



راهبردهای کاهش آلاینده‌گی در صنعت خودرو

Emission Control Strategies in Vehicle Industry

دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی خودرو، گروه قوای محرکه
غلامرضا مولایی منش، ترم اول سال تحصیلی ۹۶-۹۷

۱-۱- مقدمه



- ▶ اختراع خودرو تحول عمیقی را در زندگی بشر ایجاد کرد و جامعه بشری را دگرگون کرد.
- ▶ صنعت خودرو امروزه ستون فقرات اقتصاد جهانی را تشکیل می دهد و بیشترین اشتغال زایی را به طور مستقیم یا غیر مستقیم به همراه دارد.
- ▶ از سوی دیگر تعداد بسیار زیاد خودروها باعث بروز مشکلات بسیار جدی مانند گرمایش زمین، تولید آلاینده ها و به علاوه کاهش شدید و جدی منابع فسیلی شده است.
- ▶ به این دلایل در سالهای اخیر ایده خودروهای برقی و پیل سوختی مطرح شده اند تا جایگزینی برای خودروهای معمولی شوند.

۱-۱-۱- آلودگی هوا

► امروزه سوخت اکثر خودروها، سوخته‌های هیدروکربنی است که اگر به صورت ایده آل بسوزند تولید آب و CO_2 می‌کنند که چندان مضر نیست (مگر اثر گلخانه ای CO_2). اما در واقعیت این احتراق به صورت ناقص صورت می‌گیرد که منجر به تولید گونه‌های شیمیایی دیگری نظیر هیدروکربن‌های نسوخته یا نیم سوخته، اکسیدهای نیتروژن، منواکسید کربن می‌شود که همگی موارد مذکور برای بشر سمی هستند.

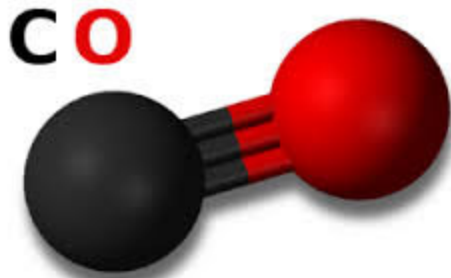


الف - اکسیدهای نیتروژن

- ▶ N_2 موجود در هوا در دمای بالای موتورهای احتراق داخلی تبدیل به اکسیدهای نیتروژن می شود.
- ▶ اغلب اکسیدهای نیتروژن تولید شده NO می باشد. البته مقدار کمی NO_2 و کمتر از آن N_2O نیز تشکیل می شود.
- ▶ NO خروجی از موتور با اکسیژن واکنش می دهد و تولید NO_2 می کند. این NO_2 مجدداً توسط نور خورشید به O_2 و NO تجزیه شده که به سلول های زیستی حمله می کند.
- ▶ NO در تولید مه دود (smog) مشارکت زیاد دارد و به علاوه تولید باران اسیدی (HNO_3) می کند. این امر منجر به نابودی جنگلها و آسیب به ساختمان ها می شود.

ب- منو اکسید کربن

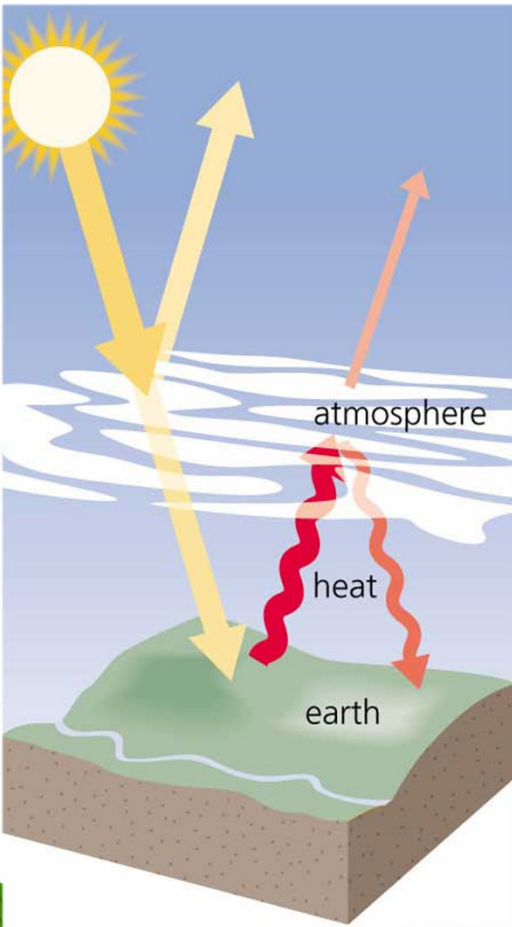
- ▶ CO یک سم برای انسان و جانوران می باشد؛ چرا که با خون ترکیب شده و جای اکسیژن را می گیرد.
- ▶ اگر مسمومیت ایجاد شود، فرد مسموم را باید در اتاقهای تحت فشار اکسیژن قرار داد تا پیوندهای CO و گلبولهای قرمز خون از بین برود.



ج- هیدروکربن های نسوخته

- ▶ حاصل احتراق ناقص می باشند. برخی از آنها مانند ذرات معلق بنزن سرطان زا هستند. البته در تولید مه دود هم مشارکت دارند. اشعه ماوراء بنفش نورخورشید با UHC و NO واکنش می دهد و تولید اوزون (O_3) و دیگر محصولات می کند.
- ▶ اوزون مولکول سه اتمی اکسیژن است که خیلی خطرناک است و به پوسته سلول های زیستی حمله می کند و آنها را از بین می برد. اوزون می تواند موجب مرگ افراد خردسال یا سالمندان شود.

۱-۲-۱- گرمایش زمین



▶ گازهایی مانند CH_4 و CO_2 که در اتمسفر قرار می گیرند، باعث می شوند که تابش های مادن قرمز خورشید که از روی سطح زمین منعکس می شوند، در داخل اتمسفر گیر بیفتند که باعث پدیده گلخانه ای می شود که منجر به افزایش دمای اتمسفر می شود که پی آمد نامطلوب بسیاری به دنبال دارد.

▶ از جمله پی آمد ها این پدیده می توان به برهم خوردن تعادل طبیعی موجودات و خارج شدن کل اکو سیستم از حالت تعادل کنونی اشاره کرد.



۱-۱-۳- کاهش منابع نفتی

▶ قسمت عمده سوختی که امروزه در خودروها استفاده می شود از نفت خام نشأت می گیرد که یک سوخت فسیلی است و از تجزیه موجودات زنده محبوس در زیر طبقات زمین طی میلیونها سال به وجود آمده است.

▶ نفتی که امروزه استخراج می شود در نزدیکی سطح زمین قرار دارد. اما به باور برخی دانشمندان مقادیر بسیار بیشتری در اعماق زمین وجود دارد، به خصوص در مناطقی مانند سیبری و مناطق قطبی آمریکا و اروپا. اما مسائل آب و هوایی و اکولوژیکی مانع از استخراج آنها می شود.

► به نظر می رسد که نرخ مصرف نفت خام جهانی با رشدی بیشتر از نرخ کشف منابع جدید نفتی در حال افزایش است. در چند سال گذشته اگرچه نرخ مصرف نفت خام برخی از مناطق دنیا کاهش داشته است، اما این نرخ در برخی دیگر از مناطق (اقتصادهای نوپا) افزایش بیشتری نشان می دهد.

۱-۱-۴- هزینه های غیر مستقیم



بحران آلودگی هوای

هزینه گزاف آسمان دودی

۲۱ هزار نفر مرگ و میر سالیانه در ایران

۵/۵ میلیون کشته در جهان بر اثر آلودگی هوا

۱ دهم مرگ و میرها در جهان بر اثر آلودگی هوا

چهارمین عامل مرگ و میر زودرس در جهان بر اثر آلودگی هوا

۸۰ هزار میلیارد تومان خسارت آلودگی هوا به کشور

۵ تریلیون دلار خسارت آلودگی هوا به اقتصاد دنیا

گازهای آلاینده



شرکت کنترل کیفیت هوا
پایسته به شهرزاد شهبازی

سهم بندی تقریبی منابع آلاینده شهر تهران در تولید گازهای آلاینده

سهم تقریبی منابع ساکن از کل انتشار آلاینده های گازی در شهر تهران



سهم تقریبی خودروها به تفکیک ناوگان از کل انتشار آلاینده های گازی در شهر تهران



منابع ساکن

منابع متحرک

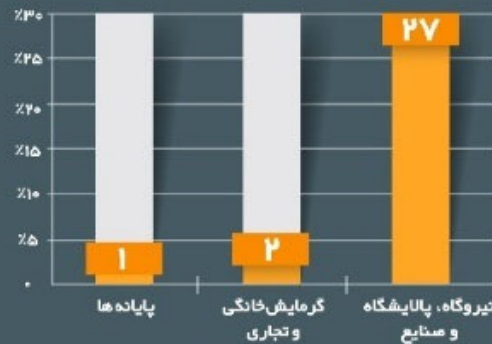
ذرات معلق



شرکت کنترل کیفیت هوا
با استفاده از سامانه آلودگی

سهم بندی تقریبی منابع آلاینده شهر تهران در تولید ذرات معلق

سهم تقریبی منابع ساکن از کل انتشار ذرات معلق در شهر تهران



سهم تقریبی خودروها به تفکیک ناوگان از کل انتشار ذرات معلق در شهر تهران

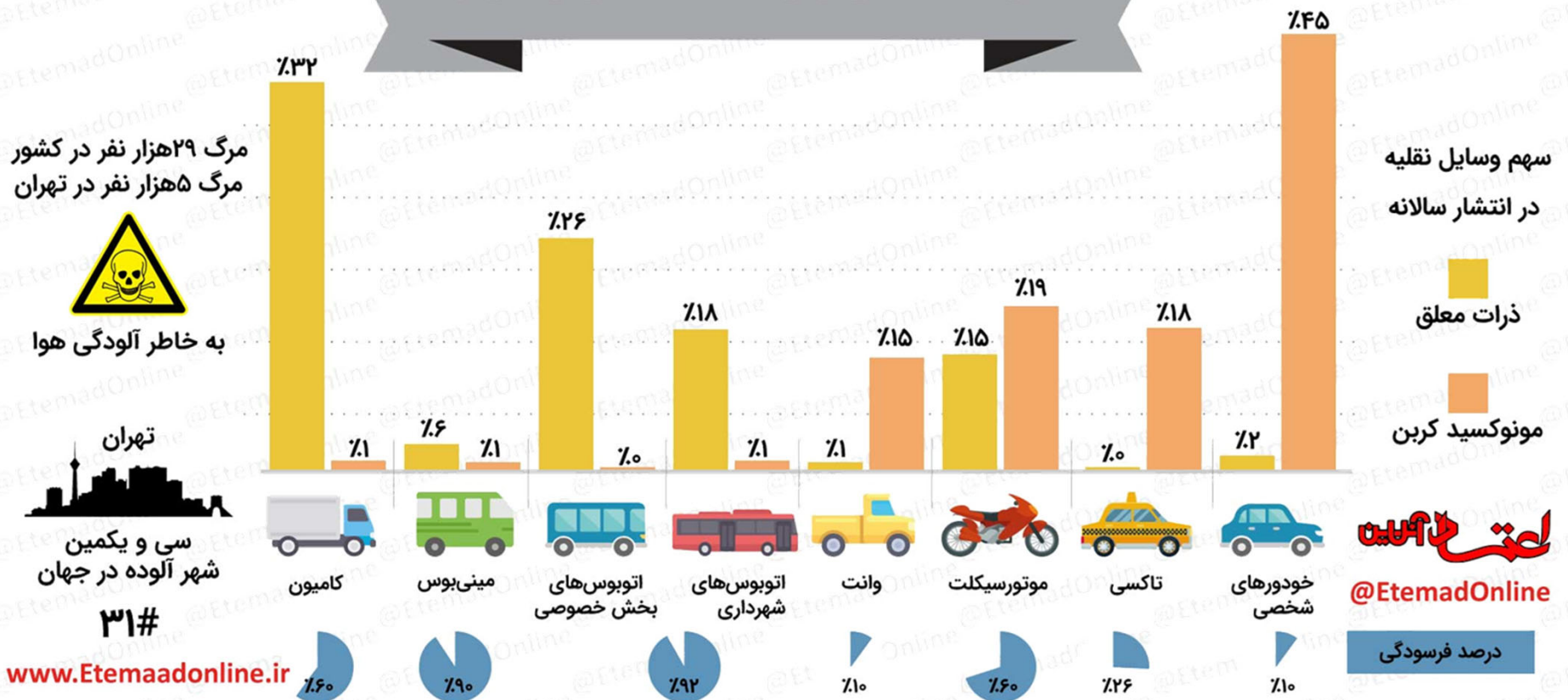


منابع ساکن

منابع متحرک

آلوده ترین وسائل نقلیه هوای تهران

آلوده کننده ترین وسائل نقلیه هوای تهران



ذرات معلق: ذرات معلق هوا بیش از هر نوع آلاینده دیگری، مردم را تحت تأثیر قرار می دهند. ذرات معلق هوا عبارتند از سولفات ها، نیترات ها، آمونیوم، سدیم کلرید، کربن سیاه، ذرات معدنی و آب. مواجهه مزمن با ذرات معلق هوا سبب بیماری های قلبی عروقی، ریوی و همچنین سرطان ریه می گردد. مونوکسید کربن گازی بی رنگ، بی بو و بسیار پایدار است. غلظت بالای مونوکسید کربن باعث اثرات قلبی و عروقی، ایجاد ناهنجاری در رفتارهای عصبی، سقط جنین و.. می شود

منبع داده: گزارش دانشگاه صنعتی شریف (۹۴) و اخبار رسانه ها

الزامات قانونی بین المللی



پروتکل کیوتو
توافقنامه پاریس

معیار وضع شده توسط اتحادیه اروپا برای خودروها



پروتکل کیوتو (توکیو)

□ این پروتکل در ۱۱ دسامبر ۱۹۹۷ در کیوتوی ژاپن به تصویب رسید.

□ پروتکل توکیو پس از امضای روسیه، در ۱۶ فوریه ۲۰۰۵ جنبه اجرایی به خود گرفت.

□ **۱۷۴ کشور** تا نوامبر ۲۰۰۷ این پروتکل را امضا کرده‌اند. از این کشورها، ۳۶ کشور

توسعه‌یافته (به اضافه اتحادیه اروپا به عنوان یک عضو مستقل) که باید **میزان خروج**

گازهای گلخانه‌ای را به میزان پنج درصد کمتر از حد آنها در سال ۱۹۹۰ کاهش

دهند. این کشورها در مجموع مسئول ۶۱.۶ درصد گازهای گلخانه‌ای وارد شده به جو

هستند.

□ این پروتکل در سال ۲۰۱۲ پایان یافت و از سال ۲۰۱۵ توافق پاریس که اولین معاهده

جامعه اقلیمی است شروع گردید.

توافقنامہ پاریس



توافقنامه پاریس

هدف

□ یکی از اسناد **سند توسعه پایدار ۲۰۳۰** با هدف عدم افزایش گرمایش جهانی نسبت به دوران پیش از انقلاب صنعتی، بیش از دو درجه سلسیوس می باشد. **۱۹۵ کشور** متعهد شدند تا افزایش دما در حد ۱.۵ درجه‌ی سلسیوس باقی بماند.

□ نشر گازهای گلخانه‌ای بین سال‌های ۲۰۵۰-۲۰۱۰ تا حدود ۷۰-۴۰ درصد کاهش یابد و تا **سال ۲۱۰۰ به صفر** برسد. تنها در این صورت است که کره‌ی زمین بیش از ۲ درجه‌ی سانتی گراد گرم نخواهد شد.

ردیابی پیشرفت

تعهدنامه‌ی پاریس از کشورها می‌خواهد و آن‌ها را مجبور می‌کند تا تعهدات خود در راستای قطع نشر گازهای گلخانه‌ای را تا سال ۲۰۲۰ و هر پنج سال پس از آن به‌روزرسانی کنند.

تعهد ایران

کاهش ۴٪ گاز دی اکسید کربن تا سال ۲۰۲۰ و ۱۲٪ تا سال ۲۰۳۰

قوانین سفت و سخت اروپا برای کاهش آلاینده‌گی (مصرف سوخت)

□ براساس برنامه ریزی اتحادیه اروپا حد مجاز انتشار گاز گلخانه‌ای دی اکسیدکربن باید در سال ۲۰۱۵ به ۱۳۰ گرم بر کیلومتر (معادل ۵,۶ لیتر بر ۱۰۰ کیلومتر بنزین) و در سال ۲۰۲۰ به ۹۵ گرم بر کیلومتر (معادل ۴,۱ لیتر بر ۱۰۰ کیلومتر بنزین) کاهش دهد.

□ اتحادیه اروپا جرایم سنگینی را برای تولیدکنندگان خودرو در صورت رعایت نکردن حدود مجاز تعیین شده لحاظ کرده است.

□ میزان جریمه در بین سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۹، برای یک گرم بر کیلومتر اول انتشار اضافه‌تر از حد مجاز، ۵ یورو، یک گرم بر کیلومتر دوم، ۱۵ یورو، یک گرم بر کیلومتر سوم، ۲۵ یورو و برای انتشارهای بیشتر از ۳ گرم بر کیلومتر، ۹۵ یورو برای هر گرم بر کیلومتر به‌ازای هر خودرو در نظر گرفته شده است.

□ پس از سال ۲۰۱۹، میزان جریمه به‌ازای هر گرم بر کیلومتر بیشتر از حد مجاز، ۹۵ یورو به‌ازای هر خودرو خواهد بود؛ برای نمونه، اگر سازنده‌ای خودرویی با ۱۰ گرم بر کیلومتر بیشتر از حد مجاز با تیراژ ۱۰۰ هزار دستگاه تولید کند، میزان جریمه آن ۹۵ میلیون یورو خواهد بود.

سبد آلاینده‌گی خودروسازان جهان

2017 Europe-23
Top 50 Best-Selling
brands ranked by
average CO₂
emissions
(in g/km; volume weighted)



1	Tesla	0.0	0-90 g/km: 0.2% of total registrations
2	Smart	90.3	
3	Toyota	101.2	
4	Peugeot	104.5	90-110 g/km: 22%
5	DS	105.0	
6	Citroen	105.5	
7	Renault	106.6	
8	Lancia	113.7	
9	Mitsubishi	114.5	
10	Suzuki	114.9	
11	Fiat	115.6	
11	Mini	115.6	
13	Nissan	115.9	
13	Skoda	115.9	
15	Dacia	116.9	
16	Seat	118.1	
17	Lexus	118.2	
18	Volkswagen	119.6	110-130 g/km: 73%
19	Kia	120.0	
20	Ford	120.8	
21	Alfa Romeo	121.5	
22	BMW	121.8	
23	Hyundai	122.0	
24	Opel/Vauxhall	123.4	
25	Audi	124.3	
25	Volvo	124.3	
27	Honda	127.3	
28	MG	128.1	
29	Mercedes	129.1	
30	Infiniti	131.0	
31	Mazda	131.2	
32	Abarth	139.3	
33	Jaguar	140.7	130-160 g/km: 4%
34	Jeep	141.8	
35	Land Rover	155.7	
36	Ssangyong	158.3	
37	Subaru	159.8	
38	Lada	179.1	
39	Porsche	177.7	
40	Mahindra	186.1	
41	Maserati	201.8	
42	Lotus	209.4	
43	Cadillac	249.2	
44	McLaren	251.4	160+ g/km: 0.6%
45	Chevrolet	261.9	
46	Bentley	266.1	
47	Ferrari	283.1	
48	Aston Martin	290.4	
49	Lamborghini	321.0	
50	Rolls-Royce	329.8	

[L/100K
m] 3.8-4.6

4.6-5.6

5.6-6.7

6.7+



سبد آلاینده‌گی خودرو سازان ایران

۹-۱- برنامه راهبردی صنعت خودرو

جدول ۲۹- وضعیت موجود و هدف گذاری صنعت خودرو

ردیف	عنوان بخش	واحد سنجش	وضعیت موجود (۱۳۹۴)	هدف (۱۳۹۶)	هدف (۱۴۰۰)	هدف (۱۴۰۴)	توضیح
۱۲	متوسط مصرف سوخت	Litr/۱۰۰km	۹	۷	۶	۴/۷	بر مبنای تولید محصولات
۱۳	جایگاه ایران در جهان	رتبه	۱۸	۱۵	۱۳	۱۱	

تقریبی از تاثیر نوع خودروی الکتریکی در میزان کاهش CO2

DIFFERENT TYPES OF VEHICLES AND THEIR MARKET

Different level of electrification and CO₂ reduction associated

CO₂ reduction compared to thermal vehicles (in %)

Yole Développement 2015

Toyota Prius

Honda Civic

Citroen C2

VW Golf

Tesla Model S



EV (BEV or FCV)

100%



Mitsubishi Outlander

PHEV/ EREV

50 – 100%



Full HEV

25 – 40%



Mild HEV

10 – 25%



SSV/μHEV

5 – 10%



Thermal vehicle

(Taken as reference)

Car example

Level of electrification

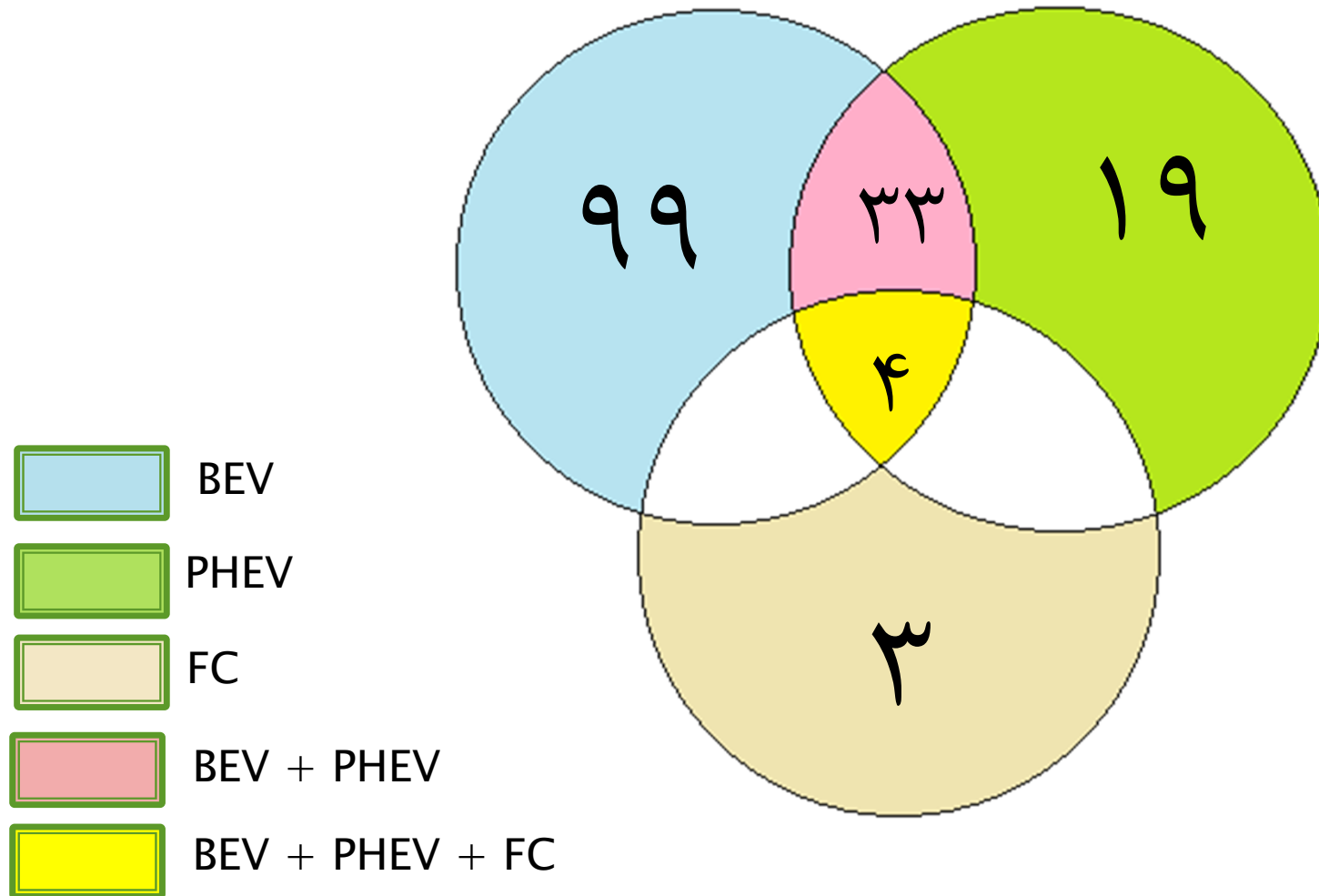
وعده کنار گذاشتن خودرو با سوخت فسیلی در کشورهای مختلف

Norway	2025
Nepal	2030
Denmark	2030
Ireland	2030
Australia	2030
Netherlands	2030
Costa Rica	2030
Slovenia	2030
EU	2030
Scotland	2032
Portugal	2040
UK	2040

Rome	2024
Paris	2025
Mexico City	2025
Madrid	2025
Athens	2025
California	2040

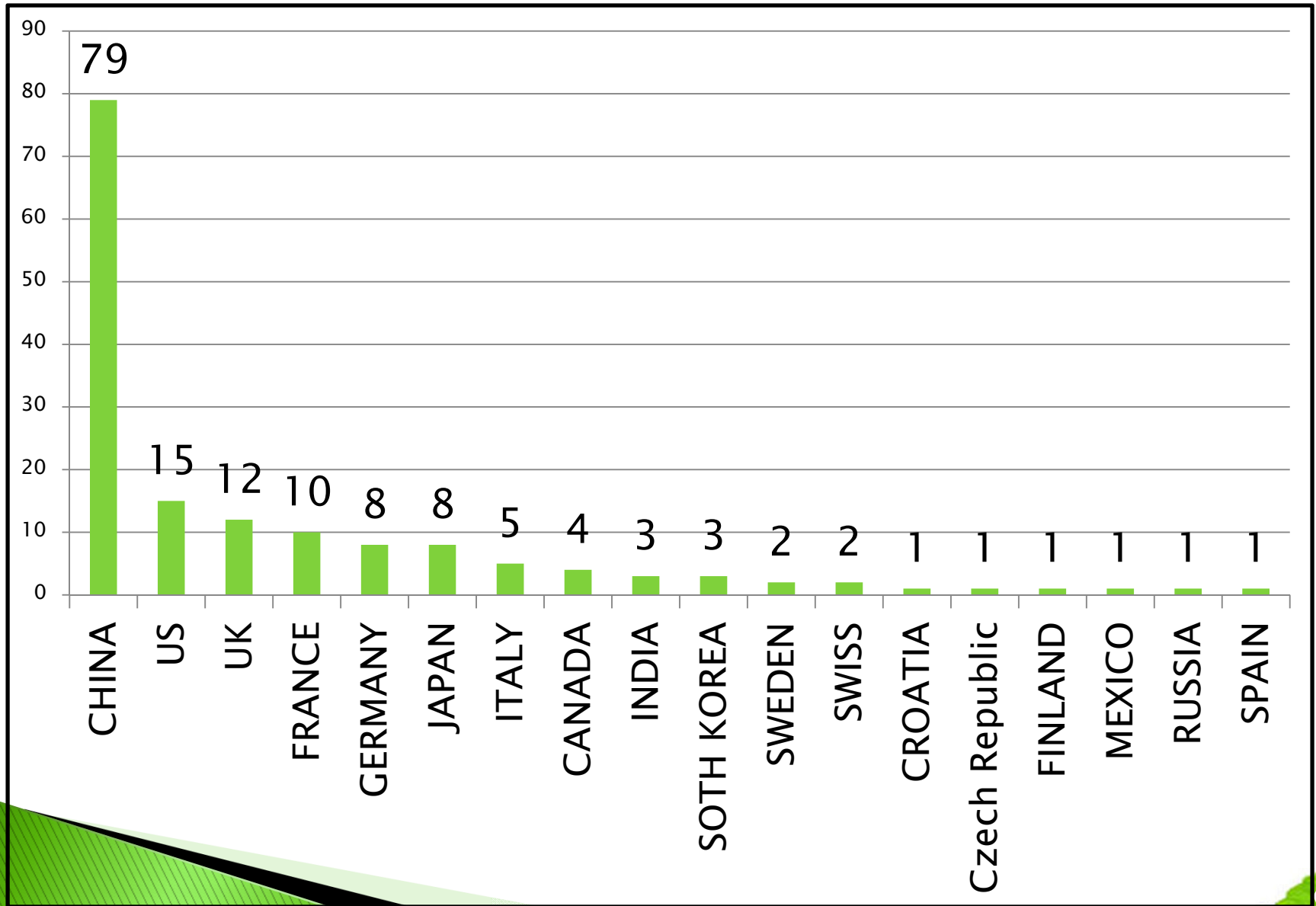
شرکت های فعال و دارای سابقه در تولید خودروهای الکتریکی (BEV , PHEV , FC)

تعداد شرکت هایی که در حوزه خودرو الکتریکی کار می کنند



۱۵۸ شرکت دارای سابقه در حوزه خودرو برقی هستند

پراکندگی شرکت در هر کشور

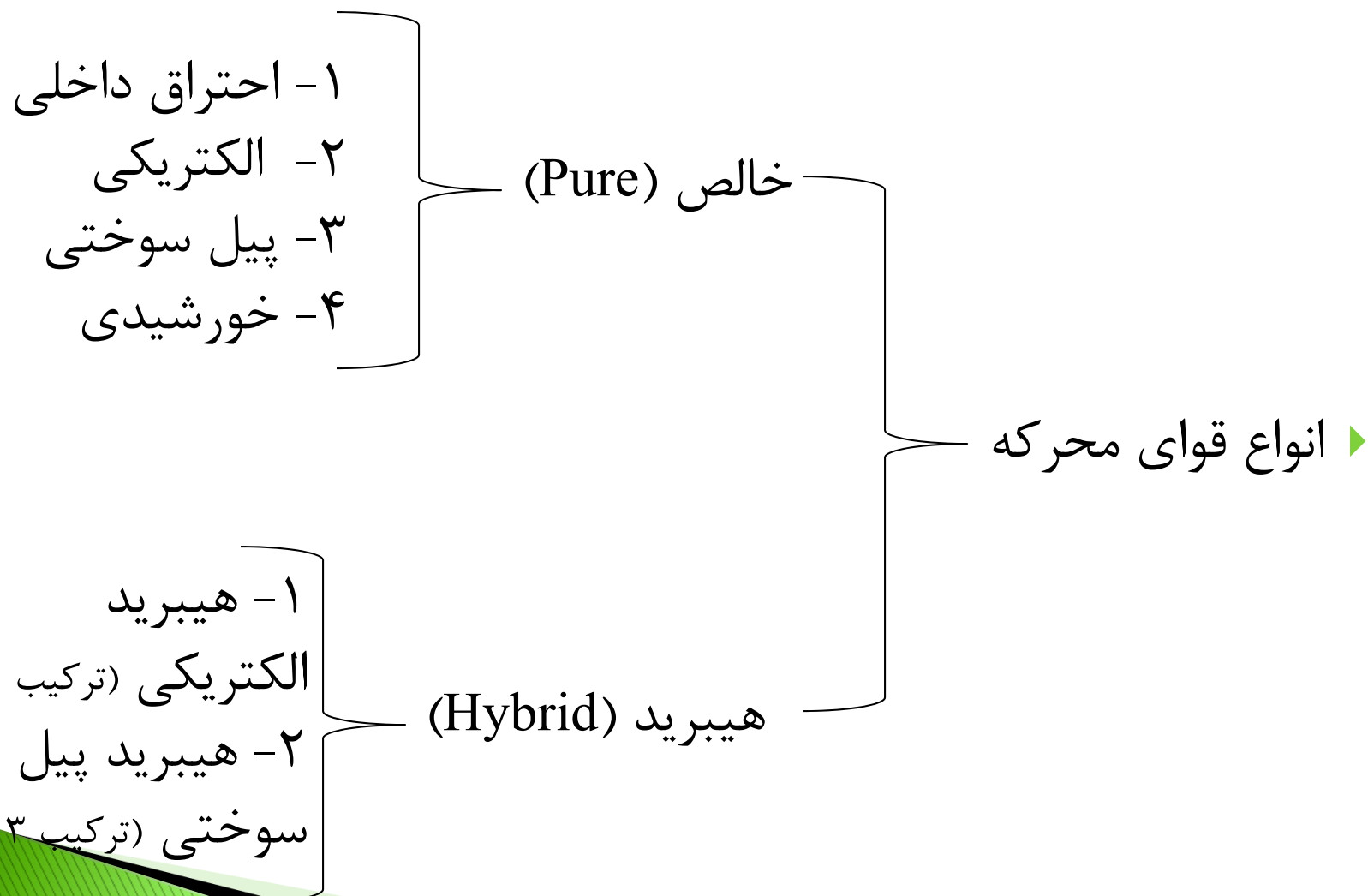


بکارگیری خودروهای الکتریکی
امروزه یک گزینه نیست بلکه یک
ضرورت است

۲- راهبردهای پیش رو جهت کنترل آلاینده‌گی

- ▶ کاهش آلاینده‌گی موجود در حامل انرژی اولیه
- ▶ کاهش آلاینده‌گی تولید شده در طی فرآیند تبدیل انرژی حامل اولیه به انرژی مکانیکی چرخ
 - کاهش نیروهای مقاوم وارد بر خودرو
 - بهبود موتور
 - بهبود سیستم انتقال قدرت
 - توسعه قوای محرکه نوین
- ▶ کاهش آلاینده‌گی تولید شده پس از فرآیند فوق الذکر

۳- توسعه قوای محرکه نوین / ۳-۱- انواع قوای محرکه نوین



۳-۳- تاریخچه قوای محرکه نوین / ۳-۳-۱- تاریخچه خودروهای تمام الکتریک (EVs)

- ▶ اولین خودروی تمام الکتریک در سال ۱۸۸۱ توسط یک فرانسوی ساخته شد. توان خودروی مذکور ۰/۱ اسب بخار و شامل یک موتور الکتریکی DC و باتری های سرب-اسید که مجموعاً ۱۶۰ کیلوگرم وزن آن بود.
- ▶ یک خودروی شبیه به خودروی فوق الذکر در سال ۱۸۸۳ توسط دو انگلیسی ساخته شد.
- ▶ دو خودروی مذکور به دلیل سرعت پایین (۱۵ کیلومتر بر ساعت) و پیمایش کم (۱۶ کیلومتر) رقیب جدی برای درشکه های آن زمان نبودند و چندان توجهی را جلب نکردند.

- ▶ بعدها با ظهور خودرویی (احتراق داخلی) با سرعت متوسط ۲۳ کیلومتر بر ساعت و پیمایش (Range) قابل توجه ۱۱۰۰ کیلومتر عملاً درشکه های اسبی جای خود را به درشکه های بی اسب یا همان خودروهای امروزی دادند. از آن پس تا کنون رقیب خودروهای الکتریکی، خودروهای احتراق داخلی بودند.
- ▶ در سال ۱۸۹۷ ترمز بازیابی توسط یک فرانسوی اختراع شد که توانست به افزایش پیمایش خودرو کمک زیادی کند. در همان سال یک خودروی برقی دیگر توسط یک فرانسوی دیگر ساخته شد که توانست برای اولین بار پیمایشی بالای ۱۰۰ کیلومتر داشته باشد.

▶ البته دوره جدید خودروهای برقی در دهه ۱۹۸۰ شروع شد که متوجه شدند به دلیل وزن زیاد باتری ها، یک خودروی تمام الکتریک نمی تواند از لحاظ پیمایش و عملکرد با یک خودروی احتراق داخلی رقابت کند. بدین ترتیب مشکل اصلی در مورد این نوع خودروهای مشکل باتری می باشد.

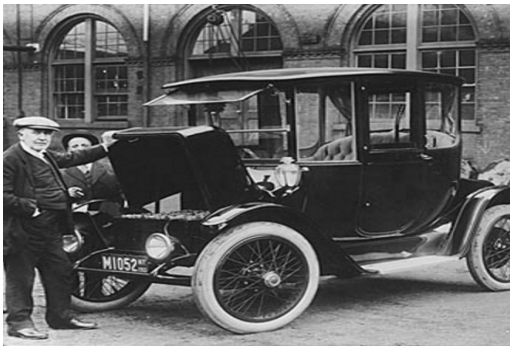
▶ اخیراً با ورود باتری های ارزان قیمت لیتیومی این مشکل کمتر شده است. با این وجود باید در نظر داشت که انرژی یک باک بنزین چندین برابر انرژی قابل ذخیره سازی در یک مجموعه از بهترین باتری ها است و لذا خودروهای برقی، آینده روشنی نخواهند داشت که همین امر موجب روی آوردن به خودروهای هیبرید الکتریکی شده است.

۳-۲- تاریخچه خودروهای هیبرید الکتریکی (HEVs)

- ▶ جالب است بدانیم که تاریخچه خودروهای هیبرید الکتریکی به قدمت تاریخچه اتوموبیل است. البته در ابتدا هدف از خودروهای هیبریدی کاهش مصرف سوخت نبود، بلکه تنها راهی بود که بتوان به موتور احتراق داخلی کمک کرد تا توان لازم را فراهم نماید.
- ▶ تولید اولین خودروی هیبریدی که گزارش شده به سال ۱۸۹۹ و مجدداً توسط فرانسوی ها بر می گردد. خودروی مذکور شامل یک موتور بنزینی هوا خنک و یک موتور الکتریکی به همراه یک باتری سرب-اسید بود. وقتی که خودرو متوقف بود باتری ها توسط موتور احتراق داخلی شارژ می شدند (نوعی هیبرید سری).

▶ در همان سال یک خودروی هیبرید الکتریکی موازی معرفی شد. در سالهای ۱۸۹۹ تا ۱۹۱۴ خودروهای هیبرید سری و موازی دیگری ساخته شدند. اگرچه در این خودروها از ترمز برقی استفاده شده بود، لیکن صحبتی از ترمز بازیاب در این دوران مشاهده نمی شود.

▶ خودروهای هیبرید کنار گذاشته شدند تا اینکه در دهه ۱۹۷۰ بحران نفتی باعث افزایش شدید قیمت بنزین شد. البته در همان دوران هم علارغم افزایش قیمت نفت توجه چندانی به این خودروها نشد. البته این امر را می توان ناشی از عدم پیشرفت کافی مسائل تکنیکی لازم در این خودروها نظیر الکترونیک قدرت، موتورهای و باتریهای لازم دانست.



تصویر توماس ادیسون با یک خودروی برقی در ۱۹۱۳



تصویری از خودروی برقی و چوبی ملکه ویکتوریا



اولین سمپوزیوم سیستم نیرو با آلودگی پایین



خودرو تولید شده توسط Sebring-Vanguard ۱۹۷۴



تصویری از خودروی برقی RT1 نمونه مفهومی ۱۹۷۰



کارخانه جنرال موتورز موتور برقی برای خودرو



ظهور خودروی Pirus نیوتا



نمایشگاه خودروی پاریس ۲۰۰۸ خودروی Roadster



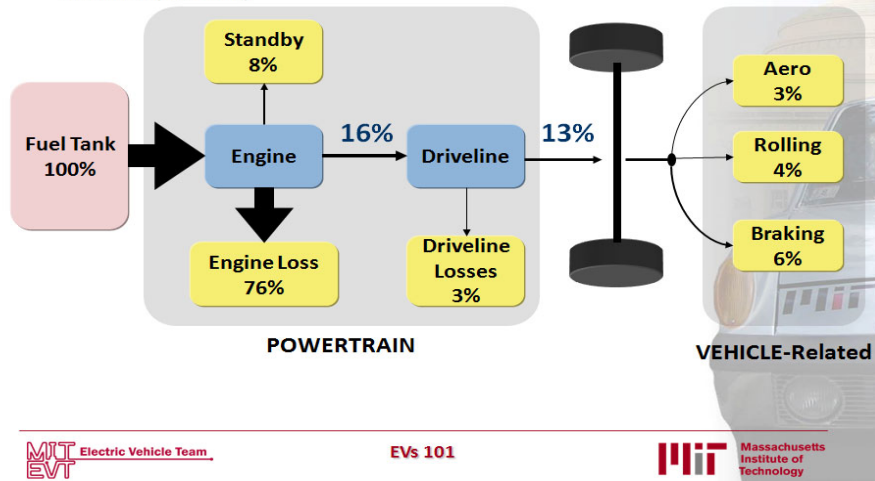
خودروی برقی Model 3
مسیر ۲۰۰ مایل با یک بار شارژ (۳۵ هزار دلار)

۳-۴- وضعیت فعلی صنعت خودرو

- ▶ در میان محصولات شرکت های خودروسازی نظیر تویوتا، هوندا، کیا، جنرال موتورز، هیوندای و فورد هم اکنون محصولات هیبرید الکتریکی دیده می شود.
- ▶ تنها محصول پیل سوختی موجود در بازار متعلق به شرکتهای تویوتا و هیوندای می باشد.

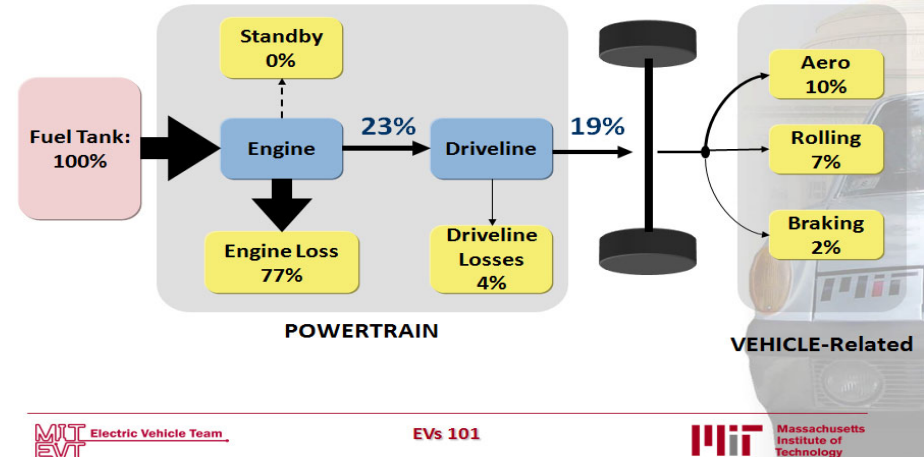
Energy Loss : City Driving

Urban Drive Cycle Energy Balance
2005 3 L Toyota Camry



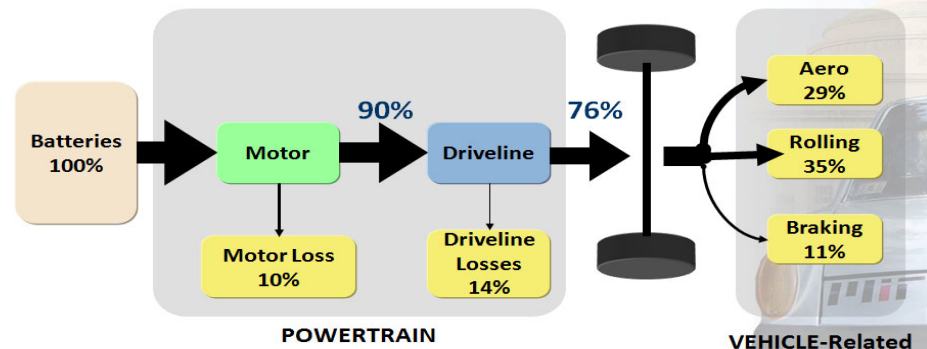
Energy Loss : Highway Driving

Highway Drive Cycle Energy Balance
2005 3 L Toyota Camry



Energy Loss : City Driving – Electric Vehicle

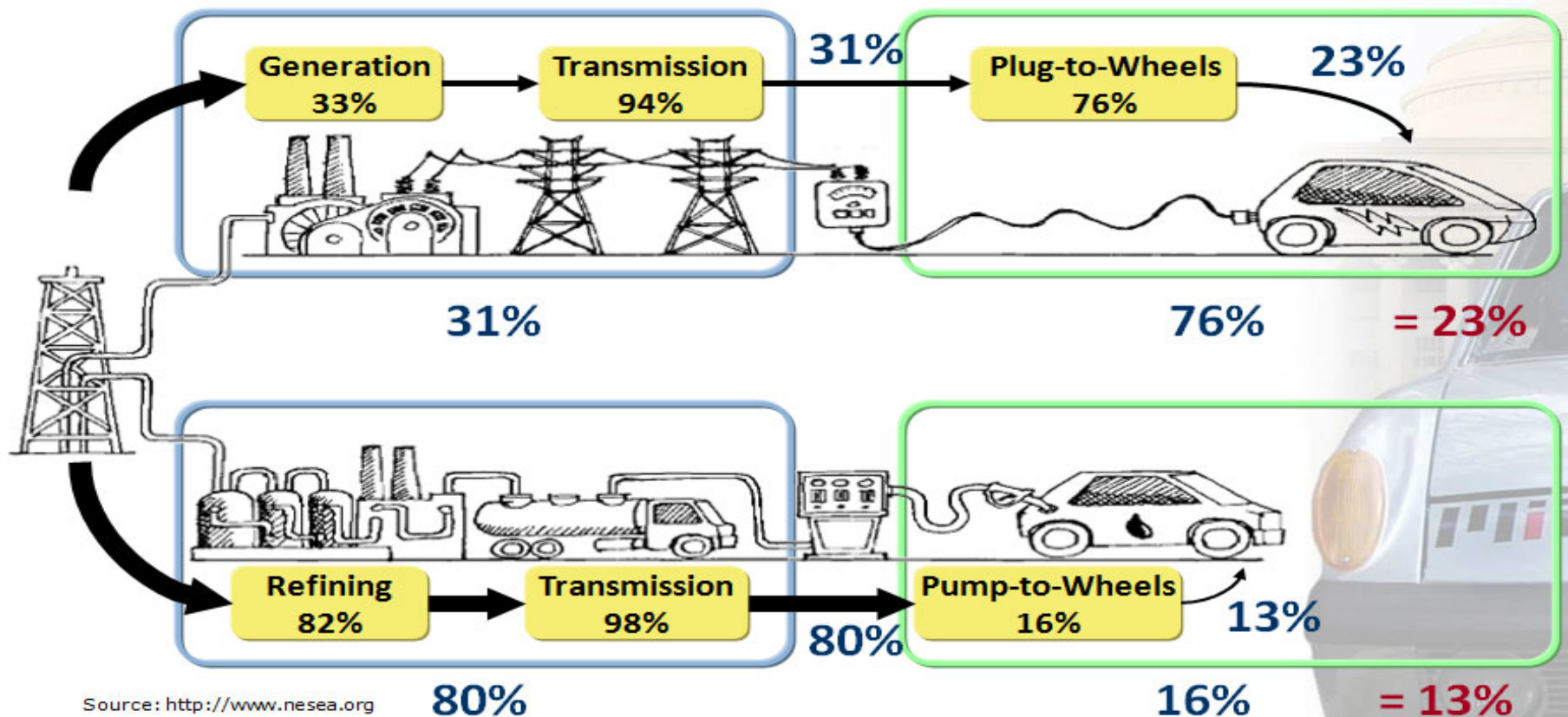
Urban Drive Cycle Energy Balance



Well-to-Wheels Efficiency

Well-to-Tank

Tank-to-Wheels



گزارش فوربس از فروش شرکت های مختلف در فصل نخست سال ۲۰۱۸

□ Forbes Q1 Figures for global Makers of Electric Vehicles

1 | Renault-Nissan (Jan-March: 26,248)



2 | Tesla (20,142)



3 | BAIC (Jan-March: 10,903)



4 | Zotye (Jan-March: 6,638)



5 | ZD (Jan-March: 5,824)



6 | BMW (Jan-March: 3,662)



7 | Chevrolet (Jan-March: 3,432)



8 | Hyundai (Jan-March: 2,569)



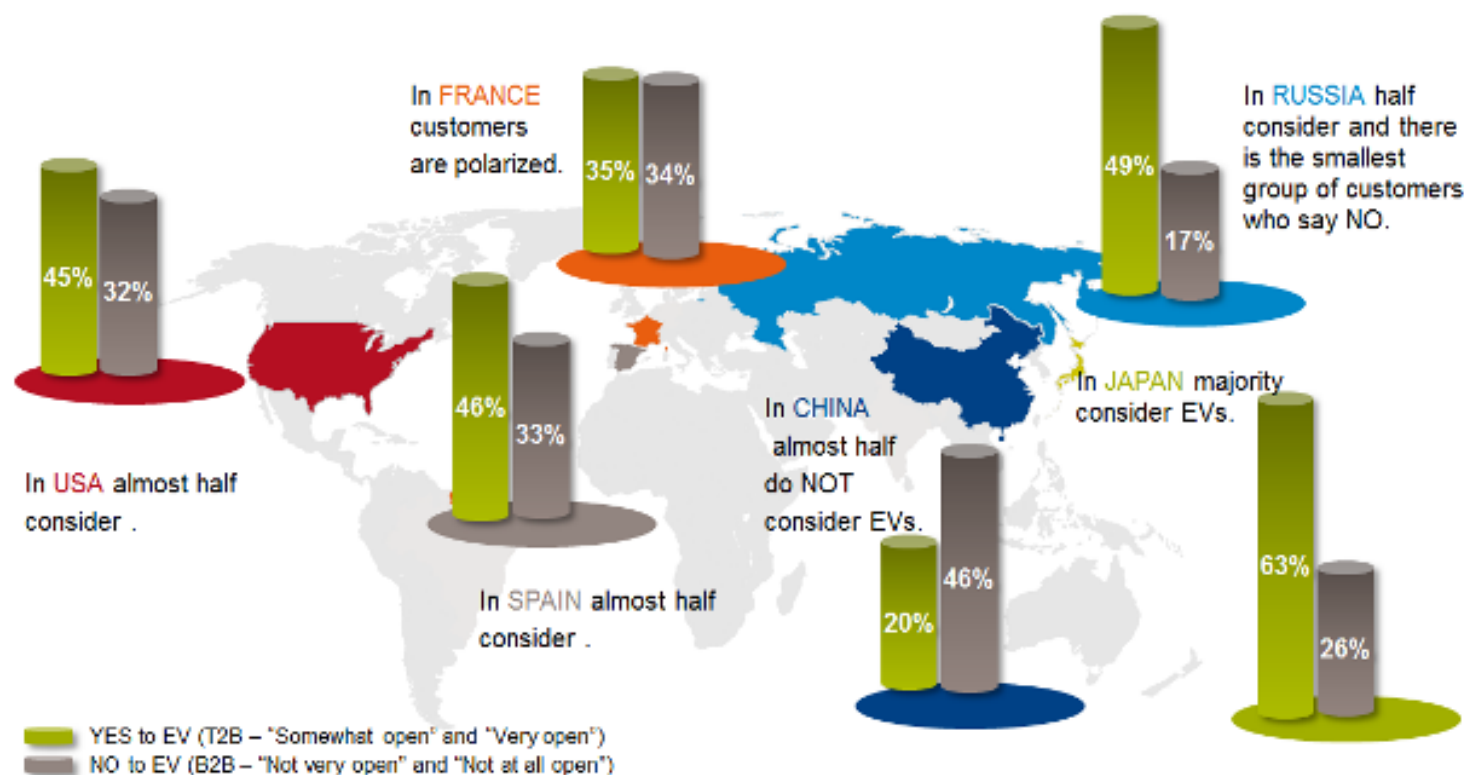
9 | Geely (Jan-March: 1,903)



10 | JAC (Jan-March: 1,627 units sold)



Across the markets studied, 43% of car owners will consider an EV but 31% will not



Source: GfK 6 market survey of automotive owners regarding perceptions and attitudes toward Electric Vehicles, June 2013
 Question: Thinking of your next new car purchase, how open are you to consider an Electric Vehicle IF it were offered for the type of vehicle you plan to purchase next?

© GfK 2013

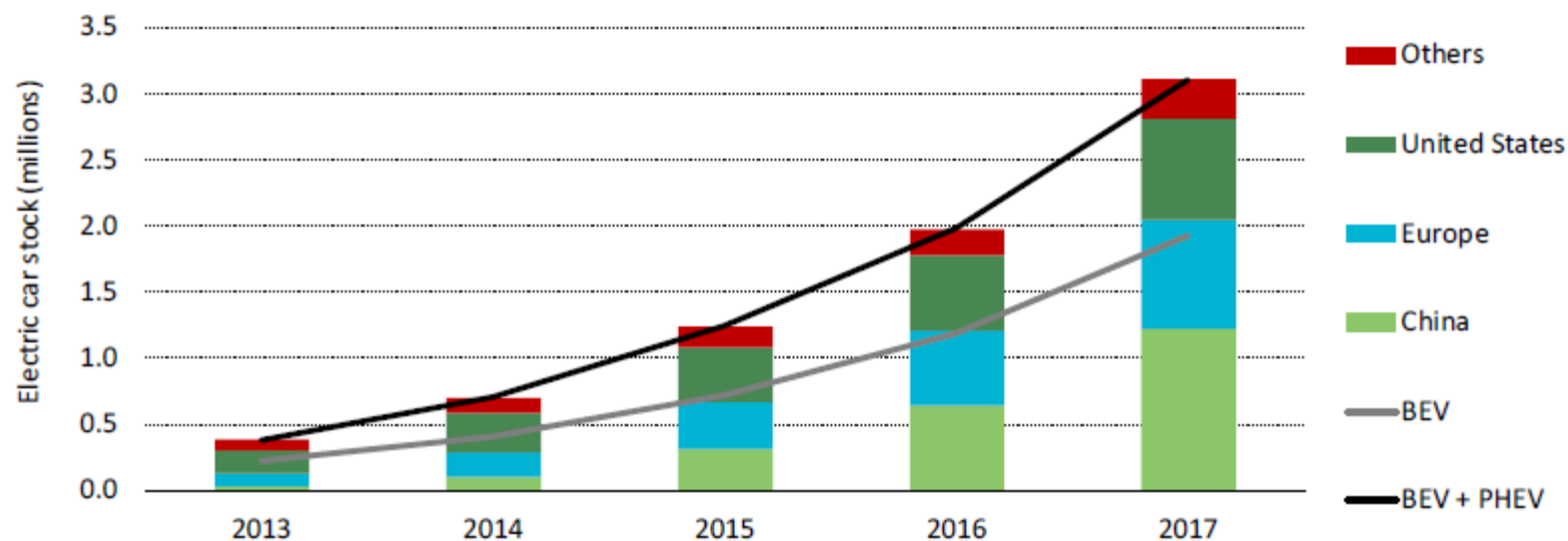


21

□ برابر نظرسنجی ها، حدود ۴۳ درصد از دارندگان خودرو به خودروی الکتریکی آری و حدود ۳۱ درصد نیز خیر گفته اند.
 GK 2013

رشد جهانی خودروهای الکتریکی

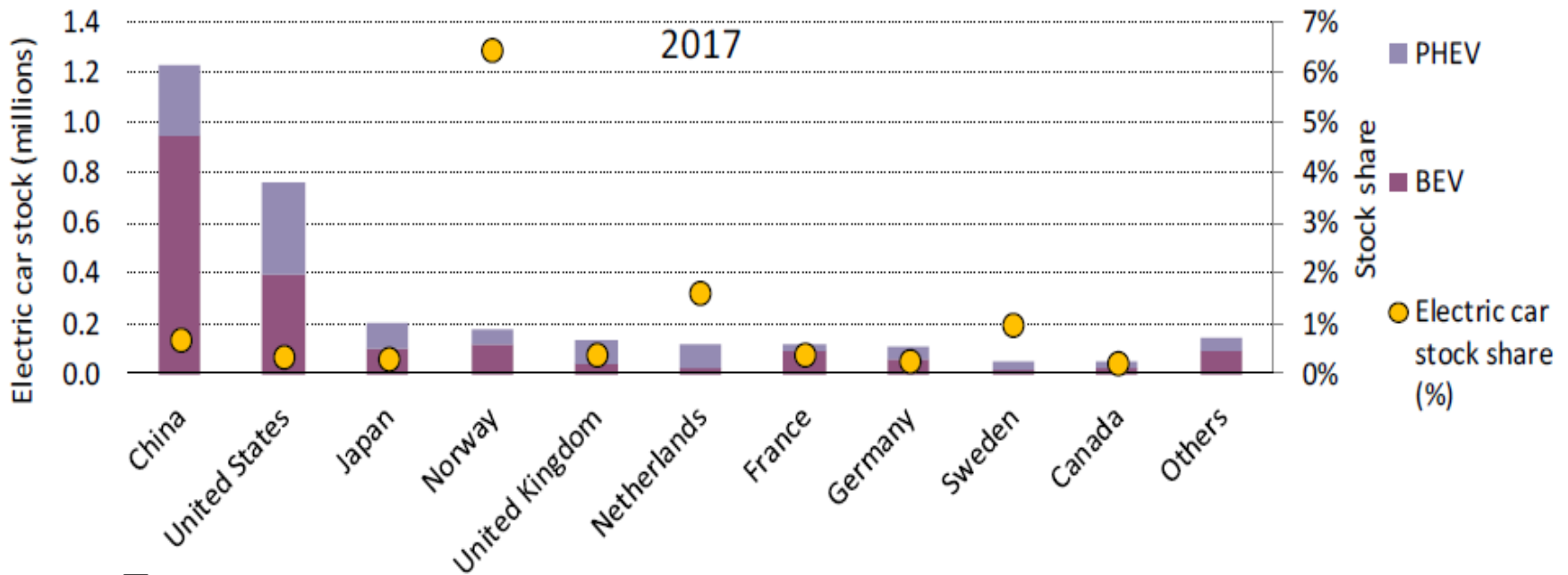
□ Evolution of the global electric car stock, 2013-17



□ Global electric car stock is expanding rapidly, crossing the 3 million vehicle threshold in 2017

۱۰ کشور برتر در صنعت خودروهای الکتریکی

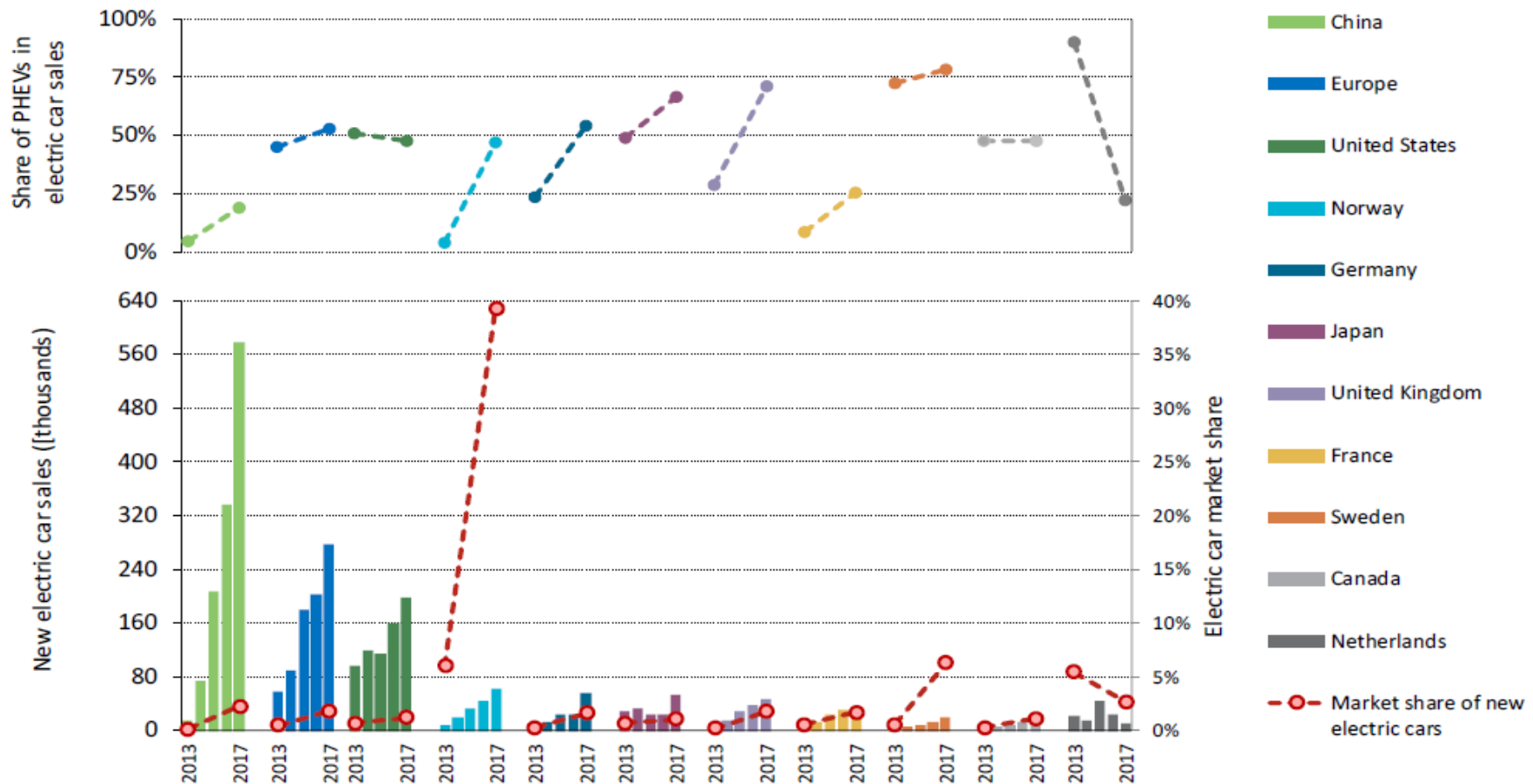
□ Top-ten EVI countries



□ There were more than 3 million electric passenger cars on the road worldwide in 2017, 40% of which were in People's Republic of China.

۱۰ کشور برتر در صنعت خودروهای الکتریکی - فروش خودرو الکتریکی و سهم آن از فروش خودرو

□ Electric car sales and market share in the top-ten EVI countries and Europe, 2013-17



□ China has the highest sales volume of electric cars globally, followed by the United States.
Norway is the world leader in market share terms.

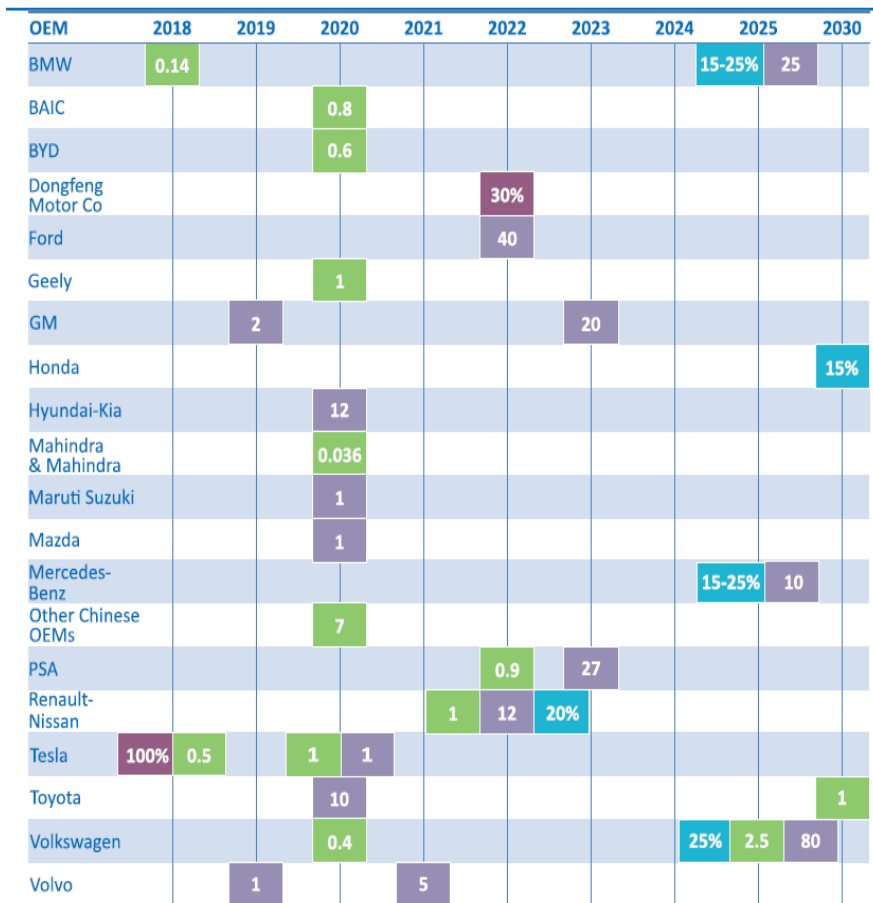
هدف گذاری کشورهای مختلف در گسترش خودرو الکتریکی

❑ Announced country targets and objectives for EV deployment, 2020-30

Country or region	EV 30@30 ¹	2020-30 EV target or objective	Source
Canada	✓	-	
China	✓	۵ میلیون EV متشکل ۴.۶ میلیون خودرو سبک، ۲۰۰ هزار اتوبوس و ۲۰۰ هزار کامیون	EVI (2016a); MIIT (2017); Marklines (2017); State Council (2012)
European Union		۱۵ درصد فروش EV در سال ۲۰۲۵ و ۳۰ درصد در سال ۲۰۳۰	EC (2018b)
Finland	✓	• 250 000 EVs by 2030.	MEAEF (2017)
France	✓	• Objectives under revision.	EVI (2018)
India	✓	• 30% electric car sales by 2030. • 100% BEV sales for urban buses by 2030.	Government of India (2018c); SIAM (2017)
Ireland		• 500 000 EVs and 100% EV sales by 2030.	DPER (2018)
Japan	✓	۲۰ تا ۳۰ درصد فروش EV در سال ۲۰۳۰	METI (2014)
Mexico	✓	-	
Netherlands	✓	• 10% electric car market share by 2020. • 100% EV sales in PLDV's by 2030. • 100% electric public bus sales by 2025 and 100% electric public bus stock by 2030.	EVI (2016b); IPO (2016); Rijksoverheid (2017)
New Zealand		• 64 000 EVs by 2021.	Ministry of Transport (2018)
Norway	✓	• 100% EV sales in PLDV's, LCV's and urban buses by 2025. • 75% EV sales in long-distance buses and 50% in trucks by 2030.	National Transport Plan (2016)
Korea		• 200 000 EVs in PLDV's by 2020.	MOTIE (2015)
Slovenia		۲۰۰ هزار درصد فروش EV خودرو سبک در سال ۲۰۲۰	Novak (2017)
Sweden	✓	-	
United Kingdom		• 396 000 to 431 000 electric cars by 2020.	EC (2017a)
United States (selected states)		• 3 300 000 EVs in eight states combined by 2025. ⁴ • ZEV ⁵ mandate in ten states ⁶ : 22% ZEV credit sales in passenger cars and light-duty trucks by 2025. ⁷ • California: 1.5 million ZEVs and 15% of effective sales by 2025, and 5 million ZEVs by 2030.	CARB (2016); State of California (2018; 2016a); ZEV PITF (2014)
Other European Union ⁸		• 450 000 to 760 000 electric cars by 2020. • 5.42 million to 6.27 million electric cars by 2030	EC (2017b)

اخبار تولید کنندگان اصلی خودروهای الکتریکی

❑ OEM announcements related to electric cars

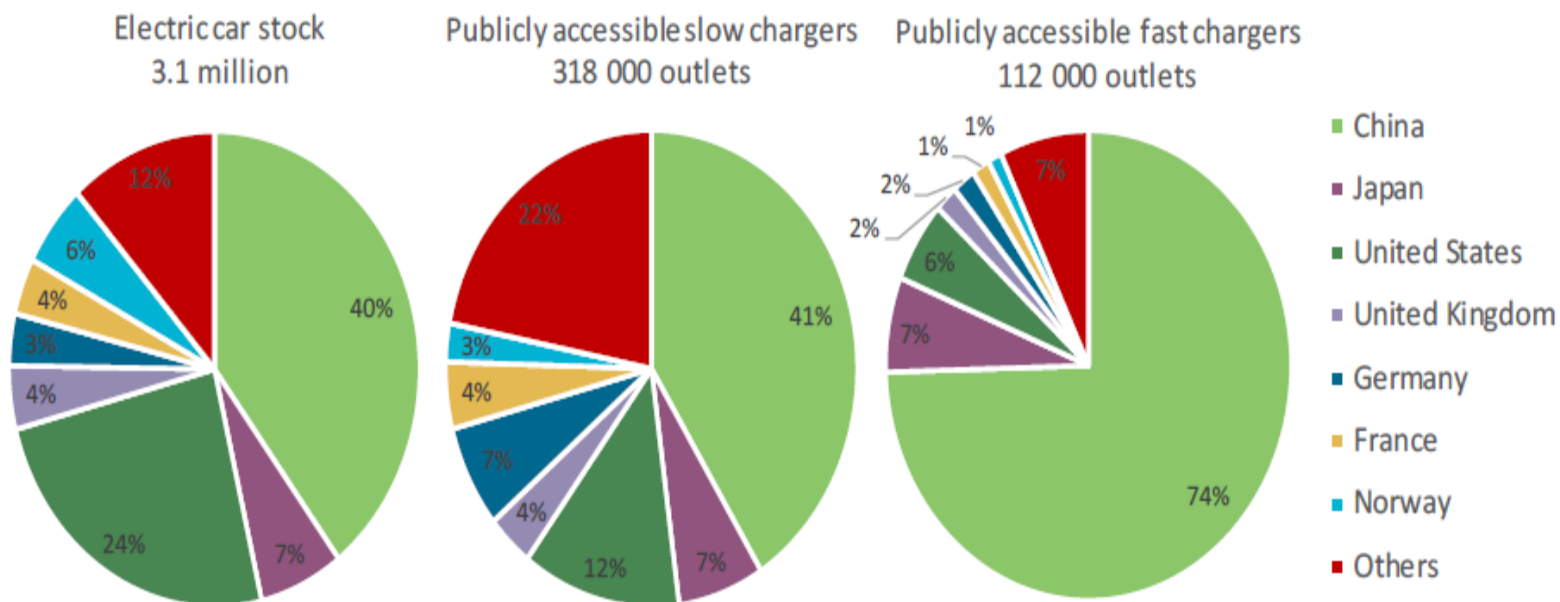


■ Number of sales millions ■ % of electric sales

■ Number of new EV models ■ Share of models with an electric version

زیر ساخت شارژ کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۷

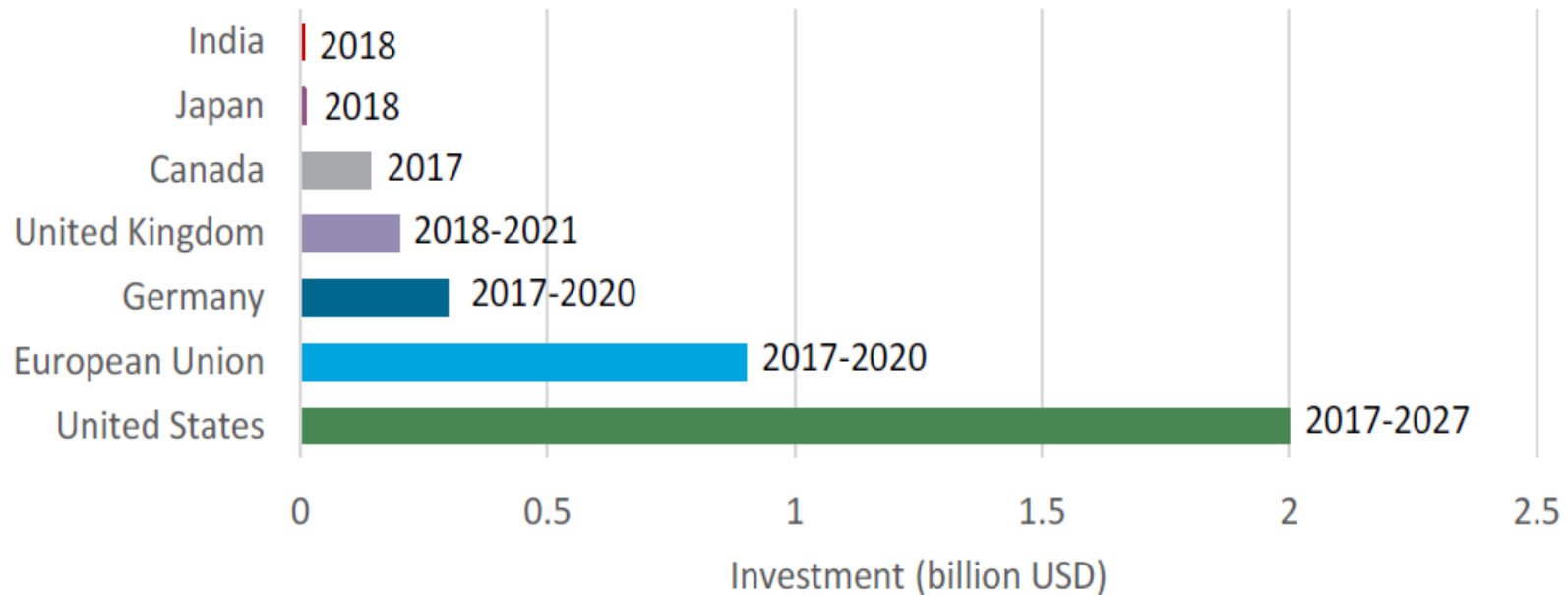
❑ Electric car stock and publicly accessible charging outlets by type and country, 2017



❑ China has approximately three-quarters of the world's publicly accessible fast chargers and a major part of the slow chargers.

برنامه سرمایه گذاری در حوزه زیرساخت خودروی الکتریکی

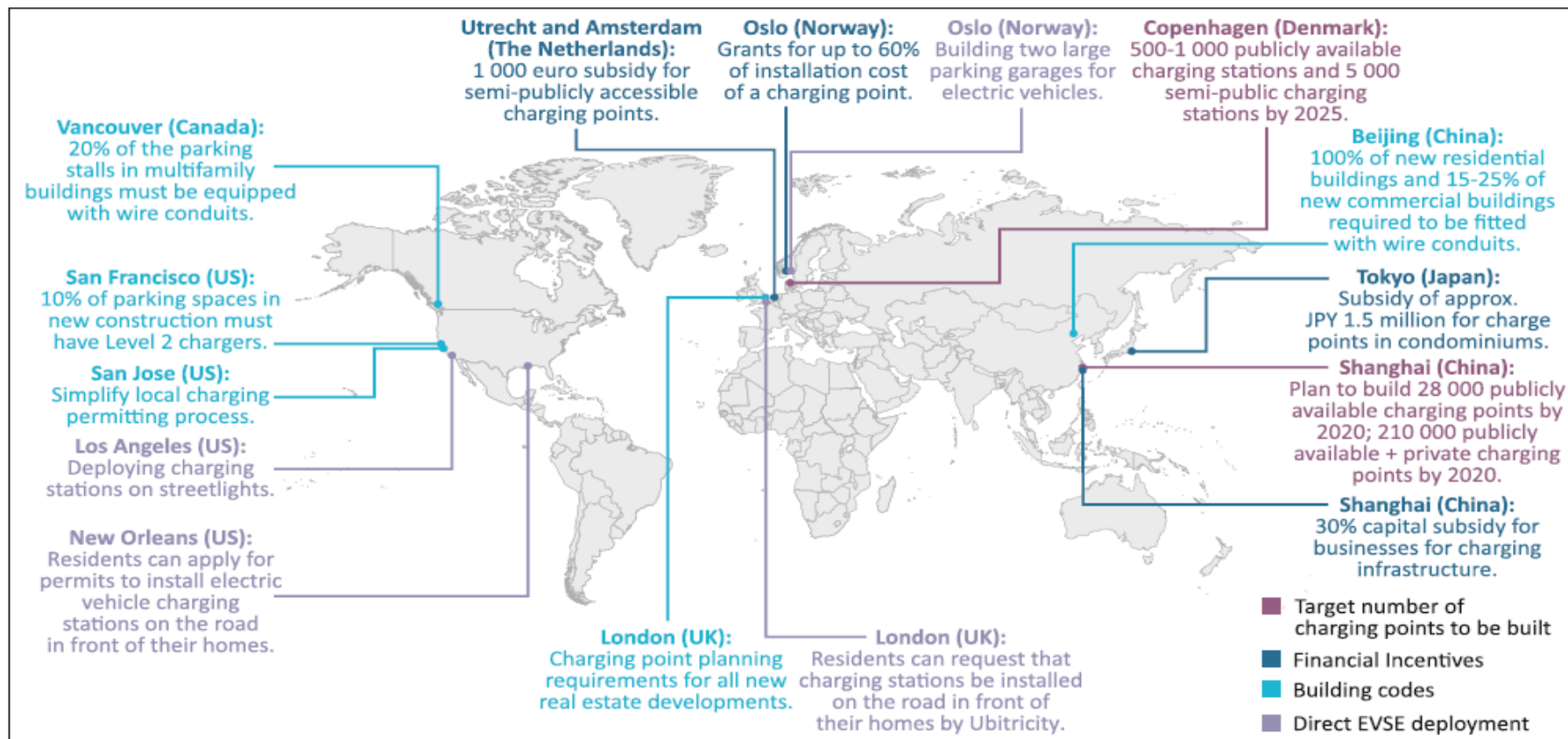
Recent investment announcements for EV infrastructure development in selected countries



The United States has earmarked the most investments for EV infrastructure development.

راهبردهای شهرهای مهم در گسترش زیرساخت شارژ

□ Examples of recent policy instruments promoting charging infrastructure deployment in major cities

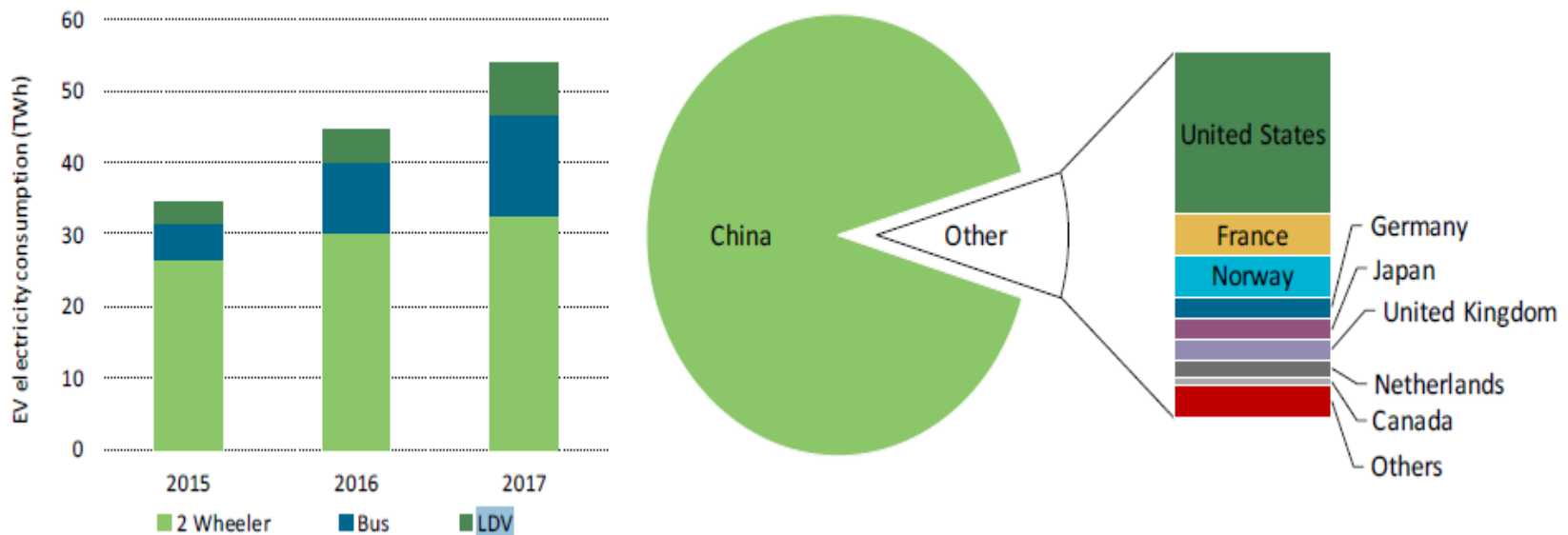


This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries, and to the name of any territory, city or area.

□ Cities are using a variety of measures to promote the development of charging infrastructure.

تقاضای برق ناشی از خودروهای الکتریکی در سال ۲۰۱۷

□ Total electricity demand from EVs by country, 2017

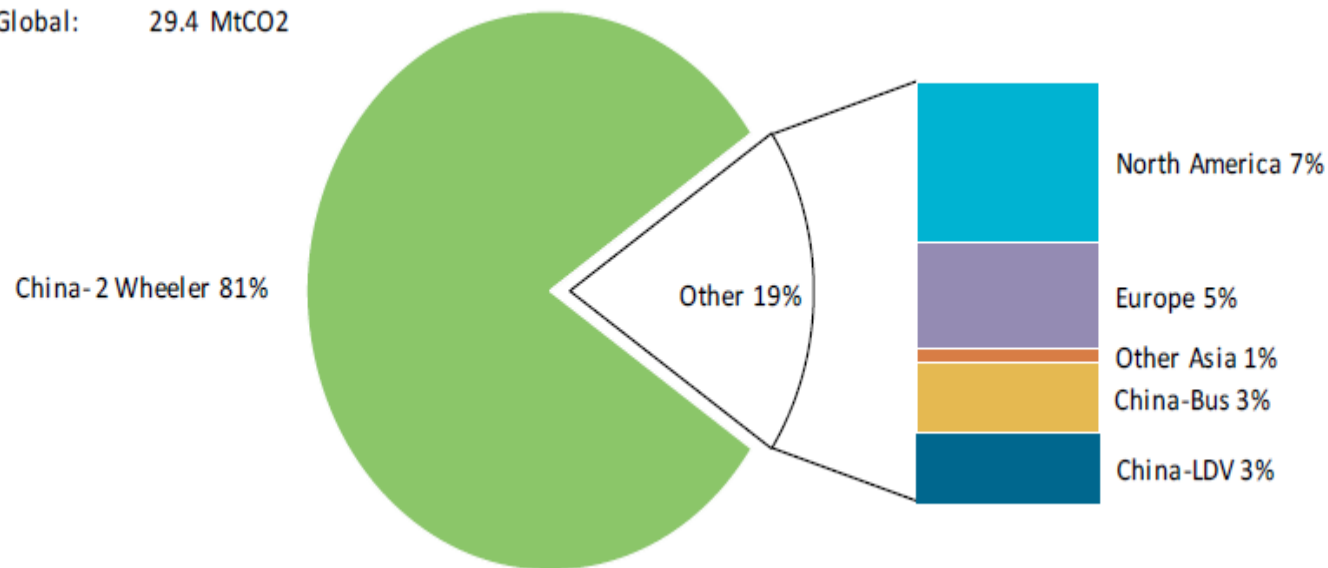


□ China dominates global electricity demand for EVs. Largest year-on-year growth in electricity demand comes from LDVs.

میزان گاز CO2 صرفه جویی شده ناشی از خودروهای الکتریکی

❑ CO2 emissions avoided due to EVs worldwide, 2017

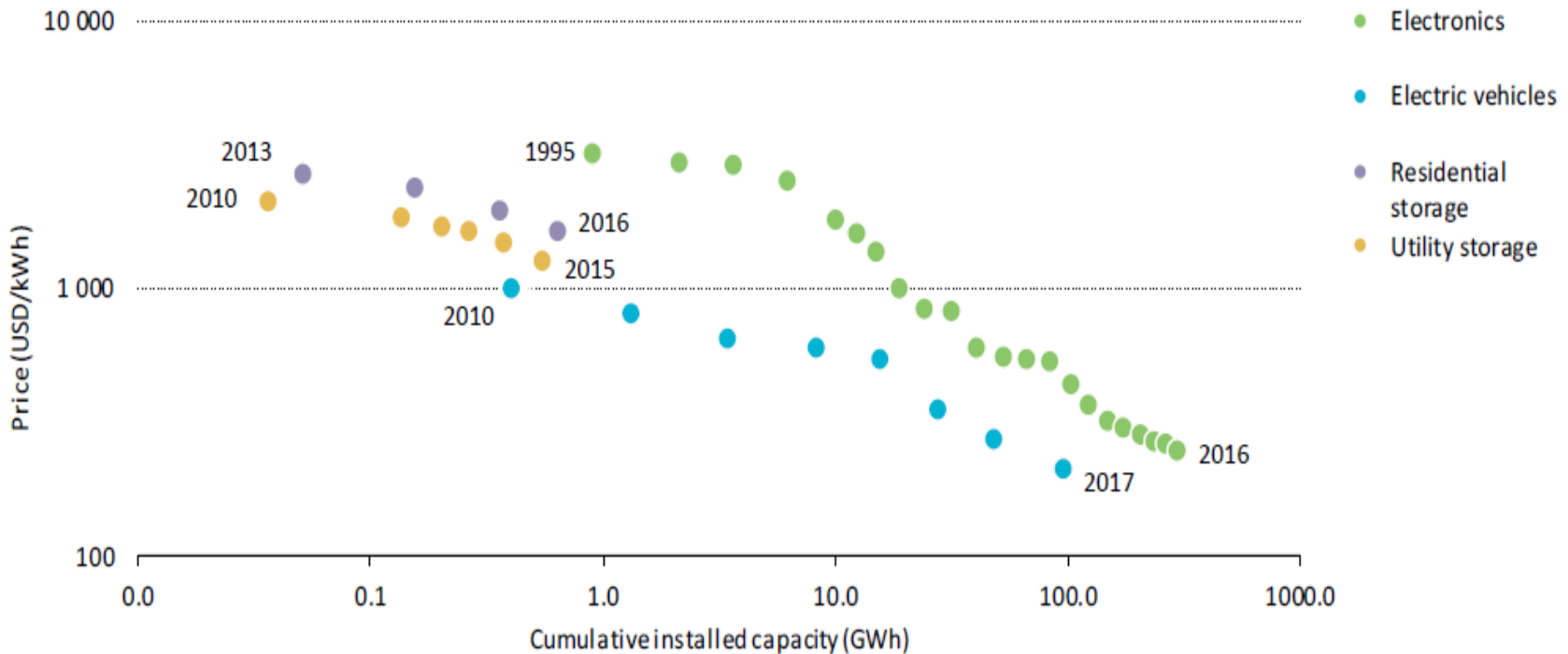
Global: 29.4 MtCO2



❑ Global CO2 emissions savings related to electric vehicles are largely in China where the number of EVs is high, even though power generation is carbon-intensive

روند تغییرات قیمت سیستم های ذخیره ساز لیتیوم یون

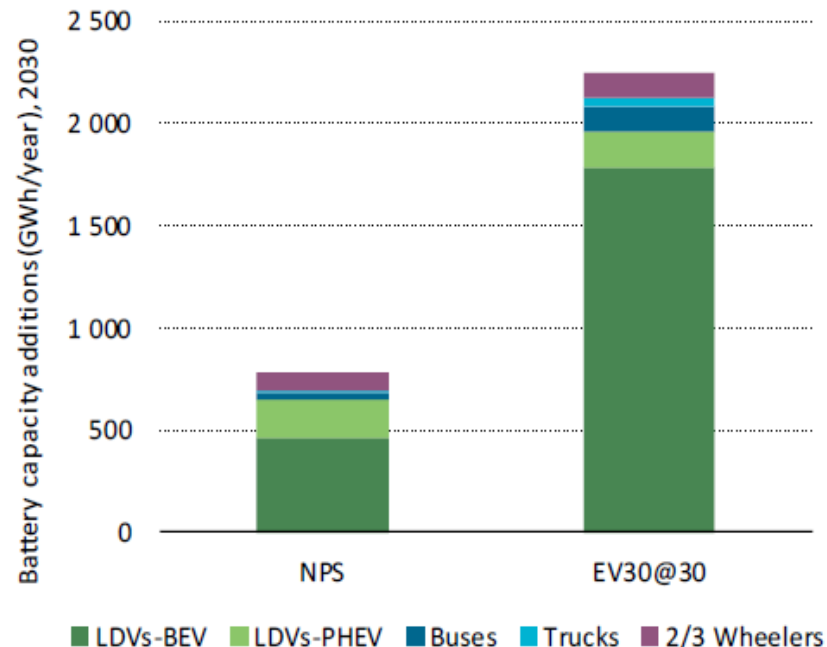
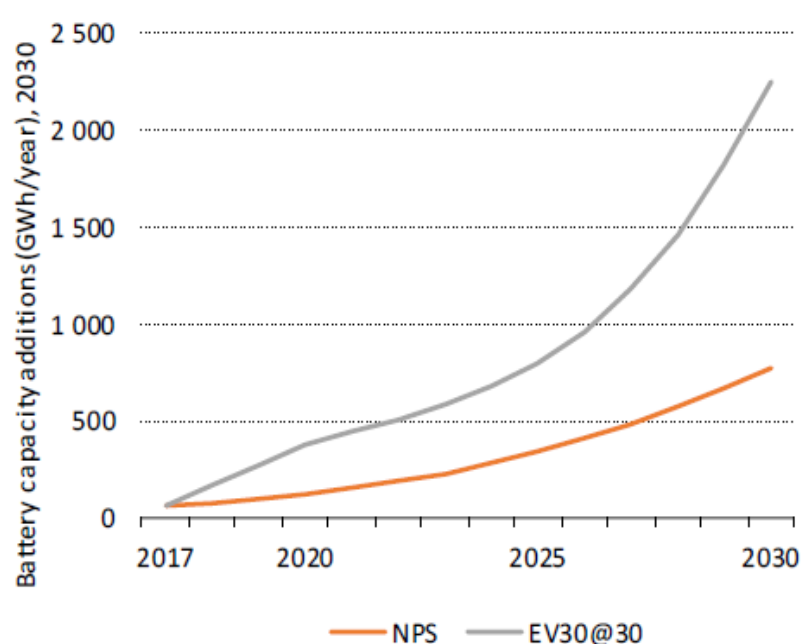
❑ Lithium-ion storage technology price developments



❑ Lithium-ion storage technology prices have decreased as manufacturing volumes increased. Experience in manufacturing batteries for consumer electronics has driven cost reductions to the benefit of EV packs as well as stationary storage.

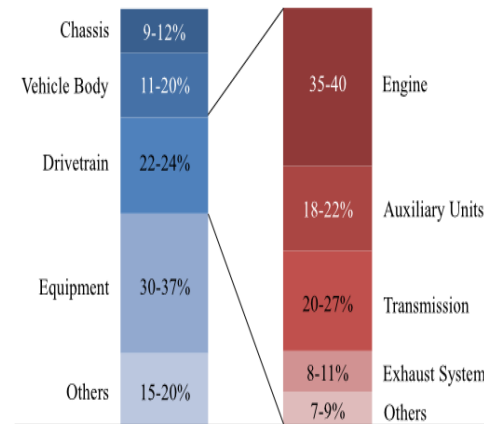
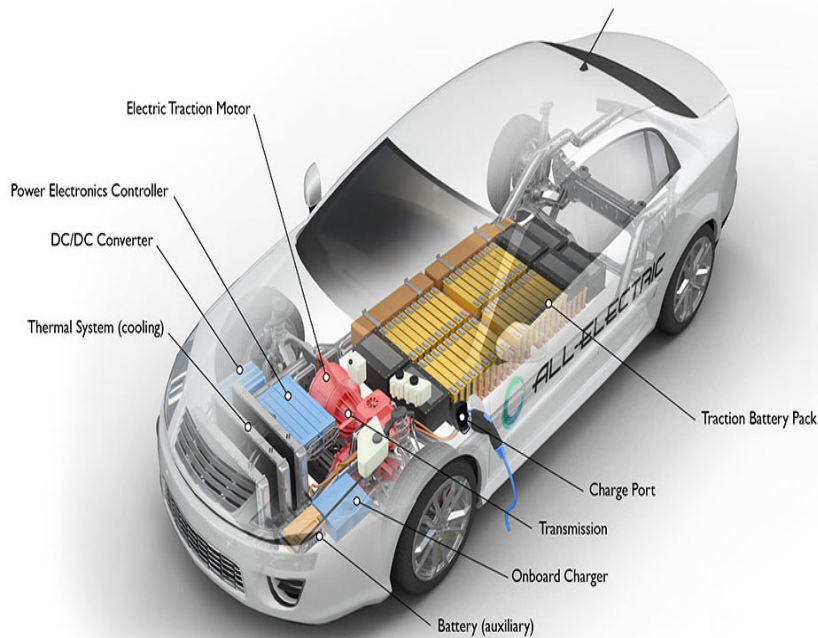
تقاضای باتری برای خودروهای الکتریکی بر اساس دو سناریو

❑ Battery demand for EVs to 2030 by scenario

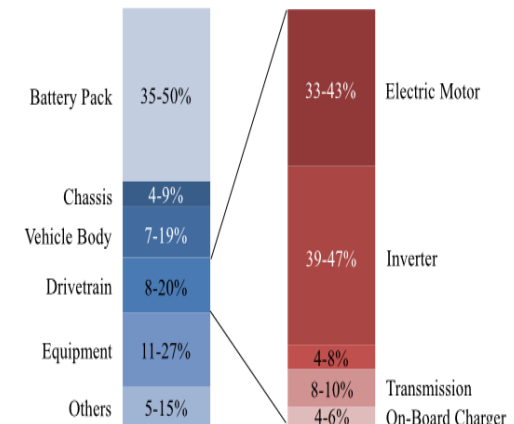


❑ Demand for battery capacity for electric vehicles, primarily for PLDVs, is projected to increase to 2.2 TWh per year in the EV30@30 Scenario and to 0.78 TWh per year in the New Policies Scenario to 2030.

ارکان خودروی الکتریکی

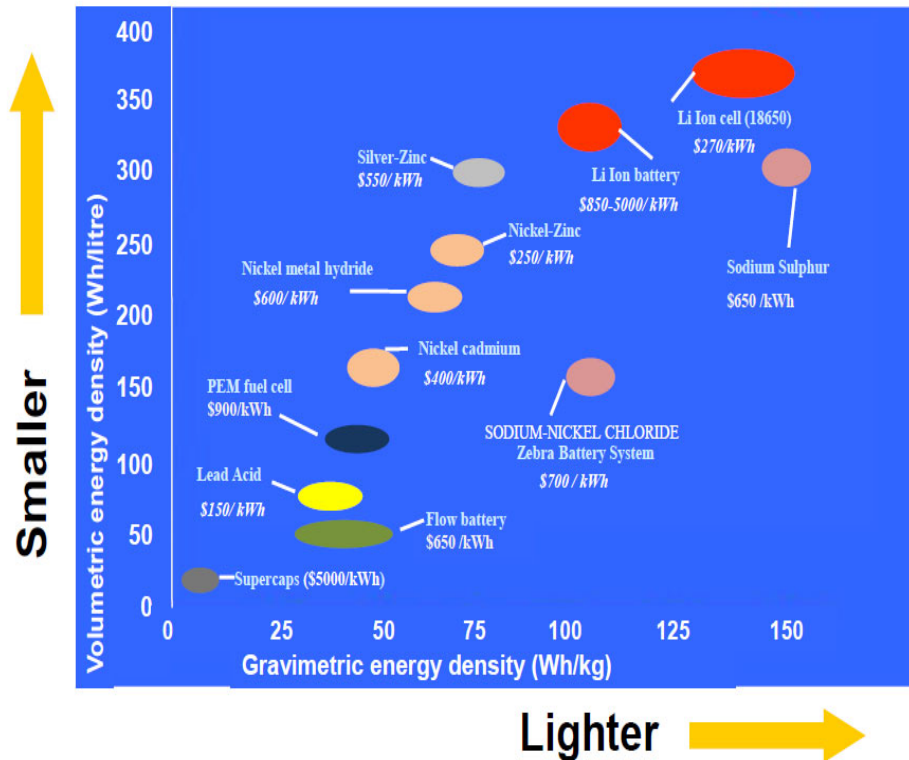


Cost structure of a conventional vehicle



Cost structure of a battery electric vehicle

برند	نام	قیمت خودرو	مشخصات باتری	قیمت باتری	سهم قیمت باتری	پیمایش خودرو
BMW	I3S	47.000 \$	27.2 kwh	14.000	۳۰ درصد	165 km
KIA	Soul	33.000 \$	27 kwh	11.550	۳۵ درصد	150 km
Nissan	Leaf	23.000 \$	24 kwh	10.000	۴۰ درصد	160 km



مؤسسه تحقیقاتی **Memorial Battelle** در مطالعه ای فناوری های کلیدی استراتژیک در افق زمانی ۲۰۲۰ را شناسایی و ارائه کرده است.

□ بهداشت و درمان مبتنی بر علوم ژنتیک

□ **بسته های انرژی پرتوان (باتری ها)**

□ فناوری های دوستدار و حافظ محیط زیست

(فناوری های سبز)

□ رایانه های همراه

□ نانو ماشین ها (ماشین آلات مینیاتوری)

□ حمل و نقل عمومی به شکل سفارشی و مبتنی بر

مصرف کننده

□ طراحی و تولید محصولات غذایی و کشاورزی

□ محصولات و لوازم برقی هوشمند

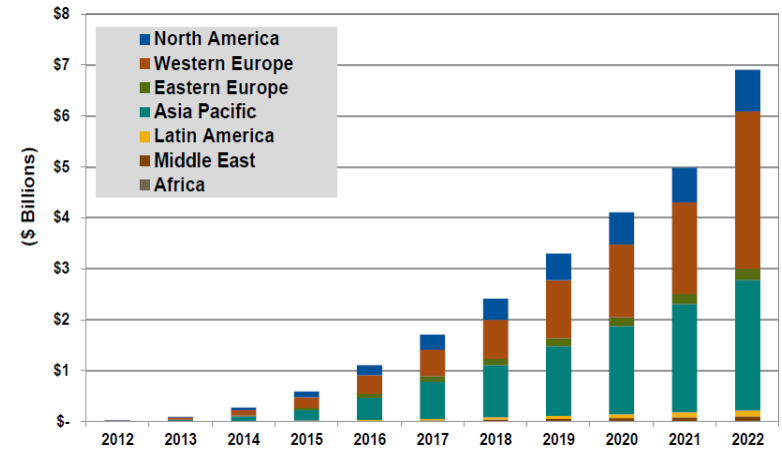
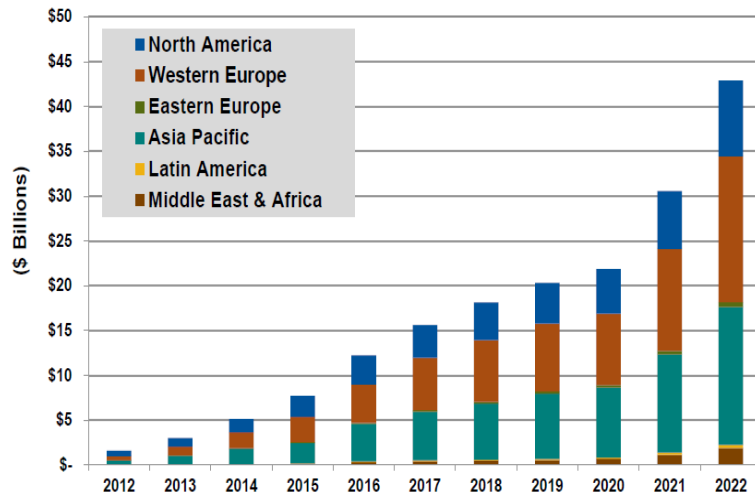
□ فناوری های تولید آب سالم و ارزان در سطح

جهانی

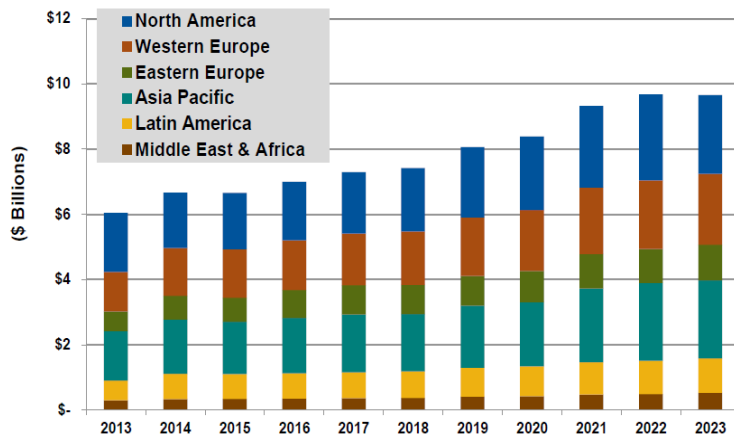
□ فناوری های تولید سنسورهای (حسگر) فوق

حساس

گردش مالی باتری لیتیومی تجدیدپذیر ۲۰۱۲-۲۰۲۲ گردش مالی باتری لیتیومی خودرویی ۲۰۱۲-۲۰۲۲



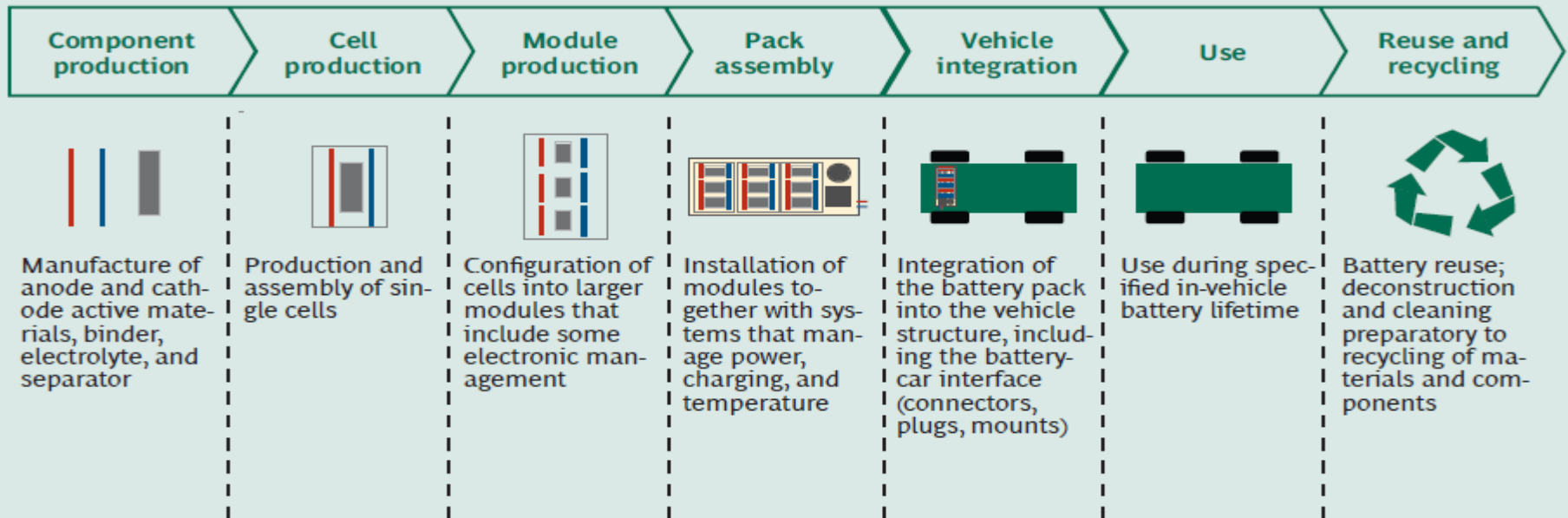
گردش مالی باتری لیتیومی وسایل الکترونیکی ۲۰۱۳-۲۰۲۳



جمعاً در حدود ۶۰ میلیارد دلار

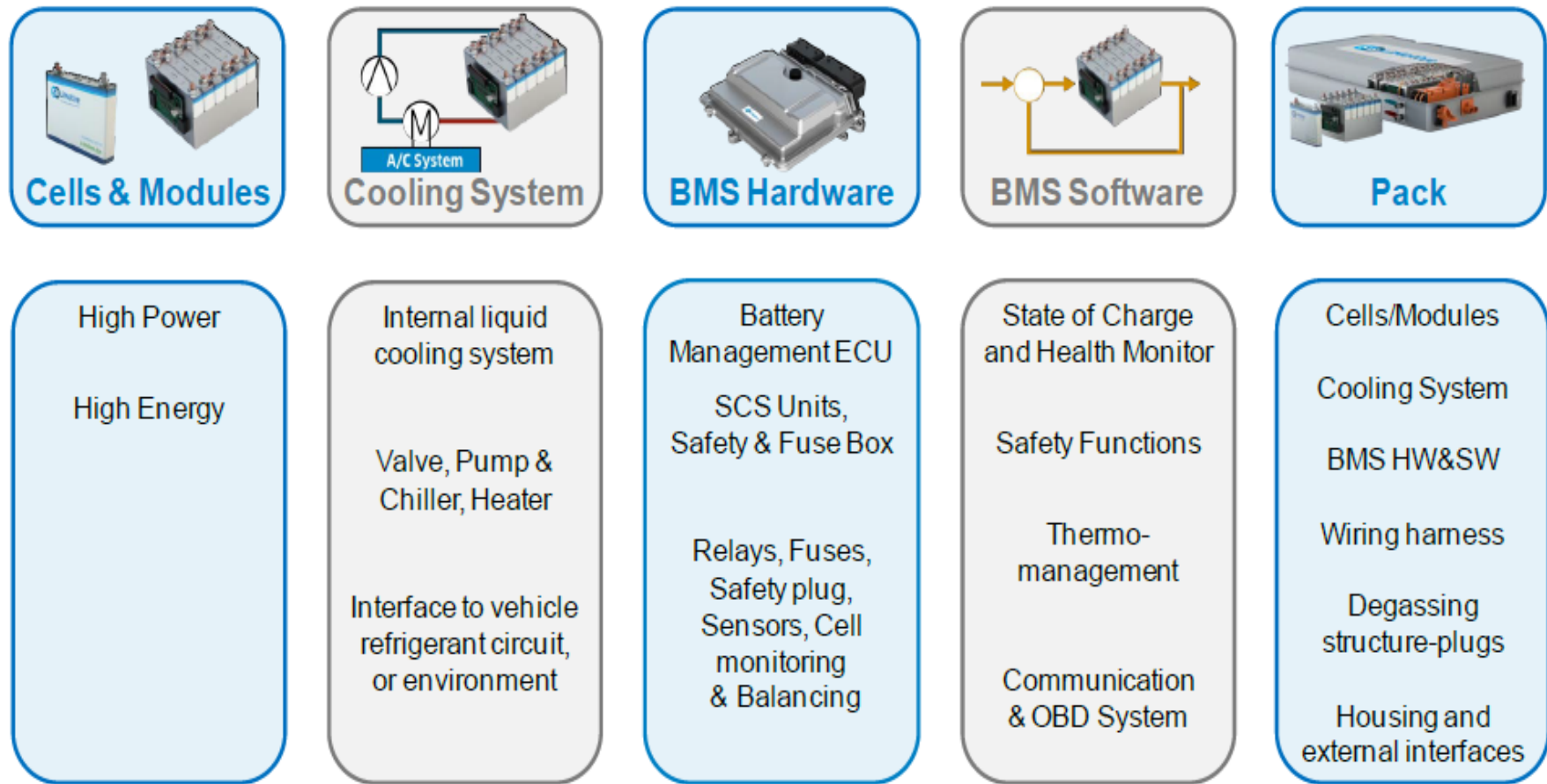
زنجیره ارزش صنعت باتری خودروی الکتریکی

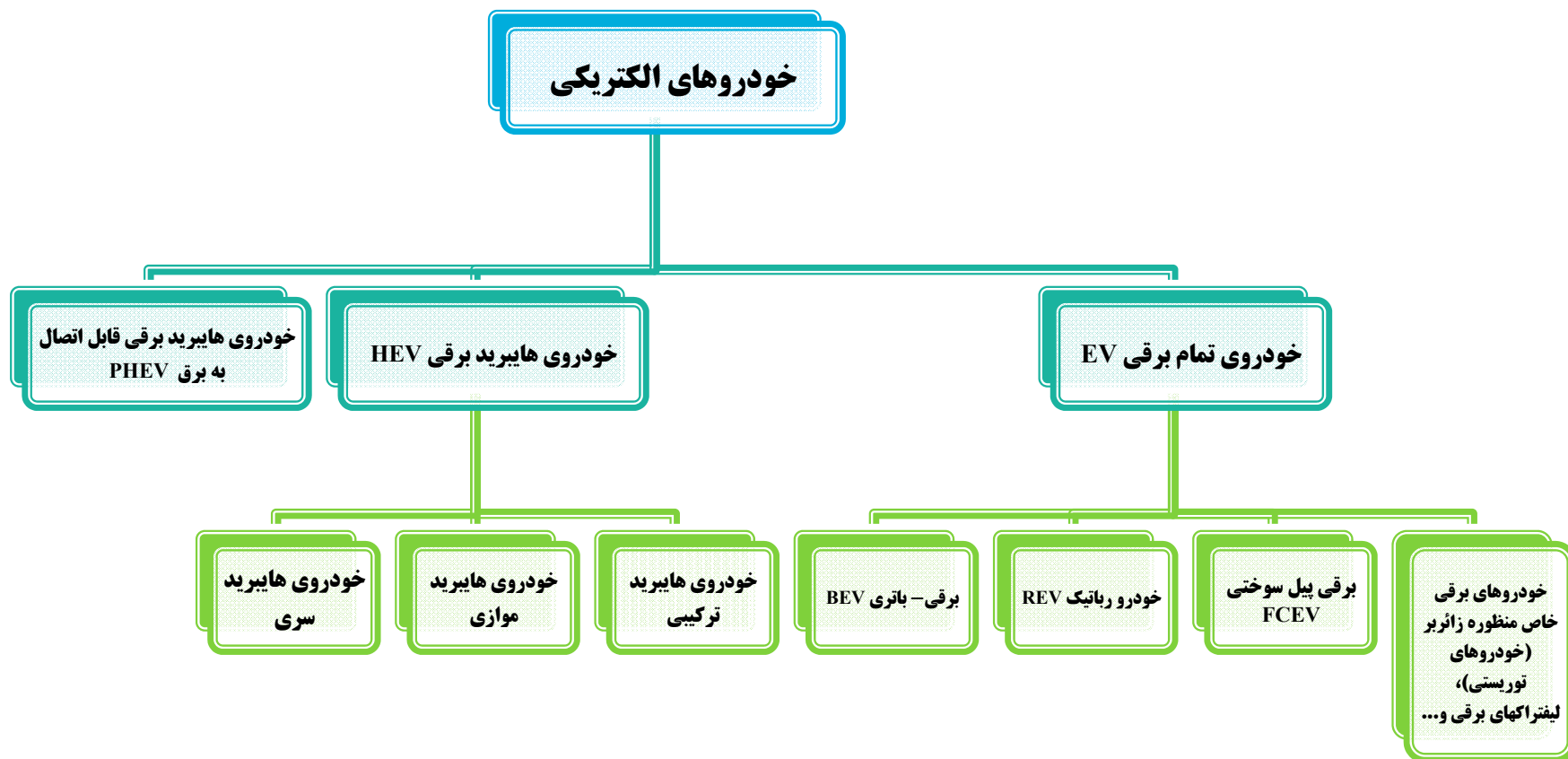
❑ Value Chain of Electric – Car Batteries



Source: BCG analysis.

متعلقات سخت افزاری و نرم افزاری یک سیستم باتری





۴- انواع خودروهای هیبرید/۴-۱-مقدمه

▶ خودروهای رایج احتراق داخلی دارای کارایی خوب و پیمایش طولانی به دلیل استفاده از سوخت های فسیلی با چگالی انرژی بالا می باشند. لیکن از نظر اقتصاد سوخت و آلاینده‌گی زیست محیطی مطلوب نمی باشند. مهم ترین دلایل اقتصاد سوخت پایین آنها عبارت است از: ۱- عدم تطابق صحیح ویژگی های بازده سوخت موتور با ویژگی های عملکردی واقعی (ر.ک. شکل های ۲-۳۴ و ۲-۳۵)، ۲- اتلاف انرژی جنبشی خودرو در حین ترمز، به خصوص در رانندگی های درون شهری، ۳- بازده پایین سیستم های انتقال قدرت اتوماتیک در رانندگی های شروع- ایست

► در مقابل خودروهای برقی با منبع توان باتری دارای مزایایی نسبت به ICEV ها هستند، نظیر بازده انرژی بالا و آلاینده‌گی صفر. با این وجود کارایی آنها به خصوص پیمایش عملکردی آنها در هر بار شارژ باتری به دلیل بسیار پایین تر بودن دانسیته انرژی باتری نسبت به بنزین، قابل مقایسه با ICEV ها نیست. خودروهای هیبرید الکتریک (HEVs) که از دو منبع توان اولیه و ثانویه استفاده می کنند، از سویی دارای مزایای هر دو نوع خودروی احتراق داخلی و از سوی دیگر فاقد معایب آنها می باشند. در این فصل مفهوم پایه ای و اصول عملکردی قوای محرکه هیبرید الکتریکی بحث می شود.

۴-۱- مفهوم سیستم محرکه هیبرید الکتریکی

- ▶ اساساً هر نوع سیستم محرکه یک خودرو لازم است که:
 - ۱- توان لازم جهت پاسخگویی به نیازهای مربوط به کارآیی خودرو را برآورده کند.
 - ۲- میزان انرژی کافی حمل کند تا خودرو بتواند پیمایش کافی داشته باشد.
 - ۳- بازده بالایی داشته باشد.
 - ۴- آلاینده‌گی زیست محیطی پایینی داشته باشد.
- ▶ به طور کلی یک خودرو می تواند بیش از یک قوای محرکه داشته باشد.

▶ در اینجا قوای محرکه، به عنوان ترکیبی از منبع انرژی و مبدل انرژی یا همان منبع توان می باشد (به تفاوت انرژی و توان دقت شود). مثلاً سه سیستم زیر:

- بنزین (گازوئیل) - موتور احتراق داخلی
- هیدروژن - پیل سوختی موتور الکتریکی
- باتری شیمیایی - موتور الکتریکی

▶ خودرویی که دو یا بیشتر از دو قوای محرکه را دارد را یک خودروی هیبریدی گویند. یک خودروی هیبرید شامل یک قوای محرکه الکتریکی را خودروی هیبرید الکتریکی (HEV) می گویند.

► تعداد قوای یک خودروی هیبرید اغلب بیش از دو تا نیست، چرا که بیش از دو قوه ی محرکه، سیستم محرکه را بسیار پیچیده می سازد.

► جهت بازیابی انرژی ترمزی اتلافی به صورت گرما در ICEV ها، یک خودروی هیبرید معمولاً دارای قوای محرکه ای است که به انرژی اجازه می دهد به صورت دو سویه جریان یابد و یا یک سویه.

► شکل ۱-۵ نشان دهنده مفهوم سیستم محرکه یک خودروی - هیبریدی است که در آن سیستم های مختلف جریان یافتن توان نشان داده شده است.

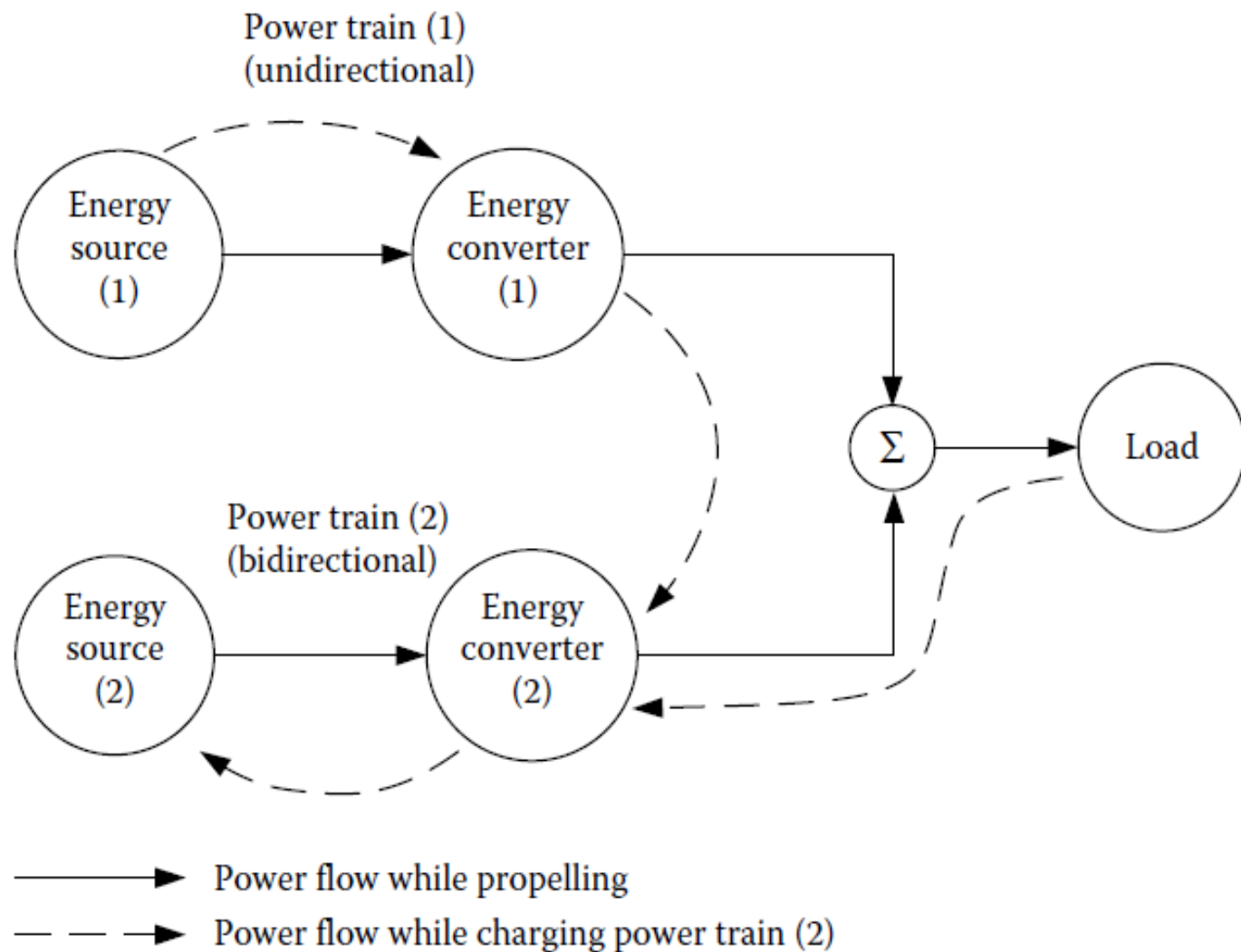


FIGURE 5.1 Conceptual illustration of a hybrid electric drive train.

► یک سیستم محرکه ی هیبرید می تواند توان خود را به صورت انتخابی به بار رساند.

- ▶ الگوهای مختلفی جهت عملکرد دو قوای محرکه در تأمین بار وجود دارد (شکل ۱-۵):
- ▶ ۱- منبع توان ۱ به بار (خودرو) توان می دهد.
- ▶ ۲- منبع توان ۲ به بار (خودرو) توان می دهد.
- ▶ ۳- هر دو منبع توان همزمان به خودرو توان می دهند.
- ▶ ۴- منبع توان ۲ توان از انرژی جنبشی بار می گیرد (ترمز بازیاب).
- ▶ ۵- منبع توان ۲ از منبع توان ۱ توان می گیرد.
- ▶ ۶- منبع توان ۲ هم از منبع توان ۱ و هم از انرژی جنبشی بار (ترمز بازیاب) توان می گیرد.

- ▶ ۷- منبع توان ۱ به طور همزمان ۲ و بار توان می دهد.
- ▶ ۸- منبع توان ۱ به منبع توان ۲ توان می دهد و منبع توان ۲ به بار توان می دهد.
- ▶ ۹- منبع توان ۱ به بار توان می دهد و بار توان را به منبع توان ۲ می دهد.

► در هیبرید سازی یک بنزین- موتور احتراق داخلی (قوای محرکه ۱) و یک باتری-موتور الکتریکی (قوای محرکه ۲)، الگوی ۱ به معنی پیش رانش صرفاً با موتور احتراق داخلی می باشد. از این روش، هنگامی که باتریها تقریباً به طور کامل تخلیه شده اند و موتور احتراق داخلی توانی برای شارژ کردن آنها ندارد، استفاده می شود و یا اینکه باتری ها به صورت کامل شارژ شده اند، لیکن موتور احتراق داخلی قدرت کافی جهت تأمین نیاز توان خودرو را دارد.

▶ الگوی ۲ مود پیش رانش خالص الکتریکی است که در آن موتور احتراق داخلی خاموش شده است. از این الگو در شرایطی می توان استفاده نمود که موتور احتراق داخلی نمی تواند به صورت مؤثری عمل کند، مانند سرعت بسیار پایین و یا نواحی ای که در آنها اندکی آلاینده‌گی نیز مجاز نمی باشد.

▶ الگوی ۳ مود پیش رانش هیبرید است و ممکن است در مواقعی استفاده شود که توان زیادی برای حرکت خودرو نیاز است، مانند شتاب گیری شدید یا بالا رفتن از مسیر سربالایی با شیب تند.

▶ الگوی ۴ ترمز بازیاب می باشد که در آن با عملکرد ژنراتوری موتور الکتریکی، انرژی جنبشی و پتانسیل خودرو بازیابی می شود. انرژی بازیابی شده در باتری ها ذخیره و مجدداً استفاده می شود.

▶ الگوی ۵ بیانگر مودی است که در آن موتور احتراق داخلی (ICE) باتری ها را شارژ می کند، در حالیکه خودرو توقف کرده یا از یک سرازیری خفیف پایین می رود که بدین ترتیب هیچ توانی از بار یا به بار منتقل نمی شود.

- ▶ در الگوی ۶ هم ترمز بازیاب و هم موتور احتراق داخلی به طور همزمان باتری ها را شارژ می کنند.
- ▶ الگوی ۷ مودی است که موتور احتراق داخلی هم موجب پیش رانش خودرو و هم موجب شارژ باتری می شود.
- ▶ الگوی ۸ مودی است که در آن موتور احتراق داخلی باتریها را شارژ می کند و باتریها توان مورد نیاز بار را تأمین می کنند (هیبرید سری).
- ▶ الگوی ۹ مودی است که در آن توان از موتور احتراق داخلی و از طریق جرم خودرو به باطریها منتقل می شود. یک پیکربندی مربوط به مود اخیر حالتی است که هر یک از قوای محرکه یکی از محورهای جلو یا عقب را به گردش در می آورند.

- ▶ همان گونه که مشاهده می شود، مودهای عملکرد در حالت هیبرید بسیار انعطاف پذیر تر از حالت تک محرکه ای هستند.
- ▶ با انتخاب مناسب پیکربندی و نیز کنترل مناسب، استفاده از یک مود عملکردی می توان منجر به بهینه شدن کارآیی، بازده و آلاینده‌گی خودرو شود. با این وجود، در یک طراحی واقعی، انتخاب اینکه کدام مود باید انتخاب شود به عوامل بسیاری بستگی دارد، مثلاً: پیکربندی فیزیکی سیستم محرکه، ویژگی بازده قوای محرکه، ویژگی بار و ...

► عملکرد هر قوای محرکه در ناحیه بازده بهینه خود جهت بهینه شدن بازده خودرو ضروری است. یک موتور احتراق داخلی طبیعی است که بیشترین بازده را در حالتی دارا است که دریچه گاز کاملاً باز باشد (ر.ک. به شکل های ۲-۳۰، ۲-۳۲، ۲-۳۴، ۲-۳۵ و ۳-۶) که در اکثر مواقع شرایط واقعی از این ناحیه فاصله دارد. از سوی دیگر، در موتور الکتریکی فاصله از حالت بهینه به شدت و وضوح موتور احتراق داخلی نیست (ر.ک. شکل ۴-۱۴).

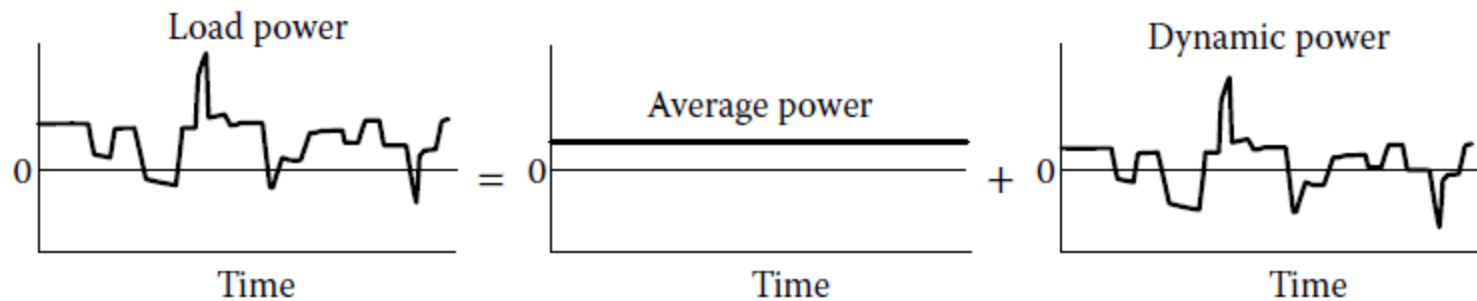


FIGURE 5.2 A load power is decomposed into steady and dynamic components.

► در شرایط عملکردی واقعی توان بار (Load Power) یک خودرو به دلیل شتاب بخشی، شتاب گیری، سربالایی و سرپایینی های مختلف به صورت نوسانی و متغیر است (شکل ۲-۵).

► در واقع، توان بار از دو مؤلفه تشکیل شده است: یکی توان میانگین یا پایا که مقدار ثابتی دارد و دیگری توان دینامیک که متغیر است، اما میانگین آن برابر صفر است.

► در طراحی استراتژی کنترل یک خودروی یک خودروی هیبرید از یک قوه ی محرکه ای که شرایط کاری در حالت میانگین برای آن مطلوب تر است (مانند موتورهای احتراق داخلی یا پیل سوختی) جهت تأمین توان میانگین استفاده می شود و از سوی دیگر، از قوای محرکه دیگر مثل باتری- موتور الکتریکی جهت تأمین توان بار دینامیکی استفاده می شود.

- ▶ میزان مصرف کل انرژی قوای محرکه ی تأمین کننده توان دینامیکی در کل سیکل رانندگی برابر صفر می باشد.
- ▶ در یک خودروی هیبرید توان میانگین را می توان از یک موتور احتراق داخلی، موتور استرلینگ و یا یک پیل سوختی استفاده کرد.
- ▶ موتور احتراق داخلی و یا پیل سوختی نسبت به حالت غیر هیبرید می توانند کوچک تر انتخاب شوند، چرا که جهت تأمین بار دینامیک از موتور الکتریکی به همراه باتری، ابرخازن و یا چرخ طیار (نوعی باتری مکانیکی) و یا ترکیبی از آنها استفاده می شود.

۴-۲- معماری سیستم محرکه خودروهای هیبرید الکتریکی

► به طور سنتی، HEV ها را به دو دسته ی سری و موازی تقسیم می کردند. جالب است که در سال ۲۰۰۰ برخی HEV های جدید را نمی توانستند در این دو دسته قرار دهند. بنابراین، در حال حاضر HEV ها را در چهار دسته تقسیم بندی می نمایند: هیبرید سری، هیبرید موازی، هیبرید سری-موازی و هیبریدهای پیچیده که در شکل ۳-۵ عملکرد آنها نشان داده شده است. البته تقسیم بندی فوق به لحاظ علمی خیلی واضح و فاقد عیب نیست.

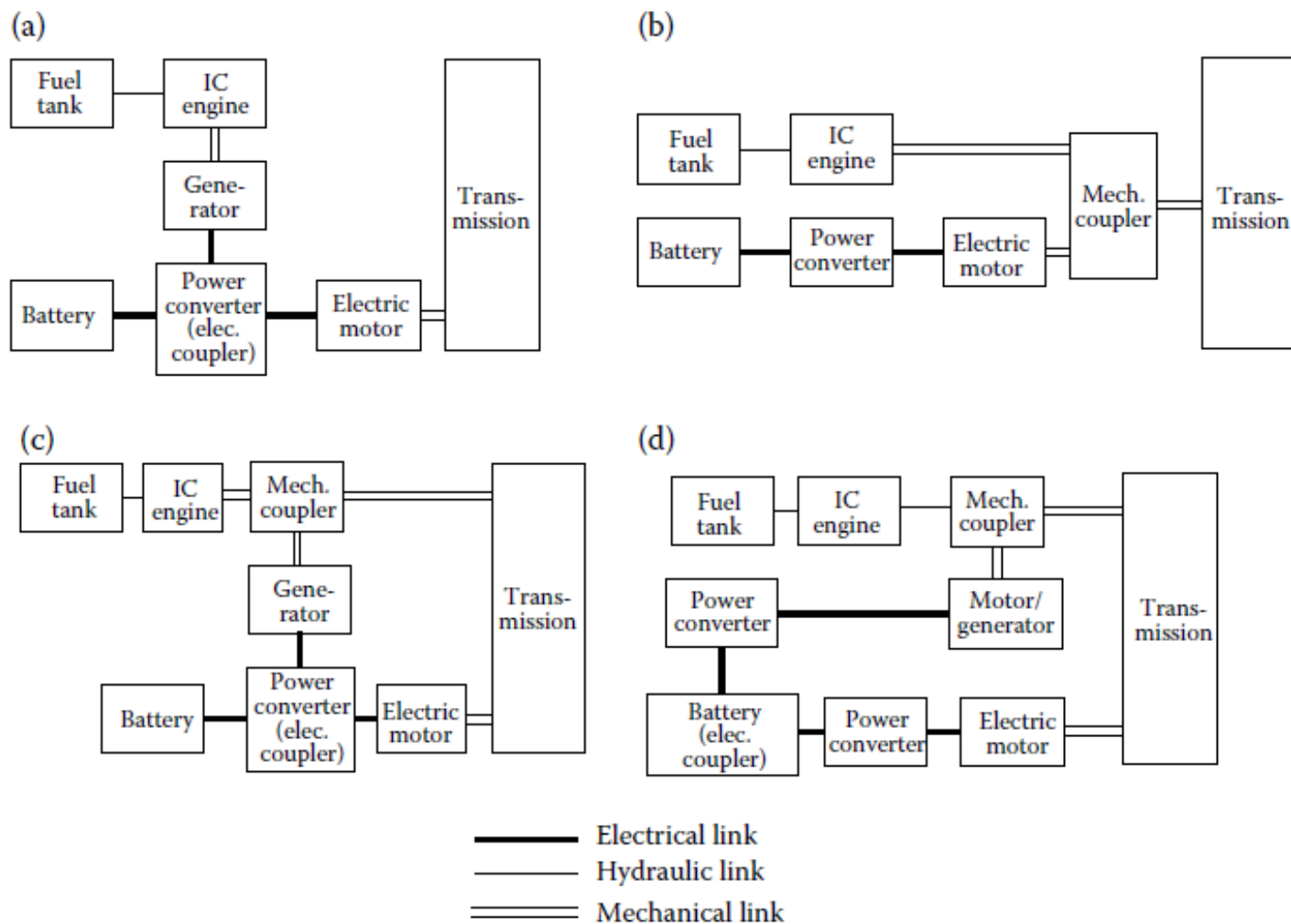
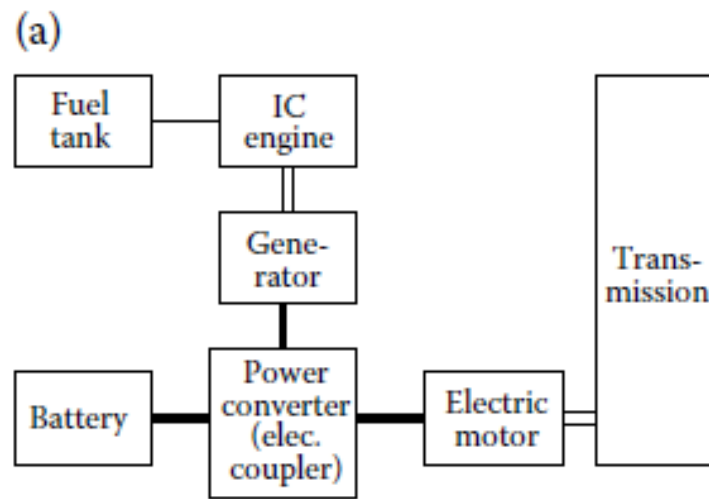


FIGURE 5.3 Classifications of hybrid EVs. (a) Series (electrically coupling), (b) parallel (mechanical coupling), (c) series-parallel (mechanical and electrical coupling), and (d) complex (mechanical and electrical coupling).

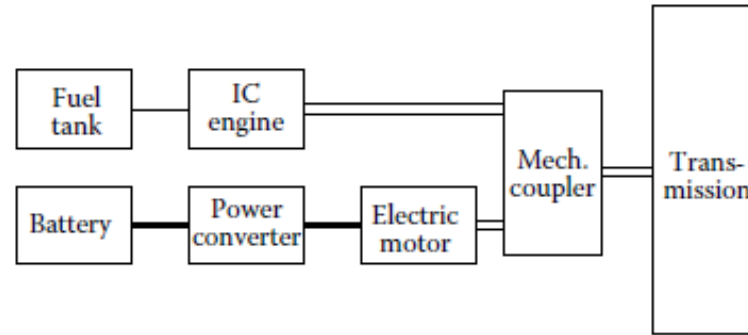
► به طور کلی در یک خودروی هیبرید دو نوع انرژی در سیستم محرکه جریان دارد: الف- انرژی مکانیکی و ب- انرژی الکتریکی. اضافه کردن این دو نوع توان به یکدیگر و یا شکاندن یکی از آنها در نقطه‌ی تقاطع همیشه با نوع یکسانی از توان رخ می‌دهد که یا صرفاً مکانیکی است و یا صرفاً الکتریکی است، و نه مکانیکی-الکتریکی.

► بنابراین شاید تعبیر دقیق‌تری از معماری خودروی هیبرید آن باشد که ویژگی‌های کوپلینگ را مد نظر قرار داد که کوپلینگ الکتریکی، کوپلینگ مکانیکی و یا مکانیکی-الکتریکی را بر شمرد.

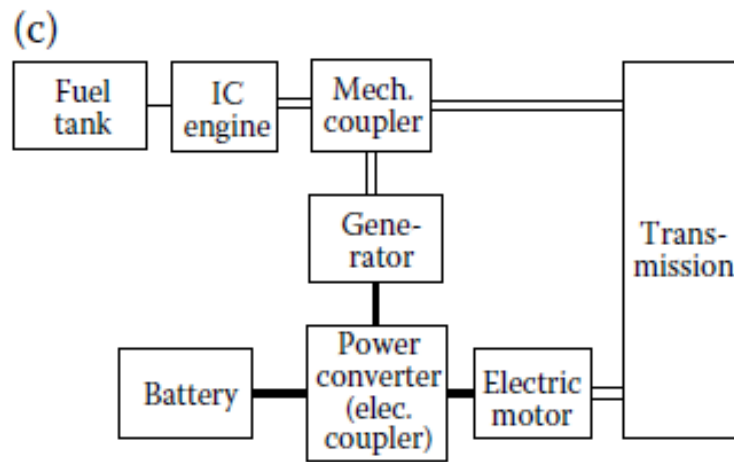


► شکل الف-۳-۵ نشان دهنده معماری ای است که یک سیستم محرکه هیبرید الکتریکی سری را نشان می دهد. مهم ترین ویژگی این پیکربندی آن است که دو توان الکتریکی در مبدل توان به یکدیگر اضافه می شوند که به این ترتیب به عنوان کوپل کننده توان الکتریکی جهت کنترل توان جاری شده از باتری و ژنراتور به سمت موتور الکتریکی و یا در جهت عکس، از موتور الکتریکی به سمت باتری عمل می کند. مخزن سوخت موتور احتراق داخلی و ژنراتور تشکیل منبع اولیه انرژی و باتری ها به عنوان ضربه گیر (bumper) عمل می کنند.

(b)

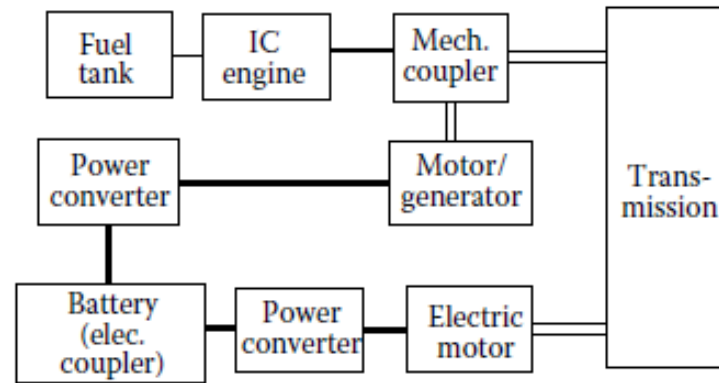


► شکل ب-۳-۵ نشان دهنده ی پیکربندی ای است که به طور کلاسیک سیستم محرکه هیبرید موازی نامیده می شود. مهم ترین ویژگی این پیکربندی آن است که دو توان مکانیکی توسط یک کوپلینگ مکانیکی به یکدیگر اضافه شده اند. در اینجا موتور احتراق داخلی به عنوان منبع توان اولیه و باتری ها و موتور الکتریکی پیش ران به عنوان ضربه گیر انرژی عمل می کنند. جریان توان تنها توسط منابع توان یعنی موتور احتراق داخلی (ICE) و موتور الکتریکی کنترل می شود.



► شکل ج-۳-۵ نشان دهنده ی پیکربندی ای است که سیستم محرکه هیبرید سری-موازی نامیده می شود. وجه تمایز این پیکربندی استفاده از دو کوپلر توان، یکی مکانیکی و دیگری الکتریکی است. در واقع این ترکیب بندی که ترکیبی از ساختارهای سری و موازی است، مزایای هر دو را به دنبال دارد و در مودهای عملکردی بیشتری می تواند عمل کند. از سوی دیگر پیچیده تر است و ممکن است قیمت بالاتری داشته باشد.

(d)



► شکل د-۳-۵ نشان دهنده ی هیبرید پیچیده (complex) است که ساختاری شبیه هیبرید سری-موازی دارد. تنها تفاوت آن این است که عملکرد کوپلینگ الکتریکی از مبدل توان به باتری منتقل شده و یک مبدل توان دیگر بین موتور/ژنراتور و باتریها اضافه شده است. تأکید ما در این درس بر سه معماری اول می باشد.

