

Elektrikli Araçlar

Gürkan Caner Bİrer [*Bilgisayar Mühendisi*]





Yüzyıllık Mücadele

Elektrikli otomobillerle fosil yakıtlı otomobillerin mücadelesi aslında yüz yıl önceye dayanıyor. İlk otomobiller 1800'lerin ortalarından itibaren geliştirildiyse de ancak 20. yüzyıl başlarında seri üretim otomobiller ortaya çıktı. 1900 yılında ABD'de satılan 4200 otomobilden 1681'i buharlı, 1575'i elektrikli, 936'sı içten yanmalıydı. 1917'ye geldiğimizdeyse durum tam tersine dönmüştü. Trafikteki 50.000 elektrikli otomobile karşın 3,5 milyon içten yanmalı motoru olan otomobil vardı. Buharlılarsa tamamen ortadan kaybolmuştu. Peki, elektrikli otomobillerin tutulmamasının nedeni neydi? 1899'da elektrikli otomobil günlük ulaşım ihtiyacını en iyi şekilde karşılıyordu. Elektrikli otomobiller hem güçlü hem de diğer otomobillere göre frenlemesi iyiydi. Yüksek torku ağır yükleri taşımaya kolaylaştırıyordu. En zayıf olduğu alansa bugün olduğu gibi menzilin yetersiz olmasıydı. Yaklaşık 60 km'lik menzil şehir içi yolculuklar için yeterli olsa da içten yanmalı motora sahip araçlar şehirler arası yolculuklar yapmaya başlayınca işin seyri değişti. Şehir dışında elektrik hatları yaygın değildi ve araçları şarj etmek problem oluyordu. Kurşun asitli aküler pahalıydı, üstelik uzun

süre dayanmıyordu. Ayrıca elektrik motorları da pek ufak sayılmazdı. Tüm bu sorunlar neticesinde elektrikli otomobiller günlük hayattan silindi ve neredeyse yüzyıl boyunca gündeme gelemedi. İşin ilginç yanıysa elektrikli otomobilleri tarihe gömen sorunların bir kısmı bugün hâlâ tam olarak çözülebilmemiş değil.



1909'da Baker marka elektrikli otomobile ait bir gazete reklamı.



Baker elektrikli otomobile ait bir başka ilan (1909)



Pope-Waverly elektrikli otomobil reklamı (1904)

Tesla'yla Başlayan Dönüşüm

Seri üretim elektrikli otomobillerin modern çağdaki ilk örneği EV1 oldu. 1990'ların başında ABD'nin Kaliforniya eyaleti birkaç yıl içinde tüketicilere elektrikli araç seçeneği sunmayan otomobil üreticilerinin Kaliforniya'da otomobil satmasını yasaklayan bir yasa çıkardı. General Motors bu nedenle EV1 adını verdiği bir elektrikli otomobil üretme kararı aldı. 1996-1999 yılları arasında üretilen EV1 kullanıcıları tarafından çok sevildi. Ancak ticari olarak önemli bir başarı sağlayamadı. Kâr marjı düşüktü, pil fiyatları yüksek olduğu için kiralama yöntemiyle satılıyordu. Üstelik petrol şirketleri bu araçtan pek hoşlanmamıştı ve araç aleyhine ciddi bir lobi çalışması başladı. Baskılara dayanamayan eyalet yönetimi yasayı kaldırdı. En sonunda General Motors aracın üretimini durdurdu, hatta bununla da kalmadı, kiralama benzeri bir modelle sattığı araçları kullanıcılardan zorla geri aldı ve hurdalıkta imha etti. Kullanıcıların bütün protestolarına rağmen sokaklarda bir tane bile EV1 kalmadı. Yıllar sonra dönemin General Motors CEO'su Rick Wagoner EV1'den vazgeçmenin yaptığı en büyük hata olduğunu itiraf edecekti.



İmhadan kurtulmuş az sayıda EV1'den birisi Ulusal Amerikan Tarihi müzesinde sergileniyor.

EV1 ticari olarak başarısız olsa da otomobilin kullanıcıları onu çok sevmişti. Bu durum bazı girişimciler için ilham kaynağı oldu. 2003'te EV1'ler trafikten çekilirken bir başka elektrikli otomobil firması kuruluyordu. Adını elektrik üzerine yaptığı çalışmalarla bilinen Nicola Tesla'dan alan Tesla'nın kurucuları EV1'in yaşadıklarından ders çıkarmış ve çok daha farklı bir strateji belirlemişti. EV1 herkesin alabileceği, ucuz, düşük menzilli pek havallı olmayan bir otomobildi. Tesla ise EV1'in tam tersine yüksek performanslı, çok havallı ve pahalı bir spor araba üretecekti. Tesla'nın stratejisi üç aşamadan oluşuyordu:

1. Pahalı ve havallı bir spor otomobil üret.
2. Buradan elde ettiğin parayla nispeten ucuz ama üst sınıf bir araç üret.
3. Buradan da elde ettiğin parayla herkes tarafından satın alınabilecek bir araç üret.

Bu plan çerçevesinde ilk olarak Roadster adlı spor otomobil üretildi. Roadster için Lotus Elise marka otomobilin şasesi elektrikle çalışacak hâle getirildi. Elbette bir otomobil üretmek o kadar basit değildi. 2003'te başlayan çalışmalar ancak 2008'de meyvesini verdi. Bu sırada firma birkaç defa iflas tehlikesi geçirdi. Özellikle Elon Musk'ın CEO olmasıyla Tesla ivme kazanmaya başladı. Modern çağın ilk seri üretim spor otomobili 2008'de Tesla Roadster olarak satışa sunuldu. 320 km menzilli ve 3,7 saniyelik 0-100 km değeriy-le çok başarılı olan Roadster'dan kısa zamanda 2500 adet satıldı. Lityum-Kobalt-Oksit pili, tek elektrik motoru, 280 Newton metrelik torku, 288 beygir gücüyle Tesla Roadster 200 km hıza rahatlıkla ulaşabiliyordu. Henüz ürettiği tek bir model olmasına rağmen Tesla 2010'da borsaya açıldı ve elektrikli otomobillerin deneysel bir çalışma ya da boş bir hayal olmadığını kanıtlayarak otomobil dünyasında taşları yerinden oynattı.

Tesla belli ölçüde başarılı olsa da elektrikli otomobillerin yaygınlaşmasının önündeki engeller hâlâ mevcuttu. Piller pahalıydı, üstelik pil üretimi yavaştı, talebi karşılayabi-

Nasıl Çalışır?

lecek kadar pil üretilmiyordu. Tesla kalıcı olmak için pil teknolojisine yatırım yapması gerektiğine karar vererek Gigafactory adında devasa pil üretim fabrikaları kurmaya başladı. ABD, Çin ve Almanya gibi yerlerde kurulması planlanan bu fabrikaların bazıları faaliyete geçerken, bazılarının inşaatı hâlâ devam ediyor. Bu fabrikalarda çok hızlı bir şekilde pil üretilmesi amaçlanıyor.

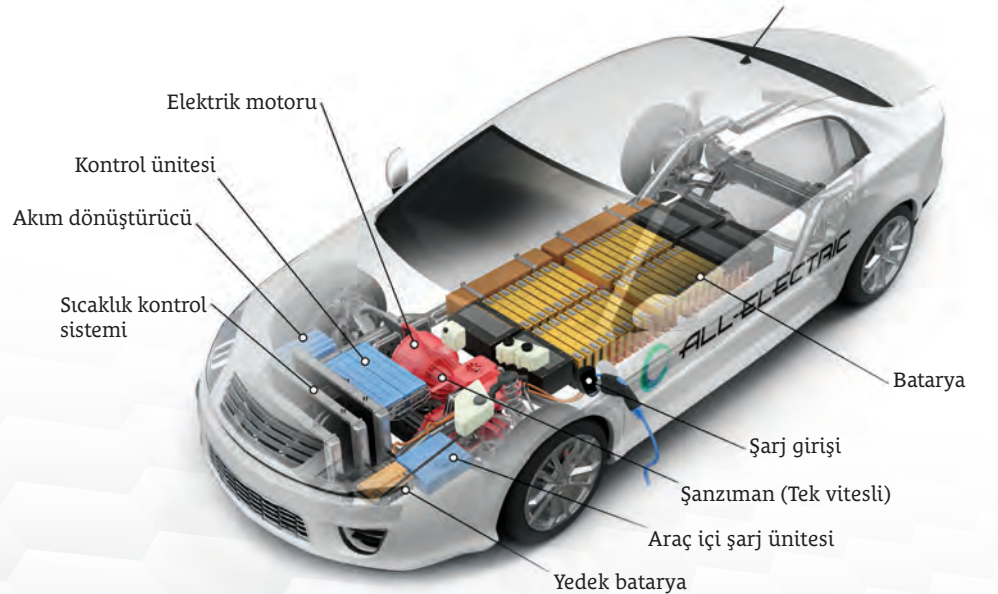
Uyguladığı bu stratejiler Tesla'yı piyasa değerine göre dünyanın en büyük üç otomobil şirketinden biri hâline getirdi. 2019'da 367.500 elektrikli otomobil satan Tesla, satış adedi olarak dünya ölçeğinde çok sınırlı bir pay olsa da elektrikli otomobillerin fosil yakıtlı otomobillere karşı olan mücadelesinde en önemli aktörlerden biri hâline geldi. Finansal açıdan henüz kâr edemeyen firma önümüzdeki yıllarda başarısız olsa bile elektrikli otomobil tarihi açısından önemli başarılar elde etmiş olacak.

Elektrikli araçlar denilince kimi zaman hibrit elektrikli araçlar da kast edilebiliyor. Hibrit elektrikli araçlarda hem elektrik motoru hem içten yanmalı motor bulunur. Genellikle düşük hızlarda, yoğun trafikte elektrik motoruyla hareket sağlanırken yüksek hızlarda içten yanmalı motor devreye girer. Bu esnada araçta bulunan küçük batarya içten yanmalı motorla şarj edilir. Bazı hibrit araçlar fişe takılarak şarj edilebilirken bazıları sadece içten yanmalı motora bağlı dinamoyla şarj olur. Hibrit araçlar yapısı itibarıyla hem sadece elektrikle çalışan araçlardan hem de fosil yakıtlı araçlardan daha karmaşıktır. Günümüzde birçok otomobil firması özellikle yakıt tüketimini düşürmek için hibrit araçları tanıtırsa da ilerleyen yıllarda hibrit araç sayısının çok fazla artış göstermesi beklenmiyor.

Elektrikli araçlar fosil yakıtlı araçlara göre basittir. Daha az hareketli parça vardır. Temel olarak pil, elektrik motoru, motor sürücü devresi ve akım voltaj dönüştürücülerden oluşur. Bunun dışında elbette her arabada bulunması gereken bütün parçaları içerir.

Temel Bileşenler

Bir elektrikli otomobil geleneksel bir otomobilden farklı olarak elektrik motoru, pil ve şarj elektroniği içerir. Elbette bunun karşılığında, içten yanmalı motor, şanzuman, benzin deposu ve egzoz gibi birçok parçayı da barındırmaz.



Motor

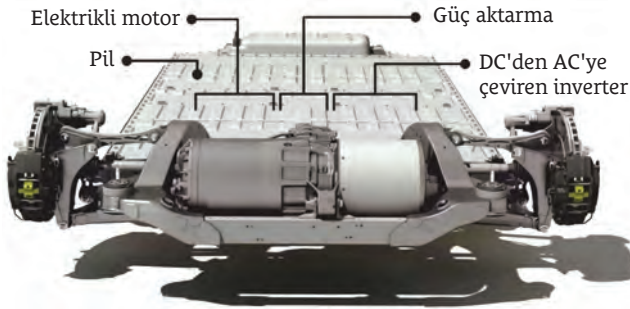
Elektrikli otomobillerin motorları AC (alternatif akım) veya DC (doğrudan akım) olabilir. Ancak pilleri her zaman DC elektrik sağlar. DC motorlar genellikle 96 ile 192 volt arasında çalışır. Özellikle elektrikli iş makinelerinde kullanılan motorlar elektrikli otomobiller için de referans olmuştur. Tipik bir DC elektrikli otomobil motoru 20 kW ile 30 kW aralığında olur. İhtiyaç hâlinde kısa süreyle yüksek enerjiyle beslenerek yüksek güç elde edilebilir. Özellikle kısa süreli hızlanmalar için bu özellik önemli bir avantaj sağlar. AC motorlara kıyasla basit ve ucuz olsa da ısınmaya yatkındır.

Öte yandan, AC motorlar daha fazla seçenekle gelir. Genellikle üç faz çalışan 240 voltluk motorlar kullanılır. Frenleme esnasında enerji geri kazanımı mümkündür. Ancak DC pillerden AC motoru beslemek için dönüştürücüye ihtiyaç vardır. Genel olarak iki tip motor da elektrikli otomobil üreticileri tarafından kullanılabilir. Örneğin Nissan ve Chevrolet DC motor kullanırken Tesla AC motor kullanıyor.

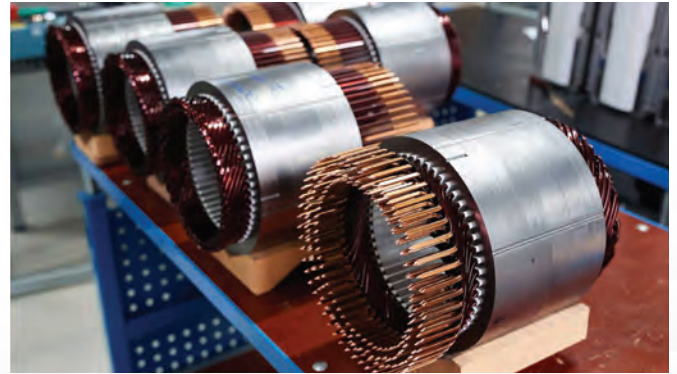
Elektrik motorları çok yüksek verimliliğe sahip. Elektrik enerjisinin %90-95'ini hareket enerjisine dönüştürebiliyor, üstelik bunu sıfır emisyonla yapıyor. İçten yanmalı motorların %25-30 verimle çalıştığı dikkate alındığında bu oranın ne kadar başarılı olduğu daha da net anlaşılır. Üstelik elektrik motoru teknolojisi her geçen gün daha da gelişiyor. BMW'nin 5. nesil elektrik motorları hem daha küçük, hem daha ucuz hem de üretimi için dünyada nadir bulunan materyallere bağımlı değil.



Solda BMW'nin i3'te kullandığı motor, sağda ise 5. nesil elektrik motoru. Üstelik sağdaki motorda güç aktarma organları ve elektrik sürücü devresi de mevcut.



AC motorlu bir elektrikli otomobil



BMW'nin yeni elektrik motorunun içi

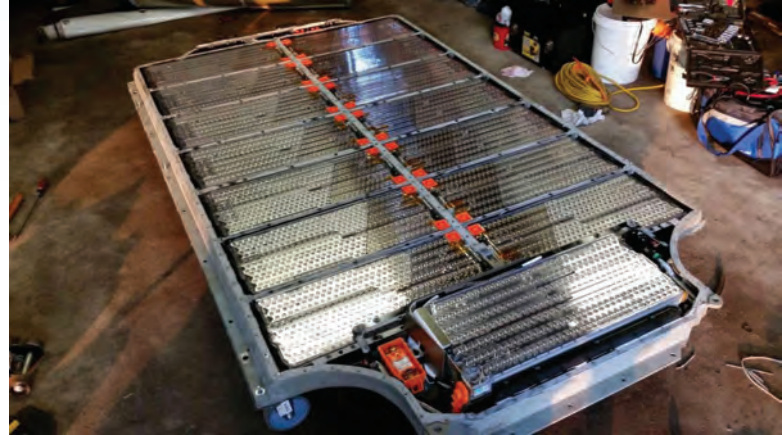
Pil

Bir elektrikli otomobil için belki de en önemli bileşen pil teknolojisi. Elektrikli otomobillerde ağırlıklı olarak lityum-iyon piller kullanılıyor. Bu pillerde kullanılan malzemeler üreticiden üreticiye farklılık gösterebiliyor. Lityum-iyon pillerde genelde %60 Nikel, %20 Kobalt, %20 Manganez kullanılıyor. Kobalt az bulunduğu ve fiyatı sürekli arttığı için yeni pillerde bu oranların değiştirilmesine yönelik çalışmalar yapılıyor. %80 Nikel, %10'ar Kobalt ve Manganez olacak şekilde geliştirilen yeni pillerin çok daha ekonomik ve çevre dostu olması hedefleniyor. Dünyada her yıl pillerde kullanıma uygun 1,4 milyon ton nikel üretilip bununun 85.000 tonu elektrikli otomobillerde kullanılıyor. Mevcut elektrikli otomobil sayısının on katına çıkması durumunda nikel üretim kapasitesinin de hızla artması gerekecek. Bu nedenle üretim kapasitesinde sorun olmayan Lityum-Demir-Fosfat (LFP) gibi pillerin kullanımı için çok ciddi çalışmalar yapılıyor.

Elektrikli otomobillerin pilleri ağırlıklı olarak Asya ülkelerinde üretiliyor. Panasonic, Samsung ve LG en büyük pil üreticilerinden. Tesla pil için Panasonic'le iş birliği yapıyor ancak pilleri yeterince hızlı olması için Gigafactory adını verdiği fabrikalarda kendisi üretiyor. Bu fabrikalarda üretilen pillerin avantajı sıra dışı teknolojisi değil, daha ucuz ve daha hızlı üretilebiliyor olması. Tesla diğer elektrikli otomobil üreticilerinin aksine büyük pil hücreleri yerine AA (kalem pil) boyutunda pilleri kullanıyor. Bu pillerin binlercesinin bir arada kullanılmasıyla oluşan bataryalar daha ucuz ve hafif oluyor. Çünkü her bir pil hücresinde bulunan güvenlik önlemeye dair materyaller çıkarılıyor ve bunların yerine tüm batarya genel olarak ısıl izlemeye alınarak yangın engelleyici materyallerle kaplanıyor. Elektrikli otomobillerde kullanılan bataryalar tıpkı cep telefonlarındaki bataryalara benzer bir performans sergiliyor. Diğer bir deyişle, kullanıldıkça kapasitesi düşüyor. 50.000 km sonra pil kapasitesi %95,6'ya, 100.000 km sonra %94'e, 250.000 km sonra da %90'a düşüyor. Sonrasında bu oran çok aşağı iniyor.



Bir Tesla otomobilin bataryasında bu pillerden binlerce bulunuyor.

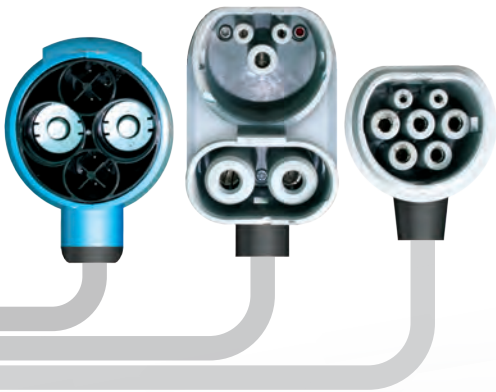


Tesla'nın binlerce pilden oluşan elektrikli otomobil bataryası

Elektrikli otomobillerde piller genellikle zemine döşeniyor. Böylece bagajın daralmasının önüne geçiliyor. Ayrıca elektrikli otomobillerdeki pillerin ortalama 500 kg ağırlığında olduğu hesaba katıldığında aracın zeminine yerleştirilen piller ağırlık merkezini aşağıya çekiyor. Bu sayede otomobillerin yol tutuşu artıyor ve fosil yakıtlı araçlara göre daha dengeli bir sürüş imkânı ortaya çıkıyor. Öte yandan pillerin zeminde olması kaza anında zarar görme riskini artırıyor.

Pillerin en önemli problemlerinden birisi hızlı şarj edilemiyor olması. Pilleri hızlı şarj edebilmek için kısa zamanda yüksek enerji sunabilen hızlı şarj istasyonlarına ihtiyaç duyuluyor. Tabii bu yeterli değil, pillerin şarj olurken ısınmaması için yazılımlar aracılığıyla dikkatli bir şekilde izlenmesi ve ona göre enerji akışının ayarlanması gerekiyor. Voltajın belirli bir seviyenin üzerine çıkması durumunda şarj işlemi otomatik olarak kesilebiliyor.

Pillerin %80 doluluğa ulaşması nispeten hızlı olurken, bu noktadan sonra şarj işlemi yavaşlıyor ve geriye kalan %20'lik kısım için bir o kadar daha beklemek gerekebiliyor. Bu nedenle hızlı şarj istasyonlarında genelde pillerin %80 doluluğa ulaştırılması için kullanılması amaçlanıyor. Böylece daha çok kişiye hizmet vermek mümkün olabilir. Güncel teknolojilerle hızlı şarj istasyonları yaklaşık yarım saatte %80 doluluğa ulaşabiliyor. Elbette bu süre 220V standardındaki ev prizinde 8-10 saati bulabiliyor. Şarj hızı, sıklığı, yüzdesi ve sıcaklığı gibi etmenler pilin toplam ömrünü doğrudan etkiliyor.



Elektrikli araçların şarj edilmesinde çeşitli şekillerde fişler kullanılıyor

Pillerin hızlı şarj edilebilmesi için çeşitli alternatifler geliştirildi. Bunlardan bir tanesi boş pillerin dolu pillerle değiştirilmesi. Şarjı azalan bir elektrikli otomobil, pil değiştirme istasyonunda bir platforma yanaşıyor, platformdaki robot sistem otomobilin altından boş pili çıkarıp, yerine dolu pili yerleştiriyor. Tüm işlem birkaç dakikada tamamlanıyor. Bu yöntem ilk elektrikli otomobillerin üretilmeye başlandığı yıllardan bu yana biliniyor, hatta 1910 ve 1924 yılları arasında elektrikli kamyonlarda kullanılmış. Geçtiğimiz yıllarda kurulan Better Place adındaki firma, pil değişim teknolojisinin kullanımı için birçok elektrikli otomobil üreticisiyle birlikte çalıştı. Hatta ülkemizde de satılan Renault Fluence Z.E. elektrikli otomobiller bu özelliğe sahip olarak üretilmişti. Ancak yeterli talep olmaması, pillerin standartlaştırılmaması ve yüksek alt yapı maliyetleri gibi nedenlerle firma iflas etti. Bu alanda çalışmaya devam eden başka firmalar da var ancak benzer nedenlerle yakın zamanda hızlı pil değişiminin yaygınlaşması beklenmiyor.



Bir pil değişim istasyonu

Enerji Kazanımlı Fren

Elektrikli otomobillerde kullanılan pillerin maliyeti 2010'da kW/saat başına 1100 dolarken bugün 156 dolara düşmüş durumda, 2023'te ise 100 dolar seviyesine ineceği düşünüyor. Ortalama bir elektrikli otomobilin 55 kWh kapasitesinde bir pile sahip olduğu düşünülürse pil maliyetindeki bu düşüşün otomobilin nihai fiyatı için ne kadar önemli olduğu ortaya çıkıyor. Massachusetts Institute of Technology'den Energy Initiative adlı bir grubun yaptığı ve ExxonMobil, Shell, BP, Chevron, Aramco, Equinor, GM ve Toyota gibi firmaların sponsor olduğu bir araştırmaya göre, pil fiyatları 2030'da kW/saat başına ancak 124 dolara düşecek ve bu durumda 320 km menzilli bir elektrikli otomobil üretimi aynı özellikteki fosil yakıtlı bir otomobile göre 5000 dolar daha pahalı olacak. Bugün için bu fiyat farkı yaklaşık 10.000 dolar. Tüm bu tartışmalar pil teknolojisindeki gelişmelerin elektrikli otomobillerin geleceğini belirlemedeki rolünü ortaya koyuyor.

Enerji harcayarak hızlanan otomobilin kazandığı kinetik enerji fren yaptığımızda ısıya dönüşür ve boşa gider. Elektrikli otomobillerde frenleme esnasında aracın sahip olduğu momentum elektrik motorunu döndürür ve bir dinamo gibi çalışan elektrik motoru enerji üreterek pilleri besler. Üstelik frenlere binen yük azaldığı için mekanik parçaların ömrü uzar, dolayısıyla toplam maliyet düşer. Örneğin enerji kazanımlı frene sahip Toyota Prius'ların fren balataları 150.000 km'den sonra bile düzgün çalışabilir durumdayken, ortalama bir otomobilde 50.000 km'de bir değiştirilmesi gerekiyor. Enerji kazanımı nedeniyle elektrikli otomobiller, fosil yakıtlı otomobiller gibi ayağınızı gazdan çektiğinizde hafifçe yavaşlamak yerine hızla yavaşlar. Çünkü ayağınızı gazdan çektiğiniz anda elektrik motoru pilleri doldurmaya başlar. Bu hissiyat ilk defa elektrikli otomobil kullananları biraz şaşırtsa da alışıldıktan sonra sorun oluşturmaz.



Elektrikli araç şarj istasyonu işareti



Avantajları Dezavantajları

Elektrikli otomobillerin popülaritesi her geçen gün artsa da hâlâ önemli sorunları var. Maliyetinin yüksek olması, menzilinün yetersiz olması, şarj süresinin uzun olması en önemli problemleri. Elektrikli otomobillerin sunduğu yüksek tork, beygir gücü inanılmaz bir performans sağlasa da uzun süre yüksek performansta kullanılmaya elverişli değil. Örneğin, Nurburgring lap rekoru hâlâ benzinli otomobillere ait, çünkü uzun süre yüksek performansla kullanılan elektrikli otomobillerin pilleri aşırı ısınmadan dolayı zarar görebiliyor. Yarış için üretilmiş Formule E araçları bile yakın zamana kadar 45 dakikalık yarışı tamamlayamadıklarından pilotlar yarışın ortasında araç değiştirerek ikinci araca geçiyordu. Bununla birlikte, elektrikli araçların pilleri çok ağır bu da uzun fren mesafesi ve dönüşlerde savrulma gibi sorunlara neden oluyor. Ayrıca ağırlık ve yüksek tork bir araya gelince lastikler çok çabuk aşınıyor. Elektrikli otomobil kullanıcıları 15-20 bin kilometrede lastiklerini eskitebiliyor.

Pil ve motor teknolojisindeki iyileştirmeler ve satış adetlerinin artması gibi nedenlerle elektrikli otomobillerin fiyatları sürekli düşüyor. Öte yandan dünya genelinde uygulanan sıkı emisyon kuralları nedeniyle içten yanmalı motorların geliştirme maliyetleri ve satış fiyatları yükseliyor. Hatta birçok otomobil firması ürettiği araçların karbon salım oranlarını belirli bir düzeyde tutamadıkları durumda yasal zorunluluktan dolayı başka firmalardan karbon kredisi satın almak zorunda kalıyor. Tesla 2012'den bu yana sattığı sıfır emisyonlu araçlar sayesinde kazandığı karbon kredilerini diğer otomobil firmalarına satarak 1,7 milyar dolardan fazla gelir elde etti.

Elektrikli araçlarla ilgili tartışmalardan birisi de o kadar çevreci olmadıkları yönünde. Aracın üretiminden kullanım ömrünü tamamlamasına kadar geçen süre toplam olarak dikkate alındığında bir elektrikli araç ne kadar çevreci? Bu alanda çok fazla araştırma olmasa da belirleyici etkenin elektrikli araçların şarj edilmesinde kullanılan elektriğin kaynağı olduğunu söyleyebiliriz. Fosil yakıtlardan ürettiğiniz elektrikle otomobilleri şarj ediyorsanız o kadar da çevreci bir iş yaptığınız söylenemez. Öte yandan ülkelerin her geçen gün yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yaptıkları dikkate alındığında elektrikli otomobillerin diğerlerine göre çok daha çevreci bir seçenek olduğunu söyleyebiliriz.

Elektrikli araçların artışıyla birlikte, elektrik şarj istasyonlarının da artması gerekiyor. Hızlı şarj için iyi bir elektrik altyapısı şart. Birçok ülkenin elektrik altyapısı bu tür bir yükü kaldırabilecek durumda değil. Bu yatırımın yapılması zaman alacaktır. Aynı anda on aracın şarj edilebileceği hızlı şarj istasyonlarından kurmak istediğinizde bu sistemi besleyecek elektrik alt yapısının kurulması gerekecektir. Üstelik ulusal tatillerde en fazla 3-4 dakikada dolmuş yapan akaryakıt pompalarında bile sıra olurken, 30 dakikada dolmuş yapan yüksek hızlı şarj istasyonlarında çok ciddi kuyruklar oluşabilir.



Piyasadaki Aktörler



TOGG SUV



TOGG Sedan



TOGG SUV iç tasarım

TOGG

Türkiye'nin yerli otomobil üretme hayali Devrim arabalarından bu yana devam ediyor. Ülkemizde çok köklü ve başarılı bir otomobil üretim sektörü var. Çok büyük otomobil markalarının Türkiye'de ürettiği otomobiller hem yurt içi hem de yurt dışında satılıyor. İhracata büyük katkı sağlayan otomobil üreticileri yerli parça tedariki yaparak büyük bir ekosistem oluşmasına katkı sağlıyor. Ancak fikri hakları yerli firmalara ait seri üretim bir otomobil üretmek sektörün geleceği açısından önemli görülüyor. Bu çerçevede farklı firma ve kuruluşlar bir araya gelerek Türkiye Otomobil Girişim Grubu'nu (TOGG) kurdu. TOGG geçtiğimiz aylarda biri SUV diğeri sedan model olmak üzere iki prototip elektrikli otomobil tanıttı. Hem Türkiye pazarında hem de bölge ülkelerinde satılması planlanan elektrikli otomobiller genel olarak olumlu tepkiler aldı.

Elektrikli otomobil üretmek için yola çıkan birçok firma olduğu ve bunların azımsanmayacak bir kısmının iflas ettiği düşünüldüğünde TOGG'un çok hızlı bir şekilde başarılı olmasını beklemek haksızlık olacaktır. TOGG 13 yılda yaklaşık 22 milyar liralık bir yatırım öngörüyor. Böylece yıllık 175.000 araç üretecek kapasiteye gelmeyi hedefliyor. Bu süre zarfında dünyadaki elektrikli araç sayısının 200 milyon olacağı tahmini dikkate alınırsa TOGG'un hedefinin ulaşabilir olduğunu söyleyebiliriz. Türkiye'nin sahip olduğu otomobil üretim tecrübesi doğru kullanılırsa gerçekten dünya çapında başarılı olacak bir elektrikli otomobil markası ortaya çıkacaktır. TOGG ile ilgili gelişmeleri yakından takip etmeye ve okurlarımızla paylaşmaya devam edeceğiz.

TESLA

Önceki bölümlerde anlattığımız gibi Tesla elektrikli otomobillerin yeniden canlanmasında öncü rol üstlendi. Ancak finansal göstergeler henüz beklenen düzeyde değil. 2019'da Ford 5,4 milyon araç satarken Tesla yalnızca 367.500 araç sattı. Özellikle Çin gibi elektrikli otomobil pazarının hızla geliştiği büyük ülkelerde satış adedini artırması geleceği için çok önemli. Tesla üretim hızını artırmak için sadece pili kendi üretmekle kalmadı, diğer otomobil parçalarını da ağırlıklı olarak kendisi üretmeye yönelik bir strateji belirledi. Dikey entegrasyon stratejisi olarak tanımlanan bu yöntem otomobil sektörü için pek yaygın sayılmaz.

Otomobil üreticileri gerek duyduğu parçalar için birçok dış kaynak kullanır. Tesla ise otomobilin parçalarının %80'ini kendisi üretiyor. Satış için de benzer bir strateji izleyen Tesla, bayi kullanmak yerine otomobilleri doğrudan kendisi satıyor, hatta birçok yerde fiziksel bir bayi bulundurmadan internet üzerinden satış yapıyor. Otonom sürüş teknolojilerinin kullanılması için ciddi yatırımlar yapan firma, ürettiği otomobillerin sürekli internete bağlı olması, uzaktan yazılım güncellenmesi gibi yeniliklerle öne çıkmaya çalışıyor.



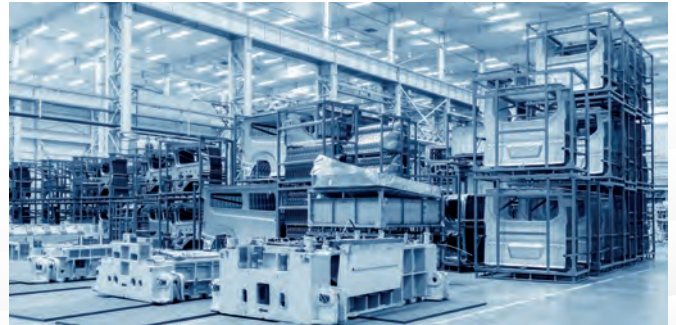
Tesla'nın yeni tanıttığı Cybertruck adlı pikap modeli

GELENEKSEL OTOMOBİL FİRMALARI

Her ne kadar otomobil firmaları geçmişten bu yana elektrikli araç konseptleri geliştirseler de son yıllara kadar bu alana büyük yatırımlar yapmaktan kaçındılar. Dönüşümün maliyetini sırtlanmaktansa mevcut düzenlerini koruma ve iyileştirme yolunu seçtiler. Ticari açıdan anlaşılır olan bu durum 2020'ye geldiğimizde pek sürdürülebilir görünmüyor.

Başta Alman otomobil firmaları olmak üzere birçok bilinen marka hızla elektrikli araç teknolojilerine yatırım yapmaya başladılar. Geleneksel otomobil firmaları bir taraftan ürettikleri fosil yakıtlı otomobillerin elektrikli versiyonlarını satışa çıkarırken diğer taraftan da baştan sona elektrikli olarak tasarlanmış otomobiller geliştiriyorlar. Örneğin Volkswagen yıllardır sattığı Golf modelini e-Golf adıyla elektrikli olarak satarken, aynı zamanda ID3 adlı modelini sadece elektrikli olarak tasarlayıp satışa sundu. Ancak bu otomobiller henüz teknik ve ekonomik açılardan içten yanmalı motorlara sahip geleneksel araçlarla rekabet edebilecek düzeyde değil.

Artık büyük otomobil firmalarının çoğu elektrikli otomobil satıyor. Bunların bir kısmı bazı yasal zorunluluktan veya prestij kaybetmemek gibi nedenlerle elektrikli otomobil geliştirirken, bir kısmı da bu işe dört elle sarılmışa benziyor.





Honda'nın retro görümlü elektrikli otomobili Honda e



İlk Elektrikli Porsche: Taycan adını Türkçe Tay ve Kan sözcüklerinden almış

Ticari Olarak Satışı Devam Eden Bazı Elektrikli Otomobiller*

Model	Marka	Menzil	Fiyat
Ampera-e	Opel	345 km	€42,990
e-208	Peugeot	295 km	€30,450
e-2008 SUV	Peugeot	275 km	€35,250
e-Golf	Volkswagen	190 km	€31,900
e-Soul 64 kWh	Kia	370 km	€37,790
EQC 400 4MATIC	Mercedes	360 km	€71,281
E-Tron 50 Quattro	Audi	285 km	€69,100
I-Pace	Jaguar	370 km	€79,450
IONIQ Electric	Hyundai	260 km	€34,900
I3 120 Ah	BMW	235 km	€38,000
Kona Electric 64 kWh	Hyundai	400 km	€41,400
Leaf	Nissan	220 km	€36,800
Model S Long Range	Tesla	525 km	€86,800
Model 3	Tesla	265 km	€43,500
Model X Long Range	Tesla	460 km	€91,700
Taycan 4S	Porsche	370 km	€105,607
XC40 P8	Volvo	375 km	€59,000
ZOE ZE50 R110	Renault	320 km	€31,990

* Otomobiller modellerine göre alfabetik olarak sıralanmıştır. Bu araçların birçoğu henüz Türkiye'de satılmadığı için referans olarak Almanya fiyatları kullanılmıştır.



Bir Faraday Future Konsepti: FFZERO1



Karsan Jest+ Minibüs

Bilinen markaların yanında birçok yeni elektrikli araç üreticisi de ortaya çıkıyor. Örneğin 2014'te kurulan Faraday Future, 2 milyar doların üzerinde para harcamasına ve birçok elektrikli otomobil prototipi tanıtmasına rağmen hâlâ seri üretime başlayabilmiş değil. Rivian firması elektrikli pikap ve SUV üretmek için Amazon ve Ford gibi firmalardan milyarlarca dolar yatırım aldı. Fisker ürettiği elektrikli spor otomobil Karma'dan 2000'den fazla sattıktan sonra iflas etti. Birkaç yıl sonra tekrar kurulan firma yine elektrikli araç üretme hedefinde. Çin'de elektrikli otomobiller hayli popüler ve Çinli elektrikli otomobil üreticilerinin sayısı her geçen gün artıyor. Örneğin Çinli BYD firması her ay 30.000 elektrikli otomobil üretiyor. Ayrıca küresel pazara yönelik otomobil geliştiren Nio ve Byton gibi Çinli firmalar da var.

Elbette elektrikli araç üreten firmalardan bahsederken Karsan'ı da unutmamak lazım. Türkiye'de ürettiği elektrikli minibüsleri çeşitli Avrupa ülkelerine satmayı başaran Karsan yeni modeller geliştirmeye devam ediyor. Aslında tüm bu gelişmeler birlikte değerlendirildiğinde, otomobil dünyası için bir dönüşümün başladığı ve bu süreçte yeni firmaların da ortaya çıkacağı açık. Önemli olan bu firmaların kimler olacağı ve hangi ülkelerden çıkacağı. Bu çerçevede ülkemizdeki girişimcilerin elektrikli otomobille ilgili birçok teknolojinin geliştirilmesinde Türkiye'de ve dünyada üretim yapan otomobil firmalarına önemli katkılar sağlayabileceğini düşünüyoruz.



Rivian R1T



Jaguar I-Pace

Elektrikli Araçlarla Yakıt Hücresi Kullanılan Araçlar Arasındaki Fark Nedir?



Kia e-Soul 64kWh



Nissan Leaf



BMW i3 120 Ah

Yakıt hücresi kullanılan araçlar da elektrikli araçlar da kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürerek çalışır. Yakıt hücreli araçlarda hidrojen ve oksijenin kimyasal tepkimesi sonucu enerji elde edilir. Elektrikli araçlarda ise farklı kimyasal maddelerden oluşan bataryalar kullanılır.

Elektrikli araçlarda çoğunlukla cep telefonu, dizüstü bilgisayar gibi taşınabilir elektronik cihazlarda da kullanılan lityum-iyon piller tercih ediliyor. Enerji yoğunluğunun yüksek olması, yüksek sıcaklıklarda iyi performans göstermesi, haftıza etkisinin görülmemesi, kendiliğinden boşalma hızının düşük olması gibi özellikleri nedeniyle lityum-iyon piller diğer enerji depolama sistemlerine göre daha avantajlıdır. Elektrikli araçlarda lityum-iyon piller dışında nikel-metal hidrür piller de kullanılabilir.

Elektrikli araçların yakıt hücresi kullanılan araçlardan en önemli farkı kullanılan bataryaların şarj edilebilir olmasıdır. Yakıt hücresi kullanılan araçlarda ise yakıt olarak kullanılan hidrojen ve oksijen harici olarak depolanır. Yani bu araçların yakıt hücreleri şarj edilemez.

Yakıt hücreleri kullanılan araçlarda yakıt tükendiğinde birkaç dakika içinde tekrar doldurulabilirken, elektrikli araçların şarj süresi genellikle saatlerle ifade edilir. Ancak elektrikli araçları evinizde bile şarj edebilirsiniz. Şimdilik yakıt hücresi kullanılan araçlar tekrar doldurulmadan ortalama 500 kilometre yol alabilirken, elektrikli araçlar ise ortalama 300 kilometre menzile sahip. Ancak yakıt hücreli ve elektrikli araç teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde bu değerler değişebilir.

Bu teknolojilerin her ikisi de doğrudan sera gazı salımına sebep olmaz.

Elektrikli Araçların Petrol Yakıtlı Araçlardan Farkı Nedir?

Dr. Tuba Sarıgül

Dıştan bakıldığında bir otomobilin elektrikli mi yoksa petrol yakıtlı mı olduğunu anlayamayabilirsiniz. Çünkü görünüşleri arasındaki tek fark elektrikli araçlarda egzoz borusunun olmayışıdır. Ayrıca elektrikli araçlar petrol yakıtlı araçlara göre çok daha sessizdir. Ancak elektrikli ve petrol yakıtlı araçların çalışma mekanizmaları birbirinden çok farklıdır.

Elektrikli araçlar elektrik enerjisinin depolandığı bataryalardan enerji alır. Petrol yakıtlı araçların enerji kaynağı ise benzin, dizel ve LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı) gibi fosil yakıtlardır. Elektrikli araçlarda elektrik enerjisini hareket enerjisine dönüştüren elektrikli motorlar, petrol yakıtlı araçlarda içten yanmalı motorlar kullanılır.

Elektrikli araçlarda motorlar dairesel hareket oluşturur. Bu sayede elektrikli motorun oluşturduğu hareket doğrudan tekerleklere aktarılabilir. İçten yanmalı motorlarda ise pistonların doğrusal hareketi farklı sistemler kullanılarak dairesel harekete dönüştürülür.

Elektrikli motorların dönme hızı 0-18.000 rpm (dakikadaki dönme sayısı) arasında değişir ve elektrikli motorlar farklı dönme hızlarında yüksek verimlilikle güç üretebilir. İçten yanmalı motorlar ise belli bir hız aralığında -çoğunlukla yüksek hızlarda- maksimum güç üretir. Bu nedenle içten yanmalı motorlu araçlarda motor tarafından üretilen gücün tekerleklere verimli bir şekilde aktarılması için şanzıman sistemine ihtiyaç vardır. Elektrikli motor kullanan araçlarda ise bataryalardan sağlanan enerji kontrol edilerek motorun hızı ve oluşturduğu tork değiştirilir.

Yakıt olarak petrol kullanan araçlarda, fren balatalarının fren disklerini sıkıştırması ile tekerleklerin dolayısıyla aracın yavaşlaması sağlanır. Bu sırada aracın kinetik enerjisi ısı enerjisine dönüşerek kaybedilir. Elektrikli araçlarda ise motor araç yavaşlarken jeneratör gibi görev yapar ve aracın kinetik enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülerek bataryalarda depolanır. Bu fren sistemi aracın tam olarak durması için değil yavaşlaması için kullanılan bir sistemdir. Aracın tam olarak durması için ise fren diski ve balatasından oluşan klasik fren sistemi kullanılır.

İçten yanmalı motor kullanılan araçlar çok sayıda karmaşık sisteme ihtiyaç duyar. İçten yanmalı motorlu araçlarda hareketli yüzlerce parça varken, elektrik motorlu araçlarda hareketli birkaç parça vardır. Bu nedenle içten yanmalı motorlu araçların bakım ve tamir maliyetleri elektrikli araçlara göre çok yüksektir.



Elektrikli Araçların Geleceği

Yaygınlaşma

Bugün için elektrikli araçların pazar payı %2,5 düzeyinde. Elektrikli araçların daha geniş bir pazar payına ulaşmasının önünde bazı engeller var. Maliyet, kullanıcı alışkanlıkları, satış ve destek ağı, şarj kolaylığı ve altyapı gibi etmenler yaygınlaşma hızında belirleyici olacaktır. Özellikle pil maliyeti elektrikli araç fiyatları için en belirleyici unsurlardan birisi. Önümüzdeki yıllarda yeni teknolojilerin gelişmesi ve üretim kapasitesinin artışıyla pil fiyatları aşağı düşecektir. Mevcut otomobil firmalarının daha fazla elektrikli model satmaya başlamasıyla satış ve dağıtım ağındaki aksaklıklar giderilecektir. Ancak alışkanlıklar ve alt yapı gibi engellerin kalkması zaman alacaktır. Bu bağlamda hızlı şarj istasyonlarının maliyet ve teknik kabiliyetlerinin iyileştirilmesi adaptasyon sürecini önemli ölçüde kısaltacaktır.

Elbette tüm bu süreçte hükümetlere büyük iş düşüyor. Sağlanacak teşvikler, vergi avantajları ve alt yapı yatırımları elektrikli otomobillerin bir ülkedeki yaygınlaşma hızında başat rol oynayacaktır. Mesela Kuzey Avrupa ülkeleri elektrikli araçlara geçişte ilk sıralarda yer alıyor. Bu ülkelerde elektrikli otomobiller hem ilk satışta hem sonraki süreçte önemli vergi indirimleriyle teşvik ediliyor. Bu teşviklere ek olarak ücretli otoyolları ücretsiz veya indirimli kullanma, elektrikli araçlara özel otoparklar gibi imkânlar da sunuluyor. Bugün Norveç'te satılan her iki yeni otomobilden biri elektrikli. Norveç'in 2025 hedefi ise ülkede satılacak tüm yeni otomobillerin elektrikli olması yönünde. Son aylarda Avrupa'da satılan her on yeni otomobilden biri elektrikli veya hibrit. İngiltere'de 2019'da şarj istasyonlarının sayısı %50 arttı. Hükümetlerin sağladığı bu teşviklerde önemli etmenlerden birisi çevre kirliliğinin azaltılması. Elektrikli araçların sağlayacağı faydaların önemli bir kısmı da toplu taşıma araçlarıyla gerçekleşecek. Daha şimdiden sadece Çin'de kullanılan 500.000'den fazla elektrikli otobüsün çevreye sağladığı fayda dünyadaki tüm elektrikli otomobillerin üç katından daha fazla.

Çünkü toplu taşıma araçları hem çevreyi fazla kirletiyor hem de sürekli kullanılıyor. Çin'in Shenzhen şehrinde neredeyse tüm taksiler elektrikli. Özellikle Türkiye gibi petrolde dışa bağımlı ülkeler için, çevreye sağladığı faydanın yanında, petrol bağımlılığını azaltması açısından da elektrikli otomobillerin yaygınlaşması önemli.



Norveç'te elektrikli otomobiller çok yaygın

Etkileri

Elektrikli otomobiller biz kullanıcıların hayatını ne kadar etkileyecek diye sorarsanız o kadar da etkilemeyecek diyebiliriz. Menzil sorunu çözülmeden elektrikli araçlar pek yaygınlaşmayacağı için, birçoğumuz elektrikli araç kullanmaya başladığında menzil sorunu çözülmüş olacaktır. Dolayısıyla otomobillerimizi bugün kullandığımız gibi kullanmaya devam edeceğimizi söylemek çok da yanlış olmaz. Daha gürültüsüz caddeler, egzoz gazlarına boğulmamış kaldırımlar en büyük doğrudan kazanımımız olacaktır. Kullanıcılar için asıl belirleyici olan ise satın alma maliyeti ve işletme maliyeti. Bugün için elektrikli araçların satın alma maliyeti yüksek, işletme maliyeti düşük. Ancak ilerleyen yıllarda akaryakıtla çalışan araçlardan çok daha avantajlı hâle gelecekler.

Pillerin Geri Dönüşümü

Ülkemiz açısından bakıldığında, nispeten daha basit yapısı ve henüz başat oyuncuların olmaması gibi nedenlerle, elektrikli otomobil üretiminde lider ülkelerden biri olma potansiyeli bu dönüşümün en önemli noktasını oluşturuyor. Fakat göz ardı edilmemesi gereken bir nokta da otomobil üreticilerinin kullandığı tedarik zincirinin belirli ölçüde değişebileceği gerçeği. Her bir parçanın farklı bir üretici tarafından üretildiği yüzlerce parçadan oluşan mekanizmalar çok daha az parçadan oluşan basit mekanizmalarla değiştiriliyor. Bu durumda bu parçaları üreten tedarikçi firmaların bir kısmının ekonomik olarak zorlanacağını söylemek yanlış olmayacaktır. Almanya için önümüzdeki on yıl içerisinde en az 70.000 kişinin elektrikli otomobillere geçiş nedeniyle işinden olacağı tahmin ediliyor. Otomobillerin arıza ve bakımı için servislere ödenen ücretlerin %35 oranında azalacağı tahmin ediliyor. Çünkü elektrikli araçlar daha az mekanik parça içeriyor. Ayrıca otomobil bakım maliyetinde ilk sıralarda yer alan yağ ve fren parçaları değişimi elektrikli otomobiller için çok çok az olacak. İlk beş yıl için bir elektrikli otomobil kullanıcısının yaklaşık 10.000 lira daha az bakım ve tamirat ücreti ödemesi anlamına gelen bu durum, birçok servis için alarm zillerinin çalması anlamına geliyor.

Pillerin geri dönüşümü için yapılacak araştırma geliştirme ve uygulama çalışmaları, elektrik altyapısının kurulması ve yeterli sayıda şarj istasyonunun oluşturulması gibi süreçler yeni iş fırsatlarını ortaya çıkaracaktır. Tüm otomobillerin elektrikli olduğunu ve bunların büyük çoğunluğunun geceleri şarj edileceğini varsaydığımızda ihtiyaç duyulacak elektrik enerji ihtiyacını karşılamak için mevcut altyapının iyileştirilmesi gerekecektir.

21. yüzyılda elektrikli otomobillerin çok daha yaygın kullanılacağı açık ama bu değişim bir günde olmayacaktır. 2050'de bile dünyada kullanılan otomobillerin ancak yarısının elektrikli olacağı tahmin ediliyor. Elektrikli otomobillerin rahatça kullanılması için en az on yıllık bir sürenin geçmesi gerekecektir. Bugün kullandığımız birinci nesil elektrikli otomobiller şehir içi ve deneysel kullanımlar için uygun olsa da satın alma ve işletme maliyeti dikkate alındığında henüz yeterince iyi bir noktada değil. Bizim tavsiyemiz bu dönüşümde ülkemizdeki kullanıcıların yavaş, girişimcilerinse hızlı hareket etmesi yönünde. ■

Kaynaklar

Rudi Volti, Cars and Culture: The Life Story of a Technology (Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2006.)
<https://www.reuters.com/article/us-autos-electric-norway/electric-cars-grab-almost-half-of-sales-in-oil-producing-norway-idUSKCN1TW2WO>
<https://www.reuters.com/article/us-southkorea-battery-cobalt-idUSKBN1AJ0S8>
<https://www.cmu.edu/news/stories/archives/2015/july/greenest-vehicles-by-region.html>
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-03-19/forget-tesla-it-s-china-s-e-buses-that-are-denting-oil-demand>
<https://ev-database.org/>
<https://www.businessinsider.com/tesla-sold-carbon-emissions-credits-to-general-motors-fiat-chrysler-2019-6>
<https://www.nytimes.com/2019/12/31/business/electric-cars-germany-economy.html>
<https://qz.com/1325206/tesla-owners-battery-data-show-it-wont-win-through-chemistry-only-a-better-factory/>
<https://cleantechnica.com/2019/12/04/powering-the-ev-revolution-battery-packs-now-at-156-kwh-13-lower-than-2018-finds-bnef/>
https://en.wikipedia.org/wiki/Charging_station
<https://www.bloomberg.com/news/features/2019-04-16/the-world-s-biggest-electric-vehicle-company-looks-nothing-like-tesla>
<https://www.reuters.com/article/us-turkey-autos/new-turkish-electric-car-project-investment-seen-at-3-7-billion-idUSKBN1YV09E>
<https://techcrunch.com/2020/03/06/electric-vehicles-are-changing-the-future-of-auto-maintenance/>
<https://www.irena.org/publications/2017/Feb/Electric-vehicles-Technology-brief>