



British Embassy  
Ankara



# AKILLI MOBİLİTE ÇALIŞTAYI

17 Ocak 2019

Prof. Dr. R. Nejat TUNCAY

OKAN UNIVERSITY  
TTIS

TRANSPORTATION TECHNOLOGIES AND INTELLIGENT AUTOMOTIVE SYSTEMS  
APPLICATION AND RESEARCH CENTER

R. Nejat Tuncay



OKAN ÜNİVERSİTESİ  
İSTANBUL

# İlk çağlardan beri ulaşım, İnsanlığın en önemli uğraş alanlarından birisi olmuştur



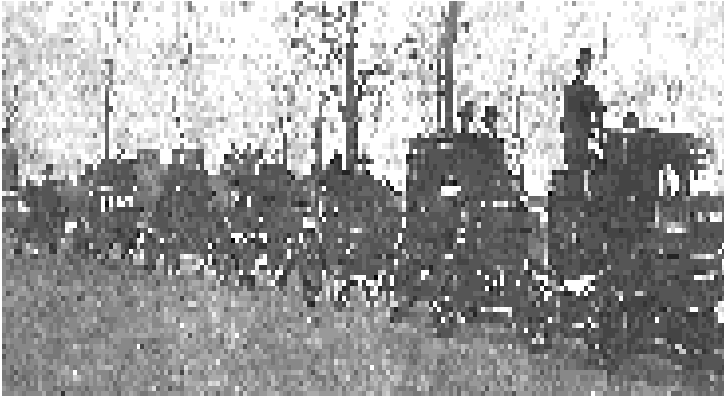
# EV (Elektrikli Araçlar) Kısa Tarihçe

- 1832: İskoç Robert Anderson şarj edilemeyen pil ile beslenen ilk elektrikli aracı geliştirdi
- 1834: Thomas Davenport bataryalı ilk elektrikli aracı geliştirdi
- 1859: Gaston Plante şarj edilebilen kurşun-asit bataryayı keşfetti.
- 1881 de yandaki elektrikli taşıt, Fransız Gustave Trouvé tarafından üretilmiştir. 16 km'lik seyahat mesafesi ve 15 km/h'lık hızı ile at arabalarının performansına yetişemeyince halkın ilgisini çekmedi.
- 1889: Thomas Edison nikel alkali bataryası olan EV yaptı.



# EV (Elektrikli Araçlar) Kısa Tarihçe

- 1897 de ilk ticari uygulama olarak New York şehir taksileri Electric Carriage and Wagon Company tarafından çalıştırılmaya başlandı



**New York City Electric Taxis**



R. Nejat Tuncay



**NEDEN ?** 19.cu Yüz Yıl Sonu ve 20.ci Yüz Yıl Başlarında satılan otomobillerin çoğu **Elektrikli** idi ?

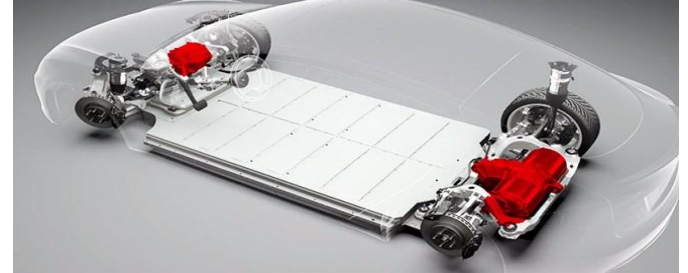
**NEDEN ?** 1920 den itibaren elektrikli araçlar piyasadan çekildi ?

Bu Günlerde **NELER OLUYOR ?**

# ELEKTRİKLİ ARAÇ ÇAĞI GELDİ Mİ ?

- Performans (Verim, Hız, Moment, ..... ) (+)
- **Maliyet ( ilk yapım (-) + İşletme (+))**
- **Menzil (-)**
- Basitlik (+), Bakım (+)
- Çevre Dostu ? CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Atık Geri Kazanım (+)
- Bilişim Çağına Uygunluk (+)

- İçten Yanmalı Motor + Aktarma Organları + Egzoz (1400 bileşen) + Yakıt Deposu
- EVise Elektrik Motoru + Güç Elektroniği + Basit Dişli Kutusu + Batarya

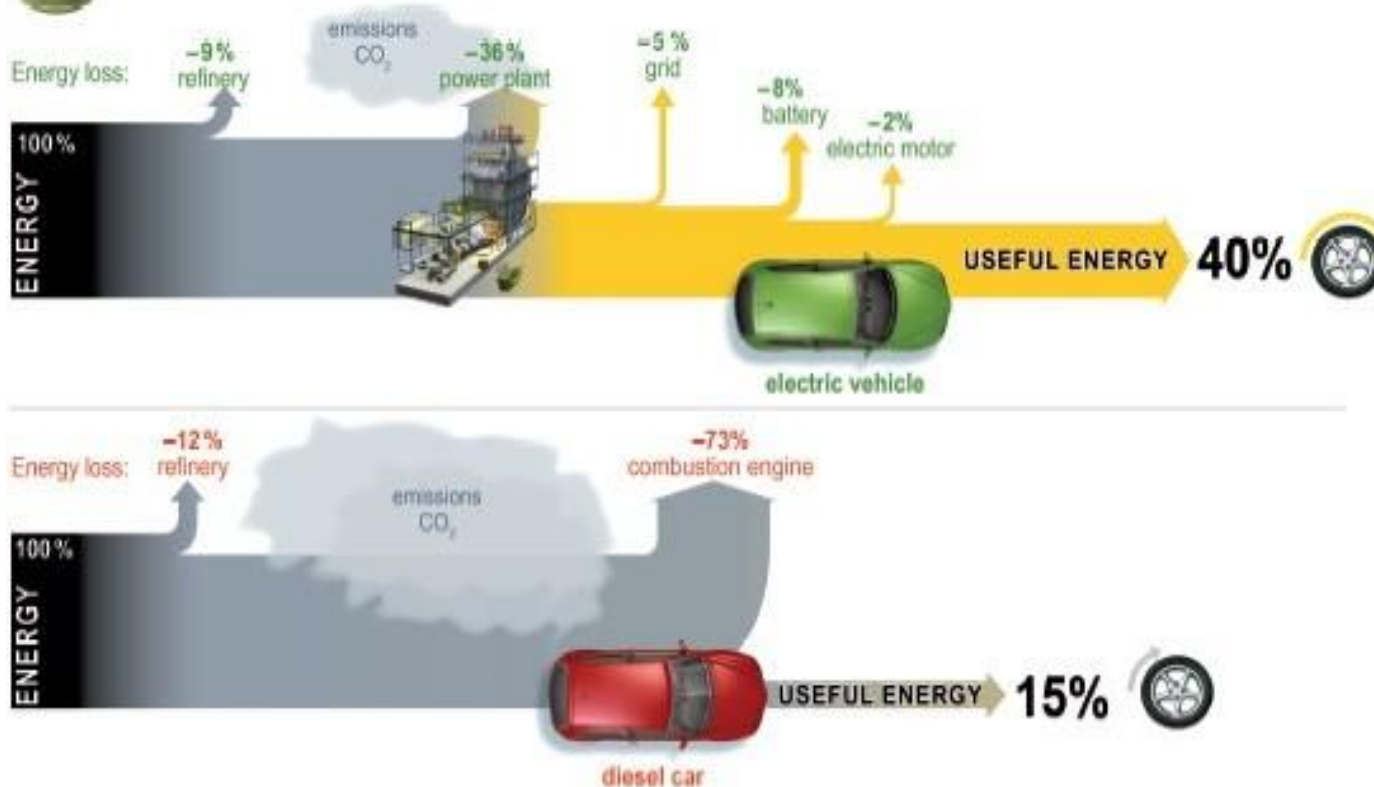


- **Karşılaştırma**
  - Elektrikli itki sistemi çok basit ve performansı üstün.
  - Verimi yüksek (kuyudan tekerleğe)
  - Batarya enerji depolama yetisi sınırlı. Ancak hacim , ağırlık ve fiyat olarak iyileşiyor.
  - CO<sub>2</sub> ve NO<sub>X</sub> salımı çok düşük (Elek üretim kaynakları göz önüne alınarak )



## Pour the fuel in the power plants, not in the cars tank!

Comparison of well-to-wheel efficiency diesel car vs. electric vehicle

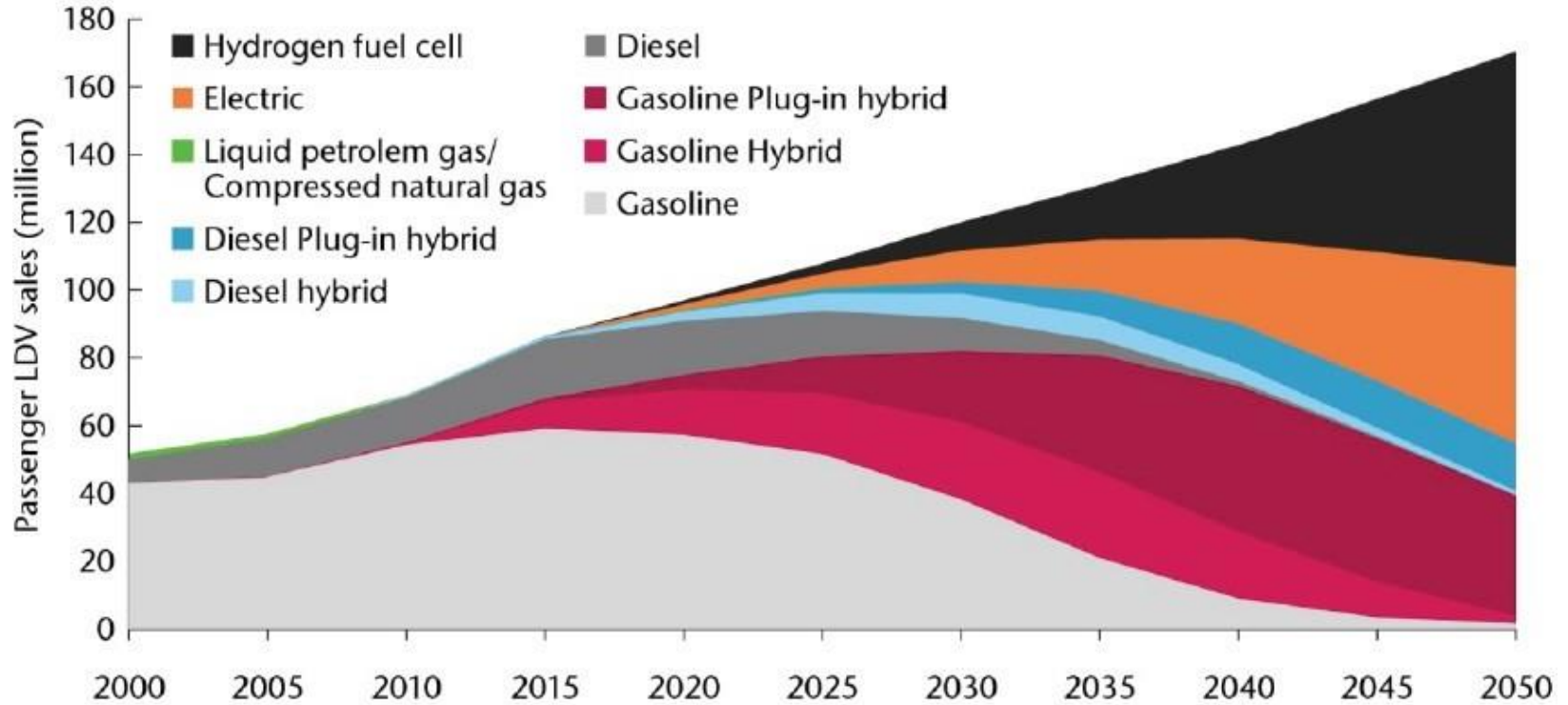


Sources: KWO; Why sustainable mobility must be electric?, EET-2008 - Geneva - 11th - 13th March 2008

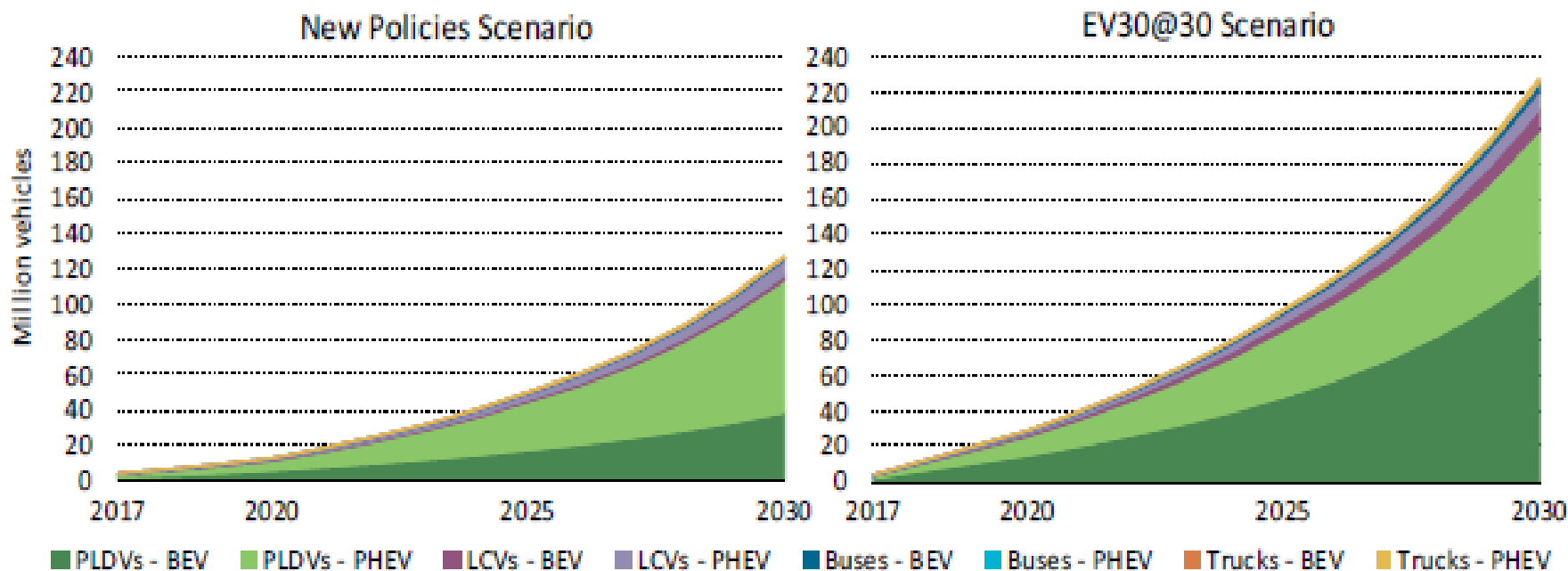
Efficient mobility Michael Kaufmann, Deputy Director SFOE, head of the SwissEnergy programme; EET-2008 - Geneva - 11th - 13th March 2008



# Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araç Satış Öngörü Değerleri (IEA 2009)



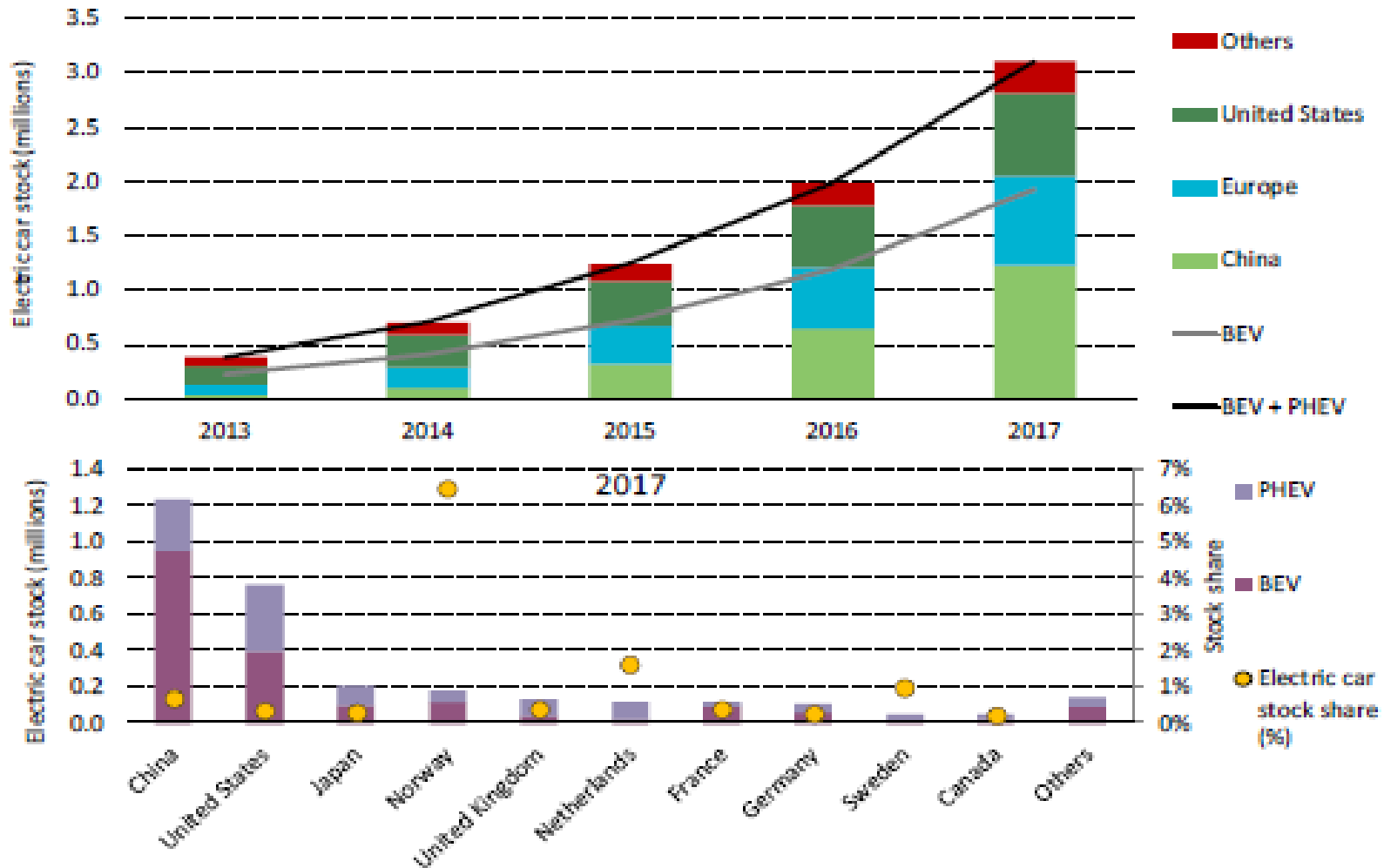
## Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araç Satış Öngörü Değerleri (IEA,2018)



Notes: PLDVs = passenger light duty vehicles; LCVs = light commercial vehicles; BEVs = battery electric vehicles; PHEV = plug-in hybrid electric vehicles.

Source: IEA analysis developed with the IEA Mobility Model (IEA, 2018b).

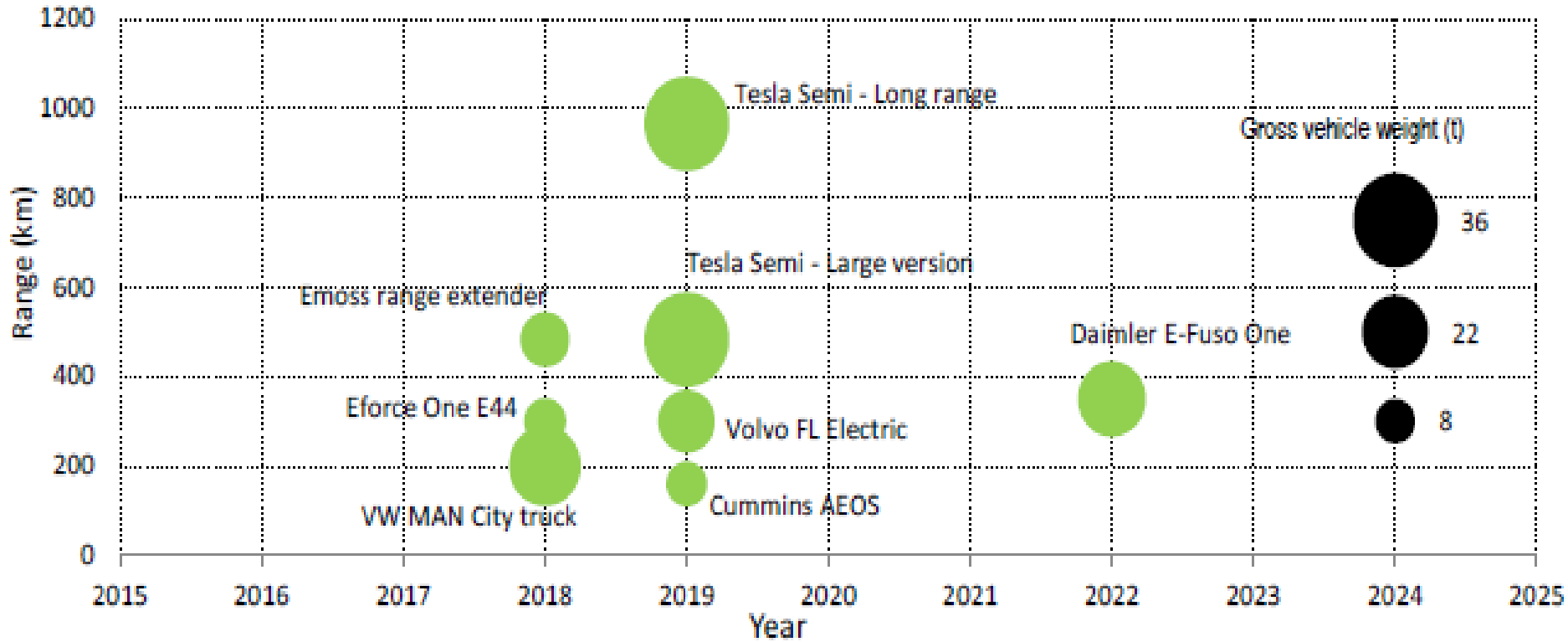
# Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araç Değerleri (Global EV Outlook 2018, IEA)



- 2030 yılında dolaşımdaki elektrikli araç sayısı 240 milyon ile toplamın %14 üne ulaşacaktır.
- Önümüzdeki 2 yıl içerisinde 340 yeni Elektrikli Araç modeli piyasaya çıkacaktır. (Mc. Kinsey, Kersten Heineke)

# Ticarileşen Elektrikli Kamyonlar >15ton

(Global EV Outlook 2018, IEA)





# İçten Yanmalı Motorlu Taşıtları Yasaklayacak Ülkeler

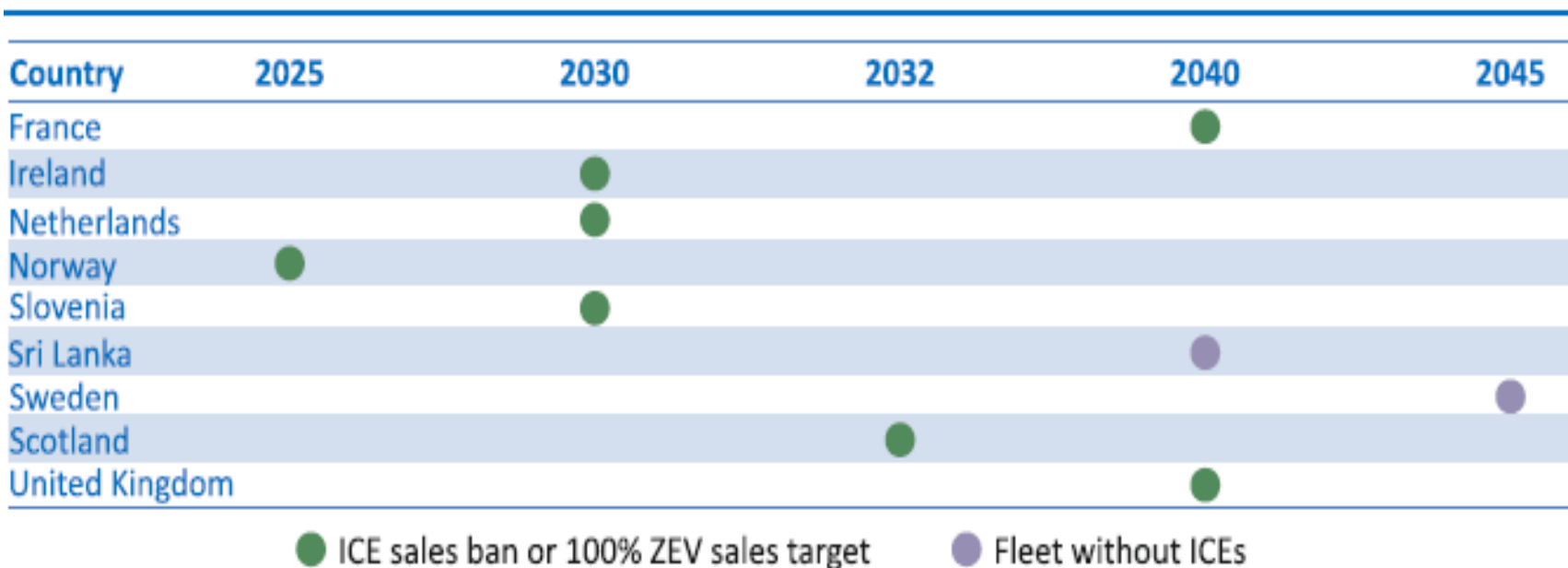
(Global EV Outlook 2018, IEA)

## Global EV Outlook 2018

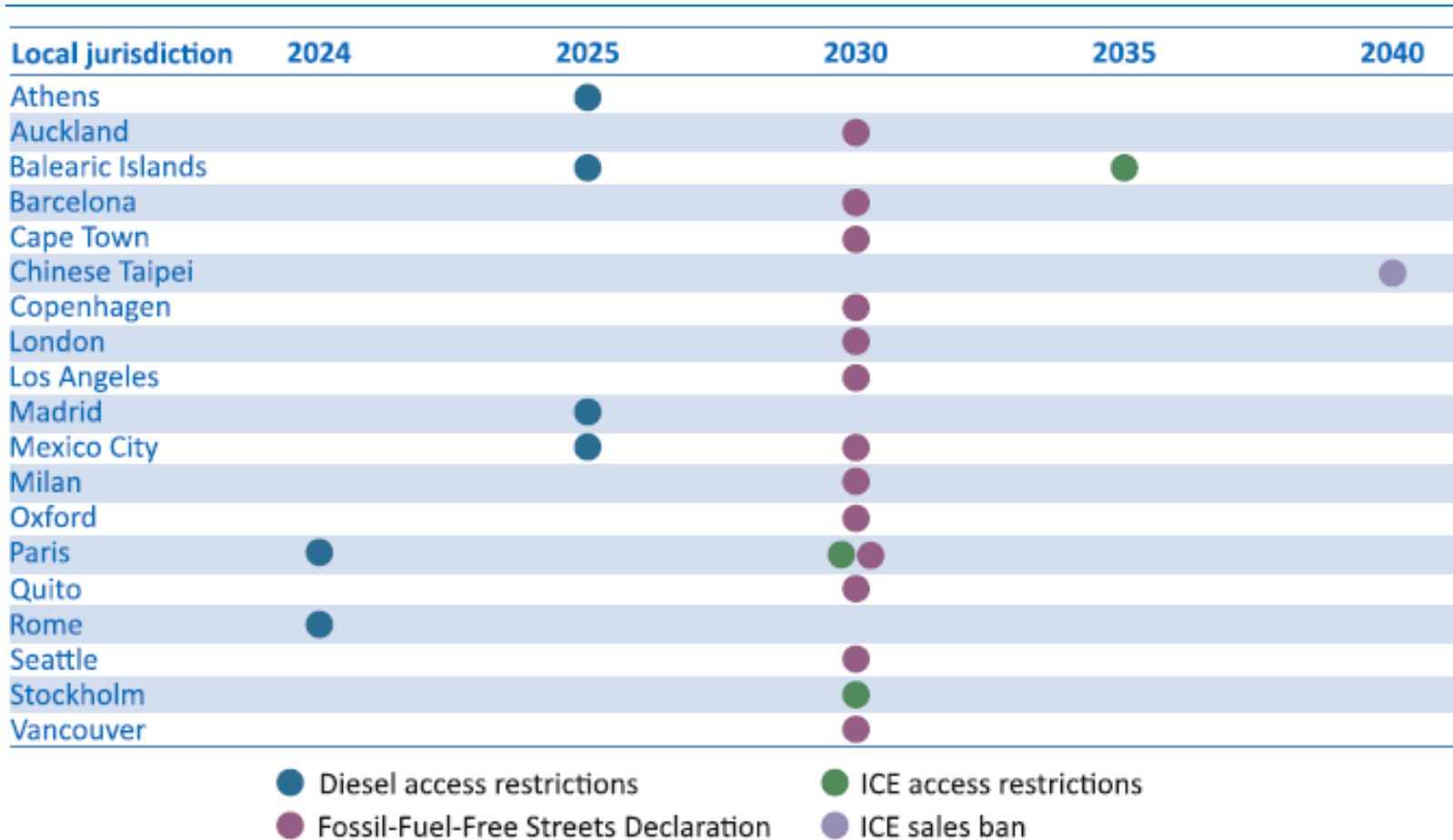
Towards cross-modal electrification

© OECD/IEA 2018

Table 2.3 • Announced sales bans for ICE vehicles

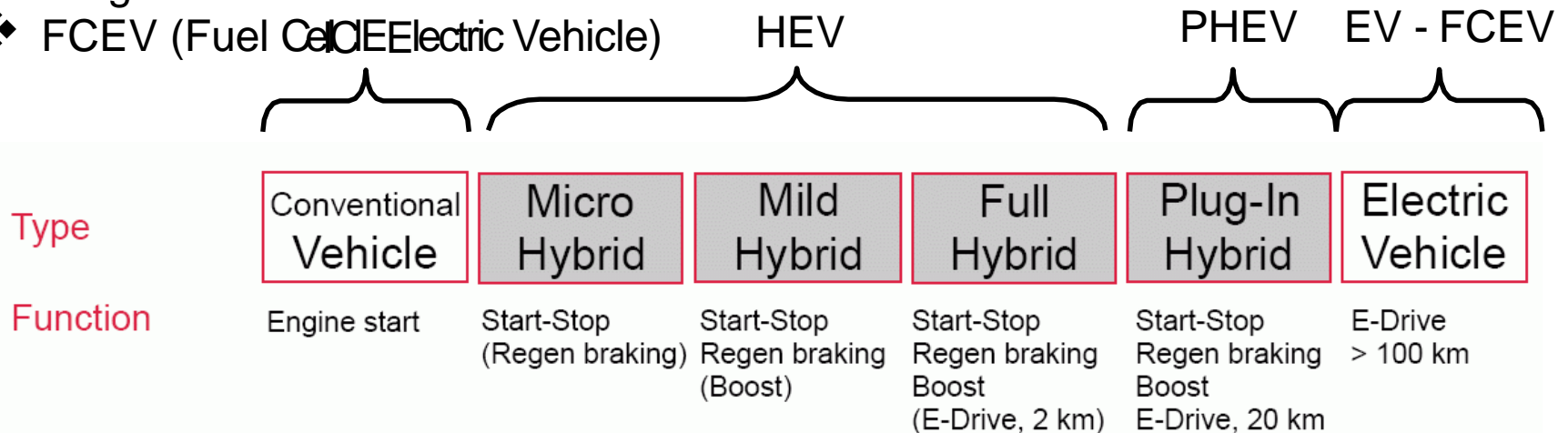


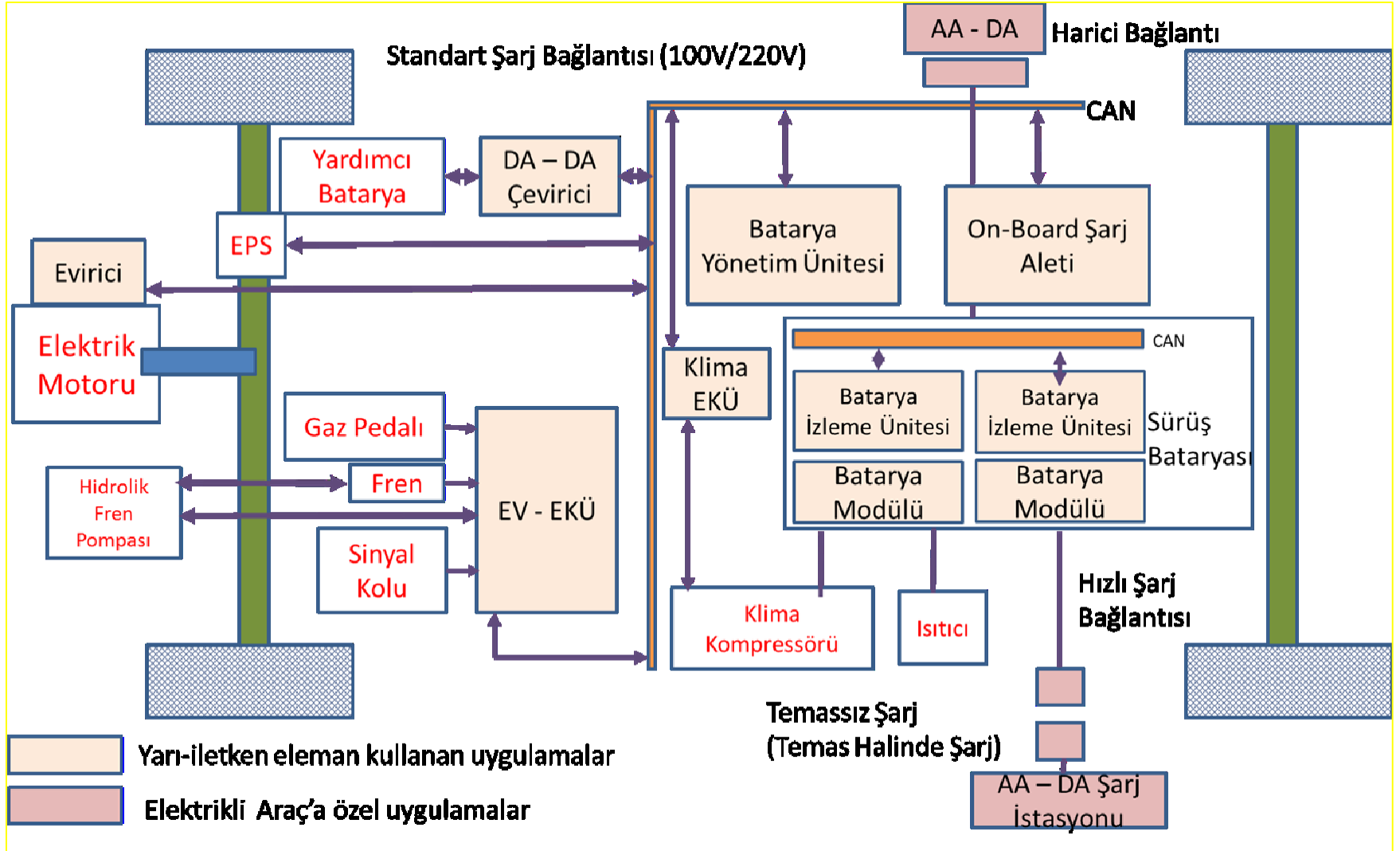
## Yerel Yönetimler Yasak Getiriyor

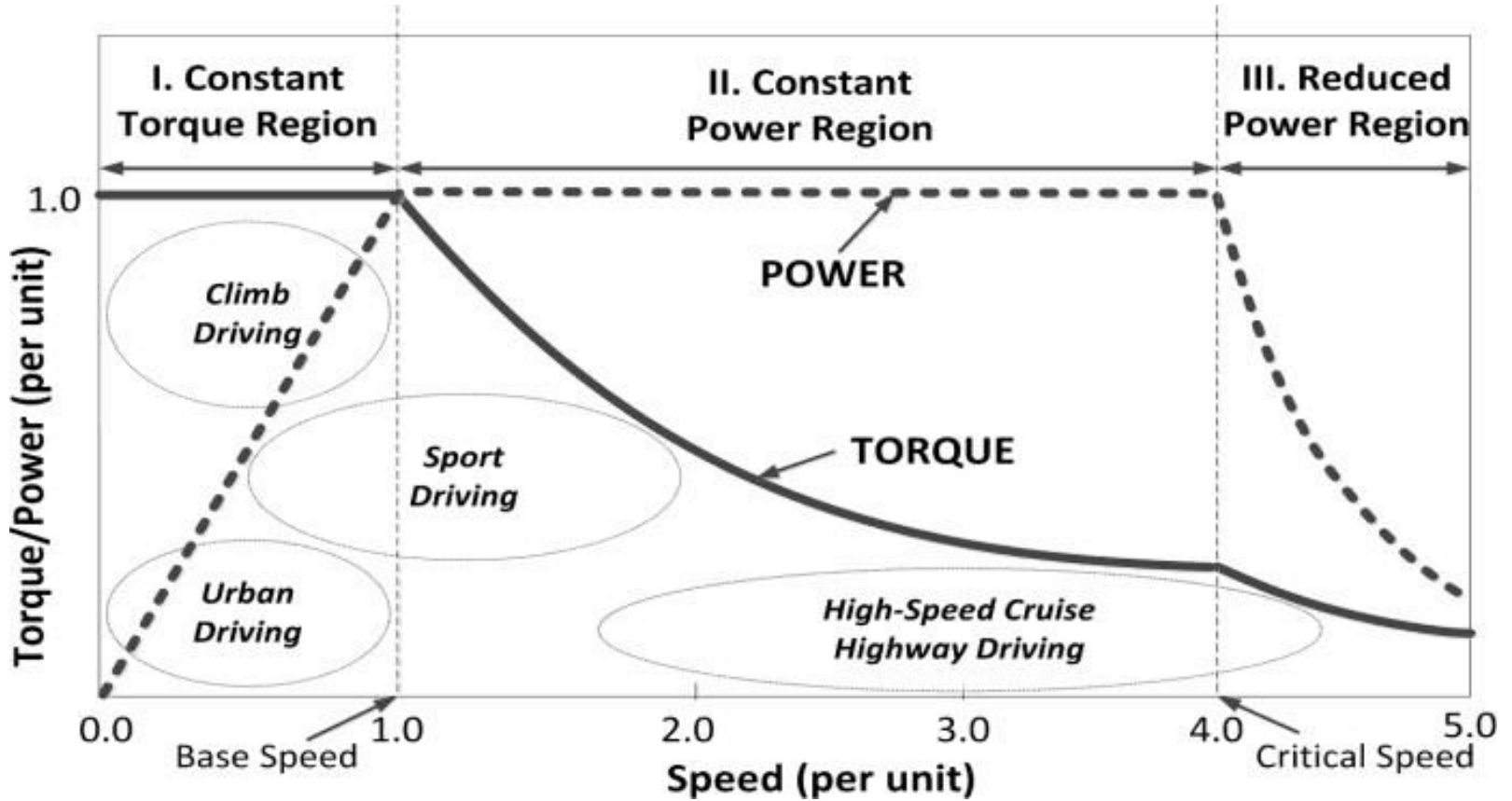


## Classification of the vehicles:

- ❖ ICE (Internal Combustion Engine Vehicles; Gasoline, diesel, biofuel, hydrogen, CNG etc.)
- ❖ HEV (Hybrid Electrical Vehicles)
- ❖ PHEV (Plug-in-Hybrids)
- ❖ EV (BEV – Battery Electric Vehicle)
- ❖ Range Extender EV
- ❖ FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle)



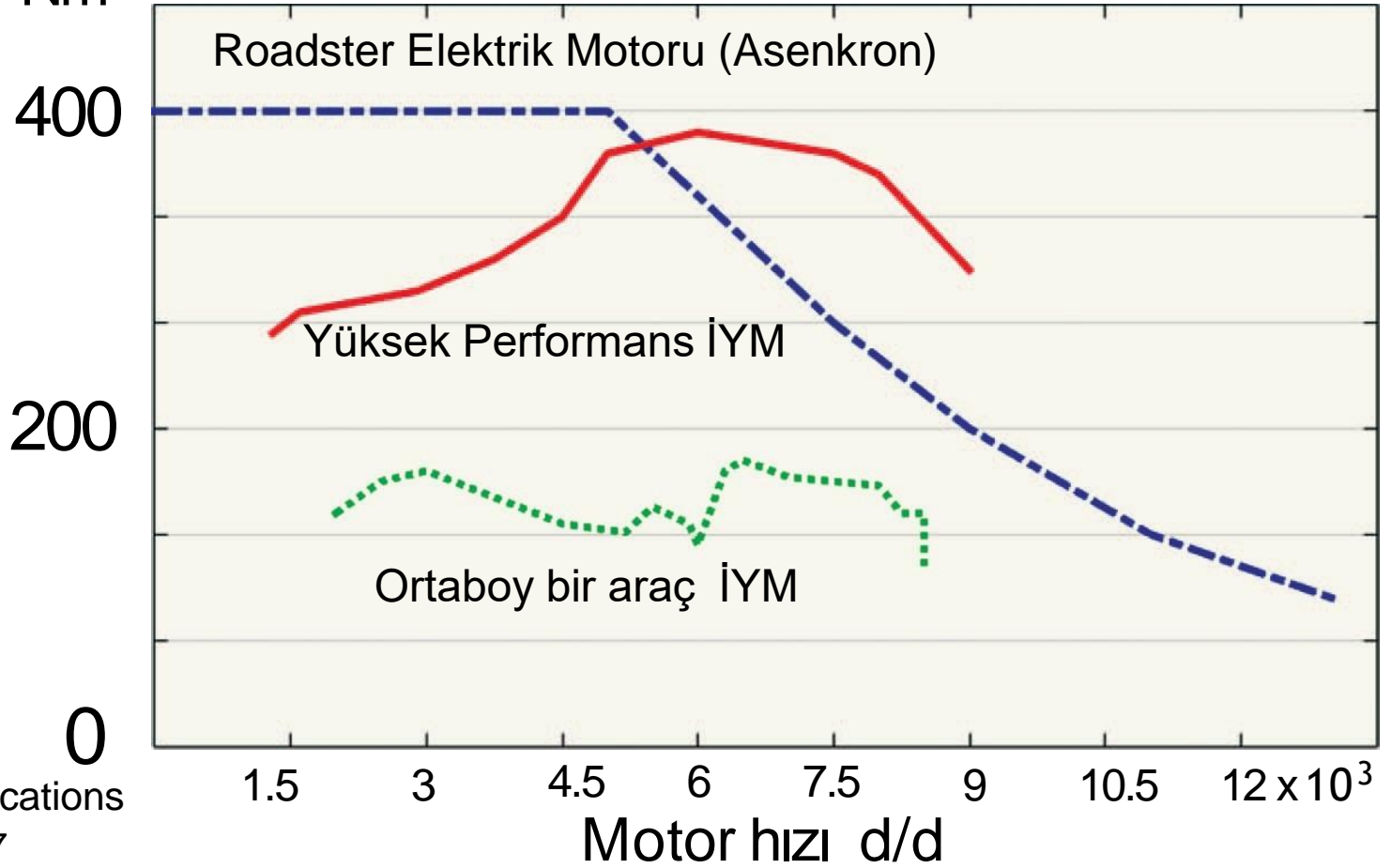






## Motor Momenti

Nm



# Elektrikli Araçlar Yeni Alanlar Açıyor

## Elektrikli Tahrik ve Frenleme Sistemi

Elektrik Makinası, Generatör, Debriyaj, Dişli Kutusu, Fren Sistemi, ...

## Haberleşme Mimarisi:

Telematik, CAN Bus, Lin Bus, Flex Ray, Anten, Elektromanyetik Uyumluluk

## İnsan-Araç Arayüzü:

Yeni Kontrol kavramları, HMI, Sürücü Davranışı, Uyku vs ...

## Araç Gövdesi:

Yeni Tasarımlar, Hafif Araç, Aerodinamik yapı, yeni malzeme vs

## Enerji Sistemleri:

Li-Ion Batarya, Yakıt Pili, Süper Kapasitör, Volan vs...

## Araç Dinamiği ve Yol Performansı

Bilgisayar Modelleme ve Hesapl, Sensör ve Ölçme, Menzil Hesaplamaları ve Optimum yol

## Isı Kontrolü:

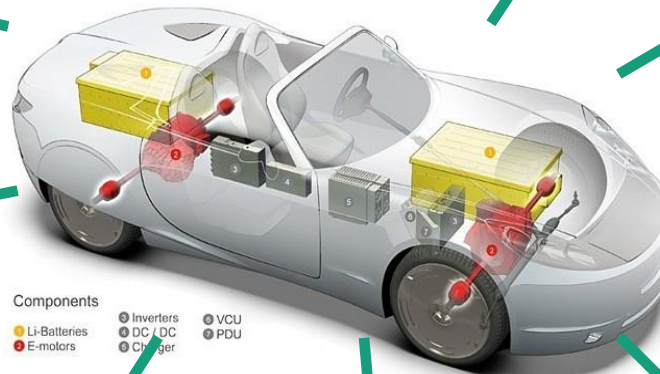
Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Batarya Soğutması, Vs ...

## Güç Elektronikliği:

Evirici, Doğrultucu, dc/dc çevirici, Kontrol Elektronikliği, Batarya Şarj Devreleri ve Kontrolü ...

## Otomotiv Mekatroniği:

Elektrikli Direksiyon, Yedek Güç Sistemleri, Güç Elektronikliği Kompresörleri electric Compressors



# OTOMOTİVDE BİLİŞİM ÇAĞI



ELEKTRİKLİ ARAÇLAR  
BİLGİ TEKNOLOJİSİNE  
DAHA İYİ UYUM SAĞLIYOR

## AKILLI ARAÇLAR

- Yol kalitesini izliyor,
- Hızını, fren mesafesini ayarlıyor,
- Diğer araçları görüyor,
- Yayaları görüyor,
- Park edebiliyor,
- Trafik işaretlerini tanıyor,
- Trafik kurallarını öğreniyor,
- Enerji verimliliğini sağlıyor,
- Menzil hesabı yapıyor,
- Sürücüsünü izliyor,
- Kazayı haber veriyor ...vs

## FUEL CELL EV

Elektrik Motoru,  
Güç Elektroniği,  
Kontrol Elektroniği  
Soğutma ve  
Aktarma Organları

Yüksek Gerilimli  
Batarya

Hidrojen Tankı

Yakıt Pili

Mirai  
Toyota

\*2013 VW Report

IEEE Spectrum 2017



## Elektrikli Araç ile ICE Araç Maliyetinin Karşılaştırılması

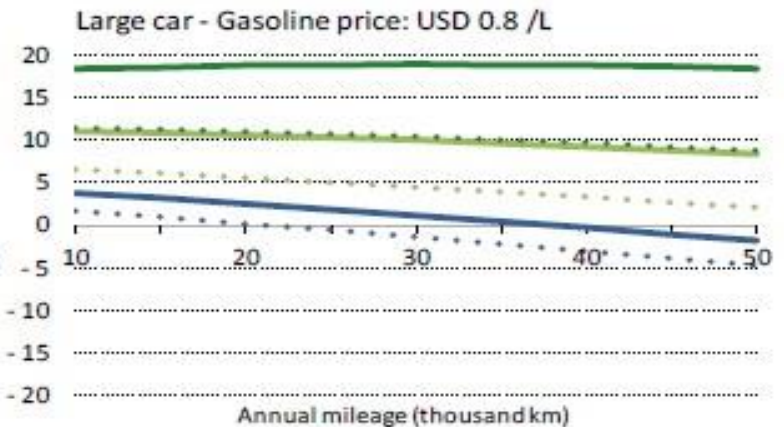
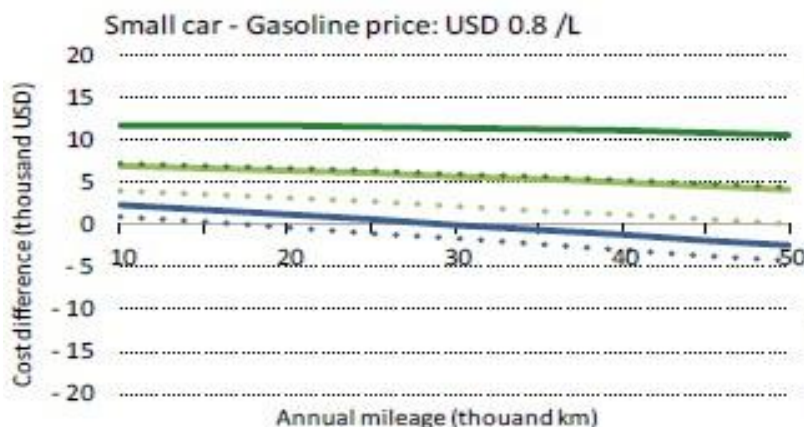
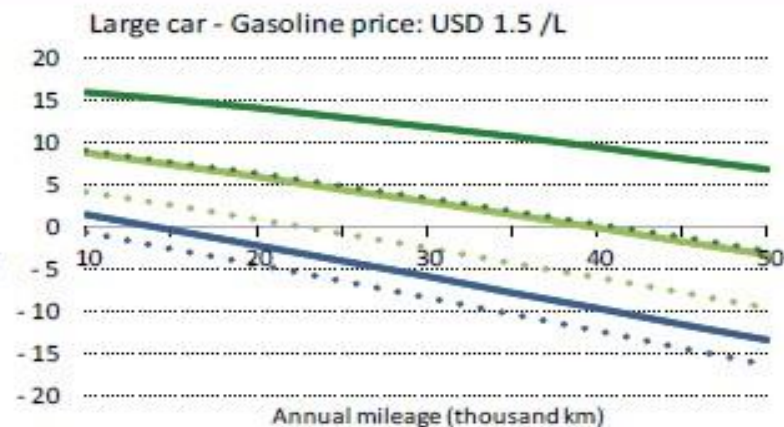
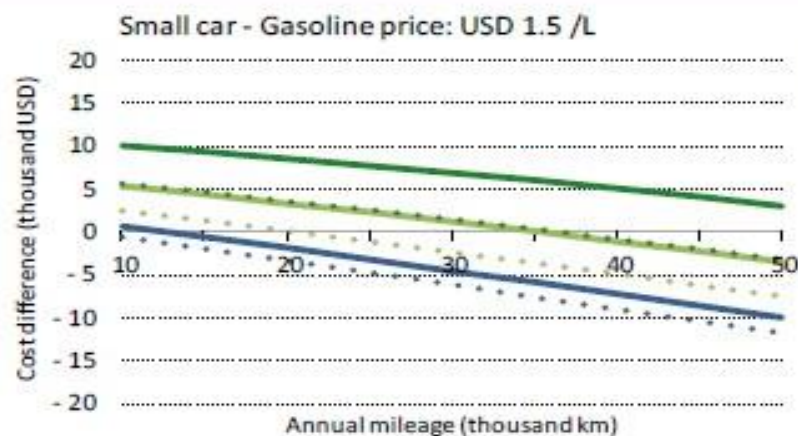
**Küçük Araç:** 85 kW, 0.20 kWh/km, ICE Araç 6.6 lt/100 km

Large Battery = 60 kWh , Current Battery = 40 kWh

**Büyük Araç:** 172 kW, 0.31 kWh/km, ICE Araç 10.3 lt/100 km

Large Battery = 93 kWh , Current Battery = 62 kWh

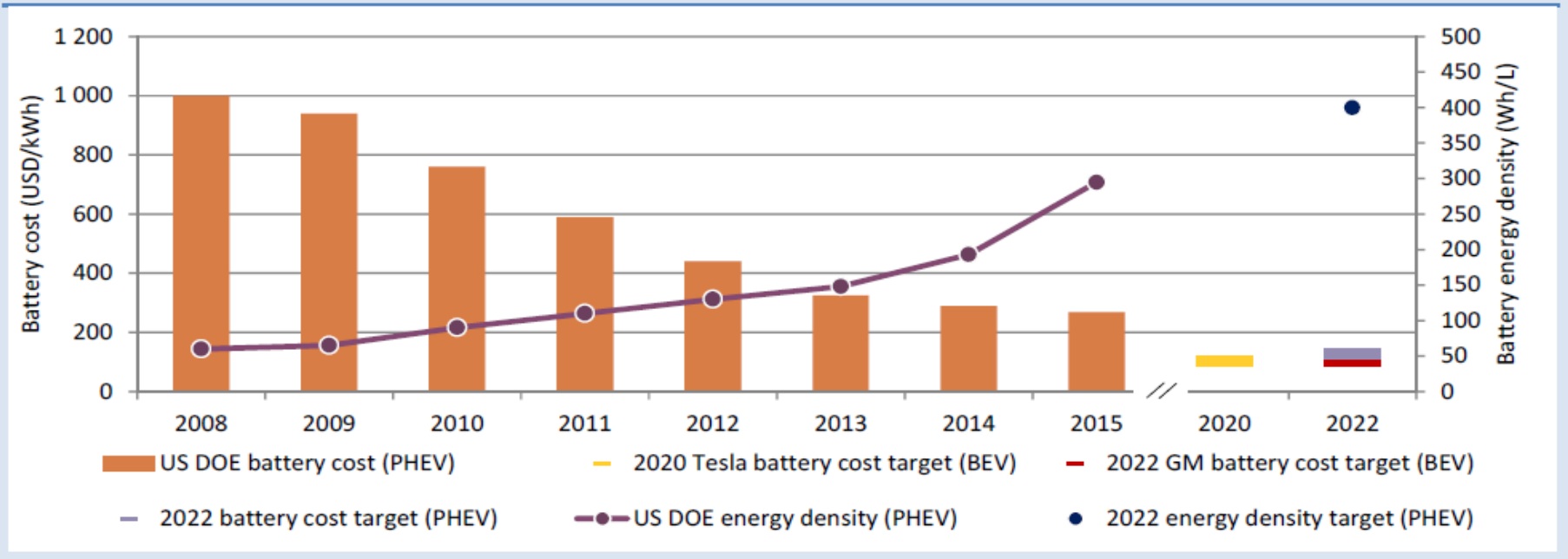
Elek. Fiyatı  
12cent/kwh  
ve +0.4 sarj



Battery price:   
— 400 USD/kWh: Large battery    — 260 USD/kWh: Large battery    — 120 USD/kWh: Large battery  
····· 400 USD/kWh: Current battery    ····· 260 USD/kWh: Current battery    ····· 120 USD/kWh: Current battery



### Evolution of battery energy density and cost



Ali Şengür, Power Electronics in Automotivs, EEMKON Conference, 2017

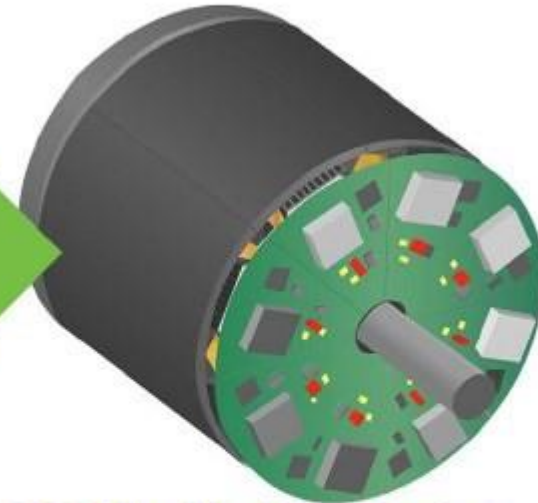
# EV Everywhere Electric Drive Targets

U.S. DEPARTMENT OF  
**ENERGY**

Energy Efficiency &  
Renewable Energy



4X Cost Reduction  
35% Size Reduction  
40% Weight Reduction  
40% Loss Reduction



## 2012 Electric Drive System

\$30/kW, 1.1 kW/kg, 2.6 kW/L  
90% system efficiency

- Discrete Components
- Silicon Semiconductors
- Rare Earth Motor Magnets

EV  
Everywhere



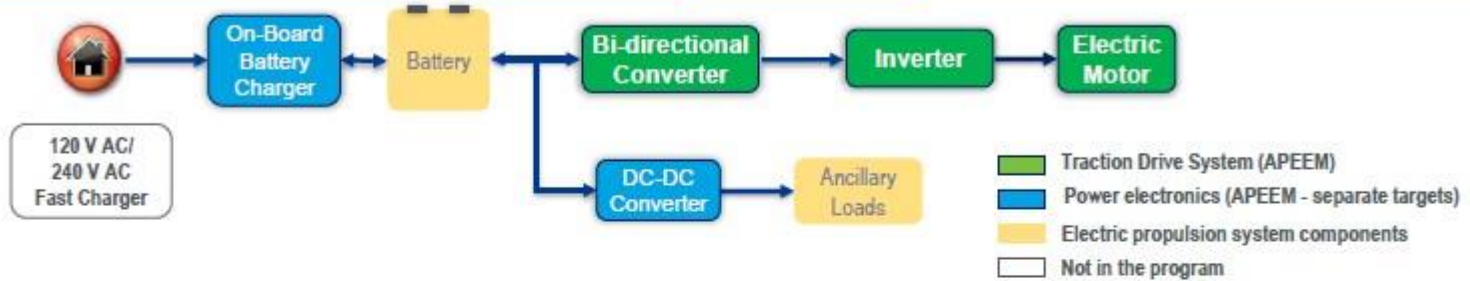
## 2022 Electric Drive System

\$8/kW, 1.4 kW/kg, 4.0 kW/L  
94% system efficiency

- Fully Integrated Components
- Wide Bandgap Semiconductors
- Non-rare Earth Motors

# APEEM Technical Targets

U.S. DEPARTMENT OF  
**ENERGY** | Energy Efficiency & Renewable Energy



Traction Drive Systems (TDS)				
Impact	Reduce Cost	Reduce Weight	Reduce Volume	Reduce Energy Storage Requirements
Year	Cost (\$/kW)	Specific Power (kW/kg)	Power Density (kW/l)	Efficiency (%)
2010*	19	1.06	2.6	>90
2013	16	1.15	3.1	>91
2015	12	1.2	3.5	>93
2020	8	1.4	4.0	>94

Power Electronics (PE)		
(\$/kW)	(kW/kg)	(kW/l)
7.9	10.8	8.7
6.5	11.5	10.2
5	12	12
3.3	14.1	13.4
Electric Motors (EM)		
(\$/kW)	(kW/kg)	(kW/l)
11.1	1.2	3.7
9.5	1.3	4.8
7	1.3	5
4.7	1.6	5.7

**Traction Drive System Requirements: 55 kW peak power for 18 sec; 30 kW continuous power; 15-year life**

\* 2010 traction drive system cost target met with GM integrated traction drive system; 2015 weight and size targets were also met



# APEEM R&D – Advances Technologies & Reduces Cost

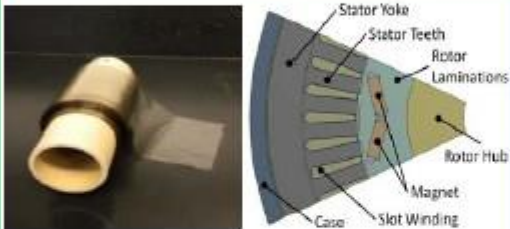
U. S. DEPARTMENT OF  
**ENERGY**

Energy Efficiency &  
Renewable Energy

Advanced  
Materials Research

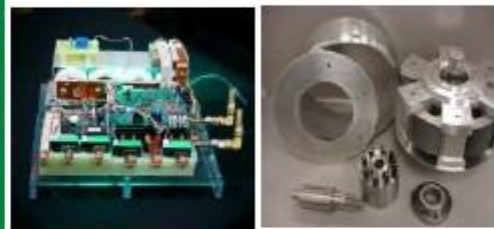
Architecture  
Optimization

Traction Drive  
Systems



Materials required for:

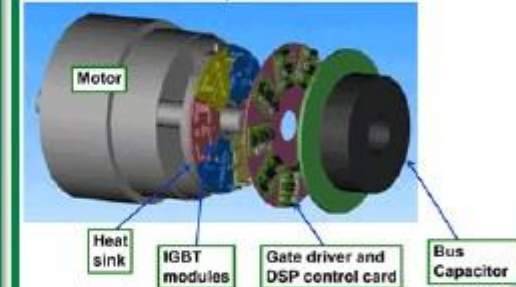
- High temperature operation
- Thermal conductivity
- Performance & reliability
- Manufacturing processes
- Cost reduction



Innovative designs optimize:

- Voltage
- Current
- Frequency
- Temperature
- Speed
- Cost reduction

EVMotor/inverter concept



Affordable, reliable systems:

- Integrate power electronics, motor, & cooling
- Modular & scalable designs
- Manufacturable technologies
- Improve performance

## Battery Challenge

Battery advancements needed to enable a large market penetration of PEVs



### 2012 Battery Technology

\$500/kWh, 100 Wh/kg, 200 Wh/l, 400W/kg

Lithium-ion batteries in today's electric drive vehicles use a combination of positive active materials based on nickel, manganese, or iron; matched with a carbon or graphite negative electrode.

### 2022 Battery Technology

\$125/kWh, 250 Wh/kg, 400 Wh/l, 2000 W/kg

New battery technologies may meet the challenges of *EV Everywhere*. New concepts in lithium-ion technologies have the potential to double the performance and significantly reduce the cost. "Beyond lithium-ion" technologies (lithium metal, lithium-sulfur, and lithium-air) may also meet the challenge.

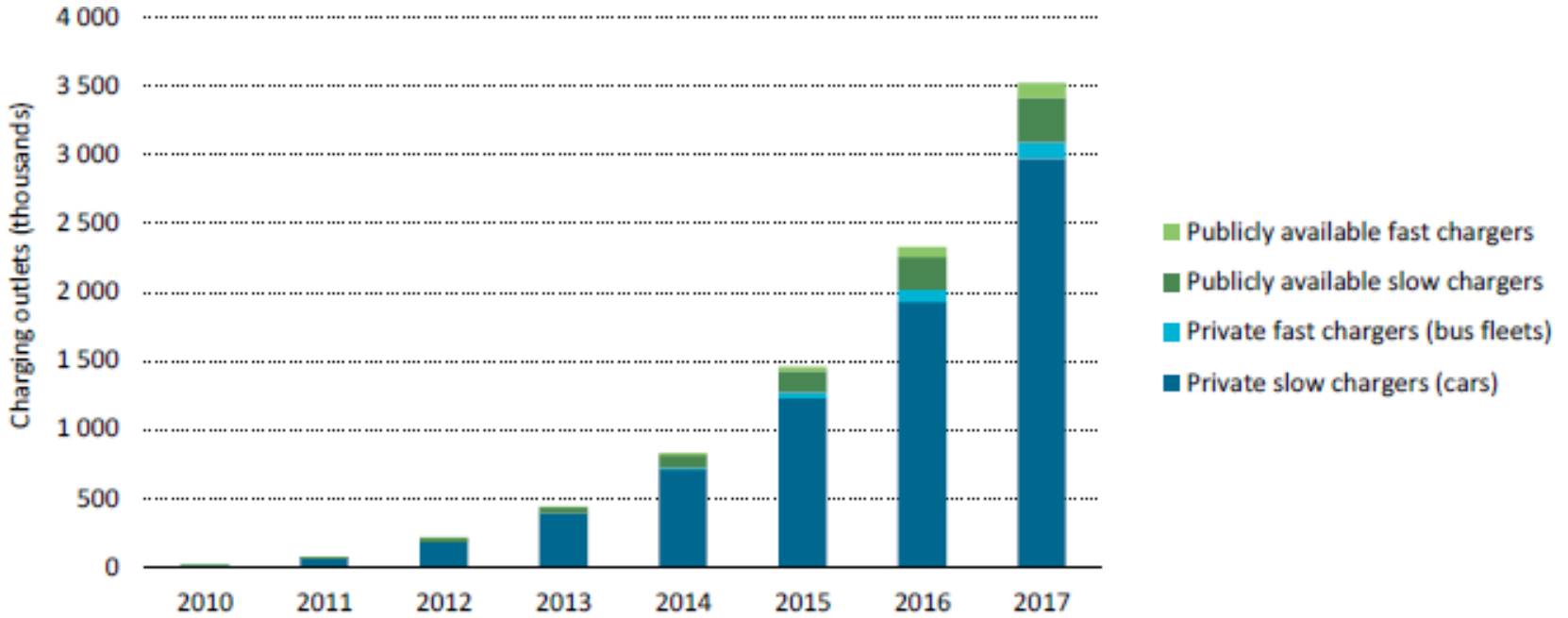
US Department Energy, Annual Progress Report for Advanced Batteries, August 2017



Charging Level	Setting	Supply Power	Representative Example	Where Charging Occurs
 <b>AC Level 1</b>	Residential/ Parking Lot 5 mi/hour @ 1.7 kW	120vac/20A (16A continuous)		<b>RESIDENTIAL</b>  2/3 of charging
 <b>AC Level 2 (minimum)</b>	Residential/ Commercial 10 mi/hour @ 3.4 kW	208/240vac/20A (16A continuous)		
<b>AC Level 2 (maximum)</b>	Commercial (up to) 60 mi/hour @ 19.2 kW	208/240vac/100A (80A continuous)		
 <b>DC Level 1</b>	Commercial up to 500v @ 80A dc (up to) 120 mi/hour @ 40 kW	208vac/480vac 3-phase (input current proportional to output power; ~20A-200A AC)		<b>COMMERCIAL</b>  1/3 of charging
<b>DC Level 2</b>	Commercial up to 500v @ 200A dc (up to) 300 mi/hour @ 100 kW	208vac/480vac 3-phase (input current proportional to output power; ~20A-400A AC)		

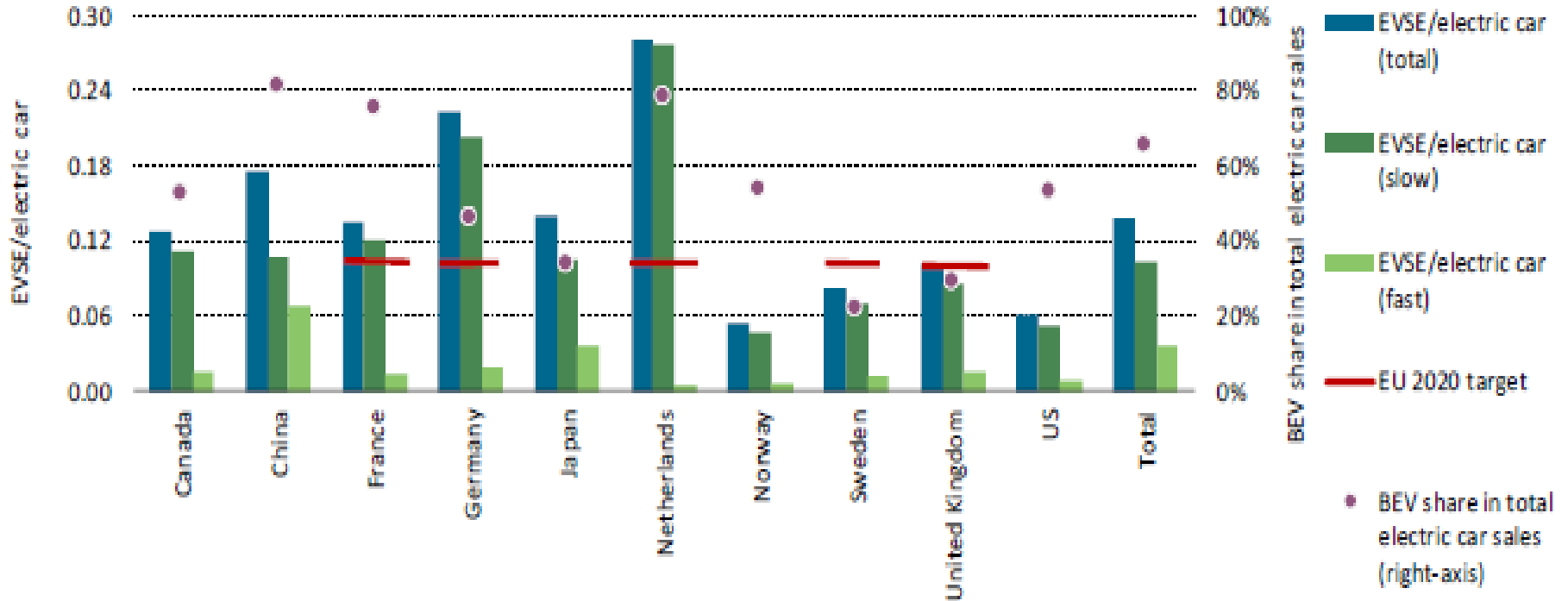
Ref: Grand Challenge Blueprint 2013

## Dünyadaki Toplam Elektrikli Araç Şarj Noktaları 2010-2017



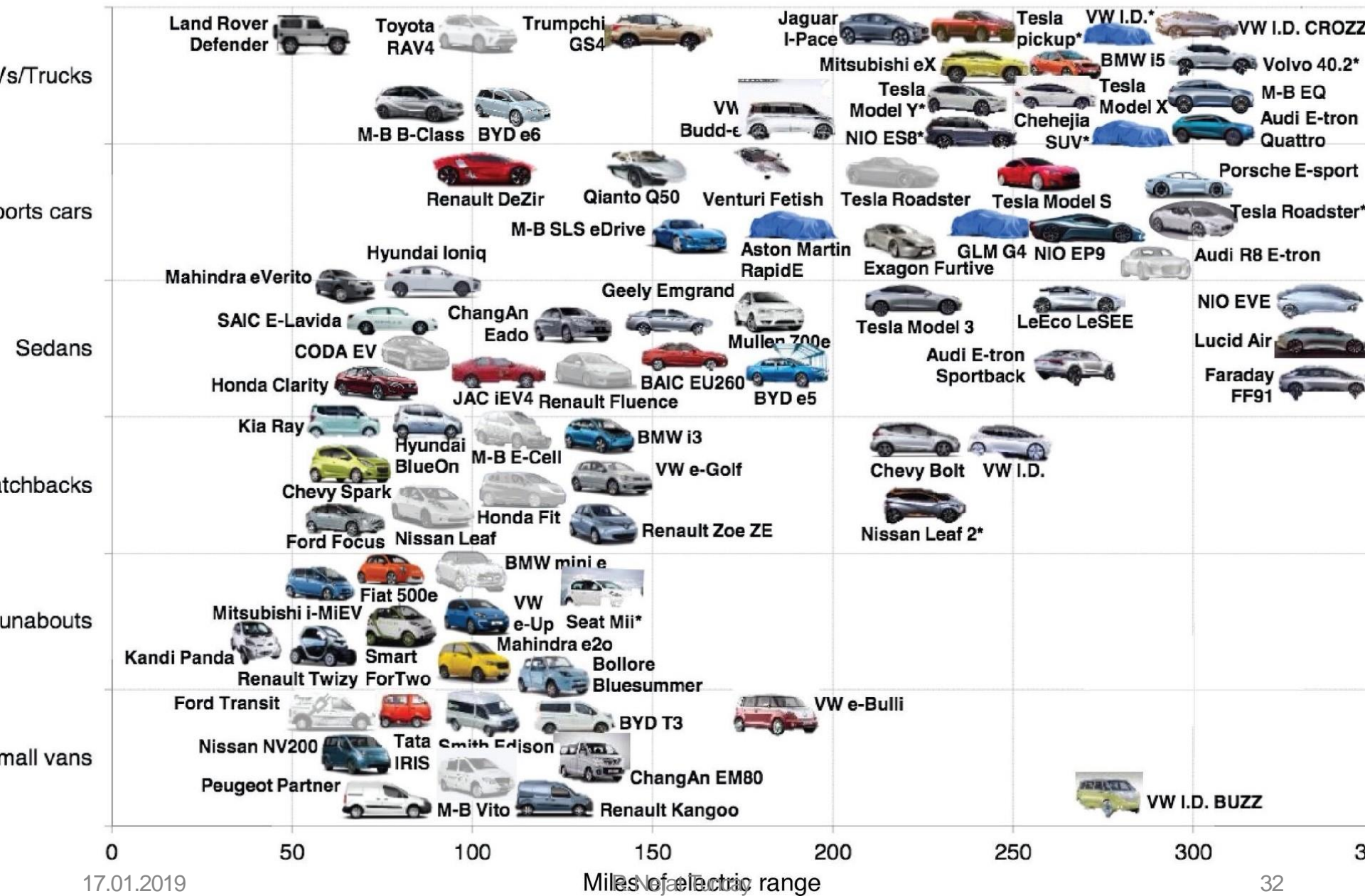
IEAGlobal Electric Vehicle Outlook 2018

## 2017 Yılında Araç Başına Düşen Şarj Noktalarının Sayısı



IEAGlobal Electric Vehicle Outlook 2018

# Electric car models by style and range available through 2020







TEŞEKKÜRLER  
*R. Nejat Tuncay*

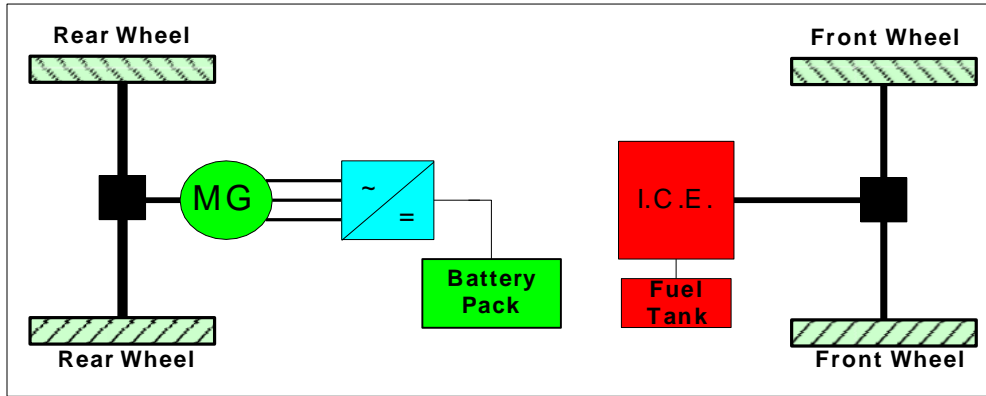


OKAN ÜNİVERSİTESİ  
İSTANBUL



OKAN ÜNİVERSİTESİ  
İSTANBUL





## TOFAŞ-MAM- MEKATRO ELİT-2 EV PROJESİ 2004



## FORD-MAM-İTÜ Parallel Hybrid EV (Through the Road) 2006



Parallel Hybrid EV  
(Both front and rear axles  
are propelled separately)  
2008





**OTOKAR Hybrid 160LE**  
**( heavy-duty segment) Bus**  
**2007**

# ASELSAN-TEMSA Elektrikli Otobüs



## YERLİ TEKNOLOJİ

- elektrik motoru, (250 kW)
- motor sürücü birimi,
- araç kontrol birimi,
- sürücü gösterge paneli,
- güç kontrol birimleri,
- batarya yönetim sistemi
- Hızlı Şarj (8 dak)
- Menzil 70-80 km





OKAN ÜNİVERSİTESİ  
İSTANBUL

# BOZANKAYA Elektrikli Otobüs



17.01.2019

R.Nejat Tuncay

40



OKAN ÜNİVERSİTESİ  
İSTANBUL

Derindere



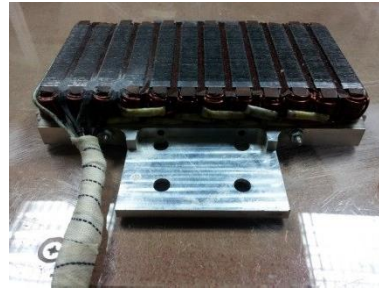
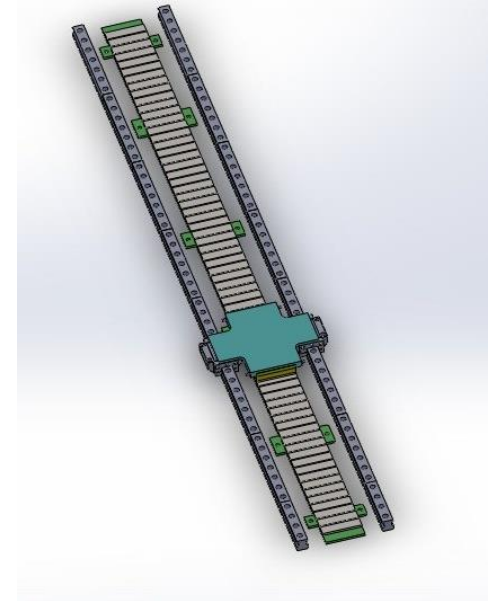
Renault



Tofaş



## HEXAGON-KARSAN (New York) Taxi Project





- Tekerlek içine takılan fırçasız elektrik motorları, güç elektroniği ve kontrol sistemleri özel olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir. Motorların laboratuvar deneyleri yapılarak ve araca entegre edilmiştir.



17.01.2019

R. Nejat Tuncay

43



# NISSAN LEAF

**Battery Energy (kWh): 40.0**

**DC Bus Voltage (V): N/A**

**Drive Type: N/A**

**Power Electronics: Inverter**

**Electric Motor Type: AC synchronous electric motor**

**Speed(km/h): N/A**

**Torque(Nm): 320**

**Power (kW): 110**

**Range (km): 241**

**Weight (kg): 1560**

**Price (\$): 35,998 – 41,998**

# 2018 CHEVROLET BOLT



**Torque(Nm): 361**

**Power (kW): 149**

**Range (km): 383**

**Weight (kg): 1625**

**Price (\$): 42,795**

**Battery Energy (kWh): 60**

**DC Bus Voltage (V): N/A**

**Drive Type: N/A**

**Power Electronics: Inverter**

**Electric Motor Type: ACsynchronous  
electric motor**

**Speed(km/h): 145**



# BMW i3 RANGE EXTENDER



**Torque(Nm):** 249 + 56 for ICE

**Power (kW):** 125 + 28 for ICE

**Range (km):** 200 + 158 for ICE

**Weight (kg):** 1470

**Price (\$):** 43,395-49,295

**Battery Energy (kWh):** 33 + 9 L Fuel Tank

**DC Bus Voltage (V):** 353

**Drive Type:**

**Power Electronics:** Inverter

**Electric Motor Type:** Hybrid Synchronous + ICE

**Speed(km/h):** 150 (Top Speed)

# TESLA MODEL S - P100 D



**Battery Energy (kWh):** 100

**DC Bus Voltage (V):** 350

**Drive Type:** Drive inverter with variable frequency drive

**Power Electronics:** Inverter

**Electric Motor Type:** 4 Poles AC Induction Asynchronous

**Speed(km/h):** 250

**Torque(Nm):** 649

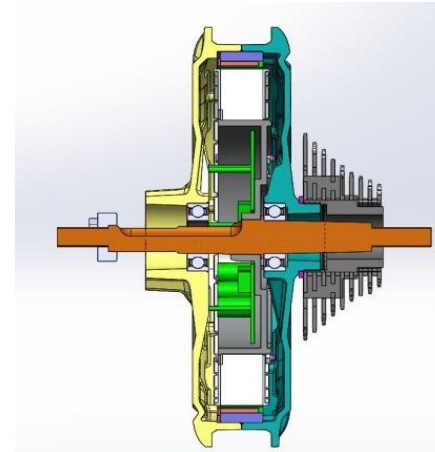
**Power (hp):** 503

**Range (km):** 572

**Weight (kg):** 2,241

**Price (\$):** 193,900

# E-Bike Power Train 250W BLDC Machine



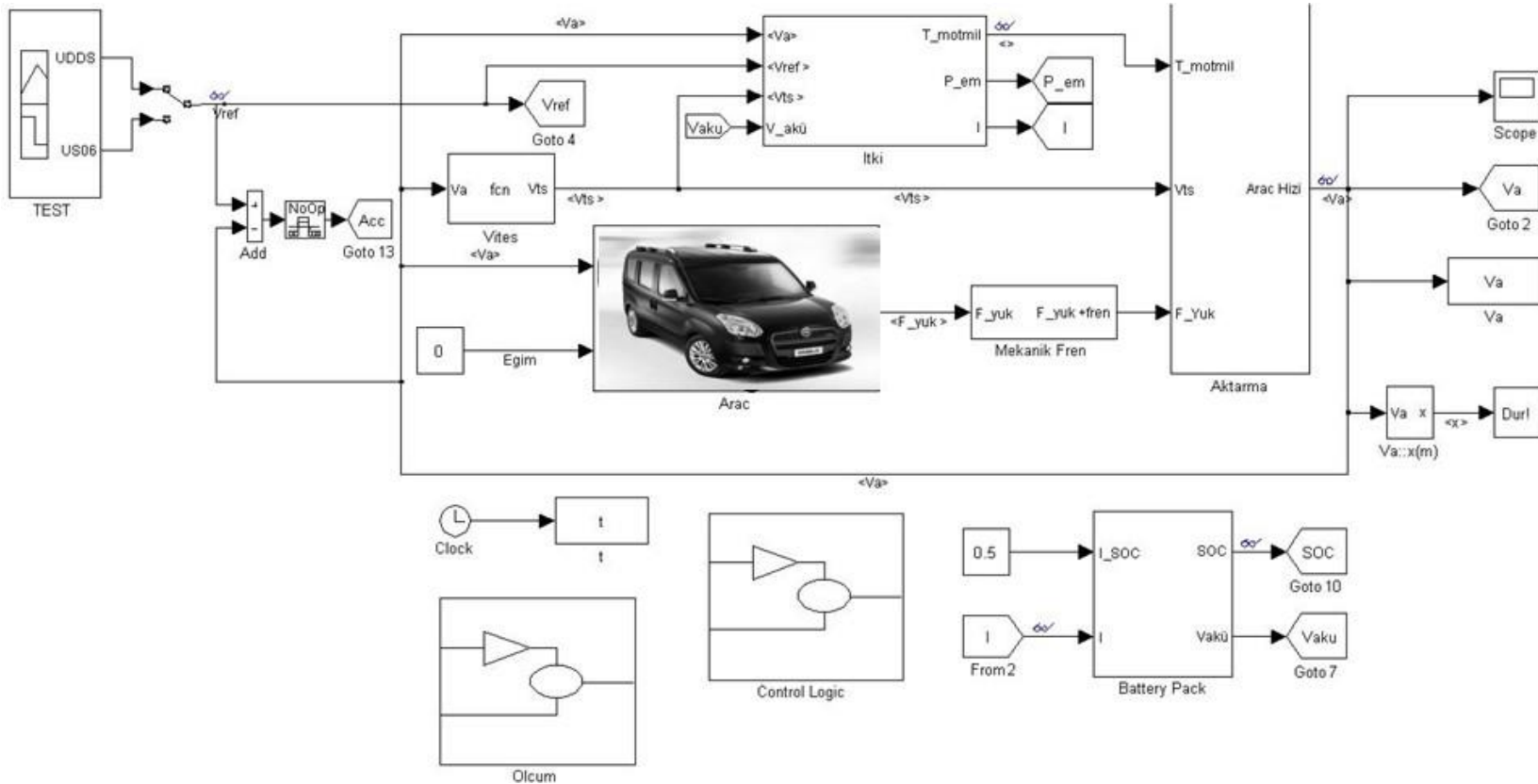


# Hafif Hibrit Araç Projesi 2008-2010

- Bu çalışmada içten yanmalı motor miline entegre marş motoru ve alternatör olarak kullanılabilen sistem yerleştirilmiştir.
- Çalışmada tasarlanan sistem, ağır şehir içi trafığında maksimum fayda sağlarken, üreticiye ve kullanıcıya minimum maliyet getirmektedir.
- Seçilen sistem, aracı maksimum 20km/h hızla yaklaşık 2km tam elektrikli modda götürebilecek, dur çalıştır ve entegre marş motoru ve alternatör özellikli bir hafif hibrit elektrikli araçtır.
- Geliştirme maliyetlerini düşük tutmak ve uygulama olanağını arttırmak üzere, mevcutta içten yanmalı motor uygulaması bulunan bir araç (FIAT Doblo) seçilmiştir.

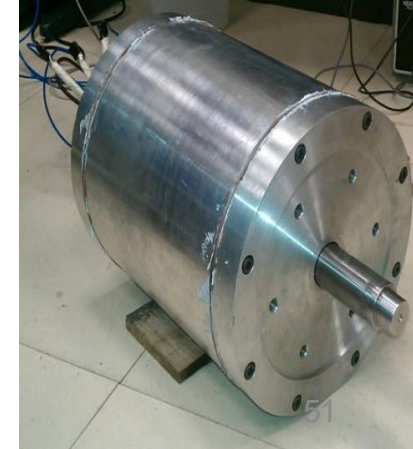


# Hafif Hibrit Araç Projesi 2008-2010



# Özgün EPT (Electric Power Train) Geliştirme Projesi

**Proje Amacı :** Yakın gelecekte otomobil pazarını ele geçirmeye başlayacak olan elektrikli araçlar konusundaki bilgi ve birikimini artırılması ve seri üretime uygun bir prototip araç sistemi geliştirilmesi amaçlanmıştır.

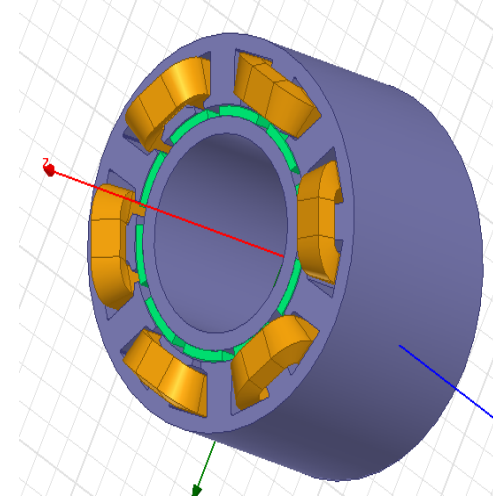
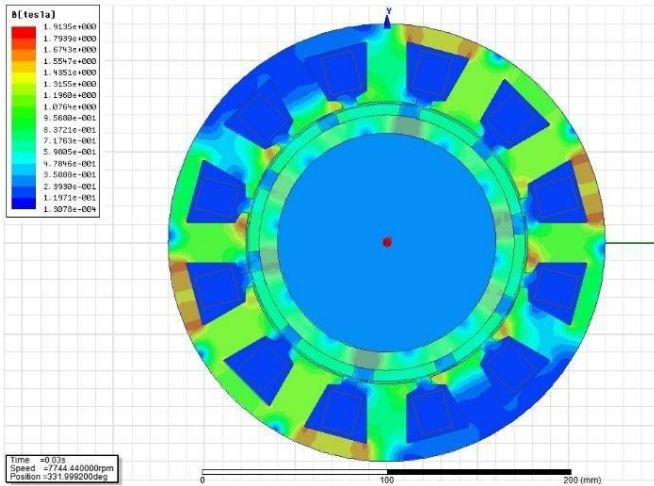
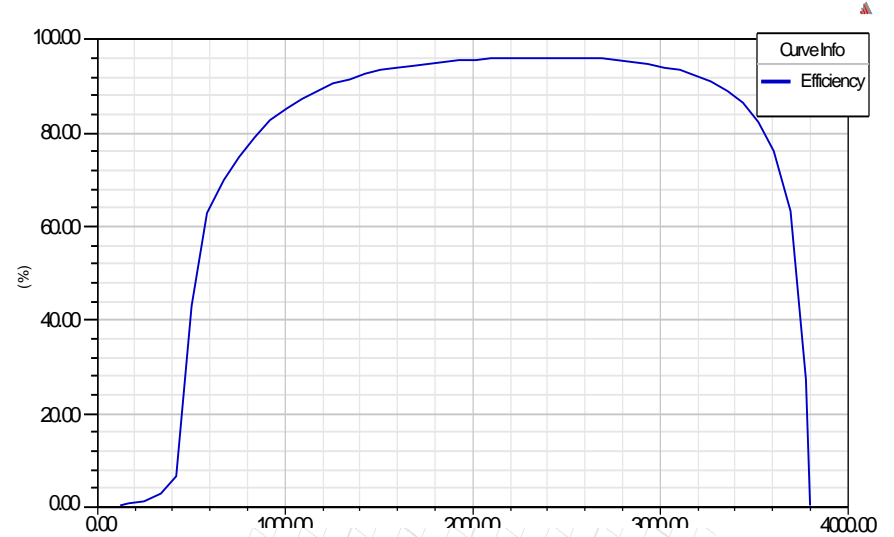
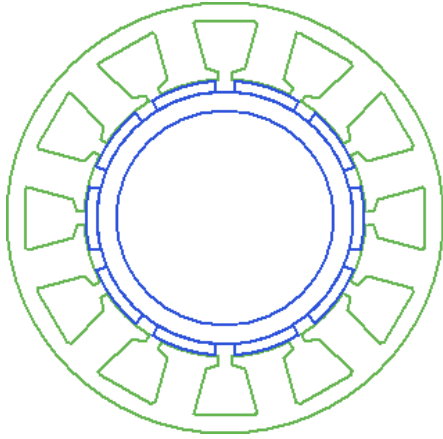




TOFAŞ TÜRK OTOMOBİL FABRİKASI A.Ş.



# Motor Tasarımı





## Elektrikli Araç Geliştirme Çalışmaları (Devam)

### Proje Adı: Alternatif Sürüş Sistemleri: Hub (Tekerlek İçi) Motor ile TTR Hibrit Araç Geliştirme (TEYDEB 1501)

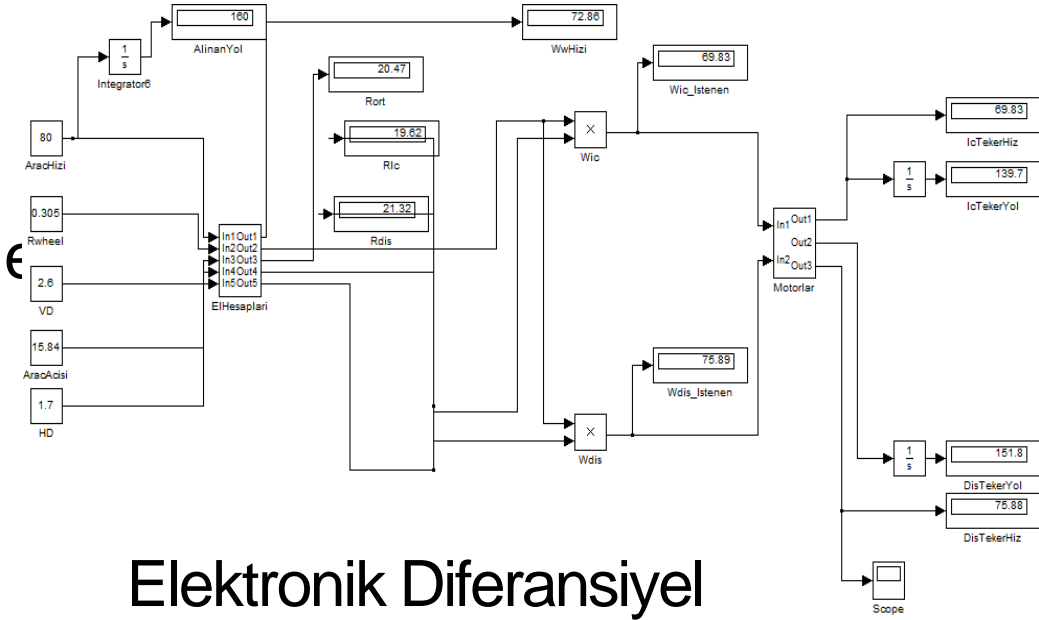
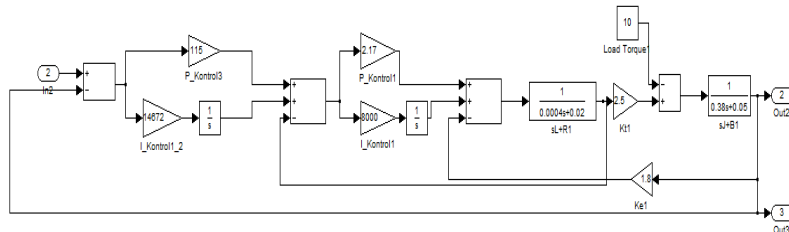
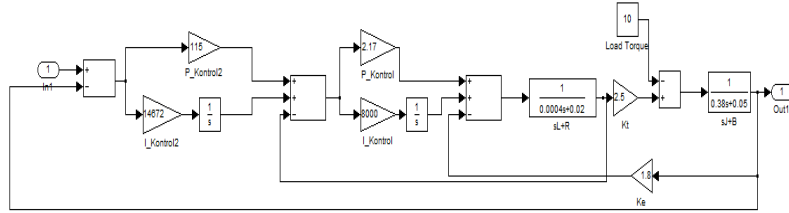
Tekerlek içi doğrudan sürüş tahrik sistemi konseptinin uygulanması ve elektrikli araçlarda kullanılmak üzere alternatif bir sistemin geliştirilmesi, hibrit çalışma

**Proje İşbirlikleri :** İTÜ, Mekatro Mekatronik Sistemler A.Ş.



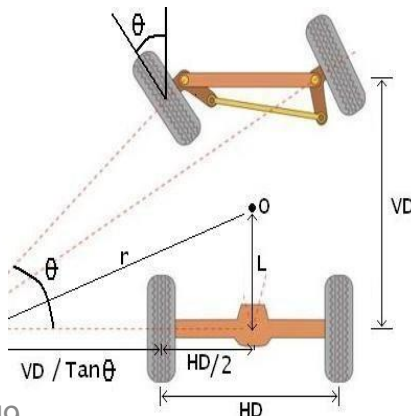


# Elektronik Diferansiyel Çalışmaları

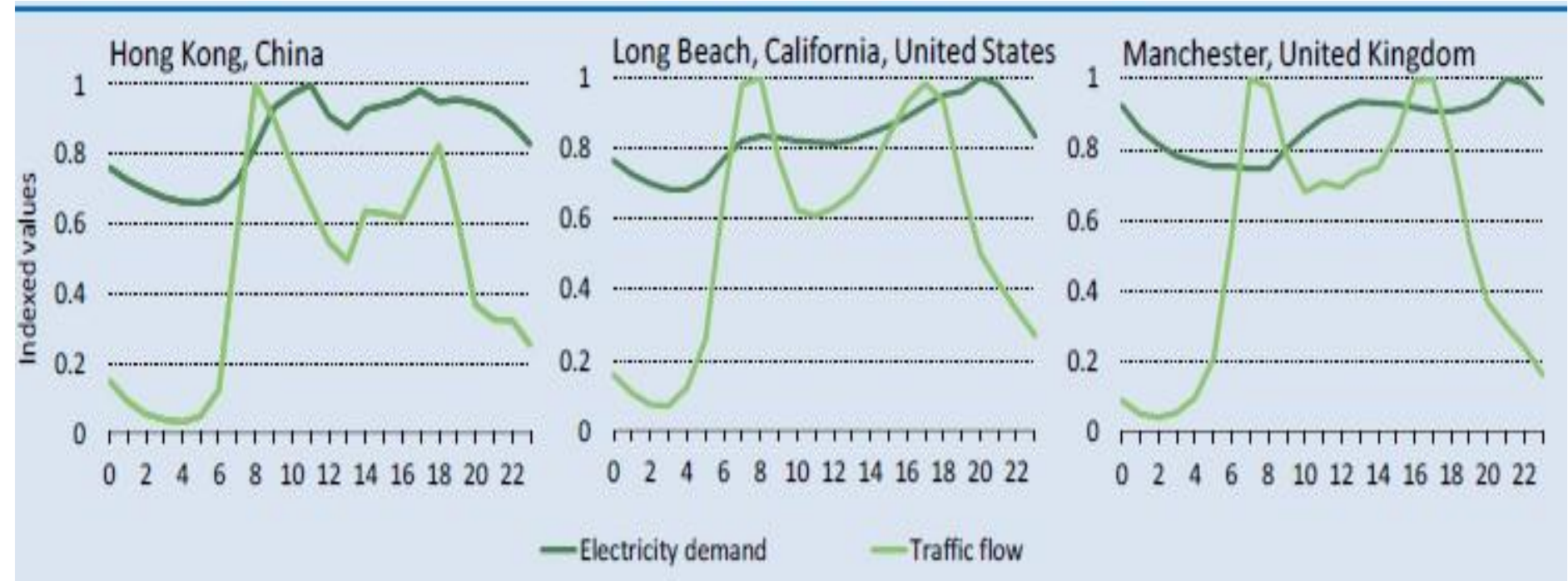


## Motorların SIMULINK Modeli

## Elektronik Diferansiyel Modeli

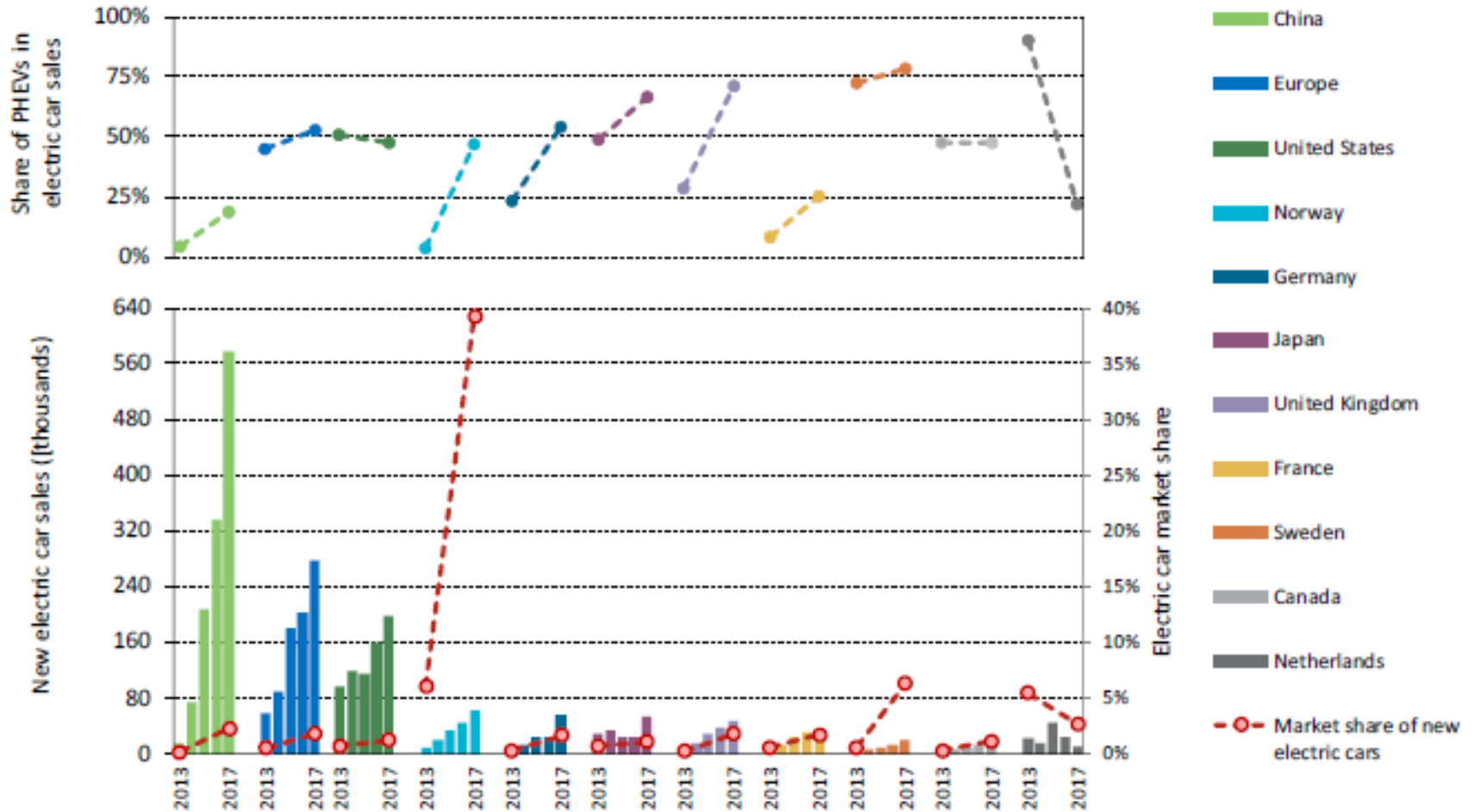


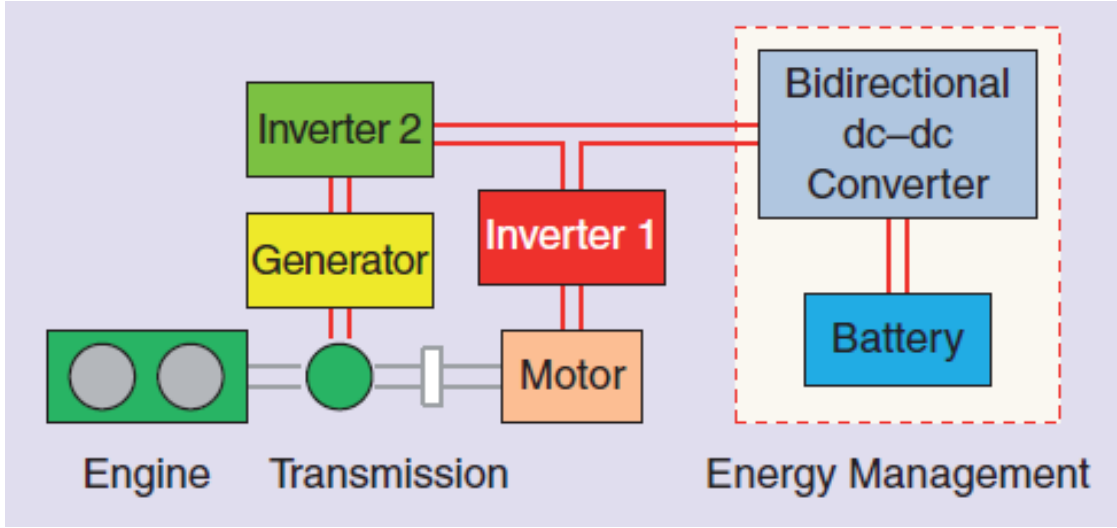
## Üç Şehirdeki Trafik Yoğunluğu ve Elek Araçların Elektrik Talebi



IEA Global Electric Vehicle Outlook 2018

(Global EV Outlook 2018, IEA)

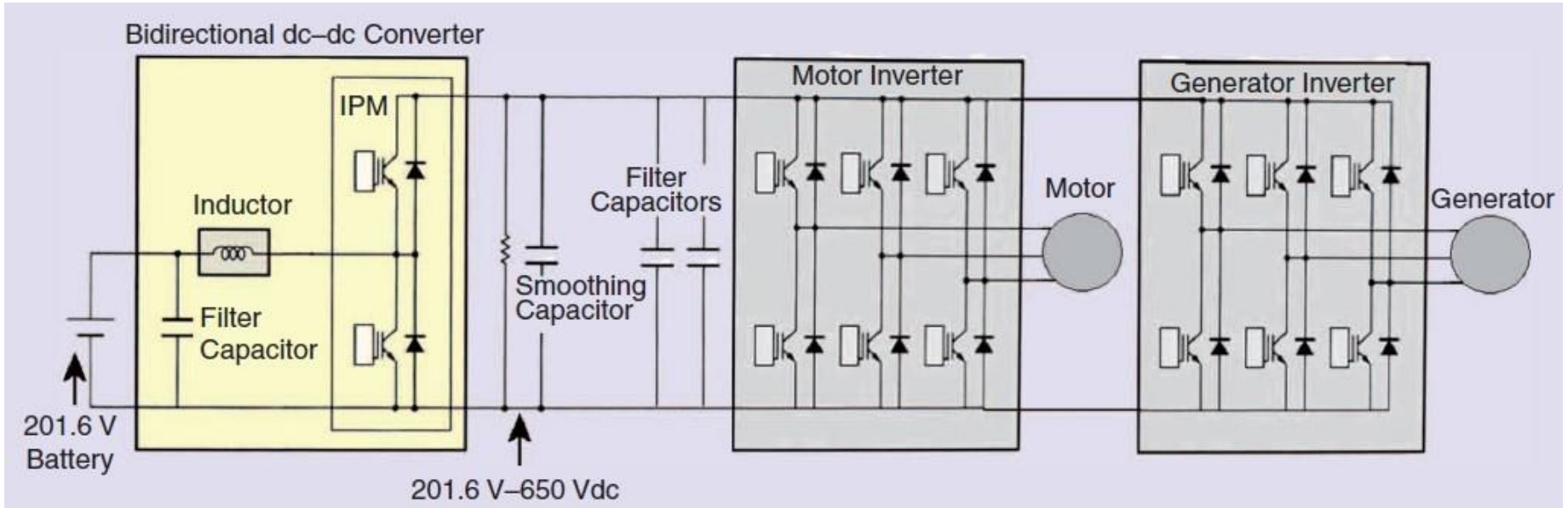




# GÜÇ ELEKTRONİĞİ

a) Hibrit Araç Blok Gösterim

b) Devre şeması



- 2017 itibariyle küresel olarak yaklaşık 3.1 milyon elektrikli binek aracına ek olarak, 250 bin elektrikli hafif ticari araç bulunmaktadır.
- Yalnızca 2017 yılında 1.1 milyon elektrikli araç satılmıştır.
- 2030 yılında dolaşımdaki elektrikli araç sayısı 240 milyon ile toplamın %14 üne ulaşacaktır.
- Önümüzdeki 2 yıl içerisinde 340 yeni Elektrikli Araç modeli piyasaya çıkacaktır. (Mc. Kinsey, Kersten Heineke)



## Taşıtların Atmosfere Saldıkları CO<sub>2</sub>

**ICE : 150 - 180 g/km**

**2012 EU Target: 130 g/km**

**Toyota Prius: 104 g/km**

**Dizel HEV (Planned): 90 g/km**

**EV (BEV): 0 g/km *Is it really zero?***

**For EU-27** (EU-27 mix 2010, %27 nükleer, %20 renewable, %53 fossil)

**85-105g CO<sub>2</sub>/km**

**For Italy** (2010 yılı, %11 nükleer, %20 renewable, %69 fossil)

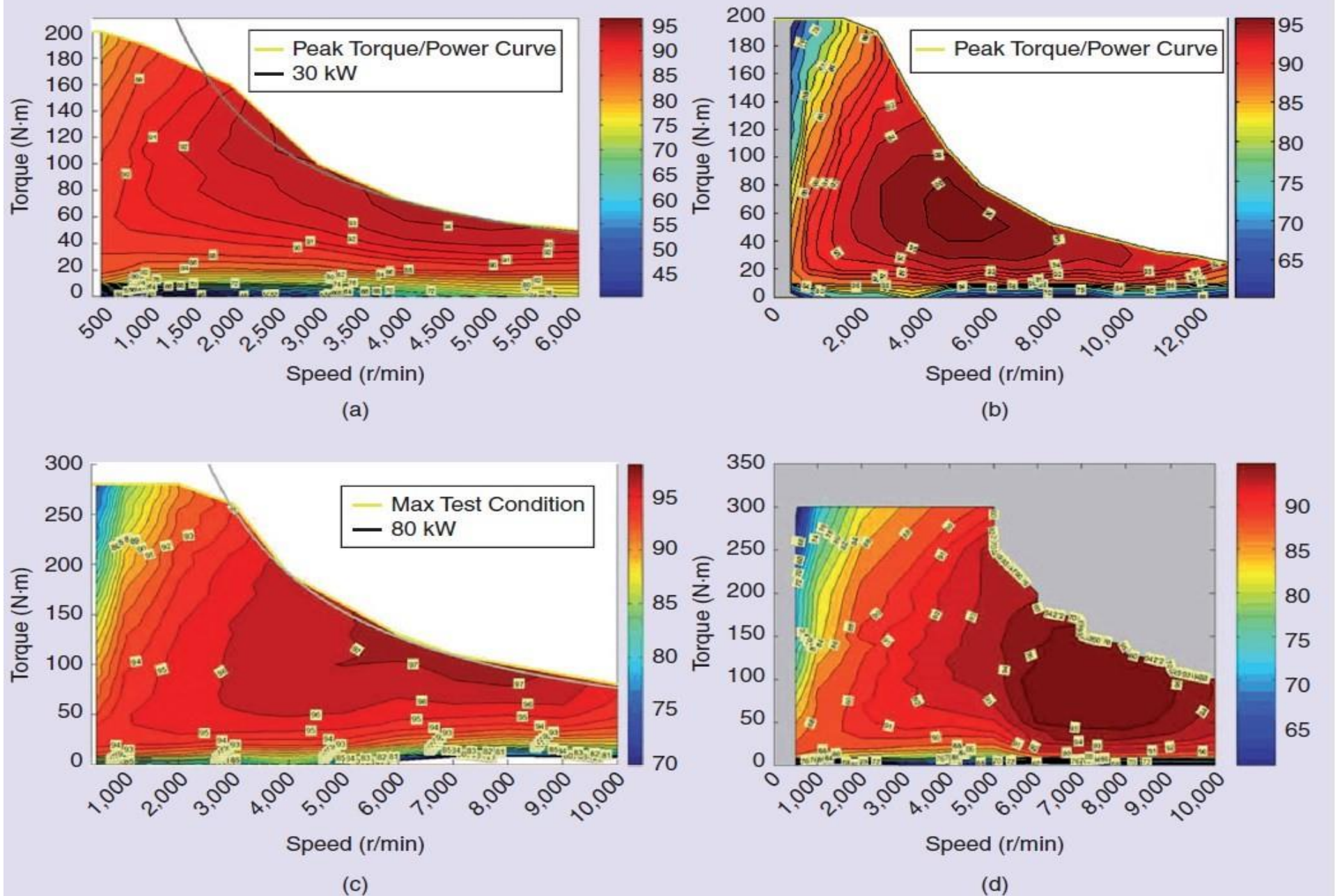
**120-140g CO<sub>2</sub>/km**

**For France** (2010 yılı, %75 nükleer, %20 renewable, %5 fossil)

**20-25g CO<sub>2</sub>/km**

**For Turkey** (2017 yılı, % 30 Renewable, % 70 fossil) \*BP,

**61.3 g CO<sub>2</sub>/km**



**FIGURE 3.** Efficiency maps of several IPM motors in EVs/HEVs [9], [12], [13]: (a) 2011 Sonata, (b) 2010 Prius, (c) 2012 Nissan Leaf, and (d) 2008 Lexus LS 600h.

- GÜÇ ELEKTRONİĞİNDE DEVRİM OLUŞUYOR  
SiC (Silicon Carbide) ve GaN (Gallium Nitride)  
temelli Geniş Band Yarıiletken (WBG)  
anahtarlar geliştiriliyor
  - İletim dirençleri düşük
  - Anahtarlama kayıpları düşük
  - Anahtarlama frekansları yüksek (hızlı iletim ve kesim özelliği)
  - Yüksek sıcaklığa dayanımlı

## ELEKTRİKLI ve HİBRİT ARAÇLARDAKİ ANABİLEŞENLER

- TAHRİK SİSTEMLERİ (İtki)
  - Elektrik Makinası
  - İçten Yanmalı Motor
  - Güç Elektroniği Devresi
  - Kontrol Donanım ve Yazılımı



## ELEKTRİKLİ ve HİBRİT ARAÇLARDA ANA BİLEŞENLER (Devam)

- ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİ
  - Batarya
  - Hidrojen (Yakıt Pili)
  - Süper Kapasitör
  - Volan
  - Petrol ( Hibrit veya Menzil Artırıcı)

## ELEKTRİKLİ ve HİBRİT ARAÇLARDA ANA BİLEŞENLER (Devam)

- ARAÇ KONTROL, HABERLEŞME VE SÜRÜŞ DESTEK SİSTEMLERİ
  - Sürüş Kontrol Sistemi (Donanım-Yazılım)
  - Gövde Fonksiyonları Kontrol Sistemi (Donanım Yazılım)
  - Araç İçi Haberleşme Sistemi
  - Araç Dışı Haberleşme Sistemi (V2X, araçlar arası ve yol kontrol sistemi ile haberleşme)
  - Sürücü Destek Sistemleri ve Sürücüsüz Araçlar

## *İçten Yanmalı Motorlu ve Elektrikli ve Hibrid Elektrikli Araçların CO<sub>2</sub> Salımı*



VW Report, 2013, US Branch



OKAN ÜNİVERSİTESİ  
İSTANBUL



## IEA Global Electric Vehicle 2018 Outlook

17.01.2019

R. Nejat Tuncay

66