çin ve ABD

Elektrikli araçların tarihsel gelişimine bakıldığında özellikle ABD ve Çin'in bu anlamda öncü ülkeler olduğu görülmektedir.

2009 yılında Çin hükümeti "10 Ülke 1000 Araç Programı"nı uygulamaya alarak elektrikli araç üretiminde dünya lideri haline gelmeyi ve karbon emisyonunu düşürerek daha yaşanılabilir bir çevreye sahip olmayı hedeflemiştir. Elektrikli araçların yaygınlaşmasının önündeki en temel engel olan şarj istasyonu sorunu da bu kapsamda ele alınarak 2015 yılında yürürlüğe konulan "Elektrikli Araçlar Şarj Altyapı Gelişim Rehberi 2015-2020" programı ile 12.000'in üzerinde şarj istasyonu ve 4,8 milyon şarj noktası kurulumu yapılması planlanmıştır. Mevcut durumda her ne kadar planlanan sayıda şarj istasyonları kurulamamış olsa da dolaşımda olan elektrikli araç sayısı bakımından Çin dünya lideri konumundadır.[7] Dolaşımda olan 5,4 milyon adet elektrikli araca sahip olan Çin'de yalnızca binek araçlarda, değil kamyon ve otobüste de bu teknolojinin kullanıldığı bilinmektedir.

1835 yılında geliştirilen ve dünyanın ilk elektrikli motoruna sahip aracının mucitlerinden biri ABD'li Thomas Davenport'tur. 1900'lü yıllarda ABD'de araçların yaklaşık %38'i elektrik ile çalışmakta iken 1908 yılında Henry Ford tarafından seri üretimine başlanan daha uygun maliyetli benzinli araba modeli ile elektrikli araçlara olan talep azalmıştır. Günümüze gelindiğinde ABD piyasalarında geçmiş dönemlerde petrol krizlerinden dolayı yaşanan sıkıntılar ve krizler sonucu petrole olan bağımlılığın düşürülme çabası kapsamında hükümetler elektrikli araçları ve alternatif enerji kaynaklarını desteklemektedir. 2008 ekonomik krizinden sonra 2009 yılında ABD Enerji Bakanlığı'nın yakıt tasarruflu araçların gelişimi için Ford, Tesla Motors ve Nissan'a verdiği 8 milyar ABD doları tutarındaki fon elektrikli araçlara artan ilginin en önemli göstergesi olmuştur.[8]

2020 yılı sonu itibarıyla ABD'de 1,8 milyon adet elektrikli aracın dolaşımda olduğu bilinmektedir. ABD orijinli elektrikli araç üreticisi Tesla sektörde öncü üretim firmalarındandır. Tesla, 2020 yılında analiz

[5] Dünya Enerji Konseyi, a.g.m.
[6] Uluslararası Enerji Ajansı, a.g.e.
[7] Dünya Enerji Konseyi, a.g.m.
[8] https://cleantechnica.com/2015/04/26/electric-car-history/, Erişim tarihi: 14.06.2021.

şirketlerinin 480 bin adet seviyesinde satış tahminlerine karşın, 499 bin 550 araç satarak tahminlerin üstünde bir performans gerçekleştirmiştir.[9]

2.2. Türkiye Elektrikli ve Hibrit Otomobil Pazarı

Gelecek nesillere sürdürülebilir bir gelecek bırakılması için diğer tüm sektörlerde olduğu gibi otomotiv sektöründe de temiz teknolojilerin kullanılması, enerji verimliliği, emisyon ve karbon salımının azaltılmasına katkı sağlayacak teknolojilerin desteklenmesi önem arz etmektedir. Bu kapsamda, birçok sektör gibi otomotiv sektörü de bir dönüşümün içerisine girmiştir ve bu dönüşümde elektrikli araçlar önem kazanmaktadır.

Türkiye'de yıllar itibarıyla elektrikli ve hibrit (biri benzinli diğeri elektrikli iki motora sahip) otomobil satışlarının artan oranlı bir trend izlediği görülmektedir. 2015 yılından itibaren 2021 yılı Mart ayına kadar toplam 1.773 adet elektrikli otomobil, 43.887 adet de hibrit otomobil satılmıştır.

2019 yılında, bir önceki yıl sonu yapılan ÖTV düzenlemesi sonucu artan araç fiyatları, diğer yandan artan döviz kuru ve yılın ilk yarısına kadar taşıt kredi faizlerinin yüksek olması gibi sebeplerden dolayı devletin bu dönemde yaptığı ÖTV teşviklerine rağmen Türkiye otomobil pazarında adet bazında %20,4 oranında daralma yaşanmıştır. 2019 yılında otomobil satışlarındaki daralmaya karşın elektrikli ve hibrit otomobil satışları yüksek oranda artarak 12.228 adet olarak gerçekleşmiştir.

Covid-19 salgını sebebiyle ertelenen taleplerin yaz aylarında geri gelmesi, bireylerin tedbir amaçlı toplu taşımadan kaçınması ile araç kullanımına yönelmesi ve devlet bankalarının düşük faizli taşıt kredisi sunması gibi sebeplerden dolayı Türkiye otomobil pazarı 2020 yılında geçen yıla göre %57,5 oranında artış göstermiş, elektrikli ve hibrit otomobil satışları ise daha yüksek oranda artarak 23.116 adet seviyesinde gerçekleşmiştir.

2020 yılı itibarıyla binde 1 olan elektrikli otomobil satışlarının otomobil pazarındaki payı 2021 yılı Ocak-Mart döneminde binde 2'ye yükselmiş olmakla birlikte hâlâ çok düşük seviyededir. Hem elektrik motorunu hem de içten yanmalı motoru bir arada bulunduran hibrit araçta, şarjın bitmesi durumunda içten yanmalı motorla yola devam edilebilmektedir ve bu nedenle hibrit elektrikli araçlar kullanıcılar tarafından daha çok ilgi görmektedir. Türkiye otomobil pazarında 2021 yılı Ocak-Mart döneminde 156.464 adet otomobil satılmış olup bunların %8,1'i elektrikli ve hibrit otomobillerdir.

Tablo 1. Türkiye Otomobil Pazarının Motor Türüne Göre Dağılımı

Adet	2020	Payı	2021/3	Payı
Benzin ve Dizel motorlu	560.308	91,8%	136.961	87,5%
Otogazlı	26.685	4,4%	6.789	4,3%
Hibrit	22.272	3,7%	12.402	7,9%
Elektrikli	844	0,1%	312	0,2%
Toplam	**610.109**	**100%**	**156.464**	**100%**

Kaynak: ODD (Otomotiv Distrübitörleri Derneği), TSKB

[9] https://www.indyturk.com/node/294641/ekonomi%CC%87/elon-musk%C4%B1n-teslas%C4%B1-2020de-sat%C4%B1%C5%9F-rekoru-k%C4%B1rd%C4%B1, Erişim tarihi: 14.06.2021.

2015 yılından itibaren 2021 yılı Mart ayına kadar toplam 1.773 adet elektrikli otomobil satılmıştır. 2021 yılı Mart ayı itibarıyla elektrikli otomobil satışının %25'ini Renault, %25'ini Porsche Taycan, %19'unu Jaguar, %15'ini BMW, %6'sını Mini Cooper, %6'sını Mercedes, %4'ünü ise Smart gerçekleştirmiştir.

Tablo 2. Türkiye Elektrikli Otomobil Satışları

Adet	Segment	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021/3	Toplam
BMW i3	C2	83	24	35	37	50	39	3	**271**
BMW iX3	*	-	-	-	-	-	-	1	**1**
Jaguar I-Pace	E7	-	-	-	38	119	178	2	**337**
Mercedes Benz EQC	E7	-	-	-	-	-	42	58	**100**
Mini Cooper SE	B2	-	-	-	-	-	103	3	**106**
Porsche Taycan	*	-	-	-	-	-	303	135	**438**
Renault Zoe	B2	36	20	42	79	31	135	103	**446**
Smart EQ ForFour	A6	-	-	-	1	22	9	-	**32**
Smart EQ ForTwo	A6	-	-	-	-	-	35	7	**42**
Toplam		**119**	**44**	**77**	**155**	**222**	**844**	**312**	**1.773**

Kaynak: TEHAD (Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçları Derneği), TSKB

Türkiye elektrikli araç satışları son yıllarda kullanıcıların talebi doğrultusunda hızla artmaktadır. 2017 yılından beri elektrikli ve hibrit otomobil pazarı toplam otomobil pazarı ile kıyaslandığında toplam otomotiv pazarının düşüş gösterdiği yıllarda değişimin sınırlı, yükseliş gösterdiği yıllarda ise değişimin daha yukarı yönde olduğu görülmektedir. Ayrıca 2020 yılı Ocak-Mayıs döneminde 4.455 adet seviyesinde olan elektrikli ve hibrit otomobil pazarı, 2021 Ocak-Mayıs döneminde 20.074 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 3. Türkiye Otomobil Pazarı ve Elektrikli-Hibrit Otomobil Satışları Gelişimi

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020/3	2021/3
Türkiye Otomobil Pazarı	725.596	756.938	722.759	486.321	387.256	610.109	99.630	156.464
Elektrikli ve Hibrit Otomobil Pazarı	1.094	1.082	4.582	4.054	12.228	23.116	3.611	12.714
Elektrikli ve Hibrit Araç/Otomobil Pazarı	0,2%	0,1%	0,6%	0,8%	3,2%	3,8%		8,1%
Otomobil Pazarı Yıllık Değişim		4,3%	(4,5%)	(32,7%)	(20,4%)	57,5%		57,0%
Elektrikli ve Hibrit Otomobil Pazarı Yıllık		(1,1%)	323,5%	(11,5%)	201,6%	89,0%		252,1%

Kaynak: ODD, TSKB

2.3. Türkiye Elektrikli Araçlar Pazarında Gelişmeler

Otomotiv endüstrisi ülkemiz için ihracat, istihdam ve katma değer bakımından önemli sanayilerdendir. Ayrıca yerli ve elektrikli otomobilin 2022 yılında üretilmesi ile sektörde katma değerin daha da artacağı düşünülmektedir.

Deloitte tarafından 23 küresel pazarda yaklaşık 25.000 tüketici ile yapılan anket sonucuna göre; Covid-19 salgınının neden olduğu finansal endişelere rağmen alternatif yakıtlara olan ilgi devam etmektedir; ancak tüketicilerin %59'u yakıt konusunda tasarruflu araçlara yönelirken, %41'i daha ucuz fiyatlı araçları tercih edeceğini belirtmiş, %17'si de salgından önceki planının daha büyük bir araç olmak olduğu, salgınla birlikte bu fikrinin değiştiğini ilave etmiştir. Elektrikli araç tercih etmeyenlerin çoğunluğunun endişesinin, menzil kaygısı ve şarj altyapısının zayıflığı olduğu görülmüştür. Elektrikli araç tercih edenlerin %49'u otomobillerini evinin garajında şarj edebilmek isterken, %41'i sokakta belirli noktalarda şarj ünitesinin olmasını beklemekte, %10'u ise işyerinde bu seçeneği aramaktadır. Tüketicilerin finansman açısından ise düşük faiz veren, kullanımı kolay ödeme ara yüzü olan ve güvenilir finansal kuruluşları tercih ettiği

görülmüştür. Tüketiciler açısından elektrikli araçlara yönelik uzun vadeli eğilim güçlense de bilinirlik ve alım gücü önem kazanmaktadır.[10]

Castrol'un Türkiye'de elektrikli araçların yaygınlaşmasını etkileyen faktörler hakkında Tüm Oto Kiralama Kuruluşları Derneği (TOKKDER), ODD, Otomotiv Yetkili Satıcıları Derneği (OYDER), filo yöneticileri, sektör profesyonelleri ve tüketiciler ile yaptığı araştırmaya göre; tüketicilerin şarj süresi beklentisi 28 dakika, menzil beklentisi ise 406 km'dir. Fiyat politikası tüketicide %31 ile ilk önem sırasında yer alırken, aracın markası modeli %31 ile ikinci sırayı almakta, sonrasında %20 ile şarj ağı, %15 ile menzil ve %13 ile şarj süresi gelmektedir. Ayrıca tüketicilerin %60'ı 2025'e gelindiğinde elektrikli araca geçebileceğini bildirmektedir.[11]

Türkiye'de üretilen ilk elektrikli araç olan Renault Fluence ZE 2009'da Bursa'da üretilmiş olup 2012 yılında Türkiye yollarına çıkmıştır. Evdeki 220 voltluk priz ile ancak 10-12 saatte şarj edilebilmiş ve tam şarj ile sadece 185 kilometre yol kat edebilmiştir. Bugüne kadar 215 adet satılan model uzun süren batarya şarj süresi ve kısa menzili nedeniyle yeterli talebi görmemiş ve satıştan kaldırılmıştır.

Küresel ölçekte rekabet edecek bir otomobil markası yaratma hedefiyle Anadolu Grubu (%19), BMC (%19), Kök Grubu (%19), Turkcell (%19), Zorlu (%19) ve Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği'nin (%5) ortaklığında 25.06.2018 tarihinde Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu Sanayi ve Ticaret A.Ş. (TOGG) kurulmuştur. 1,2 milyon metrekare alan üzerine 230 bin metrekare kapalı alana sahip olacak Gemlik'teki fabrikanın temelleri 18 Temmuz 2020'de atılmış olup TOGG marka ilk elektrikli aracın 2022 yılında piyasa sürüleceği belirtilmiştir. Fabrikanın yıllık üretim kapasitesinin 175.000 adet olacağı ve 10 yıllık süreçte 5 farklı modelden toplam 1 milyon adet otomobil üretileceği belirtilmiştir. Türkiye'nin yerli otomobili TOGG'un üretimi ile ilgili hedef 2022'de en az %51, 2025'ten sonra ise %68 oranında yerli üretim kapasitesine erişmek olarak belirlenmiştir. Yerli otomobilin internete sürekli olarak bağlı kalacağı, ileri seviye otonom sürüşe imkân tanıyacağı, 30 dakikadan az sürede %80'e kadar şarj edilebileceği, emisyon salımının sıfır olacağı ifade edilmiştir.

Ford Otosan, Avrupa'nın en büyük ticari araç üretim üssü olan Kocaeli fabrikasında 2 milyar Euro tutarlı yeni yatırımı ile tam elektrikli otomobilde 2023 yılında seri üretime geçileceğini duyurmuştur. İlave olarak batarya montaj tesisi bulunacağı da belirtilmiştir.

Ayrıca, Koç Holding'in Volkswagen AG ile elektrikli ticari araç üretimi için anlaşma yaptığı açıklanmıştır. 1,4 milyar Euro yatırımla tam elektrikli yeni nesil ticari aracın, Kocaeli-Gölcük tesislerinde üretileceği, 2026'ya kadar sürecek olan yatırımın 600 milyon Euro tutarındaki kısmının batarya fabrikasına yönelik olacağı ifade edilmiştir.

[10] Deloitte, (Şubat 2021). "2021 Küresel Otomotiv Tüketici Araştırması", https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/manufacturing/2021-Kuresel-Otomotiv-Tuketici-Arastirmasi.pdf, Erişim tarihi: 27.06.2021.

[11] Yöntem Araştırma Danışmanlık Ltd./Castrol Türkiye, (Mart 2021). "Elektrikli Geleceğe Bağlanın" Araştırması, https://www.tehad.org/2021/03/12/castrolden-elektrikli-araclara-gecise-isik-tutan-arastirma/, Erişim tarihi: 27.06.2021.

Ülkemizde Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından öncellikli alanlar proje çağrısı kapsamında, "Elektrikli araç teknolojilerinden kritik nitelikte olan bileşenlerin yerli olarak geliştirilmesi ve buna bağlı olarak geliştirilen bu bileşenlerin kullanıldığı yerli bir elektrikli araç üretilmesi" başlıklı çalışma başlatılmıştır.

Zararlı gaz salımını azaltan, çevreci araç politikasının ülkemiz iç pazarında desteklenmesi, teşviklerin verilmesi, vergi indiriminin sağlanması, tüketici alışkanlıklarının doğru analiz edilerek şarj istasyonlarının kurulması, batarya teknolojisinin geliştirilmesi ile elektrikli araç satış rakamlarında artış olacağı öngörülmektedir.

Ayrıca geçiş sürecinin hızlanması için tüketicilerin; trafikte olan taksi, dolmuş, minibüs ve otobüslerin elektrikli araca dönüşümlerinin devlet tarafından desteklenmesi, kamuda kullanılan elektrikli araç sayısının artırılması, belediyeler tarafından ücretsiz şarj istasyonları kurulması, elektrikli araçlar için köprü, otoyol ücretlerinde indirim yapılması veya bu ücretlerin tamamen kaldırılması talepleri de bulunmaktadır.

2.4. Türkiye Elektrikli Araçlar Pazarında Mevzuat

Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik

Yolcu ve yük taşıyan araçların elektrikli, hibrit elektrikli ve hibrit motorlu araçlara dönüştürülmesi; Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik'te (AİTM) 30 Kasım 2010 tarihinde yapılan değişiklik ile mümkün olmuştur. Yönetmelik ile hibrit elektrikli araç, hibrit motorlu araç ve elektrikli araç tanımları şöyle yapılmıştır:

- Hibrit Elektrikli Araç: Mekanik tahrik için gerekli enerjiyi araç üzerinde depolanmış tüketilebilen bir yakıt ve akü, kondansatör, volan/jeneratör gibi elektrik enerjisi veya güç depolama cihazından alan araç.
- Hibrit Motorlu Araç: Aracın tahrikinde kullanılmak üzere üzerinde en az iki farklı enerji dönüştürücüsü ve iki farklı enerji depolama sistemi bulunan araç.
- Elektrikli Araç: Sadece elektrik motoru ile tahrik alan, tahrik enerjisi araç içinde bulunan batarya tarafından sağlanan araç.

Dönüşüm konusunda sadece aracın orijinal imalatçısını yetkili kılan yönetmelik değişikliği münferit tadilatların yapılamayacağını hükme bağlamaktadır. Buna göre, temel aracın imalatçısı sadece kendi imal ettiği araçların münferit tadilatını yapabilmekte ve münferit tadilat durumunda da yönetmelikte sıralanan onaylar listesi aranmaktadır.

Yönetmeliğe göre tadil veya satış işlemleri yapılmadan önce üreticinin sorumlulukları ve tüketicinin hakları ile garanti kapsamı dışında kalan kısımlar hakkında tüketicilerin bilgilendirilmesi ve onayının alınması gerekmektedir. Yönetmelik, motorlu araçları tadil yolu ile elektrikli, hibrit elektrikli ve hibrit motorlu araca dönüştüren seri tadilat üreticisinin güncel TS ISO 16949 veya TS EN ISO 9001 standardına uygun kalite sistemine sahip olmasını da zorunlu kılmaktadır.

Ekonomik ömrünü doldurmuş veya başka nedenlerle hurda olduğu saptanmış olan ve trafik kaydı silinen araçlara ise tadilat yapılamamakta ve bu araçlar yeniden tescil edilememektedir.

Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarına İlişkin Düzenlemeler

Elektrikli araç şarj istasyonlarına ilişkin ülkemizde yeterli altyapı olmadığı gibi şarj istasyonlarının kurulumu, tasarımı ve şebekeye bağlantısına yönelik geniş kapsamlı mevzuatın da oluşturulmadığı görülmektedir.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından 2 Mayıs 2019 tarihinde yayımlanan ve 2008'de çıkmış aynı adlı Yönetmeliğin yerine geçen Ulaşımda Enerji Verimliliği'nin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik'te belediyelere yönelik şu ifadelere yer verilmiştir: "Belediyeler, elektrik piyasasına ilişkin ilgili mevzuat hükümlerine uygun olmak kaydıyla, ulaşımda alternatif enerji sistemlerini teşvik etmek için elektrikli araçların otopark, cadde ve sokaklar üzerinde şarj edilebilmesini sağlayacak altyapı planları oluşturur ve bu altyapının oluşturulmasını temin eder." Otoparklarda hizmetin verilebileceği ise aynı yönetmelikte şöyle ifade edilmektedir: "Otoparklarda, elektrik piyasasına ilişkin ilgili mevzuat hükümlerine uygun olmak kaydıyla, elektrikli araç şarj istasyonları kurulur, ücretsiz veya uygun fiyatla araçların şarj edilebilmesini sağlayacak hizmetler sunulur."

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) 2017 yılında ''Elektrikli Araçlar Şarj İstasyonuna İlişkin Usul ve Esaslar Taslak'' metnini yayımlamış ve görüşe açmıştır. Taslağın içeriğinde "şarj istasyonu mevzuat hükümlerine ve ilgili standartlara uygun olarak kurulur ve işletilir" ifadeleri dışında teknik bir düzenlemeye yer verilmediği görülmüştür. Taslakta şarj istasyonu işletmecilerine ve dağıtım şirketlerine kuruluş ve faaliyet aşamasında bildirimde bulunma zorunluğu getirilmiştir; ancak şarj istasyonlarının devreye alınması, proje ve kabul süreçleri, teknik uygunluk değerlendirmesi gibi konulara yer verilmemiştir. Düzenleme halen taslak durumunda olup yürürlüğe girmemiştir.

Resmî Gazete'de 9 Haziran 2020 tarihinde yayımlanan ''İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik Değişikliği'' uyarınca elektrikli araç şarj istasyonları üçüncü sınıf gayrisıhhi müesseseler kapsamına alınmıştır. Yönetmelikte "Elektrik enerjisi ile çalışan araçların elektrik ihtiyacını temin edebilmeleri için otoparklarda, alışveriş merkezlerinin otopark alanı olarak ayrılmış yerlerinde, akaryakıt istasyonlarında veya yetkili idarece uygun görülecek ve imar planında bu amaca ayrılmış olan diğer yerlerde müstakil olarak kurulacak elektrikli araç şarj istasyonları" ifadeleriyle tanımlama yapılarak halen kurulu olan şarj istasyonları için 3 aylık süre içinde mevzuata uyma zorunluluğu getirilmiştir.

Resmî Gazete'nin 25 Mart 2021 tarihli sayısında yayınlanan "Otopark Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" ile yeni yapılacak binalarda ve AVM (Alışveriş merkezi)'lerde elektrikli araç şarj noktaları bulunmasına yönelik zorunluluk getirilmiştir. Düzenlemenin "Bina ve parsel otoparklarının düzenlenme esasları" başlıklı 5'inci maddesine eklenen (j) bendi ile zorunlu otopark adedi 20 ve üzeri olan yapılarda, 1 adetten az olmamak ile birlikte en az %5 oranında elektrikli araçlar için şarj ünitesi dahil alan bulunması zorunlu hale gelmiştir. Düzenlemenin "Bölge ve genel otoparkların düzenlenme esasları" başlıklı 6'ncı maddesinde yapılan değişiklik ile de yeni yapılacak bölge ve genel otoparklar ile AVM'lere ait otoparklarda en az %10 oranında elektrikli araçlar için şarj ünitesi bulunması gerekecektir. Aynı zamanda otuz bin metrekareden büyük AVM'lerde kurulacak şarj ünitelerinden en az birinin, yetmiş bin metrekareden büyük AVM'lerde ise en az ikisinin hızlı şarj kapasitesine sahip olması gerekecektir. Bununla birlikte idareler ihtiyaca göre elektrikli araç otopark yeri sayısının artırılması konusunda karar alabilecektir.

Elektrikli Araçlar Vergi Düzenlemeleri

2 Şubat 2021 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan 3471 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı ile sadece elektrik motorlu olan binek otomobillerinin ÖTV oranları 10 yıl aradan sonra artırılmış ve yayım tarihinde yürürlüğe girmiştir. Elektrikli otomobillere yönelik ÖTV düzenlemesi en son 2011 yılında yapılmıştır. Kararla belirlenen yeni ÖTV oranları, eskileriyle karşılaştırmalı olarak aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 4. Türkiye Elektrik Motorlu Araçlar ÖTV Oranları

GTİP No	Mal İsmi	Eski oran (01.02.2021 ve öncesi)	Yeni oran (02.02.2021 ve sonrası)
87.03	**Elektrik motorlu olanlar**		
	Motor gücü 85 kW (kilovat)'ı geçmeyenler	3%	**10%**
	Motor gücü 85 kW'ı geçen fakat 120 kW'ı geçmeyenler	7%	**25%**
	Motor gücü 120 kW'ı geçenler	15%	**60%**

Kaynak: Resmi Gazete, TSKB

Ülkemizde ekonomik olmaları nedeniyle en çok motor silindir hacmi 1.600 cm³'ü geçmeyen araçların tercih edildiği görülmektedir. Bu araçlarda ÖTV, matrahı 85 bin TL'ye kadar olanlar için %45, matrahı 85-135 bin TL arasında olan araçlar için ise %50 olarak uygulanmaktadır. 135 bin TL'den daha yüksek vergisiz fiyatıyla satışa sunulan aynı motor silindir hacmine sahip otomobiller için %80 oranında ÖTV uygulanmaktadır.

Elektrikli araçların ÖTV oranlarında yapılan değişiklikle vergisiz fiyatı 135 bin TL'den daha düşük olan benzinli veya dizel yakıtlı otomobillere, elektrikli araçlardan daha düşük vergi uygulanacağı görülmektedir. Satış rakamları bakımından kendi kategorisinde en çok satan gruplarda vergisiz satış fiyatı aynı olan benzinli ve elektrikli iki otomobil kıyaslandığında; elektrikli otomobilin satış fiyatı 245 bin TL'yi aşarken, benzinli otomobil ise 230 bin TL'de kalmaktadır.

Tablo 5. Motorlu Araç ile Elektrikli Araç Satış Fiyatı Kıyaslaması

Şubat 2021 Dönemi Otomobil Vergi Kıyaslaması	Motor Silindir Hacmi 1600 cm³'ü Geçmeyen Otomobil	Motor Gücü 120 kWh'ı (kilovatsaat) Geçen Elektrikli Araç	Fark (TL)	Fark (%)
Vergisiz Satış Fiyat (TL)	130.000	130.000	0	0
ÖTV	%50/65.000	%60/78.000	-13.000	20
KDV	35.000	37.440	-2.340	7
Vergiler Toplamı	100.000	115.440	-15.340	15
Satış Fiyatı (TL)	230.100	245.440	-15.340	7

Kaynak: TSKB

Dünya genelinde gerek enerji verimliliği gerekse karbon salımının azaltılması yönünden en önemli çözümlerden biri olarak görülen elektrikli araçlara yönelik olarak, satın alma sübvansiyonu, tescil vergisi, KDV, hurda teşviki, yıllık plaka vergisi, park ve geçiş ücretleri, özel şerit kullanımı gibi birçok farklı alanda

teşvik uygulamaları bulunmaktadır. Ülkemizde ise özel tüketim vergisi gibi maliyet yaratan uygulamalarla elektrikli araçların tercih edilmesi olasılığının azalacağı öngörülmektedir.

2.5. Elektrikli Araçlar Pazarında Beklentiler

2.5.1. Dünya Elektrikli Araçlar Pazarında Beklentiler

Yıllar itibarıyla ham petrole olan bağımlılığın artması, araç kullanımın yaygınlaşmasıyla birlikte egzoz emisyonları kaynaklı çevre sorunlarının hız kazanması alternatif yakıt kaynaklarına olan taleple birlikte elektrikli araç çalışmalarını ivmelendirmiştir.

Elektrikli araç satışları, son yıllardaki farklı tipte elektrikli araç ve şarj altyapısını destekleyen politikalar sayesinde küresel seviyede hızla artmaktadır. 2018 yılının sonunda, küresel araç stokundaki toplam elektrikli araç sayısı 5 milyonu aşmıştır. Yaklaşık aynı sayıda şarj noktası da elektrikli araçların elektrik talebini sağlamak için hizmet vermektedir.[12] 2020 yılında elektrikli araç sayısı 2018'i ikiye katlayarak 10 milyonu aşmıştır.

Dünya devi araba üreticilerinin 2030-2035 yıllarına varan gelecek hedefleri arasında elektrikli araç üretimlerinin artırılacağı beyanı dikkat çekmektedir.[13]

- Elektrikli araç üretiminde sektörde önemli bir yere sahip Tesla, Çin'de yer alan fabrikasını büyütmeyi ve Avrupa otomotiv sektöründe önemli bir yere sahip Almanya'da ise fabrika kurmayı planlamaktadır.
- İsveç Merkezli Volvo'nun 2030 yılından itibaren araç üretimlerinin tamamının elektrikli olacağı, 2025 yılında ise araç satışlarının neredeyse yarısının elektrikli araçlardan oluşacağı ifade edilmiştir. Volvo'nun kalan satışlarının ise hibrit araçlardan oluşması beklenmektedir.
- Fransa merkezli Renault'nun, elektrikli otomobil pazarında daha iyi rekabet edebilmek amacıyla Kuzey Fransa'da elektrikli otomobil üretim tesisi kurmaya hazırlandığı ve yeni üretim tesisinde 400 bin araç üretimi yapılabileceği ifade edilmektedir.
- Alman Volkswagen'in Avrupa Destek Komisyonu'ndan destek alması halinde İspanya'da bulunan fabrikasını elektrikli araç merkezine dönüştürme planı bulunmaktadır.
- ABD'li Ford, 2030 yılından itibaren Avrupa'da yalnızca elektrikli araç satışı yapmayı planlamaktadır.

Dünya motorlu araçlar üretiminde %30'luk pay[14] ile lider konumda olan ve en önemli elektrikli araç pazarı haline gelen Çin, ülkede yıllık 30 bin adetin üzerinde üretim yapan tüm otomotiv üreticilerine 2019 yılından itibaren üretimlerinin en az %10'unu elektrikli araçlara ayırma zorunluluğu getirmiştir. Çin'in getirdiği bu

[12] Shura, (2019). "Türkiye Ulaştırma Sektörünün Dönüşümü: Elektrikli Araçların Türkiye Dağıtım Şebekesine Etkileri", https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2019/12/Turkiye-ulastirma-sektorunun-donusumu-Elektrikli-araclar%C4%B1n-Turkiye-dagitim-sebekesine-etkileri-.pdf, Erişim tarihi: 14.06.2021.

[13] Uluslararası Enerji Ajansı, a.g.m.

[14] The Automobile Industry Pocket Guide 2017-18, European Automobile Manufacturers Association, https://www.acea.auto/files/ACEA_Pocket_Guide_2017-2018.pdf. Erişim tarihi: 14.06.2021

yeni düzenleme, sektörün büyük oyuncularını elektrikli araç segmentinde daha agresif bir şekilde tavır almaya zorlamaktadır.

IEA tarafından yapılan projeksiyonlara göre; dolaşımda olan elektrikli araç sayısının 2025 yılında 50-55 milyon adete, 2030 yılında ise 150 milyon adete yaklaşacağı tahmin edilmektedir.

2.5.2. Türkiye Elektrikli Araçlar Pazarında Beklentiler ve Yapılması Gerekenler

Türkiye, kullanılmakta olan 1.000 civarı elektrikli araç ile kendi piyasasını geliştirmeye daha yeni başlamıştır. Ancak, araç sahiplik oranının artışı ve nüfusun büyümesiyle, elektrikli araç kullanımının artması yönünde önemli bir potansiyel bulunmaktadır. Bunun yanı sıra Türkiye'nin yakın zamanda yerli elektrikli araç üretimine başlayacağı beklenmektedir. Bu sayede kentlerdeki yerel hava kalitesinin iyileşmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan elektrik ile hem ulaştırma hem de elektrik sektöründe enerji üretimi ve tüketiminden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının azaltılması sağlanacaktır.

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi tarafından yürütülen bir çalışmada, "Yüksek Büyüme" adlı elektrikli araç piyasa senaryosuna göre, bataryalı ve plug-in hibrit elektrikli araç satışlarının 2030 yılında toplam binek araç satışlarının %55'ine ulaşacağı ve elektrikli araçların toplam araç stokunun %10'unu temsil edeceği öngörülmüştür. Bu sayede Türkiye'de kullanılan toplam elektrikli araç sayısının 2030 yılı sonunda 2,5 milyon seviyesine çıkması beklenmektedir.

Elektrikli araçların yaygınlaşmasındaki kritik faktörler; satış fiyatı, araç markası, şarj ağı, araç menzili ve şarj süresidir. Elektrikli araçların fiyatının benzinli araçların fiyatına göre daha uygun olması, araç marka ve modelinde bilinen markalar ve uzmanlaşmış üreticilerin bulunması, uygun ve yeterli şarj noktalarının bulunması (AVM'lerde, benzin istasyonlarında, evlere yakın yerlerde ve uzun yol güzergahlarında) ve şarj süresinin kısa olması, elektrikli aracın tam şarj ile uzun mesafe gidebilme beklentisini karşılaması elektrikli araçların yaygınlaşması için önemli unsurlardır.

Ülkemizde elektrikli araçların güncel satış fiyatlarına aşağıda yer verilmiş olup fiyatların yüksek mertebede seyrettiği görülmektedir.

Tablo 6. Elektrikli Araçlar Güncel Satış Fiyatları

Model	Anahtar Teslim Fiyatı (TL)
BMW i3	704.000
Yeni BMW iX3	1.088.700
Jaguar I-Pace SE/HSE	1.380.011-1.508.253
Mercedes Benz EQC 2020/2021	1.189.000-1.228.000
Mini Cooper SE	548.273-594.340-661.175
Porsche Taycan*	2.000.000-3.500.000
Renault Zoe	368.900
Smart EQ fortwo 2019*	308.000
Smart EQ forfour 2019*	249.000
**İkinci el fiyatıdır.*	

Kaynak: TSKB

TEHAD 2020 yılı Şubat ayında Ernst&Young iş birliği ile Türkiye 2030 Elektrikli Ulaşım Yol Haritası Çalıştayı gerçekleştirmiştir. Çalıştayda yukarıda belirtilen konularda TEHAD, TÜBİTAK, üniversiteler, orijinal ekipman üreticileri (OEM), Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, pil üreticileri, araç üreticileri, KOSGEB, yan sanayi üreticileri, sigorta şirketleri, EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu), dağıtım firmaları, şarj operatörleri, enerji üretici firmalar, yerel yönetimler, belediyeler ve TOGG'un katkısının gerekmekte olduğu belirtilmiştir.

Elektrikli araçların üretiminde, maliyeti ve satış fiyatını etkileyen en önemli bileşen batarya teknolojileridir. Bir elektrikli aracın maliyetinin yaklaşık %30'u batarya maliyetinden oluşmaktadır. Elektrikli araç batarya maliyetleri hâlâ yüksek seviyelerdedir, ancak gelişen teknolojilerle birlikte gerilemektedir. Bu sayede, elektrikli araç üreticileri menzil olarak daha gelişmiş araçları daha ucuz fiyatlarla piyasaya sunabileceklerdir. Dolaysıyla Türkiye'nin batarya teknolojileri konusunda da mesafe kat etmesi önemlidir.

3. Enerji Depolama Teknolojileri

3.1. Enerji Depolamanın Avantajları ve Yöntemleri

Elektrik depolama konusunun temelleri 19. yüzyılın başlarında atılmıştır. 1780'lerde İtalyan fizikçi Luigi Galvani, "hayvan elektriği" alanında araştırmalar yapmış ve hayvan bedenindeki kas ve sinir hücrelerinin elektrik ürettiğini keşfetmiştir. İtalyan fizikçi ve kimyager Alessandro Volta ise 1799'da elektriğin kimyasal olarak üretilebileceğini kanıtlayarak ilk pili icat etmiştir. 1836'da piller telgraf ağlarında kullanılmaya başlanmış ve 1800'lerin sonuna gelindiğinde alkali pilin icadıyla birlikte nikel-demir hücreleri kullanılarak ilk elektrikli araçların temeli atılmıştır.[15]

Enerji depolama, değişken kaynaklar ve değişken yükler arasında aracılık eden mekanizma olup herhangi bir anda üretilen enerjinin, depolama yoluyla başka bir zamanda kullanılabilmesine imkân sağlamaktadır. Elektrik depolama, bir enerji depolama şekli olup bilinen diğer enerji depolama yolları arasında katı (kömür, turba, asfaltit vb.) ve sıvı (ham petrol ve petrol ürünleri, sıvılaştırılmış doğal gaz vb.) enerji kaynaklarının muhafazalı alanlarda depolanması, yer altı rezervuarlarında ve boru hatlarında doğal gazın depolanması, buz kütlesi altında ısıl enerji depolanması yer almaktadır.

3.1.1. Enerji Depolamanın Avantajları

Enerji depolama ile, bir yandan enerjinin kullanıldığı alanlarda oluşan atık enerjinin depolanması, diğer yandan, yalnız belirli zamanlarda enerji verebilen yenilenebilir enerji kaynaklarının enerjisinin depolanarak enerji temin zamanı ile talebi arasında doğabilecek farkın giderilmesi amaçlanmaktadır.

Ülkemizde ve dünyada kömür, doğal gaz ve petrol gibi konvansiyonel enerji kaynaklarının sınırlı olması ve artan enerji ihtiyacına bağlı olarak giderek azalması sonucunda yenilenebilir enerji kaynakları ve üretilen enerjinin depolanması giderek daha önemli hale gelmektedir.

Konvansiyonel yakıtların kullanılması, sera gazı salımının önemli oranda artmasına ve buna bağlı olarak küresel ısınma gibi bütün dünyayı etkileyebilecek önemli sonuçların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu açıdan günümüzde başta güneş ve rüzgâr tabanlı sistemler olmak üzere yenilenebilir enerji sistemleri, çevre dostu enerji kaynaklarıdır Yenilenebilir enerji üretiminin elektrik sepetindeki payı arttıkça, elektrik şebeke faktörü düşecek ve elektrik enerjisi kaynaklı karbon salımı azalacaktır.

Mobilitenin yakın gelecekteki dönüşümünde ve ulaşımdan kaynaklı karbon salımının azaltılmasında elektrikli araçların anahtar rol oynayacağı değerlendirilmektedir. Bu itibarla, depolama teknolojilerinin gelişimi önem arz etmektedir.

Elektrikle ısıtılan evlerde gece boyunca tüketilen enerjinin fazlasının depolanarak gündüz saatlerinde ısıtma sistemlerinin daha az kullanılması, gündüz saatlerinde kullanılan enerjinin gece yarısından sonra kullanılandan daha pahalı olmasından dolayı tüketicilerin enerji maliyetlerini düşürmelerine de katkı

[15] Krepelkova, M. (2017). "Evolution of batteries: From experiments to everyday usage", Czech Technical University, Prague.

sağlayabilecektir.[16] Bu yönüyle depolama teknolojilerinin gelişiminin çoklu faydalar getireceği öngörülmektedir.

3.1.2. Enerji Depolama Yöntemleri

Fosil yakıtların çevresel etkileri ve dünya çapında enerji şebekelerinin kapasitesi ve esnekliği hakkında artan endişeler nedeniyle, enerji depolama çözümleri için yapılan araştırmalar 2000'lerde hız kazanmıştır. IEA, küresel ısınmayı 2°C'nin altında tutmak için dünyanın 2017'deki 176,5 GW (Gigavat)'tan 2030'da 266 GW'a yükselen bir enerji depolamaya ihtiyacı olduğunu tahmin etmektedir.[17]

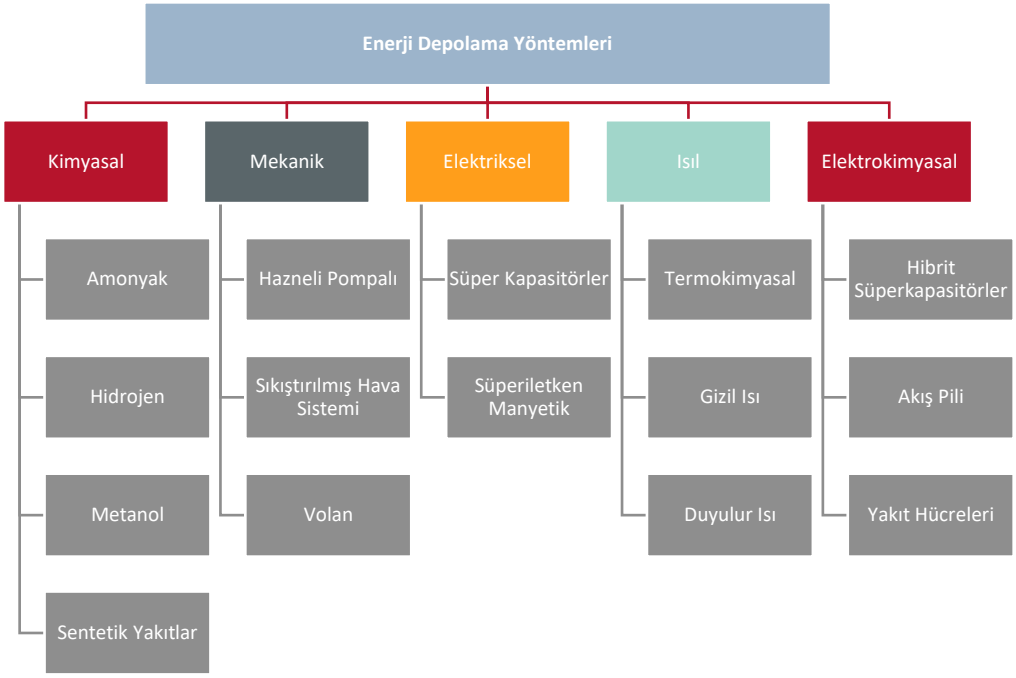
Bilindiği üzere, güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynakları iklimsel koşullara bağlı olup hava olaylarına karşı yenilenebilir enerji üretiminde değişkenlikler yaşanabilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı elektrik şebeklerinde daha fazla öne çıkarken, bununla birlikte enerji depolama sistemlerine olan ilgi de artmıştır. Bir enerji depolama tesisinin etkinliği, talepteki değişikliklere ne kadar hızlı tepki verebileceği, depolama sürecinde kaybedilen enerji oranı, toplam enerji depolama kapasitesi ve ne kadar hızlı yeniden şarj edilebileceği ile belirlenmektedir.

Mevsimsel döngüler ve gün içerisindeki (gece/gündüz) değişkenlikler sebebiyle farklı tipteki depolama sistemleri entegre bir şekilde kullanılabilmektedir. Dolayısıyla, elektrik üretim sistemlerinde talebin dışındaki bir zaman diliminde üretilen enerjinin depolama ve hatta taşıma sistemleriyle farklı bir zaman ve coğrafyada tüketilebilmesine imkân sağlanmaktadır.

Neredeyse tüm formlarda bulunabilen enerji depolama için birçok olası yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler, depolama prensiplerine göre ana başlıklara ayrılmakta (Şekil 1) olup her bir depolama prensibinin de kendi alt başlıkları bulunmaktadır. Bu Bilgi Notu, yaygın olarak kullanılan enerji depolama yöntemlerini incelemektedir.

[16] Mehmet Kozak, Şerife Kozak, (Kasım 2012). "Enerji Depolama Yöntemleri", Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 4 (2), 17-29.

[17] Environmental and Energy Study Institute (EESI), (Şubat 2019) "Energy Storage (2019)", https://www.eesi.org/papers/view/energy-storage-2019, Erişim tarihi: 17.06.2021.



Şekil 1. Enerji Depolama Yöntemleri
Kaynak: World Energy Council, 2020[18]

Enerji depolama, daha fazla yenilenebilir enerjinin elektrik şebekesine entegre edilmesine yardımcı olmak için kullanılmakta ve çevreye dolaylı olarak fayda sağlamaktadır. Ayrıca, gelecekte daha da gelişeceği öngörülen depolama sistemleri tarafından sağlanan ilave kapasite, ek enerji santralleri veya iletim ve dağıtım altyapısı inşa etme ihtiyacını geciktirebilmekte veya önleyebilmektedir.

Elektrik depolamanın olası olumsuz çevresel etkileri, depolama teknolojisinin türüne ve verimliliğine bağlı olmaktadır. Örneğin pillerde, lityum ve kurşun gibi hammaddeler kullanılmaktadır ve bunlar uygun şekilde bertaraf edilmez veya geri dönüştürülmezlerse çevresel tehlikeler oluşturabilirler.

3.1.2.1. Kimyasal Depolama

Kimyasal bileşiklerin oluşturduğu bağlar aracılığıyla yapılan depolama yöntemi olup ekzotermik (ısı açığa çıkaran) tepkimeler yardımıyla da enerjinin tekrar kazanımı mümkün olmaktadır. Bu depolama yönteminde amonyak ve hidrojen ön plana çıkmaktadır.

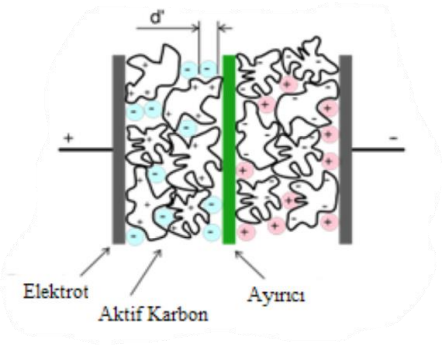
Yenilenebilir kaynaklardan elektroliz yöntemiyle elde edilebilen hidrojen, tanker veya diğer depolama seçeneklerine ilave olarak boru hatlarıyla taşınabilmektedir. Ayrıca hidrojen üretimi, yenilenebilir enerji kaynakları aracılığıyla yapıldığı takdirde, üretim sürecindeki sıfır karbon emisyonu sebebiyle yeşil hidrojen olarak da adlandırılmaktadır.[19]

[18] World Energy Council, (2020). "Five Steps to Energy Storage: Innovation Insights Brief | 2020".
[19] TSKB, EÇG (2021). "Hidrojen Enerjisi Bilgilendirme Notu".

3.1.2.2. Elektriksel Depolama

Elektriksel depolama, enerjinin elektrik alanı veya manyetik alan şeklinde depolanmasını ifade etmektedir. Süperkapasitörler ve Süperiletken Manyetik Enerji Depolama Sistemleri, elektrik enerjisini doğrudan depolamakta ve pillere göre daha uygun ve daha güvenli şarj alternatifleri haline gelmektedir.

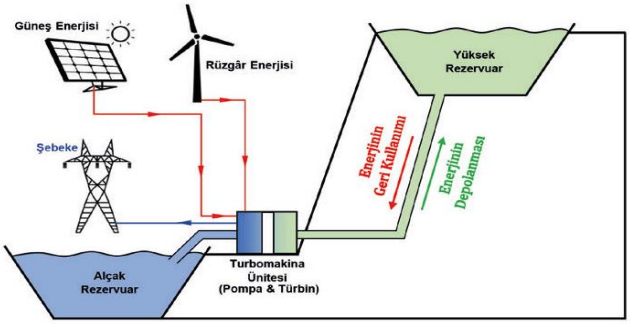
Ultrakapasitör olarak da adlandırılan süperkapasitör, döngü kapasitesini büyük ölçüde artıran kimyasal reaksiyon olmaması dışında hem kapasitörlerin hem de elektrokimyasal pillerin özelliklerini taşımakta olup enerji depolaması, iki elektrot arasında bir elektrik alanı şeklinde oluşmaktadır. Süperkapasitörlerin çalışma prensibi, yalıtkan malzemenin, iyon hareketinin çok geniş bir yüzeye sahip olan bir iletken elektrot boyunca (Şekil 2) yapıldığı elektrolit iyonik iletken ile değiştirilmesi dışında kapasitörlerle aynıdır.



Şekil 2. Enerji Depolama Yöntemleri
Kaynak: Singh N., 2014[20]

3.1.2.3. Mekanik Depolama

Mekanik enerji depolama, potansiyel enerji veya kinetik enerji depolamasıdır. Pompalı hidro (hazneli pompalı) depolama (pompaj depolamalı hidroelektrik santral-PHES) sistemleri, sıkıştırılmış hava ve volan enerji sistemleri en bilinenleridir.



Şekil 3. Pompaj Depolamalı HES Sistemi
Kaynak: TÜBA, 2020[21]

[20] Singh, N. (2014). "Investigation on Transport Properties and Structural Characterization of Some Nanomaterials for Fabrication of Hybrid Supercapacitors". 10.13140/RG.2.1.2345.2245.
[21] TÜBA (2020). "Enerji Depolama Teknolojileri Raporu", Ankara.

PHES'lerde enerji, yerçekimi potansiyel enerjisi şeklinde depolanmakta ve farklı yüksekliklerde bulunan düşey olarak ayrılmış iki su rezervuarı kullanılmaktadır. Her ne kadar bu sistemler depolama yöntemi olarak literatürde yerini almış olsa da birincil kullanım amacı elektrik üretimidir. Yoğun olmayan elektrik talebi sırasında, bir elektrik jeneratörüne veya motor sistemine bağlı bir pompa ve türbin ünitesi vasıtasıyla suyu alçaktan yüksekteki rezervuara pompalamak için düşük maliyetli elektrik kullanılmaktadır. Elektrik talebinin yüksek olduğu dönemlerde, türbinleri çalıştıran üst rezervuardan su salınarak güç üretilmekte ve ardından üretilen elektrik şebekeye beslenmektedir.

3.1.2.4. Elektrokimyasal Depolama

Elektrokimyasal depolama hem elektrik hem de kimyasal enerjinin aynı elektronu paylaşması aracılığıyla elektriği kimyasal biçimde depolama yöntemidir. Bu depolama şekli, tüm enerji depolama teknolojilerinin en geleneksellerinden biridir. Temel olarak pil hücreleri, biri negatif yüklü katot ve diğeri pozitif yüklü anot olmak üzere iki farklı kimyasaldan oluşur. Bir aygıta bağlandığında, elektronlar aygıt aracılığıyla negatif elektrottan pozitif kutba, yani anota akar. Katot ve anot, elektrolit adı verilen kimyasal bir ortamla çevrilidir. Günümüzde piller için yaygın olarak kullanılan kimyasallar kurşun, nikel, sodyum ve lityumdur. Gelişen teknoloji ile ortaya çıkan sıvı formdaki piller, vanadyum, krom ve demir gibi elementler aracılığıyla üretilmektedir. Her elektrik pilinin kapasitesi, enerji ve güç çıkışı, şarj/deşarj durumu, verimliliği ve kullanım ömrü gibi kendine has özellikleri vardır.

Li-İon Piller

Lityum-iyon pil, elektrokimyasının önemli bir bileşeni olarak lityum iyonlarını kullanan bir pil teknolojisidir. Deşarj döngüsü sırasında anottaki lityum atomları iyonize olur ve elektronlarından ayrılır. Lityum iyonları anottan hareket edip elektrolitten geçerek katota ulaşana kadar elektronlarıyla yeniden birleşir ve elektriksel olarak nötralize olur. Lityum iyonları, anot ve katot arasındaki mikro geçirgen bir ayırıcıdan geçebilecek kadar küçüktür. Kısmen lityumun küçük boyutu nedeniyle Li-ion piller, birim kütle ve birim hacim başına çok yüksek voltaj ve şarj depolama kapasitesine sahiptir.[22] Günümüzde çoğu güneş enerjisi sistemi, Li-ion depolama teknolojisini kullanmaktadır.

Kurşun Asit Piller

Kurşun-asit piller, enerji depolamada kullanılan ilk pil teknolojileri arasındadır. Kurşun, kurşun dioksit ve sülfürik asitten oluşmaktadır. Ancak, düşük enerji yoğunlukları ile kısa çevrimleri ve ömürleri nedeniyle şebeke depolaması için uygun değillerdir.[23] Geçmişte genellikle elektrikli araçlar için kullanılan bu piller günümüzde büyük ölçüde daha uzun ömürlü olan Li-ion pillerle değiştirilmişlerdir.

[22] World Energy Council (2020), a.g.m

[23] https://www.mmo.org.tr/istanbul/haber/elektrik-enerjisi-depolama-sistemleri-i, Erişim tarihi: 18.06.2021.

Nikel-Kadmiyum Piller

Verimlilikleri yaklaşık %75[24] olan nikel-kadmiyum piller çok sık kullanılmamakla birlikte şarj edilebilir olarak bilinmektedir. Bu tip pillerde nikel oksit hidroksit ve kadmiyum elektrot olarak kullanılır. Olumsuz çevresel etkileri sebebiyle kullanımı azalmış olan bu model, yerini nikel metal hibrit ve Li-ion pillere bırakmıştır.

3.2. Türkiye'de Enerji Depolamaya Yönelik Mevzuat

Türkiye'de mevzuatta enerji depolama konusuna son dönemlerde yer verilmiştir.

Elektrik Üretim ve Elektrik Depolama Tesisleri Kabul Yönetmeliği

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan ve Resmî Gazete'nin 19 Şubat 2020 tarihli sayısında yayımlanan ''Elektrik Üretim ve Elektrik Depolama Tesisleri Kabul Yönetmeliği'' ile elektrik üretim tesislerine enerji depolama birimleri eklenmesini, bu birimlerde depolanan elektriğin tekrar şebekeye verilmesini mümkün kılacak yatırımların kabul işlemlerine yönelik usul ve esaslar belirlenmiştir. Elektrik Üretim ve Elektrik Depolama Tesisleri Kabul Yönetmeliği'yle "Sistemden çektiği elektrik enerjisini başka bir enerji türüne çevirerek depolayabilen ve depolanan enerjiyi kullanılmak üzere tekrar elektrik enerjisine çevirerek sisteme verebilen tesisler" elektrik depolama tesisi olarak tanımlanmış, söz konusu tesislere ilişkin işlemlerin Proje Onay Birimi tarafından yapılacağı belirtilmiştir. Kabul işleminin depolama tesislerinin onaylı projesine ve Yönetmelik esaslarına göre incelenerek senkronizasyonunun emniyetli bir şekilde sürdürüldüğünün belgelenmesi amacıyla yapıldığına yer verilen Yönetmelikte, kabul heyetinin devreye alma çalışmalarına ilişkin saha testi işlemlerini gerekli görmeleri halinde tekrarlatabilecekleri belirtilmiştir.

Elektrik Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliği

EPDK tarafından düzenlenen ve Resmî Gazete'nin 9 Mayıs 2021 tarihli sayısında yayımlanan "Elektrik Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliği" kapsamında, elektrik depolama üniteleri veya tesislerinin kurulmaları, iletim veya dağıtım sistemine bağlanmaları ile bu ünite veya tesislerin piyasa faaliyetlerinde kullanılmalarına ilişkin olarak belirlenen usul ve esaslar açıklanmış ve elektrik depolama tesislerinin elektrik şebekesine entegrasyonu ile piyasa faaliyetlerine nasıl katılım sağlayacağı hususlarına netlik kazandırılmıştır.

Elektrik depolama ünite ve tesisleri; üretilen elektriğin depolanması ile piyasa dönemlerinin düşük olduğu dönemlerde depolanan enerjinin, piyasa koşullarının yüksek olduğu dönemlerde ticaretinin yapılmasına imkân sağlamaktadır.

Yönetmelik uyarınca elektrik depolama tesis veya üniteleri, elektrik üretim tesisi veya tüketim tesisi sahipleri tarafından bu tesislere bütünleşik kurulabileceği gibi her iki faaliyette de bulunmayan kişiler veya şebeke işletmecileri tarafından da belirli şartlar ile müstakil depolama tesisi kurulabilecektir.

[24] Kozak, M., Kozak, Ş., a.g.m.

Yönetmelik kapsamında dağıtım şirketleri, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) ve Ar-Ge (Araştırma-Geliştirme) faaliyetlerinde kullanılmak amacıyla üniversiteler tarafından elektrik depolama tesisi kurulabilecektir.

Üretim tesisine bütünleşik elektrik depolama üniteleri hariç, Yönetmelik kapsamında kurulacak elektrik depolama ve bağlantı tesisleri için arazi edinimi veya kullanım hakkı tesisine ilişkin EPDK tarafından herhangi bir işlem yapılmayacaktır.

Yönetmelik kapsamındaki elektrik depolama ünitesi veya elektrik depolama tesisleri kurmak isteyen taraflarca yapılacak başvurular, kriterlerin TEİAŞ tarafından ilan edildiği tarihten 1 (bir) ay sonra yapılabilecektir. Yönetmelik kapsamında öne çıkan diğer önemli başlıklar aşağıda özetlenmektedir.

1. Yönetmelik kapsamında elektrik depolama ünitesi veya tesisi vasıtasıyla faaliyet yürütebilecek tesisler: Üretim tesisine bütünleşik elektrik depolama ünitesi, tüketim tesisine bütünleşik elektrik depolama tesisi, müstakil elektrik depolama tesisi, şebeke işletmecileri tarafından kurulabilecek elektrik depolama tesisi vasıtasıyla depolama gerçekleştirilebilecektir. Ayrıca üniversitelerin de teknoloji geliştirme bölgeleri ve endüstri bölgeleri tarafından Ar-Ge faaliyetlerinde kullanılmak amacıyla azami 1 MW (megavat) kurulu gücünde elektrik depolama tesisi kurabilmesine imkân tanınmıştır.
2. Üretim tesisine bütünleşik elektrik depolama ünitesi: Üretim lisansı sahibi tüzel kişiler, lisanslı bir üretim tesisine, üretim tesisinin lisansına derç edilen elektriksel kurulu gücünü aşmayacak şekilde bütünleşik elektrik depolama ünitesi kurabilecektir. Üretim tesisine bütünleşik elektrik depolama ünitesine şebekeden çekilip tekrar şebekeye verilen enerji, ilgili üretim tesisinin ürettiği enerji için verilen herhangi bir teşvik veya alım garantisi kapsamına girmeyecektir. Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması (YEKDEM) veya ürettiği enerji için ödeme yapılan veya yapılması garanti edilen başka herhangi bir destekleme mekanizmasından faydalanan üretim lisansı sahibi tüzel kişiler, aynı ölçüm noktasında ve elektriksel kurulu gücünü aşmayacak şekilde bütünleşik elektrik depolama ünitesi kurabilecektir.
3. Tüketim tesisine bütünleşik elektrik depolama tesisi: Tüketiciler tarafından, ilgili şebeke işletmecisi tarafından uygun bağlantı görüşü verilmesi, kurulu gücünün ilgili tüketim tesisinin bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücünü aşmaması ve aynı ölçüm noktasında olması kaydıyla elektrik depolama tesisi kurulabilecektir. Ürettiği enerjinin tamamını iletim veya dağıtım sistemine vermeden kullanan, üretimi ve tüketimi aynı ölçüm noktasında olan, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri tüketim tesisine bütünleşik elektrik depolama tesisi kurabilecektir. Organize Sanayi Bölgesi (OSB) tüzel kişiliği tarafından OSB sınırları içerisinde kurulan elektrik depolama tesisleri, tüketim tesisine bütünleşik elektrik depolama tesisi olarak değerlendirilecektir.
4. Müstakil elektrik depolama tesisi: Tedarik lisansına sahip olmak ve 2 MW kurulu güçten düşük olmamak kaydıyla, aynı tedarik lisansı kapsamında bir veya birden fazla müstakil elektrik depolama tesisi kurulması mümkün olacaktır. Bu kapsamda kurulan elektrik depolama tesislerinden Elektrik Piyasası Yan Hizmetler Yönetmeliği uyarınca gerekli şartları sağlayan tesisler yan hizmetlere, dengeleme birimi niteliğini haiz olanlar dengeleme güç piyasasına katılabilecektir.

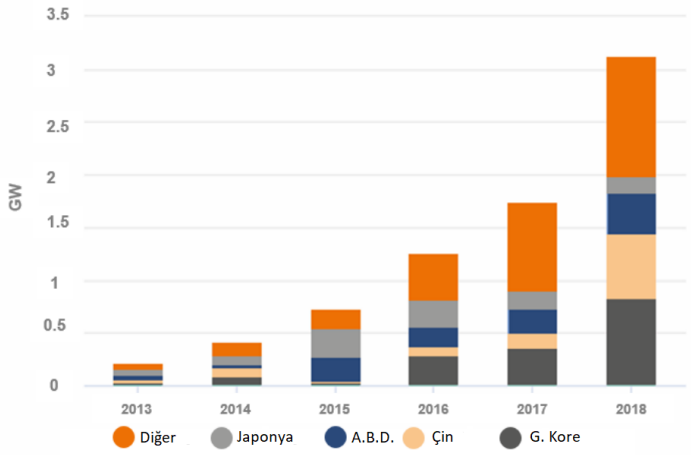
5. Şebeke işletmecileri tarafından kurulabilecek elektrik depolama tesisi: Dağıtım şirketleri, fayda-maliyet analizleriyle yeni şebeke yatırımından daha ekonomik olduğunu ispat etmek kaydıyla; elektrik depolama tesisini, tesis bazında EPDK onayı ile yatırım planları kapsamında kurabilecektir. Dağıtım şirketleri tarafından tesis edilen elektrik depolama tesisleri, dağıtım faaliyeti dışında kullanılamayacaktır. TEİAŞ, yatırım planlarında yer almak kaydı ile pilot uygulamalar kapsamında ve ticari faaliyete konu edilmeksizin depolama tesisleri kurabilecektir.

3.3. Enerji Depolamada Güncel Uygulamalar ve Yeni Trendler

3.3.1. Enerji Depolamada Dünyadaki Güncel Uygulamalar

Büyüyen elektrikli araç talebi ve artan yenilenebilir enerji üretimi sayesinde, pil maliyeti ve performansında derinleşen araştırmalar ile birlikte pil depolama teknolojilerine yönelik küresel yatırımlar 2014'e göre 5 kat artarak 2019'da 4 Milyar ABD dolarına ulaşmıştır.[25] Pil depolama teknolojilerine yönelik küresel kapasite, 2017 ile 2018 arasında ikiye katlanarak 8 GWh (Gigavatsaat)'e ulaşmıştır. PHES, dünya çapındaki depolama kapasitesinin %96,2'sini oluşturan enerji depolama yöntemidir. Elektrokimyasal depolama (piller) ise en büyük potansiyele sahip teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Volanlar gibi mekanik depolama seçenekleri için de büyük bir potansiyel mevcuttur.[26]

2018'de Güney Kore'nin kurulu enerji depolama kapasitesi (pompaj depolamalı HES hariç) tüm ülkeleri geride bırakarak ilk sırada yer almıştır. Bununla birlikte, yanlış kurulumlar ve gözetim eksikliği nedeniyle depolamayla ilgili bir dizi yangın meydana gelmiş ve sistemlerin devreye alınmasında aksamalar yaşanmıştır.



Grafik 2. Küresel Kurulu Enerji Depolama Kapasitesi
Kaynak: World Energy Council, 2019[26]

2019 yılında dünya lityum üretiminin %54'ünü elinde bulunduran Avustralya'nın Queensland eyaletinde bulunan Kennedy Enerji Parkı'nda rüzgâr, güneş ve pil teknolojisini kapsayan hibrit bir enerji santrali

[25] BDO, (2020). "Battery Storage Market Analysis (2020)". https://www.bdo.global/getmedia/65f75ce9-cc70-4d75-89c5-fd4f3019d1f8/BDO-Global_Battery-Storage-Market-Update_Oct2020.pdf.aspx, Erişim Tarihi: 14.06.2021
[26] World Energy Council (2019). "Energy Storage Monitor: Latest trends in energy storage | 2019".

kurulmaktadır. 1.200 MW gücünde olması planlanan santral, Li-ion piller aracılığıyla 2 MW depolama kapasitesine sahiptir.

Siemens Gamesa Yenilenebilir Enerji firması, 2019 yılında Almanya'nın Hamburg şehrinde test amaçlı işletmeye aldığı 130 MWh (megavatsaat) kapasiteli ısıl enerji depolama sistemini 2020 yılında pilot ölçekte devreye almayı planlamaktadır. Planlanan pilot proje tamamlandığında 1 GWh depolama kapasitesine sahip olacaktır.

3.3.2. Enerji Depolamada Türkiye'deki Güncel Uygulamalar

Türkiye'de farklı alanlarda enerji depolama projeleri bulunmakta olup hem özel sektör hem de kamu yatırımları sürmektedir. Farklı enerji depolama teknolojilerine yönelik olarak uzun yıllar boyunca çeşitli araştırmalar ve deneysel çalışmalar yürütülmüş, artan enerji talebiyle birlikte depolama tesisi yatırımları son dönemde hız kazanmıştır.

Türkiye'de arz güvenliğinin sağlanması amacıyla doğal gaz depolama tesisleri konusunda son yıllarda hızlı gelişmeler kaydedilmiştir. Doğal gaz depolama tesisleriyle temel olarak saatlik, günlük ve mevsimlik ihtiyaçlara uygun biçimde arz kapasitesini geliştirmek ve arz-talep dengesizliklerini gidermek amaçlanmaktadır. Ülkemizde faaliyette olan doğal gaz depolama projeleri aşağıda paylaşılmaktadır.

1. Tuz Gölü Yer Altı Doğal Gaz Depolama Projesi: 2011 yılında Aksaray ili Sultanhanı ilçesinde yapım çalışmaları başlatılan projenin sonrasında yapılacak genişletme çalışmaları ile birlikte 5,4 milyar Sm^3 (standart metreküp) depolama ve 80 milyon Sm^3 günlük geri üretim kapasitesine ulaşması hedeflenmektedir. 2023 yılında tamamlanası planlanan tesiste halihazırda 1,2 milyar Sm^3 çalışma gazı kapasitesine ve 40 milyon Sm^3 günlük geri üretim kapasitesine ulaşılmıştır.[27]
2. Kuzey Marmara Doğal Gaz Depolama Tevsi Projesi: Türkiye'de mevcut bir gaz rezervuarının depolama amacıyla ilk kez kullanıldığı 2017 yılında İstanbul ili Silivri ilçesinde yapım çalışmaları başlatılan Kuzey Marmara Doğal Gaz Depolama Projesi'nde üçüncü fazın inşasına başlanmıştır. Halihazırda 2,84 milyar Sm^3 depolama ve 25 milyon Sm^3 günlük geri üretim kapasitesi olan tesiste yapılacak 495 milyon ABD doları yatırımla kapasitenin 4,6 milyar Sm^3 depolama ve 75 milyon Sm^3 günlük geri üretime çıkarılması planlanmaktadır. Projenin üçüncü fazının 2022 yılının ortasında devreye alınması hedeflenmektedir. Tesiste Faz-1 ve Faz-2 projeleri Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı tarafından sırasıyla 2007 ve 2016'da tamamlanmış ve 01/09/2016 tarihinde tesisin işletmesi Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'ndan Boru Hatları İle Petrol Taşıma A.Ş. (BOTAŞ)'ye geçmiştir.[28]
3. Marmara Ereğlisi LNG (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz) Tesisleri: LNG ithalatına başlanılmasıyla birlikte alınan gaz için hem baz yük tesisi olarak kullanılmak hem de istenildiğinde pik düşürücü olarak devreye sokulmak üzere BOTAŞ tarafından 1989 yılında yapımına başlanılan Marmara Ereğlisi LNG Terminali 1994 yılında işletmeye açılmıştır. 37 milyon Sm^3/gün gazlaştırma kapasitesi ve her biri 85.000 Sm^3 kapasiteli 3 adet depolama tankına sahip LNG Terminali'nin üç ana fonksiyonu; ithal

[27] BOTAŞ, https://www.botas.gov.tr/Sayfa/tuz-golu-yer-alti-dogal-gaz-depolama/23, Erişim Tarihi: 14.06.2021.
[28] BOTAŞ, https://www.botas.gov.tr/Sayfa/silivri-yer-alti-dogal-gaz-depolama/21, Erişim Tarihi: 14.06.2021.

edilen LNG'yi depolamak, depolanan LNG'yi istenilen miktarda gazlaştırarak Rusya Federasyonu-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı'na sevk etmek ve kara tankerlerine LNG dolumu gerçekleştirmektir.[29]

4. FSRU - Dörtyol: BOTAŞ'ın Hatay/Dörtyol'daki mevcut terminalinin modifikasyonu sonucunda 07.02.2018 tarihinde resmi açılışı yapılarak devreye alınan Dörtyol FSRU (floating storage regasification unit - yüzer depolamalı gazlaştırma ünitesi) Terminalinde bulunan gemi 263.000 Sm^3 LNG depolama ve günlük maksimum 28 milyon Sm^3/gün gazlaştırma kapasitesine sahiptir.[30]
5. Ege Gaz Aliağa LNG tesisleri: Türkiye'nin ilk yüzer LNG depolama tesisi olan ve 2001 yılında Aliağa'da kurulumuna başlanan Ege Gaz LNG Terminali 2006 yılında faaliyete geçmiştir. Tesis her biri 140.000 Sm^3 kapasiteli 2 adet depolama tankına sahiptir.

Dünyada geniş bir şekilde kullanılan termal enerji depolama sistemleri yüksek potansiyeli bulunan Türkiye'de henüz yaygın bir kullanıma sahip değildir. Günümüzde termal enerji depolama, şebeke ölçeğinde elektrik üretimi, endüstri, bölgesel ısıtma ve soğutma, binalar ve soğuk zincir lojistiği gibi çeşitli uygulamalarda test edilmekte ve uygulanmaktadır. Türkiye'de özellikle akifer ısıl enerji depolama üzerine kapsamlı çalışmalar yürütülmüştür. İlk akifer uygulaması 2001 yılında Mersin'de bir süpermarketin ısıtma/soğutma sistemine entegre edilmiştir. İkinci uygulama ise Çukurova Üniversitesi araştırma çiftliğine entegre edilerek 360 m^2 (metrekare)'lik bir seranın ısıtma/soğutma yükü akifer kuyularından sağlanmıştır. Tüm bu araştırmalar sonucu sağlanan enerji tasarrufu ile karbondioksit salımında önemli düşüşler görülmüştür. Faz değiştiren maddelerde termal enerji depolama uygulamaları çok çeşitli olmakla beraber en çok kullanım alanları yapı malzemelerinde binaların ısıtma ve soğutma yükünün azaltılması, fotovoltaik elementlerin soğutulması, tekstil, ev ısıtma ve sıcak su, gıda, motorlu taşıtlar için ısı depolama sistemi, taze gıdaların depolaması, sıcaklığa duyarlı cihazların soğutulması şeklinde özetlenebilmektedir.

Günümüzde yerli, çevre dostu enerji kaynağı olması, kazanılan ısının tüm yıl boyunca kışın bina ısıtması, yazın ise bina serinletmesi için kullanılabilmesi, uzun süreli ve dayanıklı olması gibi birçok avantajı bulunan ısı pompaları açısından Türkiye büyüyen bir pazar konumundadır. Çok sayıda iklimlendirme firması bu alanda yatırım yapmaktadır. Avrupa'daki en büyük üçüncü "Kuyularda (Kanallarda) Termal Enerji Depolama Sistemi" İstanbul'da bulunan Meydan AVM için 2007 yılında tamamlanmıştır. Toplam 18.327 metre sondaj yapılan bu sistemin kapasitesi soğutma için 3.500 kW ve ısıtma için 1.200 kW'tır. Burada bulunan toprak kaynaklı ısı pompası toplam 130.000 m^2 alanın 70.000 m^2'lik bölümüne hizmet etmektedir.

Ülkemizdeki ilk ticari ve büyük ölçekli buzda enerji depolama uygulaması Ankara-Eryaman'da yer alan GİMSA Hipermarket'e kurulmuştur. GİMSA'nın toplam günlük pik soğutma yükü 8.332 kWh olup sadece 17.00-22.00 saatleri arasındaki pik elektrik tarifesi dönemlerine yönelik olarak soğutma yükünü karşılayacak buzda enerji depolama sistemi entegre edilmiştir. Dünyada buzda enerji depolama sistemlerinin çok sayıda uygulaması olmasına karşın, ülkemizde ticari olarak uygulanmış tek bir uygulama vardır.

Türkiye'de ilk kez Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) Genel Müdürlüğü'nce (PHES etüt çalışması yapılmış, artan enerji ihtiyacı ve pik güç talebi göz önüne alınarak PHES'lerin diğer sistemlerle de entegre edilerek çalıştırılması ve ülke çapında yaygınlaştırılması hedeflenmiştir. PHES alanında EİE Genel Müdürlüğü

[29] BOTAŞ, https://www.botas.gov.tr/Sayfa/marmara-ereglisi-lng-terminali/20, Erişim Tarihi: 14.06.2021.

[30] BOTAŞ, https://www.botas.gov.tr/Sayfa/fsru-dortyol/24, Erişim Tarihi: 14.06.2021.

tarafından 2009 yılında yapılan ön fizibilite çalışmaları sonucunda, toplam 13.700 MW kurulu güç olarak planlanan 16 adet saha belirlenmiştir. Bu sahalardan planlanan devreye alınma sırasıyla Gökçekaya PHES (1.400 MW), Oymapınar PHES (500 MW), Karacaören-2 PHES (1.000 MW), Bayramhacılı PHES (500 MW), Altınkaya PHES (1.800 MW) ve Yamula PHES (500 MW) öncelikli olarak belirlenmiştir. 12 Şubat 2020 tarihli Mükerrer Resmi Gazete'de yayınlanan 2020 Yılı Yatırım Programı'na göre Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) tarafından Türkiye'nin ilk projesinin (Gökçekaya PHES) 2020-2032 yıllarını kapsayacak yatırım bütçesinin 6,3 milyar TL olacağı duyurulmuştur. Bunun yanı sıra Çinli Gezhouba Group, KAF Teknik Yapı ve General Elektrik iş birliğiyle Isparta'da Eğirdir Gölü için projelendirilen 1.000 MW'lık PHES'in inşaatına Ocak 2022'de başlanması planlanmaktadır.

Türkiye'de TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi bünyesinde elektrikli araçlar ve taşınabilir cihazlar için pil, modül ve bataryalar üretimi, lityum-iyon, lityum-hava ve lityum-sülfür pil uygulamaları için elektrot geliştirme, ısıl ve elektriksel batarya yönetim sistemi tasarımı ve üretimi, pilot ölçekli lityum iyon (Li-ion) pil üretimi, magnezyum bakır iyodür batarya ve süper-kapasitör geliştirme ile elektrik şebeke dengeleme uygulamalarına yönelik enerji depolama sistemleri konularında aktif çalışmalar yürütülmektedir.

Mobil ve modüler enerji çözümleri alanında faaliyet gösteren Aggreko, 2021 yılında Türkiye'nin ilk şebeke stabilize pilini başarıyla devreye almıştır. İlk olarak Çorum/Alaca kasabası yakınlarındaki bir trafo merkezinde konuşlandırılan 500 kW'lık, bir saatlik Li-ion pil sistemi ile elektrik ağındaki şebeke istikrarını artırmak hedeflenmektedir.

3.3.3. Enerji Depolamada Yeni Trendler

Enerji depolama sistemleri, elektrik şebekelerinin daha etkin, verimli, düşük karbon emisyonlu ve güvenilir çalışmasına katkı sağlamaktadır. Sektörde özellikle batarya enerji depolama üretim kapasitesi hızla büyüme kaydetmektedir. Birçok firma tarafından giga ölçekli üretim tesisleri kurulmaktadır. Bu alanda BYD Co. (Çin), Tesla (Nevada / Buffalo), SK Innovation (Macaristan), CATL (Çin), Funeng Technology (Çin), Guoxuan High-Tech (Çin), Eve Energy (Çin), Samsung SDI (Macaristan), TerraE Holding (Almanya), LG Chem (Polonya) gibi firmalar öne çıkmaktadır. Özellikle Asya bölgesi enerji depolama alanında liderliğini güçlendirmektedir.

Elektrikli araçlar pazarındaki büyüme lityum-iyon teknolojinin gelişmesini de beraberinde getirmiş ve söz konusu gelişmeler lityum tabanlı bataryaların maliyetlerindeki düşüşü tetiklemiştir. Önümüzdeki dönemde teknolojik gelişmelere paralel olarak daha da gerilemesi beklenen lityum tabanlı bataryaların maliyetleri, bu alandaki yatırımları daha finanse edilebilir hale getirecektir. Halihazırda lityum-iyon piller pazarda büyümesini sürdürürken, akış pili ve yakıt hücresi gibi teknolojilerin yakın gelecekte ölçeği büyütmesi ve alternatif depolama çözümleri sunması beklenmektedir.

Hizmet olarak enerji depolama (Energy Storage-as-a-Service-ESaaS) bir tesisin, sistemi satın almadan bir hizmet sözleşmesi yaparak bir enerji depolama sisteminin avantajlarından yararlanmasını sağlamaktadır. Yatırımcıları çekebilmek için geliştirilen bir iş modeli olarak kurgulanan ESaaS, güvenli ve sürdürülebilir enerjiyi daha ekonomik bir şekilde sağlayarak işletmeye değer katabilecek gelişmiş bir enerji depolama sistemi, enerji yönetim sistemi ve hizmet sözleşmesinin kombinasyonunu ifade etmektedir.

Enerji depolama sektöründe enerji depolama sisteminin verimliliğini ölçmek amacıyla çeşitli analiz yöntemleri kullanılmakta olup bu amaliz yöntemleri içerisinde Depolamanın Seviyelendirilmiş Maliyeti (LCOS) öne çıkmaktadır. LCOS, yatırım maliyeti, operasyonel ve bakım giderleri gibi depolama teknolojisinin ömrü boyunca yapılacak toplam harcama tutarının depolama teknolojisi tarafından sağlanan toplam enerjiye bölünmesi sonucu hesaplanmaktadır. LCOS, maliyet etkinliğini, gelir potansiyelini ve farklı uygulamalar kapsamında enerji depolama teknolojilerinin sağlayacağı ekonomik değeri analiz eden objektif ve şeffaf bir metodoloji olarak değerlendirilmektedir.

İş modelleri ve depolama sistemlerinin gelir/maliyetine yönelik daha net ölçümler enerji depolama projelerinin proje finansman yapısı altında değerlendirilerek finanse edilebilir olmasını sağlamaktadır. Bu yönden enerji depolama projelerinin kendi yapıları içerisinde sağlayacağı fonlar gözetilerek finanse edilmesi yaygınlaşmaktadır.

Bunların yanı sıra farklı enerji depolama teknolojileri alanında etüt çalışmaları ve araştırmalar sürmektedir. Her depolama teknolojisi için kısa vadeli araştırma hedefleri farklılık göstermektedir. PHES firmaları donanım iyileştirmelerinde kullanılan parçaların geliştirilmesine yönelik çalışmalar yürütürken, sıkıştırılmış hava enerji depolama araştırmaları verimlilik artışı sağlamak için adyabatik ve izotermal yoluyla sıkıştırma sırasında yaşanan ısı kaybı sorununa odaklanmaktadır. Volan enerji depolama alanındaki şirketler sürekli olarak yüksek dönme hızlarına dayanabilen ve sürtünme kayıplarını azaltacak alternatif malzemelere yönelik çalışmalar yürütmektedir. Pil geliştiriciler, düşük maliyetli materyallerin yanı sıra akıma göre daha iyi performans sunan malzemeleri araştırmaktadır. Hidrojen depolama firmaları ise elektroliz işleminin verimliliğini artırmaya yönelik faaliyetlerde bulunmaktadır.

Artan enerji talebi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kesikli yapısı ve depolama ihtiyacı bu alandaki yatırımları ve devlet desteklerinin yaygınlaşmasını hızlandırmaktadır. Enerji depolama alanında ülkeler nezdinde politikalar belirlenmekte ve devlet teşvikleri artış göstermektedir. Bunlara ilave olarak, sektörde şirketler arası ve kamu kuruluşları arasında kurulan iş birliklerinde ve proje sayılarında da artış yaşanmaktadır. Ayrıca birçok yatırımcı tarafından birleşme ve satın alma yoluyla enerji depolama sistemleri sektörüne yatırım yapılmaktadır. Örneğin, pil enerjisi depolamasında toplam kurumsal finansman (risk sermayesi, borç ve kamu piyasası finansmanı dahil), 2020 yılının son çeyreğinde 19 işlemde 3,1 milyar ABD doları iken, 2021 yılı ilk çeyreğinde 17 işlemde 4,7 milyar ABD doları seviyesine ulaşmıştır.[31]

[31] https://batteryindustry.tech/venture-capital-funding-in-energy-storage-up-significantly-with-994-million-in-q1-2021/, Erişim Tarihi: 14.06.2021.

4. Elektrikli Araçlar Pazarında Batarya Teknolojileri

4.1. Dünya Elektrikli Araçlar Pazarında Batarya Teknolojilerindeki Gelişmeler

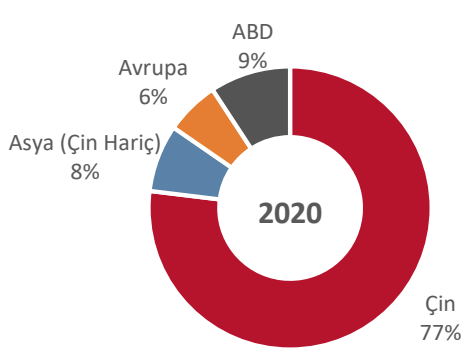
Ulaşım kaynaklı karbon salımının azaltılmasında anahtar rol oynaması beklenen elektrikli araçlar, yakıt olarak kullanılan elektrik enerjisiyle daha sessiz, daha çevreci ve daha ekonomik bir ulaşım imkânı sağlamaktadır. Enerji kaynağı olarak batarya teknolojilerinin kullanıldığı hibrit araçlar ve elektrikli araçlar daha yaygın hale geldikçe depolama teknolojilerine olan ihtiyaç ön plana çıkmaktadır.

İçten yanmalı motor ve elektrikli motor tahrikli hibrit araçlarda enerji kaynağı olarak pil, süper kapasitör ve içten yanmalı üretim birimi kullanılmaktadır. Düşük emisyonlu olmasına rağmen ortalama bir menzile sahip bu teknolojinin pazar payı şimdilik sınırlıdır. Elektrikli motor tahrikli olan elektrikli araçlarda ise enerji kaynağı olarak pil grupları, süper kapasitör veya yakıt pilleri kullanılmaktadır. Elektrikli araçlarda yaygın olarak kullanılan başlıca pil teknolojileri; kurşun-asit, nikel kadmiyum, nikel metal hidrat ve Li-ion pillerdir. Diğer pil teknolojilerine kıyasla Li-ion piller yüksek anma voltajı, yüksek enerji yoğunluğu, uzun ömür gibi önemli avantajlara sahip olmasından dolayı daha çok tercih edilmektedir. Elektrikli araçlarda kullanılan Li-ion bataryalar artan depolama gereksinimi ile pazar payını sürekli yükseltmektedir.

Elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşmasına etki eden en önemli unsurlardan biri de satış fiyatlarıdır. Son yıllarda, gelişen teknoloji ile üretim maliyetleri azaltılmaya çalışılmış ve elektrikli araç satış fiyatlarının otomotiv piyasasına uygun hale getirilmesi hedeflenmiştir. Elektrikli araçların kullanım oranlarının artması, üretim maliyetlerinin düşürülmesi ile ivme kazanmaktadır. Elektrikli araçların üretiminde, daha önce ifade edildiği üzere, maliyeti ve satış fiyatını etkileyen en önemli bileşen batarya teknolojileridir. Bir elektrikli aracın maliyetinin yaklaşık %30'u batarya maliyetinden oluşmaktadır. Elektrikli araç batarya maliyetleri hâlâ yüksek olup gelişen teknolojilerle birlikte gerilemektedir. 2010 yılında 1.000 $/kWh civarında olan Li-ion batarya maliyetleri hızlı bir şekilde günümüzde hücre seviyesinde 150 $/kWh'ın altına inebilmektedir. 2025 yılında bu rakamın 100 $/kWh'lere düşeceği tahmin edilmektedir. Bu sayede, elektrikli araç üreticileri menzil ve güç olarak daha gelişmiş araçları daha ucuz fiyatlarla piyasaya sunabileceklerdir.

Küresel Li-ion pil üretim kapasitesinin 2020 yılında 455 GWh'ten 2025 yılına kadar %2''lık yıllık bileşik büyüme oranı ile 1.447 GWh'e çıkması beklenmektedir.[32] Çin ve Avrupa'nın, küresel elektrikli araç satışlarında olduğu gibi Li-ion pil kapasite artışlarına da en büyük katkıyı yapması öngörülmektedir.

[32] https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/blog/top-electric-vehicle-markets-dominate-lithium-ion-battery-capacity-growth, Erişim tarihi: 14.06.2021.

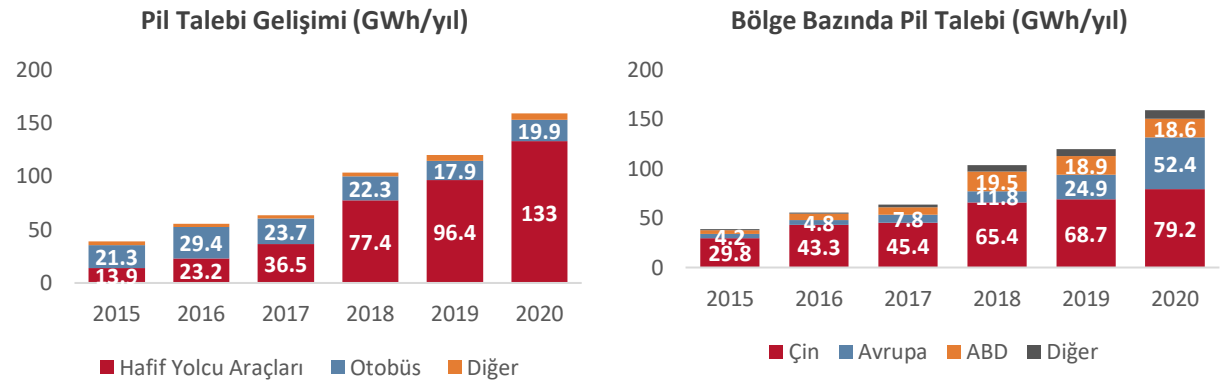


	2018	2019	2020
Çin	260	268	350
ABD	27	37	42
Güney Kore	11	18	18
Japonya	17	17	17
Macaristan	3	14	20
Polonya	6	6	6
Birleşik Krallık	2	2	2

Grafik 3. Ülke Bazında Li-İon Pil Üretim Kapasitesi (GWh/yıl)
Kaynak: S&P Global Market Intelligence, TSKB

Otomotiv Li-ion pil üretimi, 2020 yılında 2019 yılına göre %33 artışla 160 GWh seviyesine yükselmiştir. Söz konusu artış, kayıtlı elektrikli araç sayısındaki %41'lik büyüme ile elektrikli otomobiller için 55 kWh ve plug-in hibrit araçlar (PHEV) için 14 kWh sabit ortalama pil kapasitesini yansıtmaktadır. Diğer ulaşım modları için pil talebi ise %10 artış göstermiştir

Pil üretiminde, küresel pil hücresi üretim kapasitesinin %70'inden fazlasını oluşturan Çin ilk sırada yer almaktadır. Sadece Çin'de 60'ın üzerinde batarya üreticisi olup CATL ve BYD, Çin üretiminin yarısını oluşturmaktadır. Benzer şekilde Çin, 2020 yılında yaklaşık 80 GWh ile pil talebi içerisinde en büyük paya sahipken, Avrupa'nın pil talebi bir önceki yıla kıyasla %110 artışla 52 GWh'e ulaşmıştır. ABD'de ise pil talebi 19 GWh ile bir önceki yıla benzer seviyede gerçekleşmiştir.



Grafik 4. Pil Talebi Gelişimi (GWh/yıl) ve Bölge Bazında Pil Talebi (GWh/yıl)
Kaynak: IEA, TSKB

Avrupa'nın 2020 yılı pil talebi Avrupa içi üretim kapasitesini aşmıştır. Avrupa'nın ana pil fabrikaları Polonya ve Macaristan'da bulunmaktadır. Avrupa'nın pil üretim kapasitesinin 2025 yılına kadar 400 GWh'e kadar çıkarılması hedeflenmektedir. Bu hedef 2020 yılında Avrupa Yatırım Bankası'nın desteğiyle duyurulan veya yapım aşamasındaki birçok yeni batarya üretim tesisi ile desteklenmektedir.

Pil maliyetlerindeki ve performansındaki hızlı iyileşme ve gelişmelerin yanı sıra elektrikli araçlara olan talebin ve yenilebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin artış göstermesi sonucunda, pil depolama

teknolojilerine yönelik küresel yatırımlar 2019'da 4 milyar ABD dolarına ulaşmıştır. 2019 yılında pil depolama alanına yapılan yatırımların %27'si Avrupa merkezli iken Güney Kore, ABD, Çin ve Japonya toplam yatırım büyüklüğü içerisinde sırasıyla %17, %17, %16 ve %8 pay sahibi olmuştur.[33]

Li-ion ticari olarak yaygınlaşıp ucuzladıkça araştırmacılar daha farklı çözümlere yönelmeye başlamıştır. Bu alternatifler katı elektrolitli batarya, lityum sülfür, metal hava çözümleri ve diğer alternatiflerdir. Avrupa Birliği'nde 2025 yılı sonrası için yaklaşık 250 milyar Euro batarya pazarı oluşacağı ve bu alanda 10-20 arasında "Gigafactory" kurulacağı öngörülmektedir.[34] 2008'den bu yana depolama alanında 135 projeye 555 milyon Euro destek verdiklerini duyuran Avrupa Birliği, 2030 yılına kadar sistem verimliliklerinin %90'ın üzerine çıkarılması yönünde bir hedefin olduğunu ve 100 kWh'lik bir sistem için depolama sistem maliyetlerinin 150 Euro/kWh'in altına düşürüldüğünü belirtmiştir. Bazı ülkelerin batarya depolamayla ilgili kurulu güçleri ve bu konudaki hedefleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 7. Batarya Depolamada Ülke Bazında Kurulu Güçler veya Hedefler

OEM	Kurulacak Ülke / Bölge	Ek Fabrika Kapasitesi Beyanı (GWh/yıl)
Panasonic	ABD	35 GWh/yıl (2020)
CATL	Çin	24 GWh/yıl ve 18 GWh/yıl (2020)
	Avrupa	14 GWh/yıl (2021) 96 GWh/yıl (kuruluş yılı açıklanmamakta)
BYD	Çin	24 GWh/yıl (2019) 20 GWh/yıl ve 30 GWh/yıl (2023) 10 GWh/yıl (kuruluş yılı açıklanmamakta)
LG Chem	Avrupa	15 GWh/yıl (2022)
	Çin	32 GWh/yıl (2023)
SK Innovation	Çin	7,5 GWh/yıl (2020)
	Avrupa	7,5 GWh/yıl (2021)
	ABD	9,8 GWh/yıl (2022)
LIBCOIN/BHEL	Hindistan	30 GWh/yıl (2025-2027)
Samsung SDI	Avrupa	1,65 GWh/yıl (2020)
Northvolt	Avrupa	32 GWh/yıl (2023)
Lithium Werks	Çin	8 GWh/yıl (2021)

Kaynak: Türkiye Bilimler Akademisi, TSKB

4.2. Türkiye Elektrikli Araçlar Pazarında Batarya Teknolojilerindeki Gelişmeler

Elektrikli bir aracın maliyetinin %30'nu batarya maliyeti oluşturmaktadır. Batarya maliyetlerinin düşmesi, ağırlığının hafiflemesi, depolama hızının artması ve güçlü bataryaların üretilebilmesi elektrikli araçların

[33] https://www.bdo.global/getmedia/65f75ce9-cc70-4d75-89c5-fd4f3019d1f8/BDO-Global_Battery-Storage-Market-Update_Oct2020.pdf.aspx, Erişim tarihi: 14.06.2021.

[34] http://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/T%C3%9CBA-Enerji%20Depolama%20Teknolojileri%20Raporu.pdf, Erişim tarihi: 14.06.2021.

geleceği için önem arz etmektedir. Bataryalar, şarj ihtiyacını yenilenebilir enerji kaynağından elde edildiği takdirde şu an için maliyeti en düşük ve doğaya en az zarar veren ürün konumundadır.

Batarya teknolojilerinde "bor türevlerinin" kullanımına ilişkin çalışmalar devam etmektedir. Dünya bor rezervinin %73,4'ü Türkiye'dedir. Bor madeni, geleceğin batarya teknolojilerinde kobaltın yerine, lityumu tamamlayıcı olarak düşünülmesi gereken bir maden konumundadır. Bor ile güçlendirilmiş Li-ion bataryaların kapasitelerinin, mevcut bataryalara göre birkaç kat fazla olabildiği hesaplanmaktadır. Türkiye'nin, sahip olduğu bor rezervi ile gelecek yıllarda küresel tedarikçi pozisyonuna gelebileceği düşünülmektedir.

Eti Maden 3 yıldır yaptığı Ar-Ge çalışmalarıyla lityum üretiminde geleneksel yöntemlerin dışına çıkarak ve yeni üretim metodu geliştirerek lityum karbonat ve satılabilir bor ürünlerini üretmeye başlamıştır.

Ülkemizin yerli otomobili TOGG, dünyanın en büyük batarya üreticilerinden biri olan Çinli Farasis ile Li-ion piller konusunda anlaşmıştır. Anlaşma ile Farasis, bataryayı Türkiye'de üretecek olup buna ek olarak bölge ülkelerinin ihtiyaç duyduğu enerji depolama ürünleri ile ilgili olarak TOGG ile birlikte çeşitli geliştirmelerde de bulunacaktır. Anlaşmaya göre 300 km veya 500 km menzil sağlayan pil konfigürasyonları seçenekleri olan otomobil evde, ofiste veya yol üzerindeki istasyonlarda şarj edilebilecek, hızlı şarj ile 30 dakikadan kısa sürede %80 pil doluluk seviyesine ulaşılabilecektir.

Ford Otosan, Avrupa'nın en büyük ticari araç üretim üssü olan Kocaeli fabrikasında batarya montaj tesisi de kuracağını belirtmiştir.

Aspilsan, TOGG ve Ford'un üreteceği elektrikli otomobillerin batarya ihtiyacını karşılayacak pil hücrelerinin geliştirilmesiyle ilgili çalışmalara başladığını belirtmiştir.

Temsa, Adana'daki tesislerinde, elektrikli araçlar için kullanılan pil ve batarya paketlerinin geliştirilip üretildiğini, yurt dışına ihraç edilen elektrikli araçlarda kendi batarya tesislerinde üretilen batarya paketlerinin kullanılmaya başlandığını ifade etmektedir.

Aselsan ve IBM pil teknolojilerinde ortak Ar-Ge faaliyetleri yapacaktır. Ar-Ge faaliyetleri kapsamında geliştirilecek metal-hava pillerinin, mevcut Li-ion pillerine göre, aynı ağırlıkta en az 5 kat daha fazla enerji depolayabileceği ifade edilmektedir. Geliştirilecek yeni teknoloji sayesinde en az 800 km mesafe alınabileceği belirtilmektedir. Ayrıca, Aselsan'ın Samsun Belediyesinin alacağı elektrikli otobüslerin lityum pillerini de üreteceği ve bunun Türkiye'de ilk olacağı da ifade edilmektedir.

MECLİSİ MEBUSAN CAD.
NO:81 FINDIKLI İSTANBUL 34427, TÜRKİYE
T: +90 (212) 334 50 50 F: +90 (212) 334 52 34

Bu rapor, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB) A.Ş.'nin uzman kadrosunca güvenilir olarak kabul edilen kaynaklardan elde edilen veriler kullanılarak hazırlanmıştır. Raporda yer alan görüşler ve öngörüler, teknik ve akademik bilgiler ile sektör temsilcileriyle yapılan görüşmelerden elde edilen sonuçları yansıtmakta olup bu verilerin tamlığı ve doğruluğu konusunda TSKB'nin herhangi bir sorumluluğu bulunmamaktadır. Raporda yer verilen değerlendirme, görüş, düşünce ve öngörüler, TSKB nezdinde açık ya da gizli bir garanti ve beklenti oluşturmaz. Diğer bir ifadeyle; bu raporda yer alan tüm bilgi ve verileri kullanma ve uygulama sorumluluğu, doğrudan veya dolaylı olarak, bu rapora dayanarak yatırım kararı veren ya da finansman sağlayan kişilere aittir ve ortaya çıkan sonuçtan dolayı üçüncü kişilerin doğrudan ya da dolaylı olarak zarara uğramaları durumunda TSKB hiçbir şekilde sorumlu tutulamaz.

©2021 Bu raporun tüm hakları saklıdır. TSKB'nin izni olmadan raporun içeriği herhangi bir şekilde basılamaz, çoğaltılamaz, fotokopi veya teksir edilemez, dağıtılamaz.