



# Otomotiv Teknoloji Platformu

## **ELEKTRİKLİ ARAÇ ÇALIŞMA GRUBU RAPORU**

09.11.2010

*Versiyon 1.0 (\*)*

## **ÖZET**

Elektrikli araçlar konusunda gelişmelere hazırlıklı olmak, Ar-Ge alanlarını belirlemek ve OTEP'in ortak görüşünü oluşturmak amacıyla OTEP Elektrikli Araçlar Çalışma Grubu kurulmuştur.

OTEP Elektrikli Araçlar Çalışma Grubu, bu raporda küresel ısınma ve tükenen fosil yakıtlara karşı etkili alternatif çözümlerden biri olarak gündemde yer alan elektrikli/hibrit araçların bugününü, 2020'li yılları ve sonrasını, Türkiye açısından değerlendirmiştir. Bu değerlendirme kapsamında, küresel ısınmaya sebep olan CO<sub>2</sub> emisyonları ve dünya çapında alınan önlemler, elektrikli/hibrit araç ve alt sistemlerine ait teknolojiler, elektrikli araçlar için gerekli alt yapı hazırlıkları ve Türkiye açısından fırsat ve tehditlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

*(\*)Bu rapor, sürekli gelişecek ve yenilenecek bir doküman olarak değerlendirilmekte olup konu ile ilgili gelişmelerin yeni versiyonlar ile sunulması hedeflenmektedir.*

## **İÇİNDEKİLER**

1. Geniş Özet .....	3
2. Giriş .....	5
3. Elektrikli Araç Teknolojileri .....	7
3.1. Elektrik tahrikli araç tipleri .....	7
3.2. Elektrikli araç alt sistemleri (elektrik motoru, batarya, kontrol, vb.) .....	8
3.3. Elektrikli araç teknolojisinin CO <sub>2</sub> üzerine etkileri .....	9
3.4. Elektrikli araç ve altyapı gereksinimleri (şarj istasyonu, vb.) .....	10
4. Elektrikli Araç Geliştirme ve Uygulama .....	10
4.1. Elektrikli araçlarda ar-ge konuları .....	10
4.2. Elektrikli araç ve alt sistemleri test altyapısı .....	11
4.3. Direktiflerdeki gereksinimler .....	11
4.4. Yan sanayi etkisi .....	11
5. Öneriler .....	13
6. Kaynaklar .....	16

## **1. GENİŞ ÖZET**

Dünya’da 2009 yılında toplam araç üretimi 61 milyon adet olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’deki Otomotiv sanayinde mevcut duruma bakıldığında ise aynı yıl 870 bin adet araç üretilmiş olup 2009 yılında Ülkemiz;

- Dünyada otomotiv üretiminde onaltıncı,
- Avrupa Birliğinde:
  - hafif ticari araç üretiminde birinci,
  - otobüs üretiminde ikinci,
  - ağır kamyon üretiminde dokuzuncu ve
  - toplam üretimde yedinci sırada yer almaktadır.

Türkiye özelinde de gözlemlediğimiz büyüme, beraberinde küresel arenada otomotiv sanayini pek çok konunun da paydaşı ve çözüm ortağı konumuna getirmiştir.

En başta gelen konular arasında uluslararası alanda yoğun çalışmalar yapılan küresel ısınmanın etkileri ve iklim değişikliği kapsamında, sera gazı emisyonlarını azaltma çalışmaları gelmektedir. Söz konusu çalışmalar, Dünya İklim Konferansları ile başlamış, ülkemizin de dahil olduğu Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü ve son olarak Kopenhag Uzlaşması kapsamındaki sorumluluklar çerçevesinde devam etmektedir.

Karayolu ulaşımında motorlu taşıt araçlarında kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması çalışmaları, araçlarda daha düşük emisyon yayan, ileri içten yanmalı motor teknolojileri, alternatif yakıtlar, hibrit ve elektrikli araçlar gibi pek çok alternatif tahrik sistemlerinin kullanımını gündeme getirmiştir.

Bu alternatif sistemler içerisinde hibrit ve elektrikli araçlar, 2012 yılı ve sonrasında hedeflenen CO<sub>2</sub> emisyonu değerlerini sağlamak için en önemli adaylar arasındadır.

Hibrit araçlarda iki farklı tahrik sistemi (içten yanmalı motor – elektrik motoru) ve/veya iki farklı enerji kaynağının kullanımı optimize edilerek, araç konvansiyonel bir araca göre yakıt tüketimi ve emisyon azaltımı sağlanır.

Özellikle, dışarıdan şarj edilebilen, “şarj edilebilir” hibrit araçların(plug-in hybrid), hem hibrit elektrikli araçlar gibi uzun menzile sahip olması hem de şarj edilebilme özelliği ile enerji kaynağını çeşitlendirmesi avantajlı yönleridir.

Enerji kaynağı olarak sadece bataryanın bulunduğu elektrikli araçlar, günümüz batarya teknolojisi ile kısıtlı menzillere sahip (150 -200 km) oldukları için özellikle şehir içi kullanım için uygundur.

Elektrikli araçların ve şarj edilebilir hibrit araçların, elektrik enerji şebekesine bağlanarak doğrudan şarj edilmeleri araç parkı ile elektrik enerji altyapı sistemi arasında yakın bir ilişkiyi gündeme getirmektedir. Araçların şarj zamanlaması şebekenin güç dağılımını ve tasarımını etkileyecek derecede ciddi etkilere sahip olup, şarjların şebeke yükünün daha az olduğu zamanlarda yapılması ile mevcut enerji üretim ve dağıtım kapasitesi daha verimli kullanılabilir ve hatta şebeke için de enerji

depolama imkanı sağlanabilir. Bu yakın ilişki nedeni ile elektrik dağıtım şebekesi söz konusu araç teknolojisinin ayrılmaz bir parçası konumundadır.

Hibrit ve elektrikli araçların, enerji kaynağını çeşitlendirerek CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltıcı yönde rol oynayabilmeleri için enerji verimliliği ve emisyon açısından, "kaynaktan-tekerleğe" kadarki tüm enerji dönüşüm çevrimlerinin etkileri hesaplanarak sistemin optimizasyonu gereklidir. Ancak bu şekilde, bugünkü konvansiyonel yakıtlı araç teknolojileri karşısındaki gerçek iyileştirici performansları daha iyi ortaya konulabilir.

Hibrit ve elektrikli araç alt sistemlerine bakıldığında, bazı ilave teknolojik kazanımların elde edilmesi ve mevcutların da iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu konular arasında başlıcaları: araçlar için batarya, ultrakapasitör gibi elektrik enerji depolama sistemleri, elektrikle tahrik için elektrik makineleri ve sürücüleri, araç içerisinde bulunan farklı sistemlerin birbirleri ile haberleşmelerini ve kontrolünü sağlayan elektronik kontrol üniteleri (elektrikli araç kontrol ünitesi, batarya kontrol ünitesi vb), araç içi ve şebekeden şarj için güç elektroniği sistemleri, elektrikli tahrik konseptleri ve elektrik tahrikli yardımcı sistemlerdir.

Bugün için uluslararası alanda da eksikliği hissedilen bir diğer önemli husus da, bu konudaki teknik mevzuat eksikliğidir. Ülkemizdeki motorlu araçlar mevzuatı elektrikli araçlar konusunda gözden geçirilmeli, özellikle araçlarda yüksek gerilim kullanılmasından kaynaklanabilecek ilave emniyet hükümleri, Avrupa Komisyonu'nun yaptığı çalışmalar dikkate alınarak güncellenmelidir.

Ülkemiz Otomotiv Sanayii, Avrupa Birliği içindeki en gelişmiş rekabetçi otomotiv üretim merkezi olma hedefiyle yüksek katma değer yaratacak şarj edilebilir hibrit elektrikli ve elektrikli araçların, Ar-Ge çalışmalarına önderlik etmeli, kamu ve yerel yönetimlerle alt yapı planlamaları konularında ortaklaşa çalışılmalar ortaya çıkarmalıdır.

## **2. GİRİŞ**

Uluslararası çalışmalar kapsamında, basında da geniş ölçüde yer alan elektrikli araçlar konusunda gelişmelere hazırlıklı olmak, Ar-Ge alanlarını belirlemek ve sanayiinin ortak görüşünü oluşturmak amacıyla "OTEP Elektrikli Araçlar Çalışma Grubu" kurulmuştur.

Bu rapor, çalışma grubu üyelerinin katkılarıyla, kısa ve orta vadede elektrikli araç üretimi ve kullanımı öngörüsü ve durum tespiti yapmak amacıyla hazırlanmıştır.

Hibrit araç, elektrikli araç ve teknolojileri ile ilgili yol haritasını belirlemek, stratejik bir Ar-Ge, üretim, pazarlama planını Türkiye ve küresel pazar ölçeğinde ortaya koyabilmek, Türkiye'nin bugünkü pozisyonu ile ilgili saptamaları doğru yapabilmek, belli koşullara bağlıdır. Bu koşullar öncelikle küresel çevreci eğilimler, birincil enerji kaynakları, konvansiyonel araç teknolojileri ile birlikte küresel oyuncuların stratejileri son derece önemlidir.

Küresel ısınmanın etkileri ve iklim değişikliği kapsamında, sera gazı emisyonlarını azaltmak için uluslararası alanda yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu süreç, Dünya İklim Konferansları ile başlamış, ülkemizin de dahil olduğu Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü ve Kopenhag Uzlaşması kapsamındaki sorumluluklar çerçevesinde devam etmektedir.

Konu, Türkiye'nin iklim değişikliği sözleşmesindeki yükümlülükler ile de yakından ilgilidir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (BMİDÇS) 2001 yılında Marakeş'te gerçekleşen 7.Taraflar Konferansı'nda (COP.7) alınan 26 numaralı karar ile "Türkiye'nin özel şartlarının tanınarak, diğer EK-I ülkelerinden farklı bir konumda olduğunun kabulüyle isminin EK-I'de kalması ve EK-II'den çıkartılması" sağlanmıştır. Bu kararın ardından Türkiye BMİDÇS'ye 24 Mayıs 2004 tarihinde taraf olmuştur.

"Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine (BMİDÇS) Yönelik Kyoto Protokolüne Katılmamızın Uygun Bulunduğuna Dair Kanun Tasarısı" 05 Şubat 2009 tarihinde Türkiye Büyük Millet Meclisi Genel Kurulunda kabul edilmiştir. 5836 sayılı Kanun 17.02.2009 tarih ve 27144 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Türkiye Büyük Millet Meclisi bu kanuna ilişkin UNFCCC Sekreteryasında gerekli girişimlerde bulunmak üzere Bakanlar Kurulunu görevlendirmiştir.

Türkiye'nin "İklim Değişikliği" kapsamındaki ulusal vizyonu, kalkınma politikalarını, iklim değişikliği politikalarıyla entegre etmiş, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımını önceliklendirmek yoluyla uzun vadede düşük karbon ekonomisine geçmiş, uluslar arası iklim değişikliği politikalarına "özel şartları" çerçevesinde aktif katılım sağlayan ve yön veren bir ülke olmaktadır.

Bu çerçevede ülkemiz, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasına yönelik küresel çabalara kendi özel koşulları ve imkânları çerçevesinde katkıda bulunmak amacıyla "Ulusal İklim Değişikliği Programı"nı hazırlamıştır.

Bu Program ile Türkiye; 'Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'nin temel ilkelerinden biri olan "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar" çerçevesinde küresel iklim değişikliği ile mücadele çabalarına katkıda bulunmayı stratejik bir amaç olarak belirlemekte ve ulusal iklim değişikliği politikalarındaki temel ilkeleri, stratejik amaçları, azaltım, uyum ve teknoloji politikaları ile 2012 sonrası iklim değişikliği sisteminden beklentilerini ortaya koymaktadır.

İklim değişikliği ile ilgili politikalar çerçevesinde otomotiv sanayii düşük karbon ekonomisi hedefi içinde motorlu taşıt araçlarında sera gazı emisyonlarını azaltmakla yükümlüdür. Bu yükümlülüğün sanayi ile birlikte ulaştırma, akaryakıt ve kamu teşvik sistemindeki düzenlemelerle ortak bir yaklaşım içinde sürdürülmesi gereklidir. Burada tüketici davranışlarının değiştirilmesi ve çevreye duyarlı sürücü eğitimi de önem taşımaktadır.

Karayolu ulaşımında motorlu taşıt araçlarında kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması, araçlarda daha düşük emisyon sağlayan alternatif tahrik sistemlerinin kullanımlarını gündeme getirmiştir. Bu çerçevede içten yanmalı motorlarda yeni teknolojiler, alternatif yakıtlar, hibrit ve elektrikli tahrik olarak değişik alternatifler sıralanabilir.

Fosil yakıt kaynaklarının sınırlı oluşu ve fiyatların yükselmesi de bu çalışmaları tetikleyen etkenlerdendir. CO<sub>2</sub> emisyonlarının en az seviyede olduğu elektrikli araç geliştirme çalışmaları, özellikle ABD, Japonya ve AB'de önemli oranda ivme kazanmış, seri üretime geçiş çalışmaları devam etmektedir.

AB'nin 2020 yılı taahhüdü olarak tüm sera gazı emisyonlarını 1990 seviyesine göre %20 oranında azaltım hedeflerine uygun olarak, 2012 yılından itibaren otomobillerde araç teknolojileri ile 130 gCO<sub>2</sub>/km, diğer yöntemleri de kullanarak 120 gCO<sub>2</sub>/km hedefi getirilmiştir. Bu hedef, 2020 yılı için 95 gCO<sub>2</sub>/km olarak 443/2009 sayılı AB Regülasyonunda belirlenmiştir.

Öte yandan AB, 2009/33/EC sayılı "Temiz ve Enerji Verimliliği Olan Araçların Teşviği" Regülasyonu ile kamu ihalelerindeki araç alımlarında dikkat edilecek hususları belirlemiştir. Bu regülasyon araçların ömürleri boyunca tükettikleri enerjiden kaynaklanan operasyonel maliyetleri hesaplayarak, araç alımlarının buna göre gerçekleştirilmesini talep etmektedir.

Otomotiv sanayii, ekonomik gelişmede bir lokomotif, sürükleyici sektör durumundadır. Demir çelik, petro kimya, lastik, tekstil, cam, elektrik-elektronik ve makine imalatı gibi birçok sektörden ürün alır, bunları işler ve üretim neticesinde savunma, tarım, turizm, ulaştırma, alt yapı ve inşaat gibi birçok sektörde kullanılmak üzere lokomotif vazifesi görür. Bu sektörler dışında pazarlama, servis, yedek parça, finans, sigorta ve akaryakıt gibi daha birçok alandaki ek katkısı ile önder konumdadır.

Otomotiv sektörü için IX. Kalkınma Planında aşağıda belirtilen politika çerçevesi öngörülmüştür.

“Otomotiv sanayinde, yüksek katma değer yaratan, sürdürülebilir rekabet gücü bulunan, öncelikle gelişmiş pazarlara ihracatı hedefleyen ve gelişmiş Ar-Ge yeteneğine sahip bir sanayi yapısı oluşturulması öngörülmektedir.”

“Otomotiv sanayinde küresel rekabet gücünün sürdürülebilirliği için üretim alanında sağlanan yetkinlik devam ettirilecek, teknoloji geliştirme ve Ar-Ge alanlarında yetkinlik geliştirilecek, tedarik zincirinde yer alan işletmeler arasında konsept ve tasarım aşamasından başlayan uzun vadeli bir işbirliği geliştirilecektir.”

Bugün gelinen noktada, sektörde üretim ve pazarlama alanlarında “küresel entegrasyon” tamamlanmıştır. Otomotiv sektörü, kalite yönetimi ve verimlilikteki yetkinliğini, küresel ve gelişmiş pazarlara yaptığı ihracat ile kanıtlamıştır. Ancak bu alanlarda karlılık son derece sınırlıdır ve sanayinin sadece bu alanlarda kalması risklidir. Çünkü küresel üretimde Türkiye için “alternatif ülkeler / merkezler” giderek artmaktadır, bugün ülkemizde var olan üretim faaliyeti diğer avantajlı ülkelere kayabilir. Öte yandan yaşanan krizler, tedarik zincirinde rekabet gücünü önemli oranda aşındırmaktadır; bunun sonucu ithalat artmakta ve ihracat sınırlanmaktadır. Özellikle hammadde ve motor, vites kutusu ve diferansiyel ile elektronik teçhizat gibi kritik ara mallarda yurtdışı bağımlılığı, girdi maliyetlerini artırmakta ve rekabet gücünü olumsuz etkilemektedir.

Bu olumsuzluklar, ülkemizin küresel üretim merkezi olmasının yanında, Ar-Ge çalışmaları yaparak katma değeri arttırması ile giderilebilecektir.

### **3. ELEKTRİKLİ ARAÇ TEKNOLOJİLERİ**

#### **3.1 Elektrik tahrikli araç tipleri**

Hibrit ve elektrikli araçlar, 2012 yılı ve sonrasında hedeflenen CO<sub>2</sub> emisyonu değerlerini sağlamak için en önemli adaylar arasındadır.

Elektrikli araçlar, aracı tahrik etmek için elektrik motoru ve enerji depolamak için bataryaları kullanırlar. Bataryalardaki enerji tüm hareket gücünü ve araç üzerindeki diğer enerji ihtiyaçlarını sağlar. Bataryalar şebeke elektriğinden ve frenleme sırasındaki geri kazanım enerjisinden şarj edilirler. Elektrikli araçların konvansiyonel içten yanmalı motorlu araçlara göre avantajları yüksek verimlilik, çok düşük gürültü seviyeleri ve emisyon yaymayan görüntüsüdür. Enerji yoğunluğu değerleri sıvı yakıtlar ile karşılaştırıldığında düşük olan bugünkü batarya teknolojisi en önemli dezavantajdır.

Hibrit elektrikli araçlarda hem içten yanmalı motor hem de elektrik motoru bulunmaktadır. Araçta bulunan bataryalar frenleme sırasında geri kazanılan enerji ile ya da içten yanmalı motor tarafından üretilen elektrik ile şarj edilirler. Hibrit araçlar paralel, seri ya da bu iki konfigürasyonun karışımından oluşabilirler. Paralel konfigürasyonda içten yanmalı motor ve elektrik motoru mekanik olarak tekerleklerle bağlıdır. Birincil tahrik unsuru olan içten yanmalı motor yüksek hızdaki sürüşlerde kullanılır, elektrik motoru yokuş tırmanma, ivmelenme ve diğer yüksek güç talepleri



sırasında kullanılır. Seri konfigürasyonda içten yanmalı motora elektrik üreten bir generator bağlıdır. Üretilen enerji ile bataryalar şarj edilir, tekerlekleri elektrik motoru tahrik eder.

Elektrik enerji şebekesinden şarj edilme özelliği bulunan, şarj edilebilir hibrit araçların, hem hibrit elektrikli araçlar gibi uzun menzile sahip olması hem de şarj özelliği ile enerji kaynağını çeşitlendirmesi avantajlı yönleridir. Enerji kaynağı olarak sadece bataryanın bulunduğu elektrikli araçlar günümüz batarya teknolojisi ile kısıtlı menzillere sahip oldukları için özellikle şehir içi kullanım için uygun olmaktadır. Elektrikli araç konseptinin oluşması sadece dört tekerlekli araçları değil aynı zamanda üç tekerlekli ve iki tekerlekli araç konseptine de avantaj sağlamaktadır.

### **3.2 Elektrikli araç alt sistemleri**

Hibrit ve elektrikli araçlar alt sistemleri arasında, aracın elektrik enerjisi ihtiyacını sağlayacak enerji depolama sistemleri(batarya, ultrakapasitör), araç tahrik sistemleri için elektrik motorları ve motor sürücülerini, aracın yardımcı sistemlerinin ve araç yüklerinin karşılanması ve de gerektiğinde şebeke üzerinden şarj imkanı sağlayacak güç çevirici üniteleri(AC/DC, DC/DC), konfigürasyon gereği içten yanmalı motorun çalışmadığı durumlarda aracın diğer fonksiyonlarının devam ettirebilmesi için elektrik destekli yardımcı sistemler(elektrik destekli direksiyon ve fren sistemleri) ile tüm bu alt sistemlerin birbirleri ile uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlayacak, onları izleyecek ve yönetecek elektronik kontrol üniteleri yer almaktadır.

Elektrikli araçlardaki alt sistemlerin de konvansiyonel araçlara ait performans, maliyet ve güvenlik gereksinimlerini sağlayabilmeleri önemlidir. Elektrik enerji depolama sistemleri için güvenlik, düşük maliyet, yüksek güç ve enerji yoğunluğu, ömür iyileştirme çalışmaları, ileri güç elektroniği uygulamaları (EMC, EMI, yüksek sıcaklık ortamlarda çalışabilme, yenilikçi yumuşak anahtarlama çevirici topolojileri, entegre motor-evirici konseptleri) elektrikli araç alt sistemlerindeki önemli konular arasındadır.

Batarya hücre kimyası, batarya modülünün verebileceği güç ve enerji karakteristiğini ve güvenilirliğini belirlemektedir. Batarya modülü, geometrisiyle aracın iç ve dış tasarımını doğrudan etkileyebilmektedir. Batarya modülü soğutma sistemi batarya performansını, dolayısıyla araç performansını etkileyen önemli bir faktördür. Batarya kontrol sistemi, batarya sisteminin güvenli şarj/deşarj işlevini ve bataryanın ömrünü belirleyen aracın geri kalanıyla haberleşmeyi sağlama görevini yerine getirir. Elektrik makinesi, verimliliği ve çalışma karakteristiğiyle aracın performansını etkileyen, aracın hareketini sağlayan bileşendir. Şarj ünitesi de aracın ne kadar sürede ve ne kadar güvenli şarj olacağını belirleyen elektrikseldir.

Elektrik makinesi, dişli sistemi ve sürücü sistemleri aracın ana tahrik unsuru olarak önem arz etmektedir. Bu bileşenlerin stratejik öneme haiz olduğu görülmektedir. Elektrik makinesi, mekanik sistemleri, güç elektroniği, kontrol elektroniği gibi donanımsal yapılar ile birlikte özel kontrol yazılımları gerekliliği, bu bileşenler için de çok disiplinli bir yapılanma ihtiyacını ortaya koymaktadır.

### **3.3 Elektrikli araç teknolojisinin CO<sub>2</sub> üzerine etkileri**

Elektrikli araçların verim ve emisyon hesaplaması için kaynaktan tekerleğe kadar olan durumu göz önünde bulundurmak gereklidir.

Elektrikli araçların enerji tüketimleri ve CO<sub>2</sub> üretimleri ile ilgili olarak genel bir analiz aşağıdaki şekilde yapılabilir;

Elektrikli aracın CO<sub>2</sub> emisyonu hesabında kullanılacak en önemli parametreler elektrik üretimi emisyon faktörü (g-CO<sub>2</sub>/kWh) ve elektrikli araç depodan-tekere (daha doğrusu prizden-tekere) verimi (km/MJ)'dür.

Emisyon faktörü (g-CO<sub>2</sub>/kWh), elektrik üretiminin hangi kaynaklardan yapıldığına göre ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir.

Tablo 1. Elektrikli araç kaynaktan tekerleğe CO<sub>2</sub> Emisyonu

<b>Ülkeler</b>	<b>Emisyon Faktörü (g-CO<sub>2</sub> / kWh)</b>	<b>Elektrik üretiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub></b>	<b>Araç CO<sub>2</sub> Emisyonu (g-CO<sub>2</sub> / km)</b>
ABD	630	%80'i kömürden, %20'si ise Doğalgaz'dan gelmektedir. (2009 NIR raporu, 2007 envanteri)	126
İtalya	460	%28'i kömürden, %46'sı ise Doğalgaz'dan gelmektedir. (2009 NIR raporu, 2007 envanteri)	92
Almanya	570	Toplam enerjinin %65'den fazlasını fosil yakıtlardan, %7'sini yenilenebilir kaynaklardan ve %27'sini nükleer enerjiden sağlamaktadır. (2009 NIR raporu, 2007 envanteri, germany 2007)	114
İngiltere	430	(ref.Low Carbon Vehicle report)	86
Türkiye	530	(2006 NIR raporu, 2004 envanteri)	106

Not: Elektrikli araç için kaynaktan tekerleğe enerji tüketimi 0,2 kWh/km kabulü ile

Analiz için kullanılan diğer parametreler Kaynaktan – Tekere ve Kaynaktan – Depoya verimidir. Yakıt Tüketimi 9 litre/100 km olan bir benzin motorlu araç için, benzinin ısı değeri 47 MJ/kg-Benzin kabulü ile enerji tüketimi 317 MJ/100 km veya depodan-tekere verimi 0,32 km/MJ'dür. Eğer, ortalama bir değer olarak benzin için kaynaktan-depoya verimi (rafinasyon, nakliye vb.) 0,81 alınırsa kaynaktan-tekere verimi 0,26 km/MJ olur. Bu ise, benzinin yanmasından kaynaklanan emisyon 68 g-CO<sub>2</sub>/MJ olduğuna göre, 260 g-CO<sub>2</sub>/km'ye karşılık gelmektedir.

Elektrikli araç halinde ise kaynaktan-depoya verimi üretiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> Emisyonu Faktörü içindedir. Buna karşın elektrikli araç için gene ortalama olarak geçerli depodan-tekere verimi 0,2 kWh/km (batarya şarj, deşarj ve elektrik motoru verimleri vb.) alınırsa farklı ülkeler için hesaplanan değerler tabloda verilmektedir.

### **3.4 Elektrikli araç ve altyapı gereksinimleri**

Elektrikli araçlara ilişkin altyapı gerekliliklerini; hızlı şarj (dolum) istasyonlarının tesisi ve yaygınlaştırılması ile servis edilebilirliği olarak iki başlıkta toplamak mümkündür.

Elektrikli araçların ve şarj edilebilir hibrit araçların, elektrik enerji şebekesinden şarj edilmesi araç parkı ile elektrik enerji sistemi arasında yakın bir ilişkiyi gündeme getirmektedir. Araçların şarjlarının enerji sisteminin yükünün daha az olduğu zamanlarda (örneğin gece) yapılması ile mevcut enerji üretim ve dağıtım kapasitenin daha verimli kullanılması mümkün olacak, şebeke için de enerji depolama kapasitesi yaratacaktır. Araçların şarj zamanlaması şebekenin güç dağılımını ve tasarımını etkileyecek öneme sahiptir. Ayrıca şarj altyapısı, araç iletim ağı ile haberleşerek batarya şarj durumunu kontrol etmesi gereği sebebiyle "akıllı" yapıda bulunmalı ve farklı araç tipleri açısından standart olmalıdır.

Elektrikli araçlar, mevcut içten yanmalı motora sahip araçlardan farklı olarak 400 V DC seviyelerine varan yüksek gerilim barındırmaktadır. Elektrikli ya da hibrit araçlara özgün elektrik makinesi, yüksek gerilim bataryası ve bunlara ilişkin elektronik kontrol üniteleri gibi parçaların servis müdahaleleri; bu konuda uzmanlaşmış servis personeline ve donanımına ihtiyaç duymaktadır.

## **4. ELEKTRİKLİ ARAÇ GELİŞTİRME VE UYGULAMA**

### **4.1 Elektrikli araçlarda Ar-Ge konuları**

Hibrit ve elektrikli araç alt sistemlerinde bazı teknolojik kazanımların elde edilmesi gerekmektedir. Bu konular arasında başlıcaları:

- Araçlar için batarya, süper kapasitör gibi elektrik enerji depolama sistemleri,
- Elektrikle tahrik için elektrik makineleri ve sürücüleri,
- Araç içerisinde bulunan farklı sistemlerin birbirleri ile haberleşmelerini sağlayan elektronik kontrol ünitesi ve sistemlerin kontrol üniteleri (elektrikli araç kontrol ünitesi, batarya kontrol ünitesi, vb.), enerji yönetim algoritmaları,
- Araç içi elektrikli sistemler ve şebekeden şarj için güç elektroniği sistemleri,
- Elektrikli tahrik konseptleri, elektrik tahrikli yardımcı sistemler,
- Araç içi ileri güvenlik uygulamaları,
- Araç –araç ve araç- altyapı ile haberleşen sistemlerdir.

Hibrit ve elektrikli tahrik sistemlerinin geliştirilmesi ve elektrikli araçların piyasaya sürülebilmesi için aşılması gereken çeşitli teknik bariyerlerin arasında;

- Maliyeti düşük, güvenli, performansı yüksek elektrik bileşenlerin üretilmesi ve bununla ilgili endüstriyel kabiliyetin geliştirilmesi,
- Konvansiyonel tahrik sistemleri ile maliyet rekabeti,
- Maliyetleri ve pazara sürme zamanlarını azaltmak için verimli ve entegre geliştirme ortamlarının bulunabilirliği,
- Alternatif yakıtlara ve tahrik sistemlerine uyumluluk,
- Önemli bileşenlerin modülerleştirilmesi ve standartlaştırılması,

gelmektedir.

## **4.2 Elektrikli araç ve alt sistemleri test altyapısı**

Elektrikli araç ve alt sistemleri Ar-Ge ve Ür-Ge projelerinin sonucunda ortaya çıkacak araç, elektrik motoru, batarya, kontrol ünitesi vb ürünlerin test ihtiyacı önem kazanmaktadır. Bununla ilgili olarak TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü'nde kurulmakta olan Hibrit ve Elektrikli Araç Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi, hibrit ve elektrikli araç ve alt sistemleri konularındaki çalışmalara katkı sağlayabilmesi ve bu doğrultuda gereksinim duyulan test altyapısının oluşturulması yönünden önemli bir projedir.

Laboratuvar, hibrit ve elektrikli araçlar ile alt sistemlerinin testlerinin yapılması ve geliştirilmesi konularında otomotiv ana ve yan sanayi üreticilerinin, üniversitelerin ve araştırma kurumlarının hizmetinde olacaktır. Laboratuvarında çift akslı şasi dinamometre, elektrik motor dinamometresi, batarya test sistemi, içten yanmalı motor test dinamometresi, emisyon test sistemi, yakıt pili test sistemleri bulunacaktır. Proje kapsamındaki test sistemlerinin bir bölümü hizmete girmiş olup, proje 2011 yılı içerisinde tamamlanacaktır.

## **4.3 Teknik mevzuattaki gereksinimler**

Önemli olan diğer bir husus da bu konuda teknik mevzuat eksikliğidir. Konu ile ilgili olarak Avrupa Birliği ve A.B.D'de elektrikli araç ve alt sistemleri ve diğer sistemler ile ilişkileri hakkında çeşitli regülasyonlar yayınlanmakta(UN-ECE R100, IEC 61851- Electric vehicle conductive charging system, IEC 62196- Plugs, socket-outlets, vehicle couplers and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles, SAE 1772- SAE Surface Vehicle Recommended Practice J1772, SAE Electric Vehicle Conductive Charge Coupler, Türkiyede TSE 61851) ve yeni regülasyonların hazırlıkları yapılmaktadır.

Ülkemizdeki motorlu araçlar mevzuatı elektrikli araçlar konusunda gözden geçirilmeli, özellikle araçlarda yüksek gerilim kullanılmasından kaynaklanabilecek ilave emniyet hükümleri Avrupa Komisyonunun yaptığı çalışmalar dikkate alınarak güncellenmelidir. Araçların elektrik enerji şebekesinden şarj işlemleri ile ilgili olarak kullanılacak donanımlar, şarj istasyonları ve araç ile şarj istasyonu bağlantısı hakkında yönetmeliklere ve mevcutların güncelleştirilmesine ihtiyaç vardır.

## **4.4 Otomotiv tedarik zincirine etkisi**

Elektrikli araçların tahrik sistemleri ve enerji depolama sistemlerinde konvansiyonel araçlara göre olan alt sistem farklılıkları tedarik zincirinde aksam ve parça üretimi konusunda bazı temel farklılıklar doğurmakta ve bu alanda yeni sektörler ile bunların değişik Ar-Ge alanlarını ortaya çıkarmaktadır.

Enerji kaynağı olarak sadece bataryanın olduğu ticari bir araçta batarya sistemi, elektrik makinesi ve şarj ekipmanı günümüz koşullarında araç malzeme maliyetinin yaklaşık % 65'i gibi önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Sadece batarya sistemi maliyeti ise araç malzeme maliyetinin yaklaşık % 40'ı kadardır.

Görüldüğü üzere konvansiyonel içten yanmalı motor ve bununla ilgili donanımların yerini, yeni nesil elektrikli araçlarda batarya sistemi ve elektrik makinesi almaktadır. Eğer tedarik zincirinde yer alan aksam ve parça üreticileri gerekli inovasyonu gerçekleştiremez ise, günümüzde motor ve motor aksesuarlarındaki dışa bağımlılık, 2020'li yıllarda batarya ve elektrik makinesinin dışa bağımlılığına her anlamda dönüşecektir. Bu nedenle tedarikçiler , inovasyona son derece açık olan batarya hücre kimyası, batarya modülü, batarya kontrol sistemi, elektrik makinesi ve şarj ünitesi gibi alt sistemlerin Ar-Ge faaliyetlerinde doğrudan desteklenmelidir.

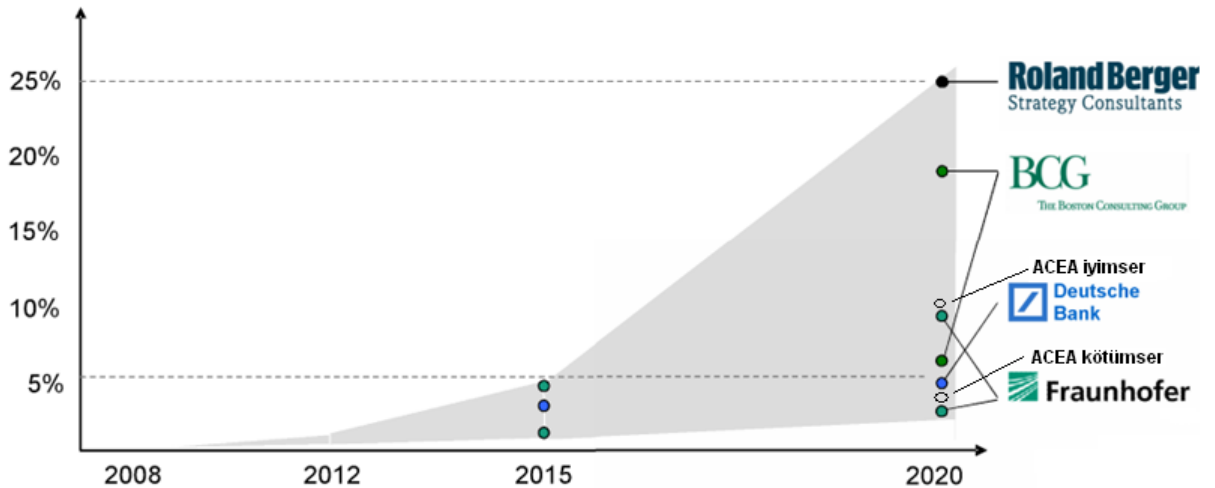
## 5. ÖNERİLER

Elektrikli araçların kullanımı ve pazara girişinin kendiliğinden olması beklenmemektedir. Bunun temel gerekçeleri arasında; elektrikli araçların otomobil kullanıcılarının alışkanlıklarında önemli değişikliğe sebep olması, altyapı gereksinimi ve özellikle yüksek batarya maliyetinden kaynaklanan ilk satın alma maliyetlerinin yüksek olması gelmektedir.

Kullanıcı alışkanlıklarındaki ilk değişim araçların mevcut ve yakın gelecekteki teknolojiyle ulaşabilecekleri menzilin sınırlı olması ile ilgilidir. Araçta motora bağlı sesin çok düşük seviyelere inmesi, rejeneratif frenleme gibi tamamen ürüne bağlı farklılıklar da kullanıcılarda farklı algılara sebep olacaktır. Diğer taraftan yeniden şarj edebilmek için kullanıcıların kolaylıkla ulaşabilecekleri yaygın şarj istasyonlarına ihtiyaç vardır.

Tüm bu sebeplerle Avrupa Birliği üye ülkeleri şehir projeleri geliştirmiştir. Projelerde elektrikli araç alımına ayrılan teşvikler, alt yapı yatırımları öngörülmüştür. Kullanıcıları teşvik edebilmek için park kolaylıkları, belli bölgelere yalnızca elektrikli arabalarla ulaşım gibi özendirici tedbirler de bu projelerin bir parçasıdır. Şehir projelerinin bir başka avantajı da, daha küçük ölçekteki elektrikli araçların, modern yaşama uyumunun test edilmesi imkanı sunmasıdır.

Bu projelerin hayata geçmesi ile Avrupa da 2015 yılında 480.000 elektrikli araç (Frost & Sullivan), dünyada ise 1.700.000 elektrikli aracın (Pike research) dolaşımı öngörülmektedir. Hibrit elektrikli araçlar için 2015 yılında dünya genelinde yıllık satış rakamının 5-6 milyon araç mertebesinde olacağı tahmin edilmektedir(Frost & Sullivan). ACEA'nın yayınladığı verilere göre elektrikli olarak şarj edilebilir araçların pazar paylarının 2020-2025 yılları arasında % 3 ile % 10 arasında olması beklenmektedir. ( Ref. ACEA 20100232)



Şekil 1. Elektrikli araçlar pazar payı beklentileri

1839 da üretilen ilk elektrikli araçtan bugüne kadar oldukça uzun süre geçmesine rağmen dünya çapında üretim yapan firmalardan bazıları hibrit araçların seri üretim

olarak ticarileşmesi için son 10 yıl içerisinde adımlar atmışlardır. Şarj edilebilir hibrit ve elektrikli araç modellerinde oldukça sınırlı sayıda ürün bulunmaktadır.

Bugün dolaşımda olan elektrikli araçlar genellikle küçük çaplı firmalar tarafından üretilmiş olup ve şarj edilebilir hibrit elektrikli araçlar da içten yanmalı üretilmiş motorlu araçlara ya da hibrit araçlara retrofit (satış sonrası kit) uygulama şeklinde üretilmiştir. Bununla birlikte dünya çapında birçok araç üreticisinin bu araçlar için planlarını 2010 ve sonrası için gözden geçirdiği bilinmektedir

Şarj edilebilir hibrit elektrikli araç fosil yakıtların tüketimini azaltacağı gibi bu yakıtların sebep olduğu yüksek CO<sub>2</sub> emisyonunu da azaltacaktır. Bu araçların yalnız elektrikle alacağı yol, araçlara göre farklılık göstererek 30 ila 100 km arasında değişmektedir. Yerleşim birimlerinde araç kullananların yaklaşık % 70'inin günde 60 km'nin altında yol yaptığı düşünülürse, bu kullanıcıların bazıları araçlarına yakıt doldurmadan tekrar şarj etme imkanı bulabilecektir. Klasik hibrit araçlardan daha büyük bataryalara sahip bu araçların, konut ya da park yerindeki prizden şarj edilebilmesi için ülke çapında bir alt yapı planlanması yapılması gereklidir. Şarj edilebilir hibrit elektrikli araç teknolojisi gelecekte gelişmiş temiz araç, diğer bir deyişle sıfır emisyon teknolojisine ulaşımında özellikle diğer alternatif yakıt kullanım çalışmaları ile birleştirilirse değerli bir geçiş uygulaması olarak görülmektedir.

Elektrikli araçlar ise bugün daha çok 60 ila 200 km menzilde çalışabilecek şekilde ticari olarak pazara sunulabilecek seviyelere gelmiştir. Günümüzde bu araçların birçoğu, konutlardaki elektrik tesisatlarından şarj edilerek yürütülmektedir. Bununla birlikte halen verimli ve ekonomik batarya konusunda teknolojinin geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca retrofit batarya temininde talep nedeniyle arzda uzun gecikmeler söz konusu olduğu bilinmektedir.

Elektrikli araç teknolojileri içerisinde önemli yer tutan batarya özel olarak ele alınmalıdır. Otomotiv sanayimizin gelecekte bu ana bileşende dışa bağımlı kalmaması için, üniversiteler, araştırma kurumları ile birlikte sanayimiz bugünden başlayarak önemli ölçüde desteklenmeli ve ortak çalışmaya teşvik edilmelidir.

Disiplinler arası çalışmalar gerektiren batarya geliştirme alt süreçleri bir bütünün parçaları olarak ele alınmalı, çalışmalar birbirini destekler nitelikte olmalıdır. Malzeme ve metalürji araştırmaları, reaksiyon ve yüzey kimyası, batarya üretim süreç teknolojileri, seçici geçirgen zar teknolojileri, elektrolit kimyası, geri kazanım süreçleri, batarya yönetim sistem geliştirmesi ve bataryanın araca uygulaması gibi alt alanlarda derin ve detaylı araştırmalar yapılmalı ve bu detaylı çalışmaları son üründe değerlendirebilecek sanayi projelerine destek verilmelidir.

Elektrik tahrikli araçlara (hibrit elektrikli, şarj edilebilir hibrit elektrikli, elektrikli) kullanıcının talebi, bu pazarın gelişmesinde en önemli unsur olarak görülmektedir. Bu araçlara olan talebin artışını cesaretlendirmek için elektrikli araçların şarj istasyonları yaygınlaştırılmalı, bu istasyonların tipleri, elektrik satış bedeli ve istasyon işletim şekilleri için resmi planlamalar yapılmalı ve kamuoyu ile paylaşılmalıdır.

2005 yılı sonrası fosil yakıtlarındaki dramatik fiyat artışı üreticileri bu araçlar üzerinde alternatif üretmeye zorlamıştır. Bu araçlar için 2010 yılı ve sonrasında bir dönüm noktası olacağı düşünülmektedir. Üretici firmaların farklı konfigürasyonlarda ve değişik modeller için elektrik tahrikli araçları piyasaya sunma hazırlıkları içerisinde oldukları gözlemlenmektedir. İlk elektrikli araçların satışı başarılı olursa şarj istasyonlarına talebin hızla artacağı beklenmektedir. Bu araçların yayılmasıyla birlikte oluşan talebi karşılayacak şarj istasyonlarının hızla yaygınlaşması gerçekleşmezse, araçların da satışı beklendiği gibi olmayabilir. Bu nedenle elektrikli araçlar konusunda imalatçılar ve sektörle işbirliği yapılarak bu ve benzeri alt yapı projeleri planlanmalıdır.

Şehir içinde bu araçlardan park ücreti alınmaması, köprü geçişlerinin ücretsiz olması ya da indirimli olması gibi özellikle şehir içinde kullanılmalarını teşvik eden mekanizmalar oluşturulmalıdır.

Ayrıca araçların ve araçlara ait batarya, motor, sürücü ve kontrol üniteleri gibi alt sistemlerin geliştirme ve üretimi teşvik edilmeli, ilave Ar-Ge teşvikleri planlanmalıdır.

Kurulacak teşvik mekanizmalarının ulusal iklim değişikliği stratejisi çerçevesinde düşük karbon ekonomisini hedefleyen uygulamalar ve sanayiinin emisyon azaltım yükümlülükleri ile bütünlük içinde bulunması gereklidir.

Türkiye'deki Otomotiv Sanayii, Avrupa Birliği içindeki en gelişmiş rekabetçi otomotiv üretim merkezi olma hedefine uygun olarak yüksek katma değer yaratma imkanı verecek, şarj edilebilir hibrit elektrikli ve elektrikli araçların Ar-Ge çalışmalarını hızlandırmalı, kamu ve yerel yönetimlerle işbirliği yaparak, talebi oluşturacak alt yapı planlamaları üzerinde çalışılmalar ortaya çıkarmalıdır.



## **6. KAYNAKLAR**

1. Technology Roadmaps Electric and plug-in hybrid electric vehicles (EV/PHEV), 2009, IEA
2. European Roadmap, Electrification of Road Transport, October 2009, ERTRAC, EPOSS, SMARTGRIDS
3. ACEA Position Paper on Electrically Chargeable Vehicles, 22 February 2010, ACEA ref 20100232
4. Hybrid Electric Vehicle Components & Systems, Importance for European Road Transport Research and FP7, EARPA Position Paper, January 2010
5. 2009 NIR raporu, 2007 envanteri
6. 2006 NIR raporu, 2004 envanteri
7. R&D Priorities for the Greening of Vehicles and Road Transport, A contribution by CLEPA and EUCAR to the European Green Car Initiative, May 2009