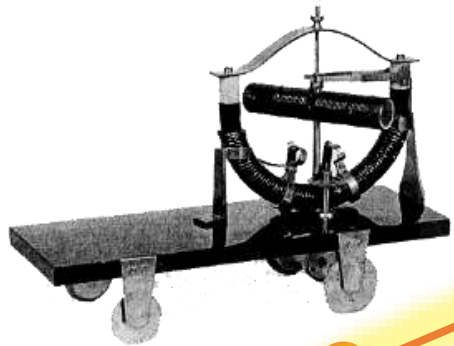


Udržitelná mobilita bude elektrická

Ing. Jaromír Marušinec, Ph.D. MBA
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Czech History of Electromobility



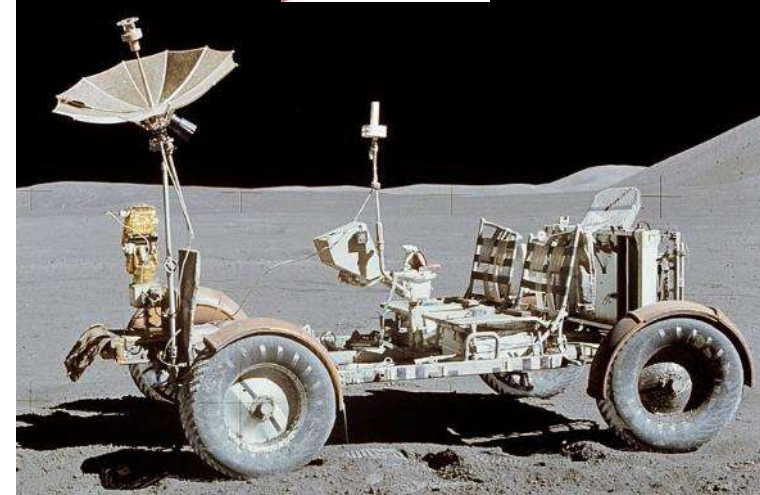
20th century



60. years



VÚES Brno EMA1-2 1968



Apollo 15 Lunar rover 1971



90. years



Pilsen Škoda Eltra 1990/ Tatra Beta 1994



GM EV1 1990

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

VUT SUPER EL II 2009

ELECTRIC MOTOR 100 kW - 174 km/h

Battery LiFeYPO₄: 35kWh
170-220 km na jedno nabití

Onboard charger 40kW 3x63A 400VAC
20min/100km range

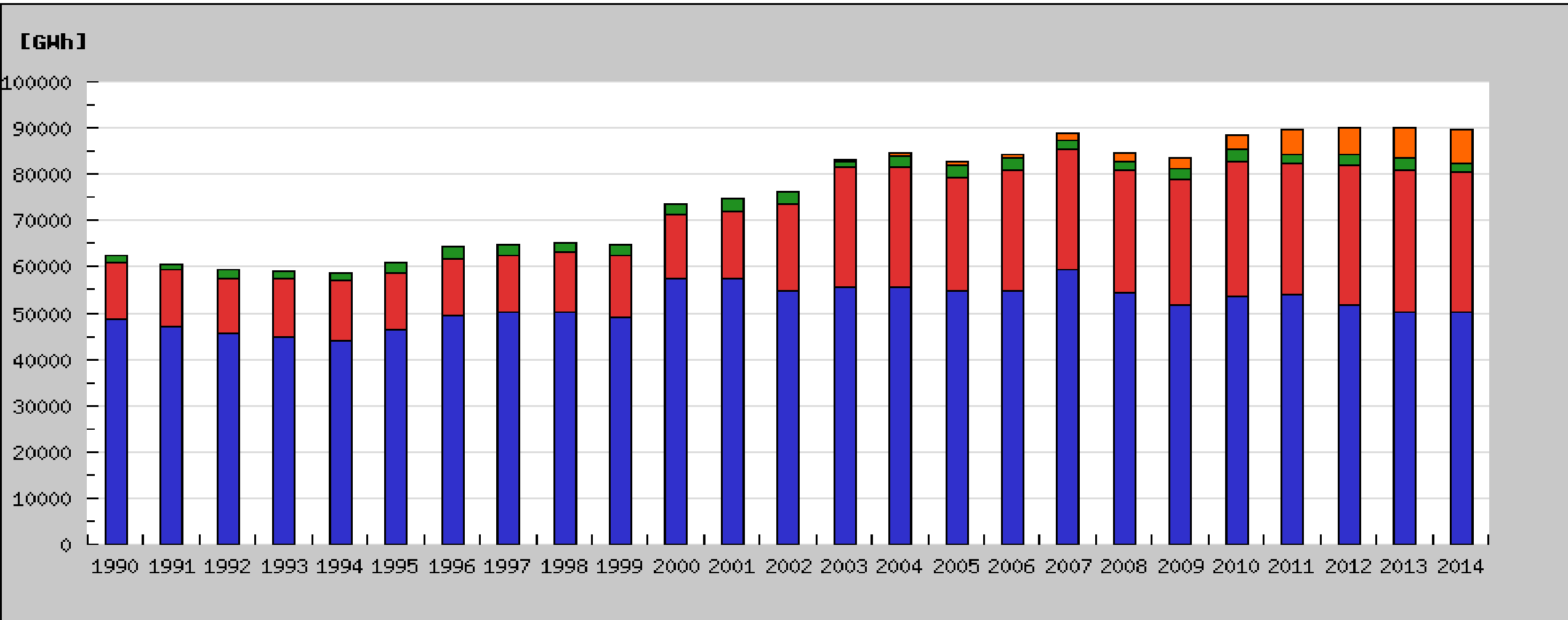
www.superel.cz

2017 range:
150 – 190 km

10 years old battery

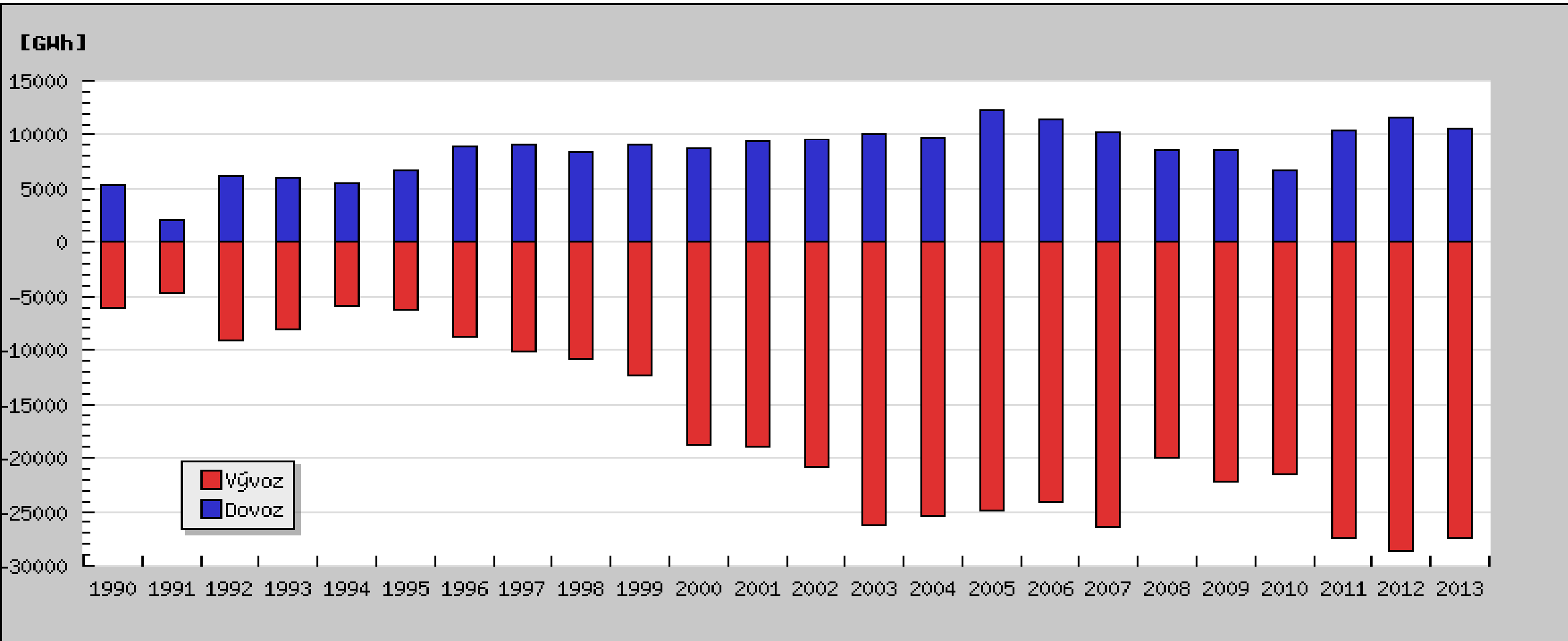


We will need a new power sources?



In Czech Republic we consume 90TWh / year

We will need a new power sources?



We will export 17 TWh a year to our neighbors

How much energy we need for 1 million electric vehicles

- Average car **20 000 km/Year**
- Average consumption **20 kWh/100km**

1 EV:

$$20\,000\text{ km} \cdot \frac{20\text{ kWh}}{100\text{ km}} = 200 \cdot 20\text{ kWh} = 4\,000\text{ kWh} = 4\text{ MWh}$$

- 1 000 000 EV need **4 TWh**

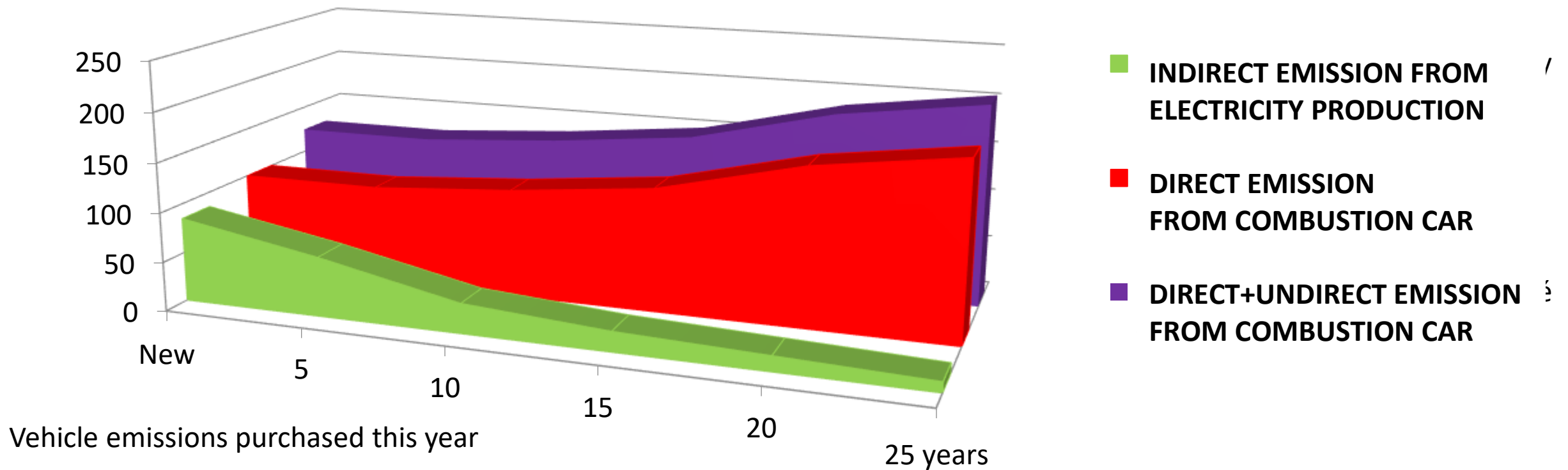
**< 5% of
production**

In the Czech Republic we will produce 90 TWh per year and the power plants are loaded to 50% of which 17 TWh per year is exported

Indirect emissions EV - gCO2/km

The direct and indirect emissions of the internal combustion engine increase with the age of the vehicle and engine.

Indirect emissions of electric cars are declining over time as electricity is produced more cleanly.



Lower noise and dust from brake linings, clutches, fuel and oil leaks

NEW ELECTRIC CARS REGISTRATIONS IN CZECH REPUBLIC

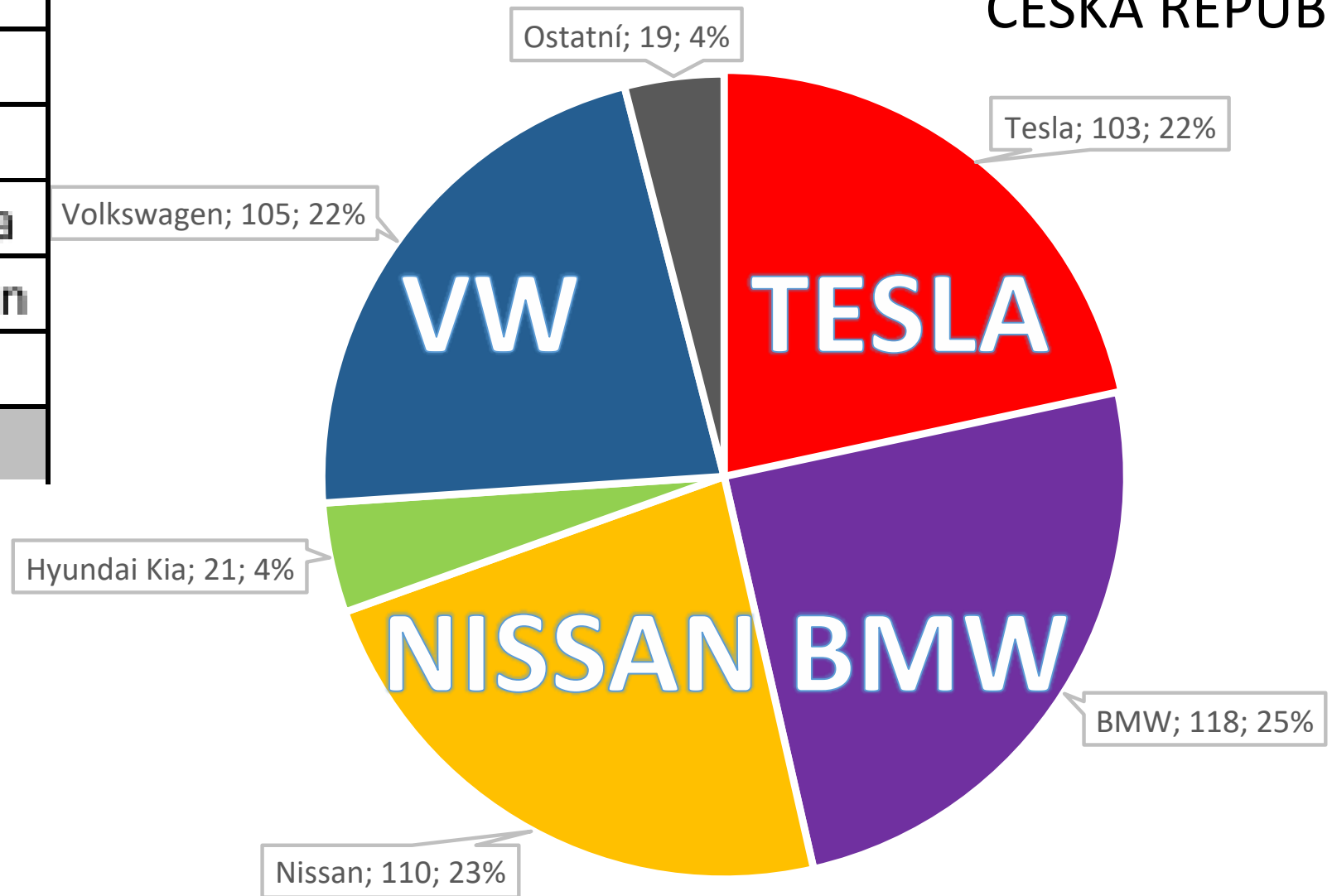
měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	rok 2017
Tesla	model S	1	6	5	6	4	2	5	5	5	7	4	4	54
Tesla	model X	4	5	6	3	2	5	2	4	5	6	4	3	49
BMW I	i3	2	5	23	5	11	8	7	11	17	15	13	1	118
Nissan	Leaf	6	2	5	10	10	4	9	5	6	5	9	9	80
Nissan	E-NV200	1	2	4	1	7	5	2	2	1	2	3	0	30
KIA	SOUL PSEV	0	1	0	1	0	0	1	0	0	2	0	2	7
Hyundai	IONIQ	5	1	2	0	1	1	4	0	0	0	0	0	14
Volkswagen	e-UP!	1	4	1	0	9	0	1	8	3	4	4	1	36
Volkswagen	e-Golf	0	26	4	6	1	1	0	1	21	7	2	0	69
Ostatní	electric	0	0	1	1	4	0	2	5	2	2	1	1	19
CELKEM		20	52	51	33	49	26	33	41	60	50	40	21	476

Výrobci

103	Tesla
118	BMW
110	Nissan
21	Hyundai Kia
105	Volkswagen
19	Ostatní
476	Celkem

Přírůstek elektromobilů 2017

ČESKÁ REPUBLIKA

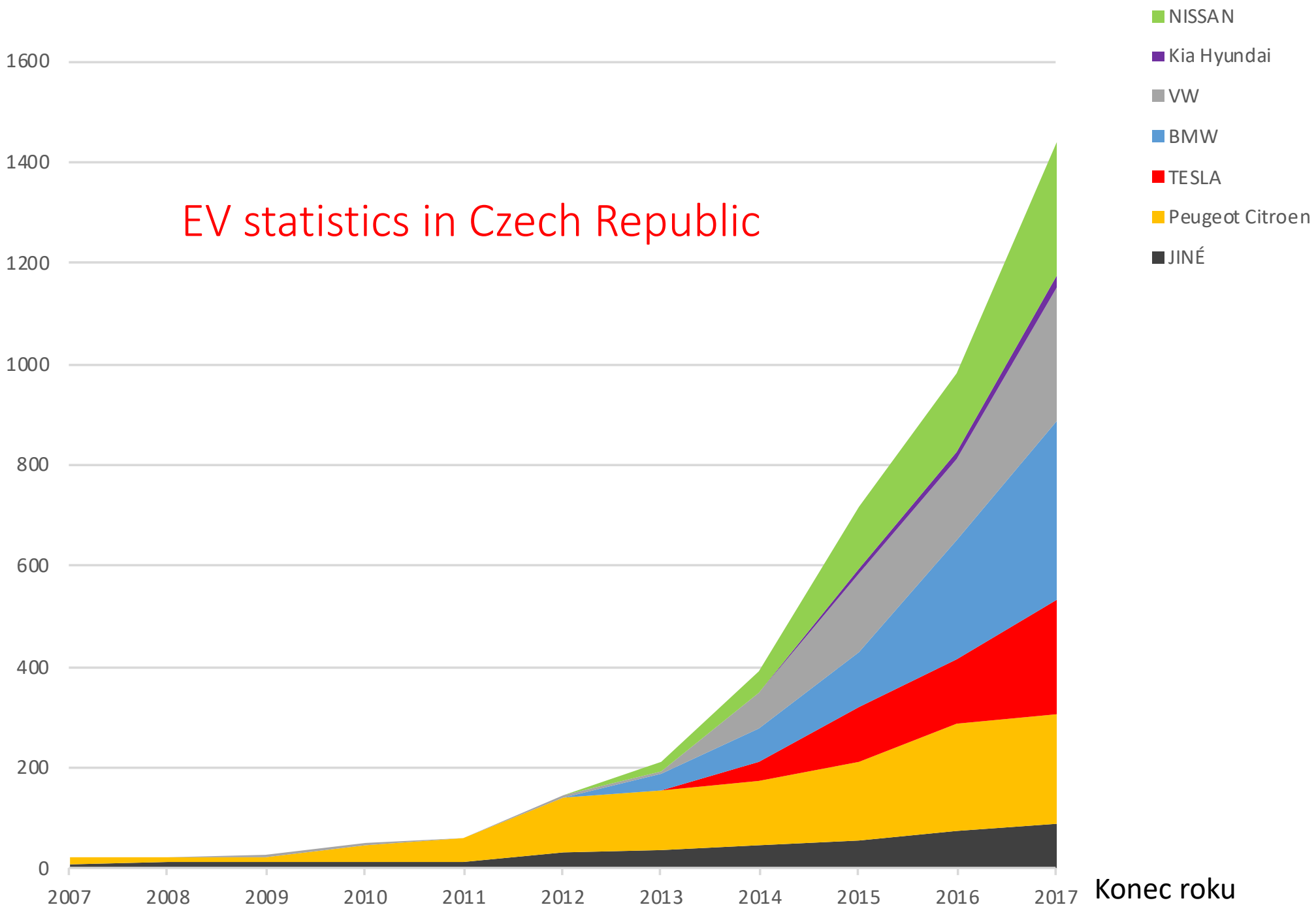


■ Tesla ■ BMW ■ Nissan ■ Hyundai Kia ■ Volkswagen ■ Ostatní

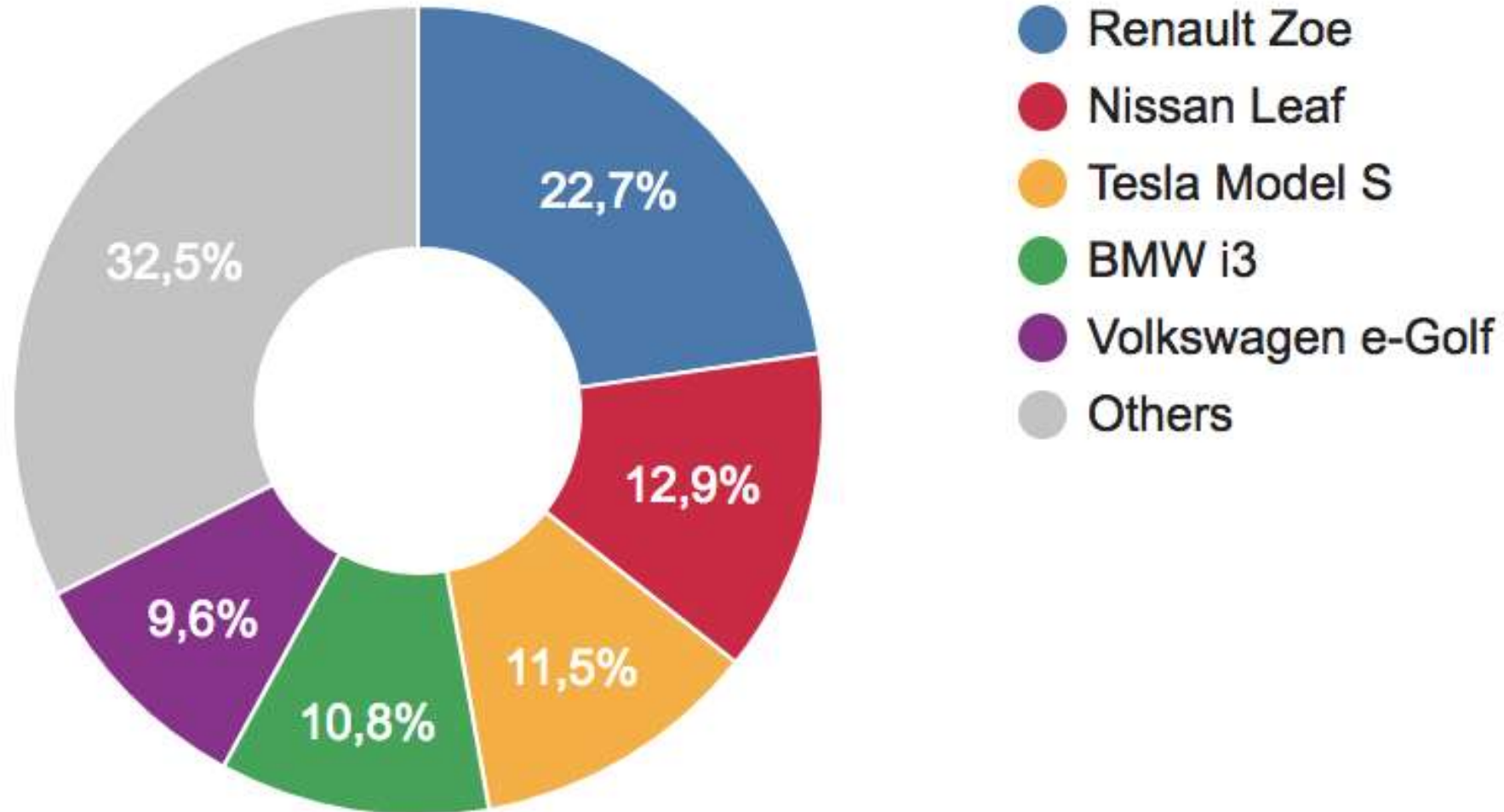
EV statistics in Czech Republic

Statistika elektromobility konec roku 2017															Baterie celkem kWh
		kapacita baterie	Stav ke konci roku												
TYP	ZNAČKA	kWh	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	04/2018	kapacita
i3	BMW	33						0	30	65	108	236	354		11 682
iOn, C-zero, 106e, saxo, R	PSA	16	10	11	12	35	49	109	119	127	155	212	215		3 440
e-UP, e-GOLF, citystrome	VW	19	2	2	2	2	2	2	5	71	157	161	266		5 054
Leaf, ENV200	NISSAN	30						3	20	42	120	156	266		7 980
Model S, Model X, roadster	TESLA	100						1	3	40	107	126	229		22 900
VITO	MERCEDES	30		5	6	6	6	8	9	12	12	21	21		630
SMART	SMART	17		5	6	6	6	22	22	25	15	18	22		374
Kangoo, Twizy	RENAULT	30						1	1	4	10	15	15		450
Soul EV, Ioniq	Hyundai Kia	31								2	12	13	20		620
Mitsu,Think, Eltra,Tazzari	Ostatní	25	11	12	12	12	12	32	35	46	57	77	89		2 225
Celkem			23	35	38	61	75	178	244	434	753	1035	1497	1750	
meziroční změna				52%	9%	61%	23%	137%	37%	78%	74%	37%	45%		
Celková kapacita kWh	celková kapacita kWh													55 355	
	průměrná kapacita 1 EV kWh													37	

EV statistics in Czech Republic



EV sales in EU 2017

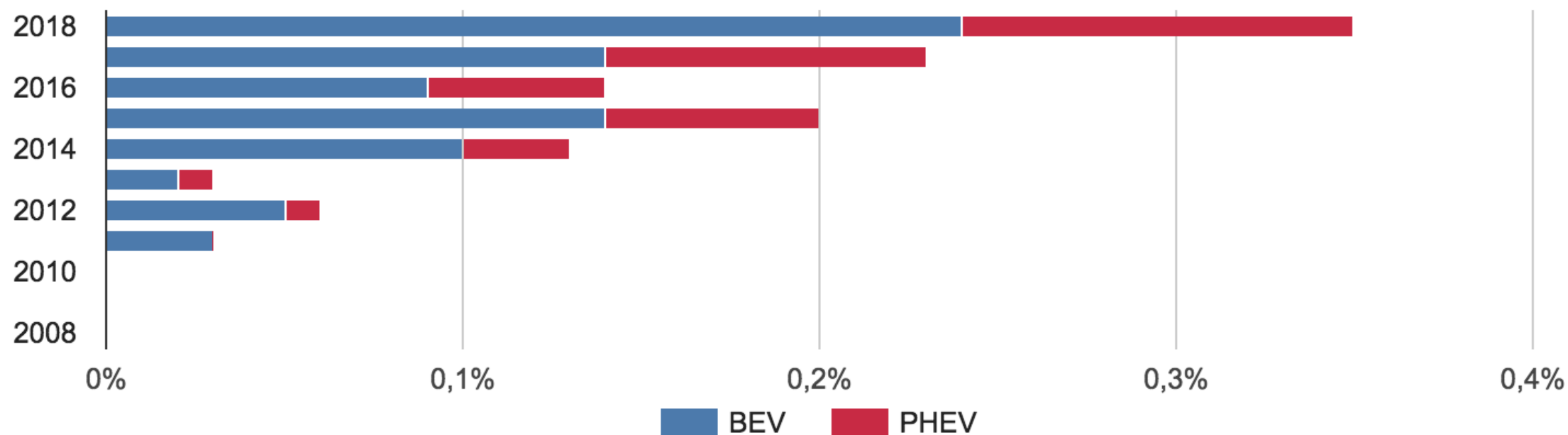


Ranking	Make	Model	YTD 2017	Share PEV market	YTD 2016
1	Renault	Zoe	30670	10,6%	21339
2	Nissan	Leaf	17454	6,0%	18599
3	Tesla	Model S	15553	5,4%	12508
4	BMW	i3	14528	5,0%	9465
5	Volkswagen	e-Golf	12895	4,4%	6678
6	Tesla	Model X	12628	4,4%	3750
7	Hyundai	Ioniq Electric	6117	2,1%	1143
8	Kia	Soul EV	5552	1,9%	4484
9	Smart	Fortwo ED	5191	1,8%	323
10	Volkswagen	e-Up!	3054	1,1%	2576
Others	/	/	11299	3,9%	10481

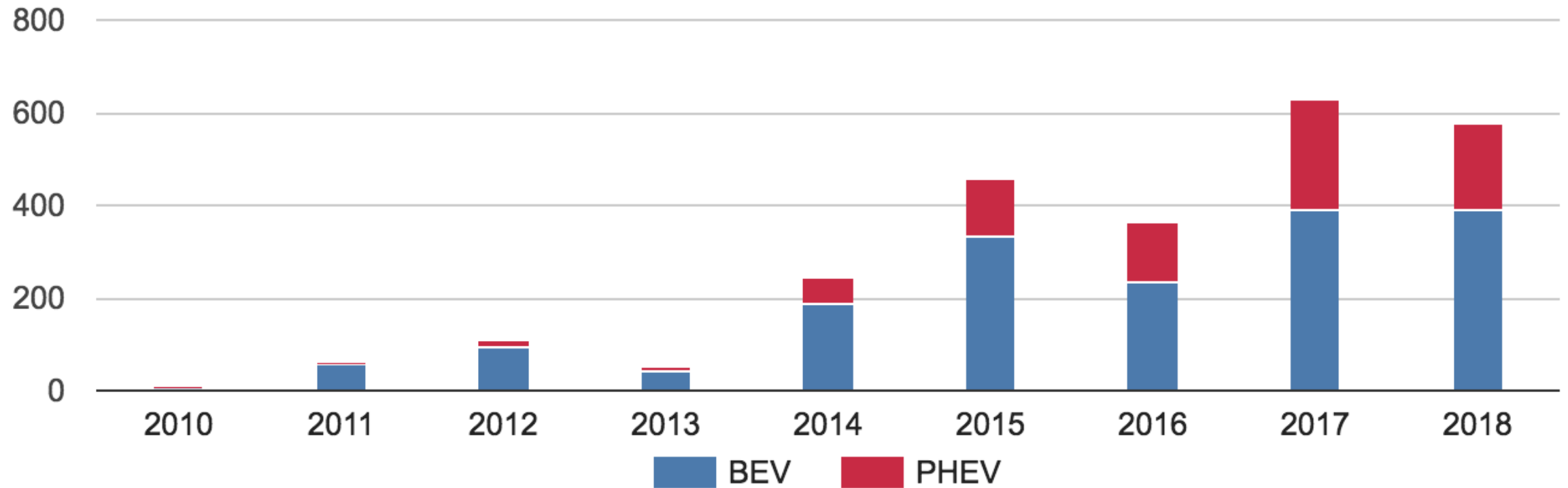
(91 346 v 2016)

134 941 EV sales 2017 +48%

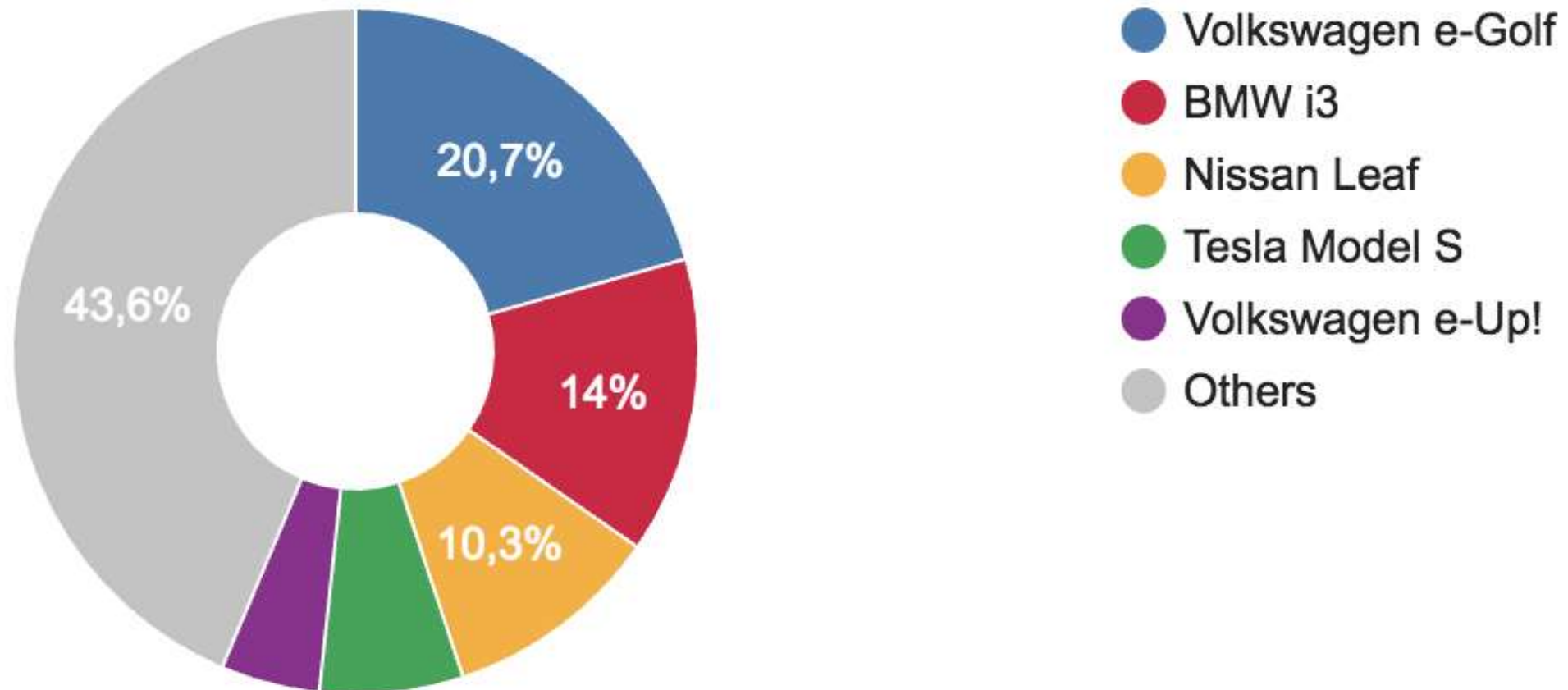
Battery electric vehicle market share in CZ



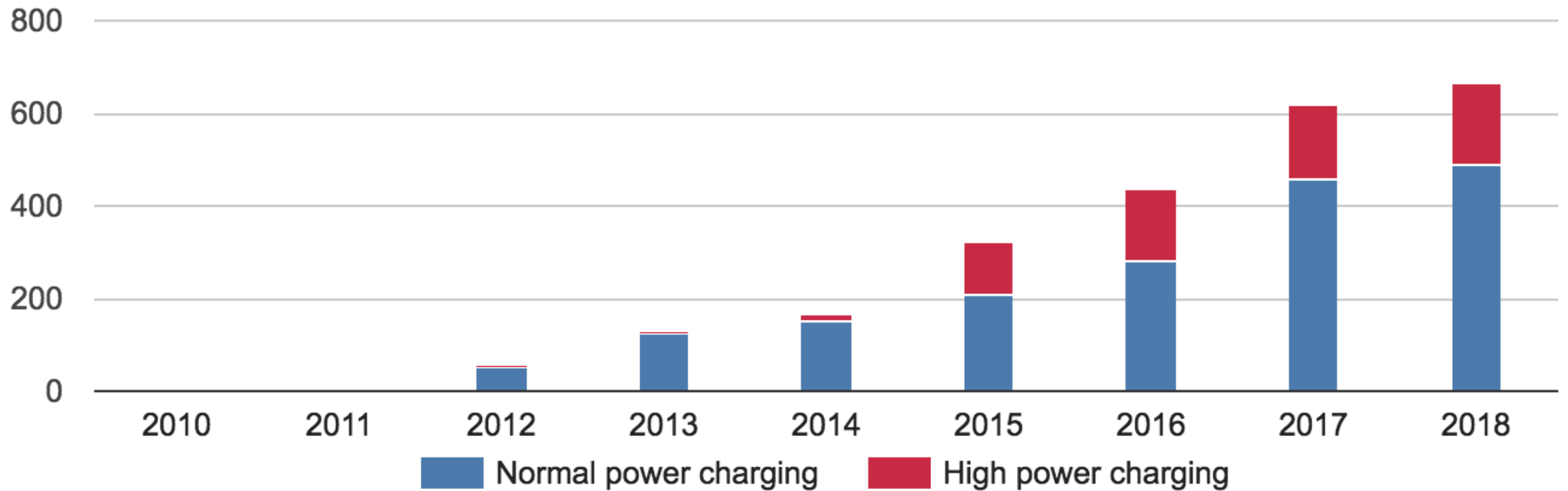
New registrations of EV in CZ



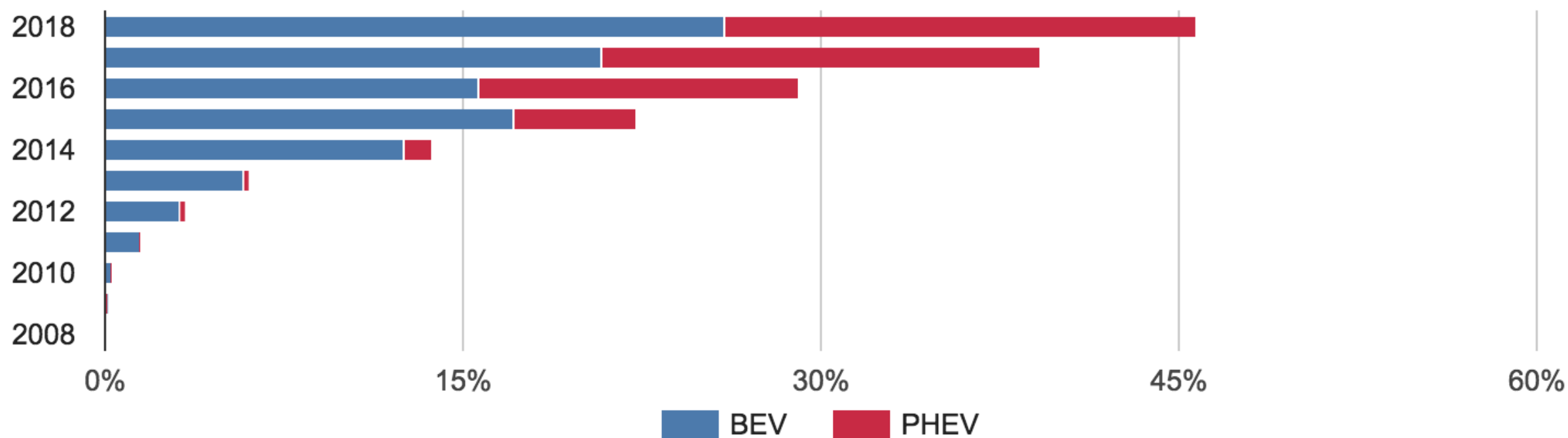
Top 5 bestselling PEV models (M1) in Czech Republic



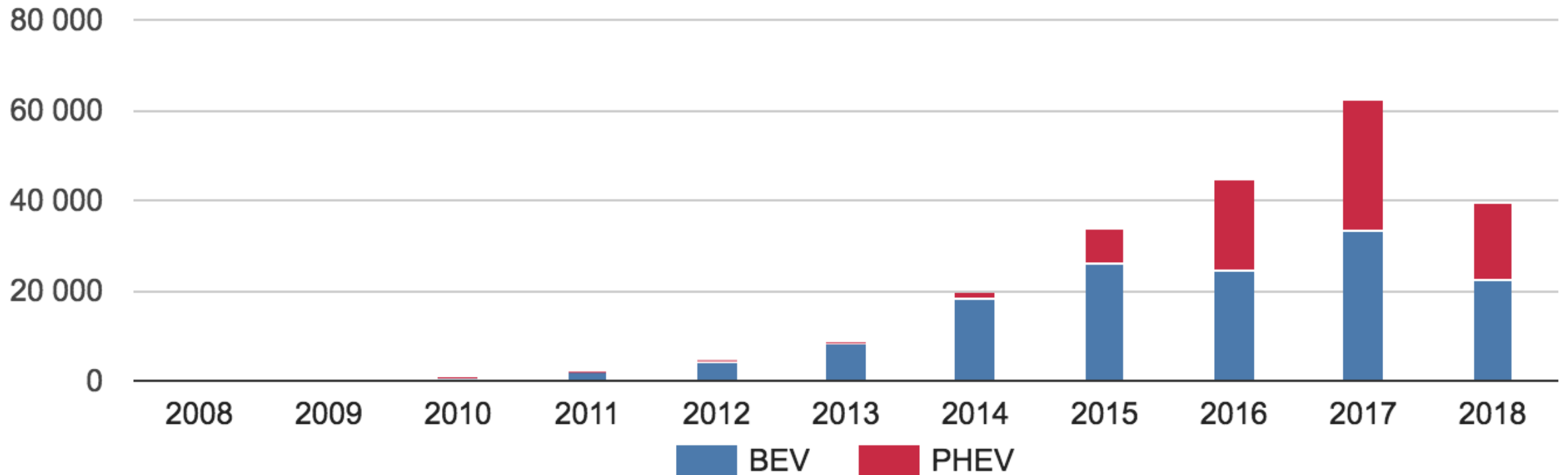
Number of publicly accessible charging positions



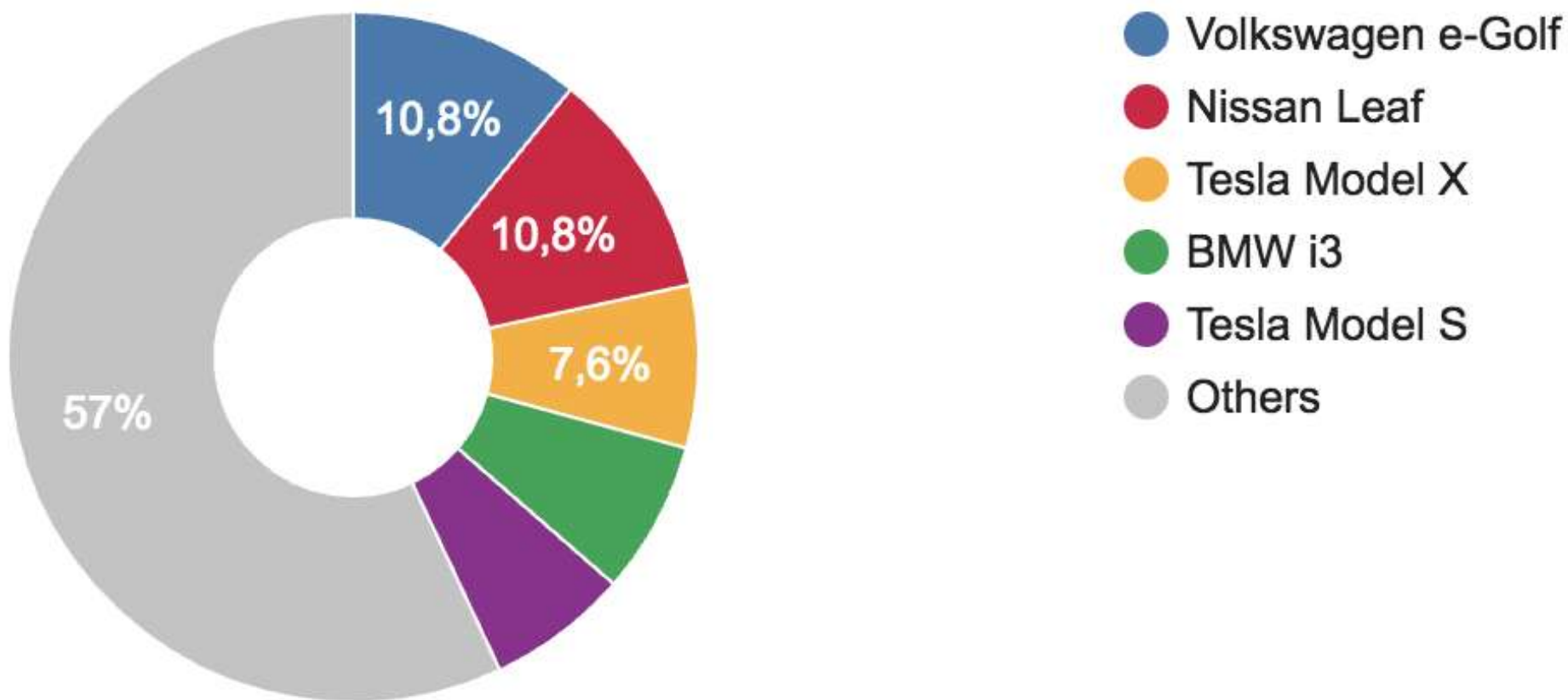
PEV (M1) market share in Norway



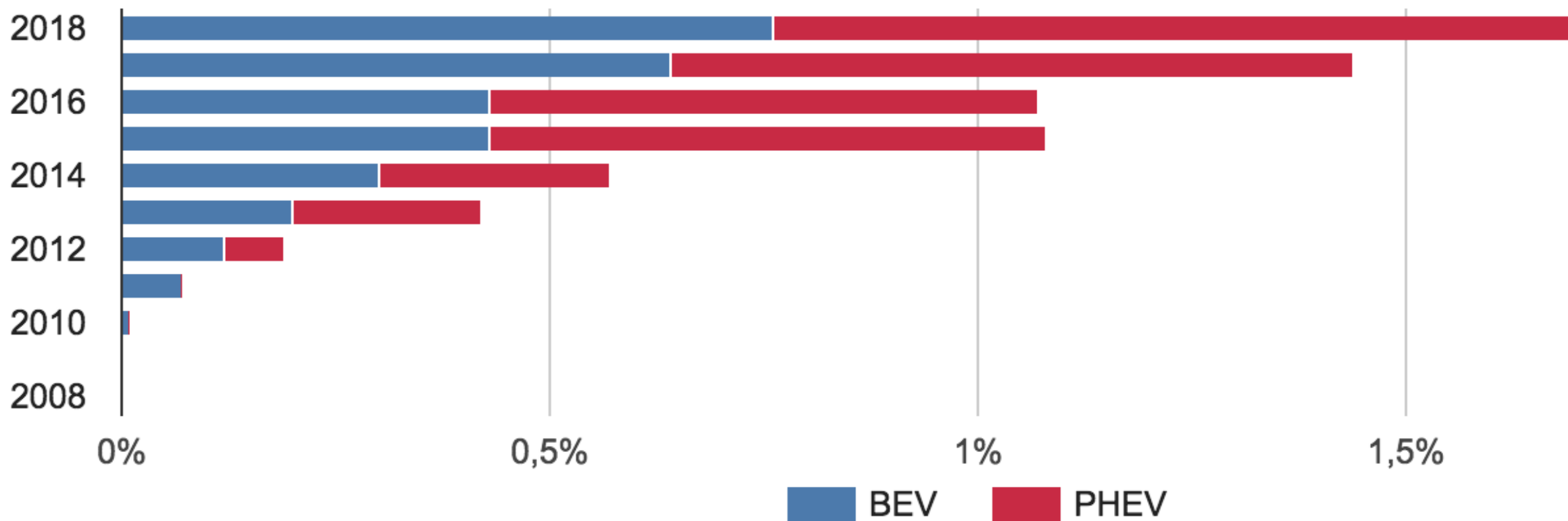
PEV (M1) new registrations in Norway



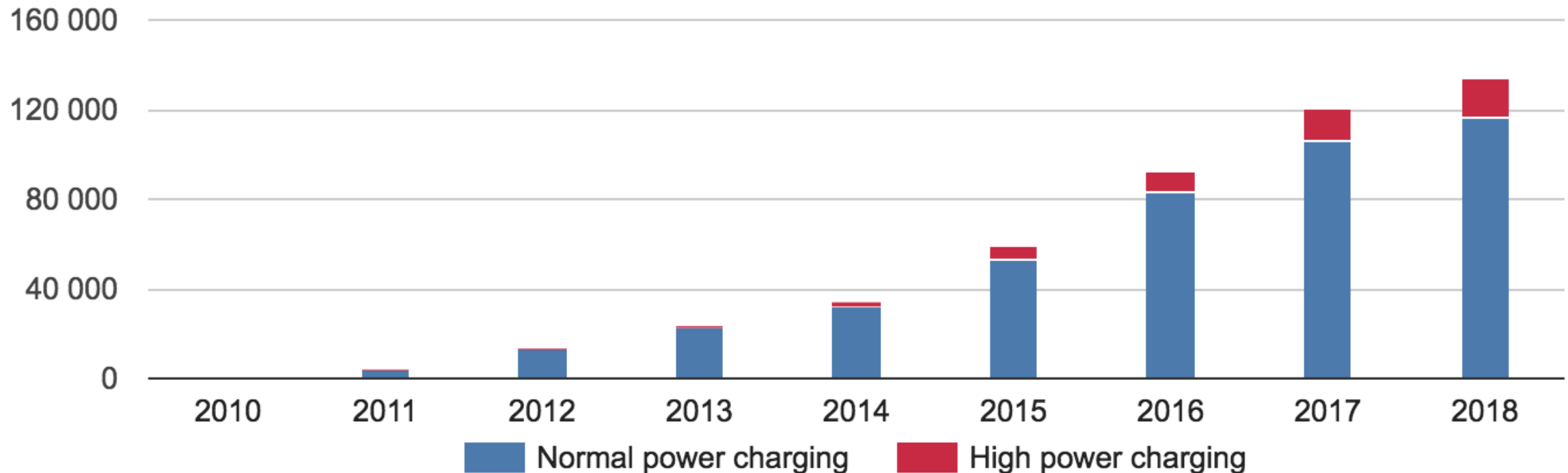
Top 5 bestselling PEV models (M1) in Norway



PEV (M1) market share in the European Union



Number of publicly accessible charging positions

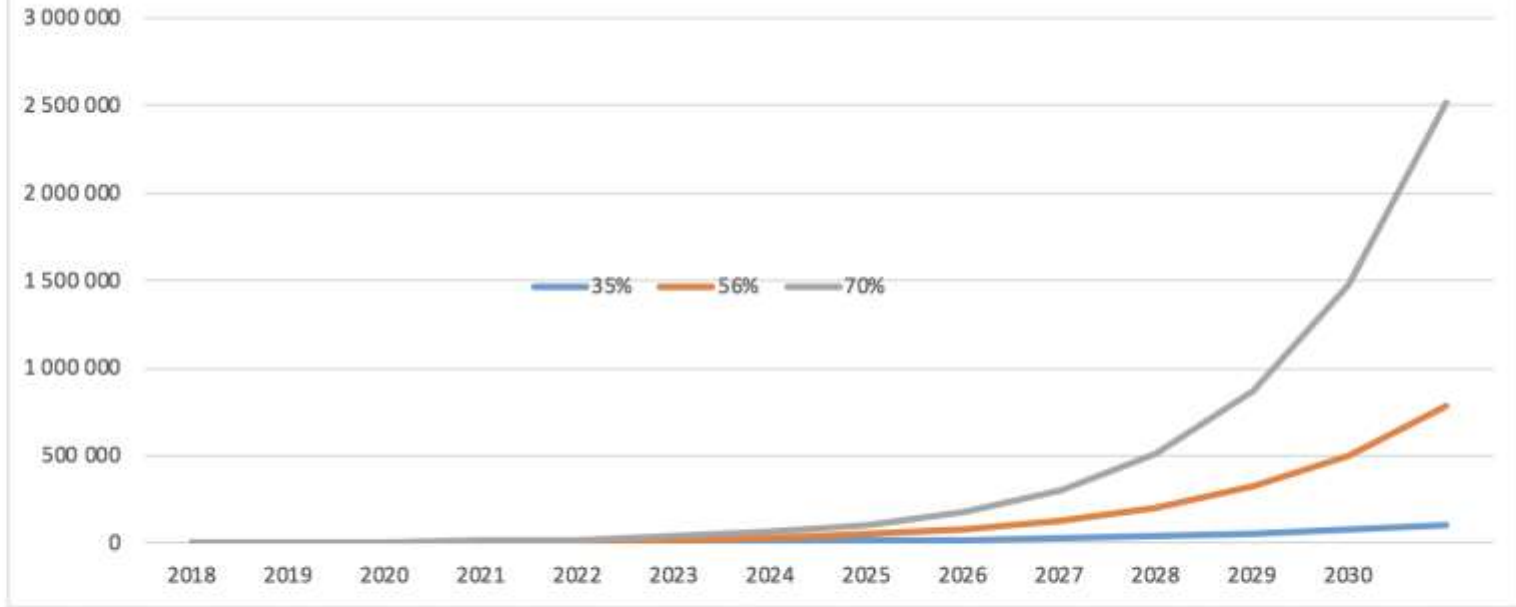


ELECTRIC CAR as accumulator for energy smart grid

Průměrný nájezd
20 000 ročně

Průměrná spotřeba energie
20 kWh/100km
4 MWh ročně

Varianty meziročního růstu počtu elektromobilů v ČR

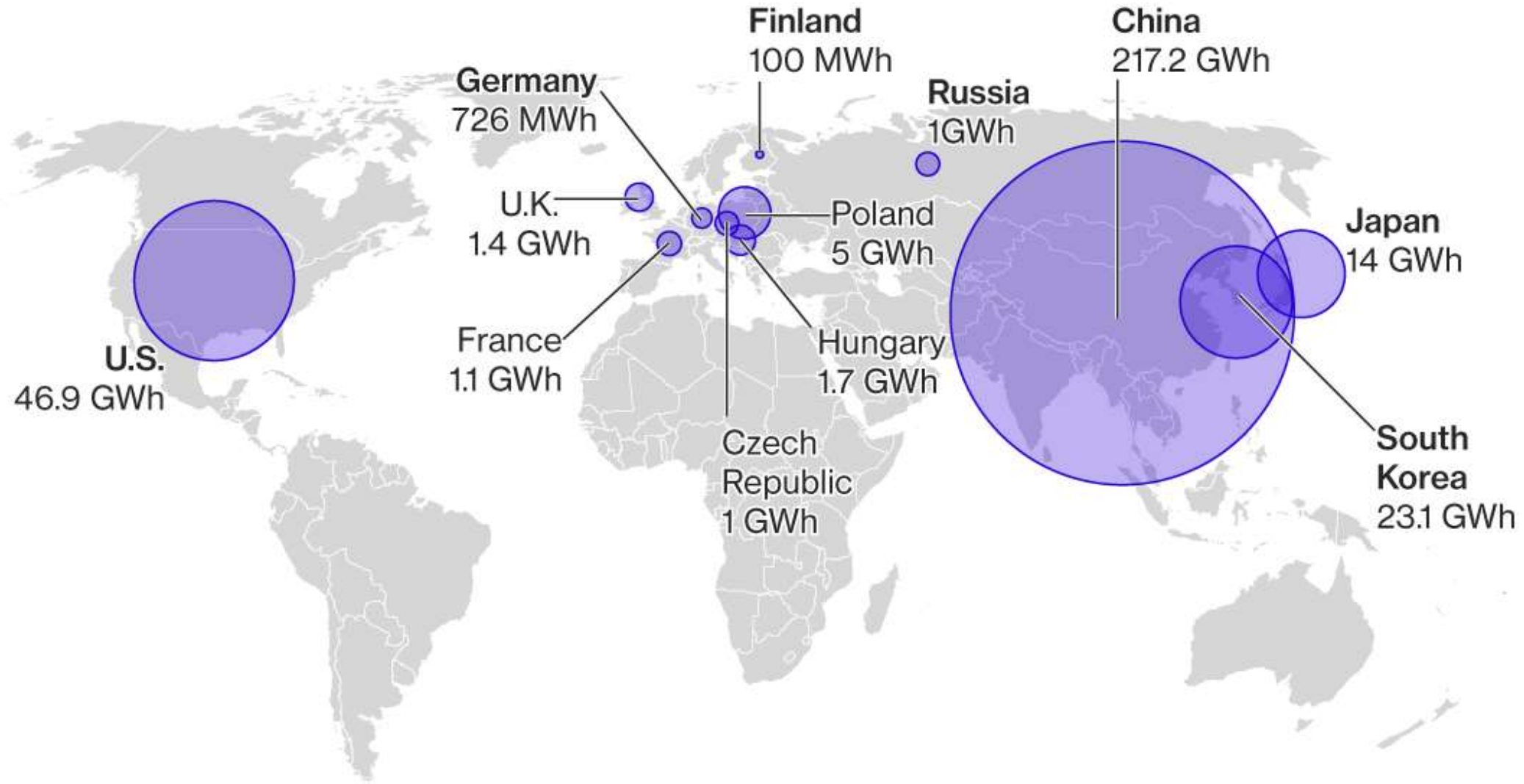


Using of 30% of EV capacity

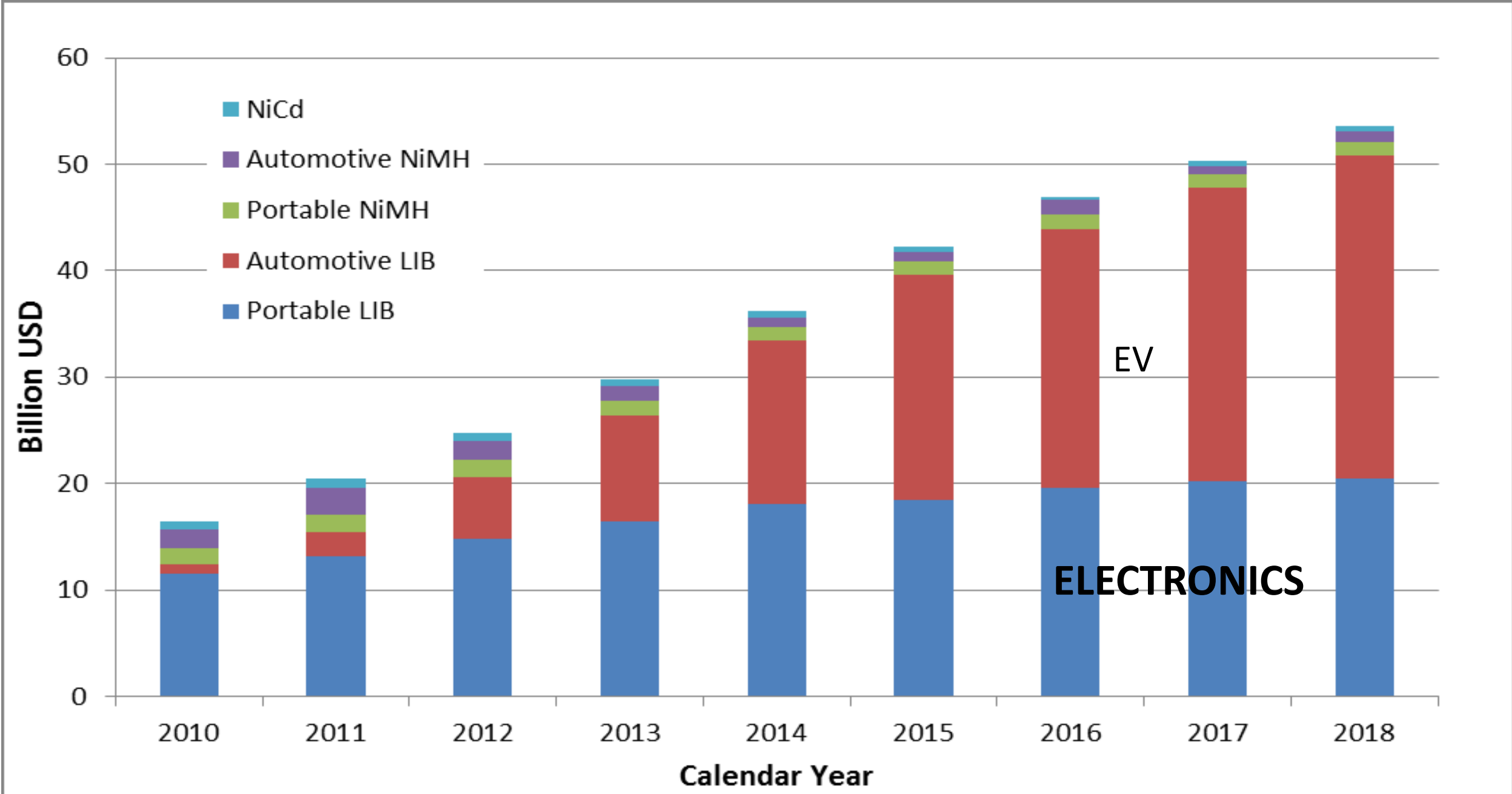
mezi- roční průměrný růst	Extrapolace meziročně +55%													
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
35%	2 021	2 728	3 683	4 972	6 713	9 062	12 234	16 516	22 296	30 100	40 634	54 856	74 056	99 976
56%	2 341	3 661	5 725	8 953	14 002	21 897	34 243	53 550	83 744	130 962	204 803	320 279	500 866	783 274
70%	2 545	4 326	7 355	12 503	21 255	36 134	61 428	104 427	177 526	301 794	513 050	872 185	1 482 715	2 520 616
35 50 70 75 100 120 135 150 170 200 205 210 215 220														
roční energetická potřeba elektromobilů GWh														
černý scénář	8	11	15	20	27	36	49	66	89	120	163	219	296	400
pasivní scénář	9	15	23	36	56	88	137	214	335	524	819	1 281	2 003	3 133
zelený scénář	10	17	29	50	85	145	246	418	710	1 207	2 052	3 489	5 931	10 082
celková úložná kapacita energie elektromobilů MWh														
černý scénář	71	136	258	373	671	1 087	1 652	2 477	3 790	6 020	8 330	11 520	15 922	21 995
pasivní scénář	82	183	401	672	1 400	2 628	4 623	8 033	14 236	26 192	41 985	67 259	107 686	172 320
zelený scénář	89	216	515	938	2 126	4 336	8 293	15 664	30 179	60 359	105 175	183 159	318 784	554 536

Dominating Supply

China dwarfs global rivals in planned and existing battery cell production capacity



Battery utilization in electric cars



GIGAFACTORY in EUROPE or UKRAINE ?



Europe's largest battery factory

- Driven by the need to transform our society towards a fossil fuels free economy
- Enabling European competitiveness
- For the automotive, energy storage and industrial sectors
- 32 GWh in four phases
- 500,000 m²
- Around 2,500 jobs



European
Commission

Research and Innovation

Tobias Placke
NEST

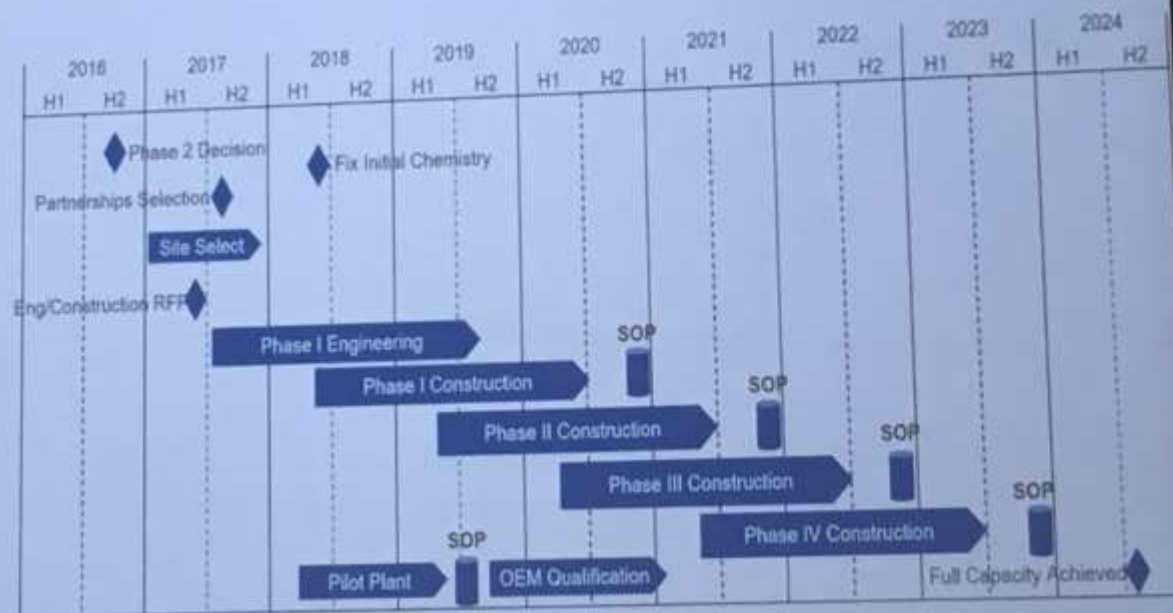
Céline Barchasz
CEA LITEN

Oscar Miguel Crespo
CEA LITEN Energy Storage

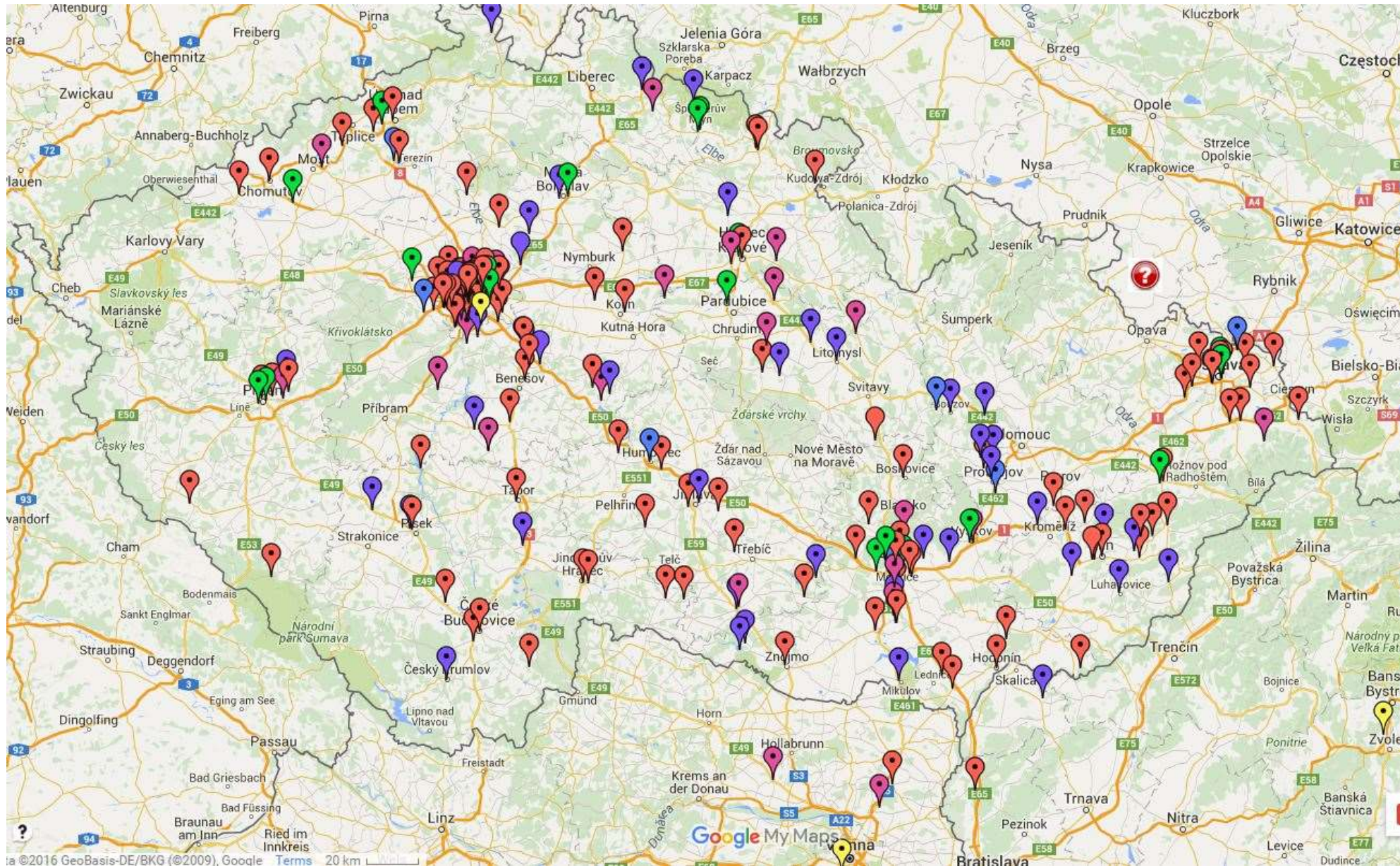
Paolo Cerruti
Northvolt

Timeline

- Q2 2017, build up a team in Stockholm
- Fall 2017, site selection
- Second half of 2018, start of construction
- 2019, demo line completed
- 2020, start of production
- 2023-24, fully built out capacity



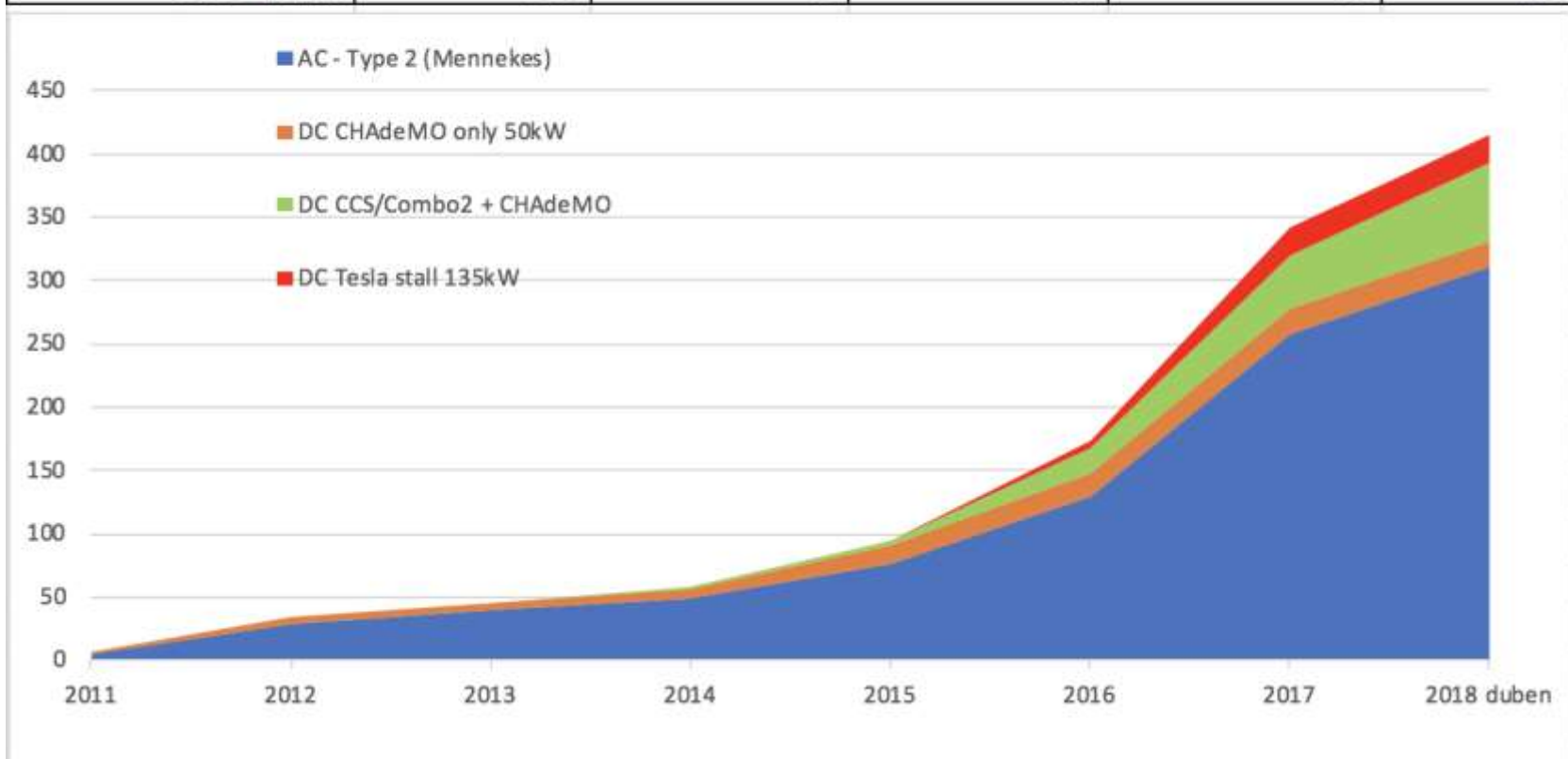
Czech EV charging infrastructure



Charging stations in Czech Republic

Veřejné nabíjecí stanice v ČR - nabíjecí konektory

Stanic na konci roku	AC - Type 2 (Mennekes)	DC CHAdeMO only 50kW	DC CCS/Combo2 + CHAdeMO	DC Tesla stall 135kW	Celkem
2011	4	3	0	0	7
2012	29	5	0	0	34
2013	40	6	0	0	46
2014	48	8	2	0	58
2015	76	15	4	0	95
2016	129	18	21	6	174
2017	258	20	42	22	342
2018 duben	310	20	63	22	415

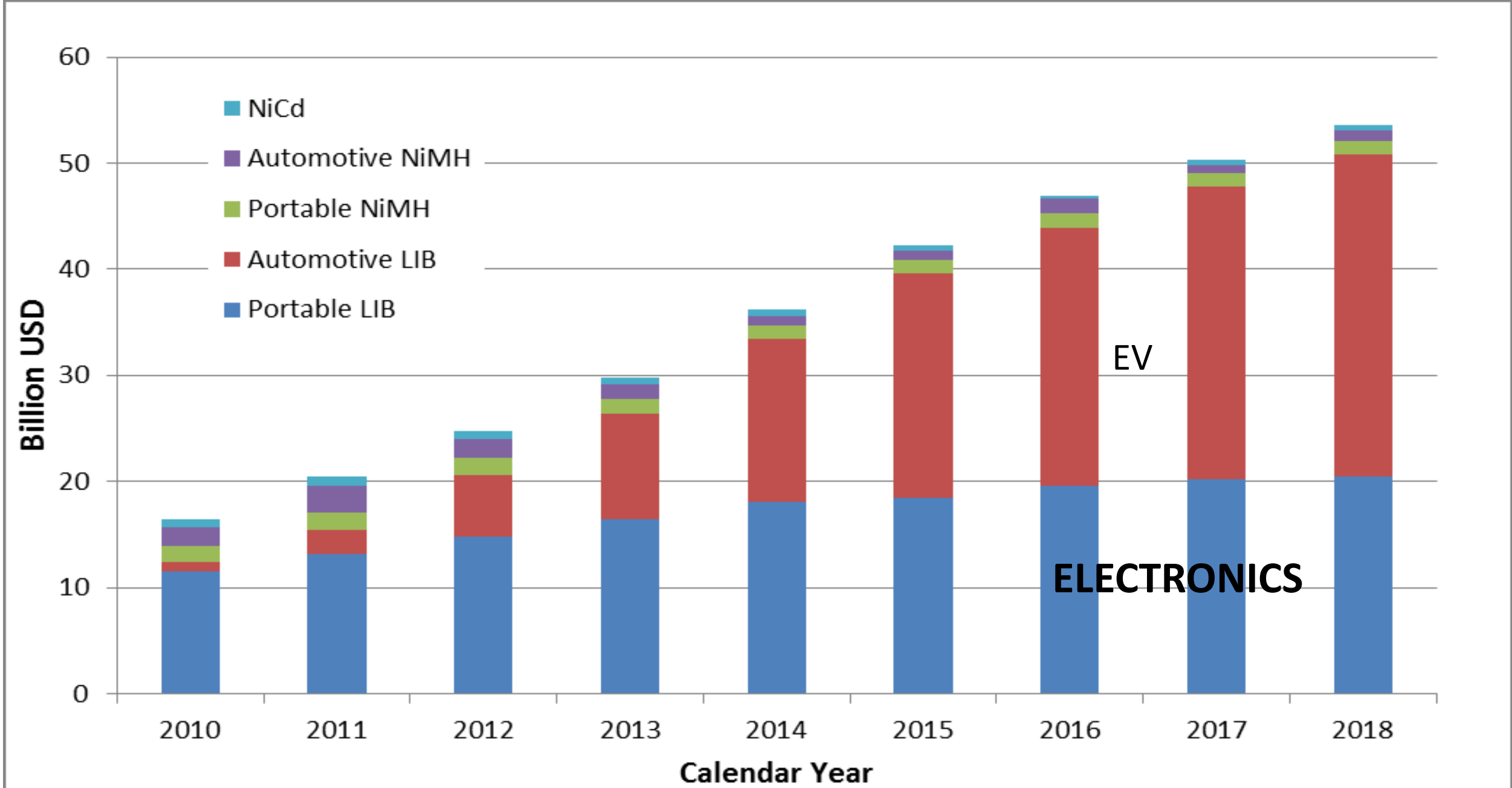


First Tesla Supercharger Humpolec



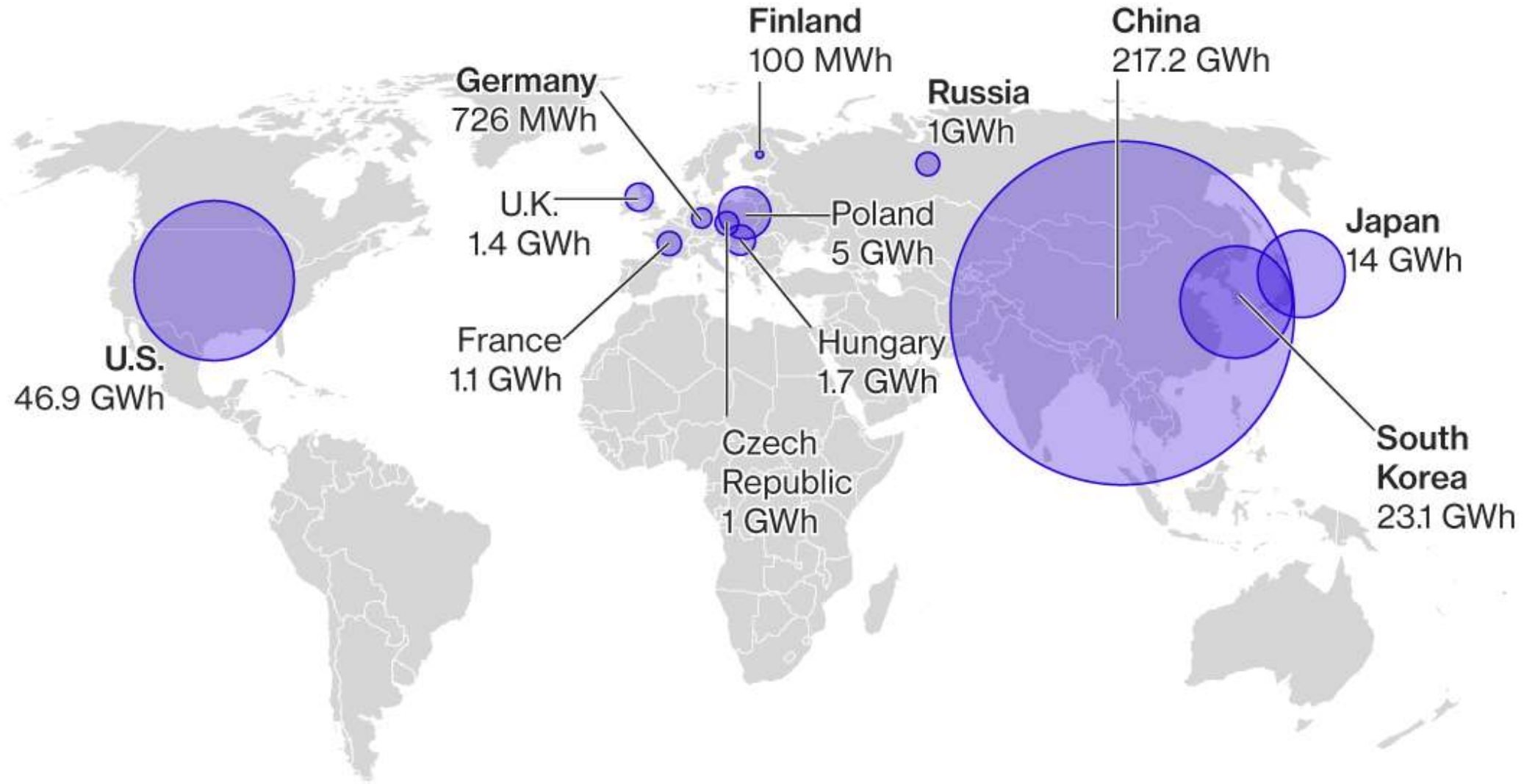
- <https://www.youtube.com/watch?v=j8UaE4-kmhg>

Battery utilization ratio in industry in the world by designation



Dominating Supply

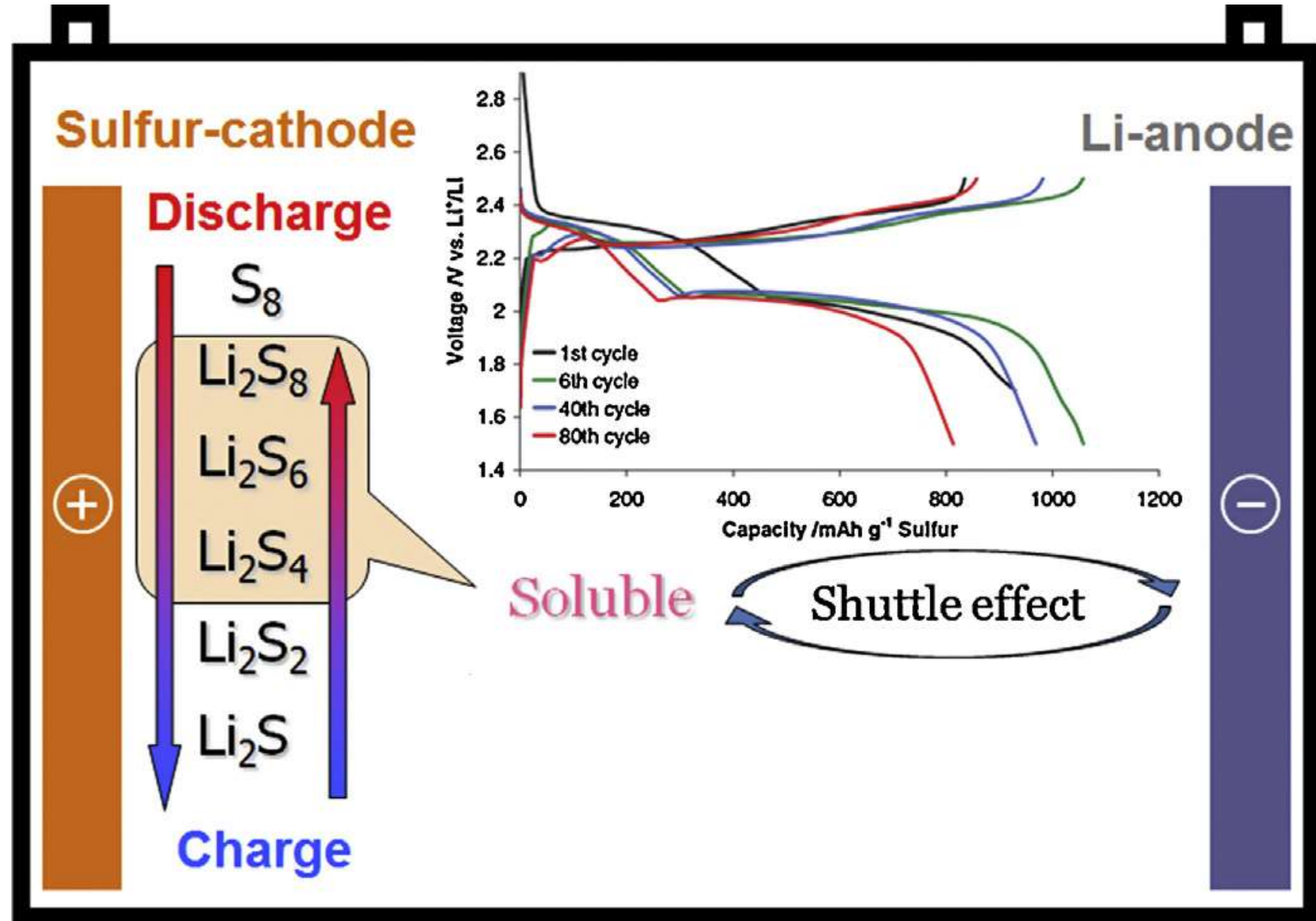
China dwarfs global rivals in planned and existing battery cell production capacity



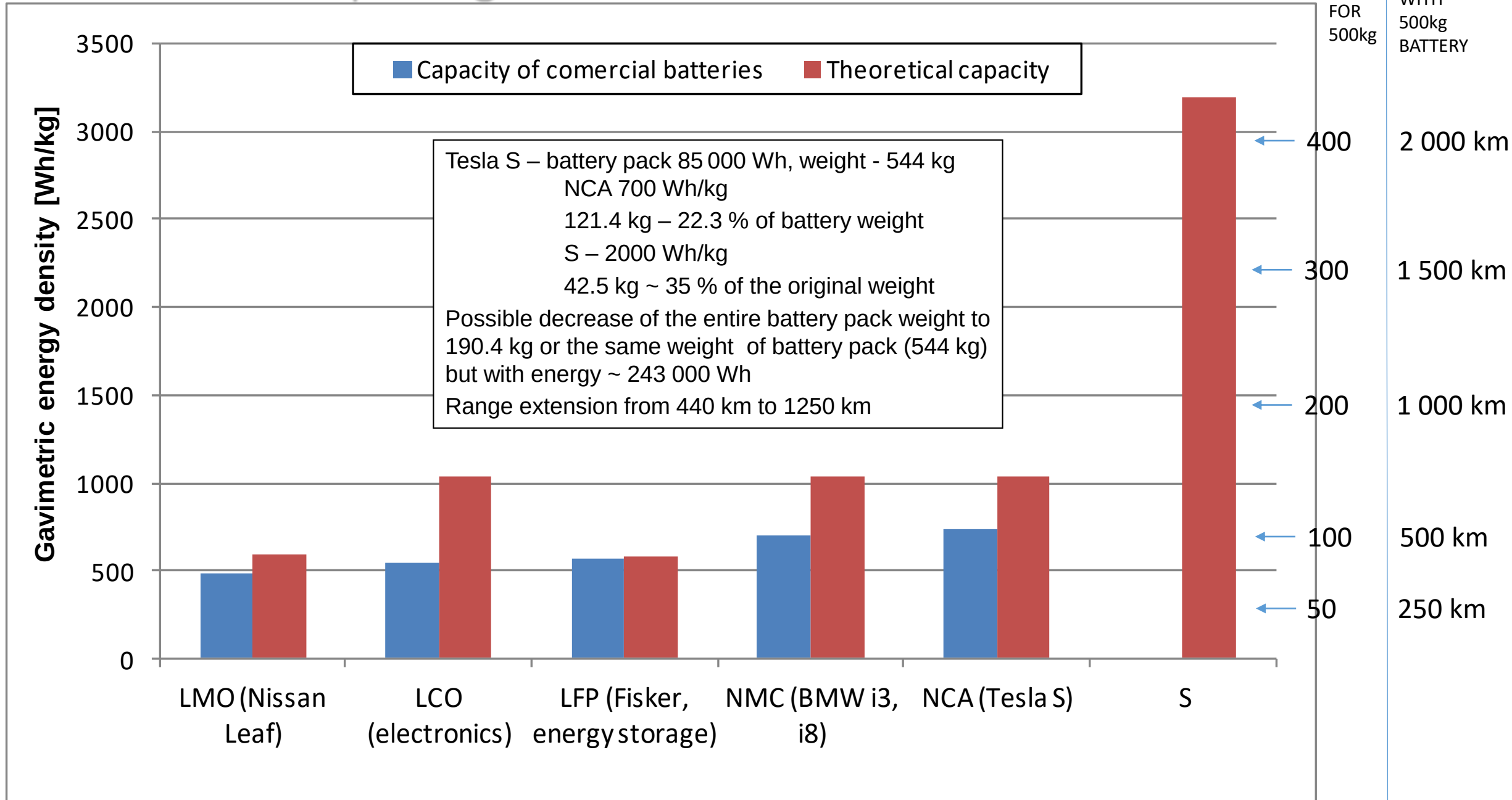
The future of energy storage = lithium-sulfur batteries

LOWCOST SULFUR

S ~ 3 EUR/kg vs.
LiFePO₄ ~ 52 EUR/kg



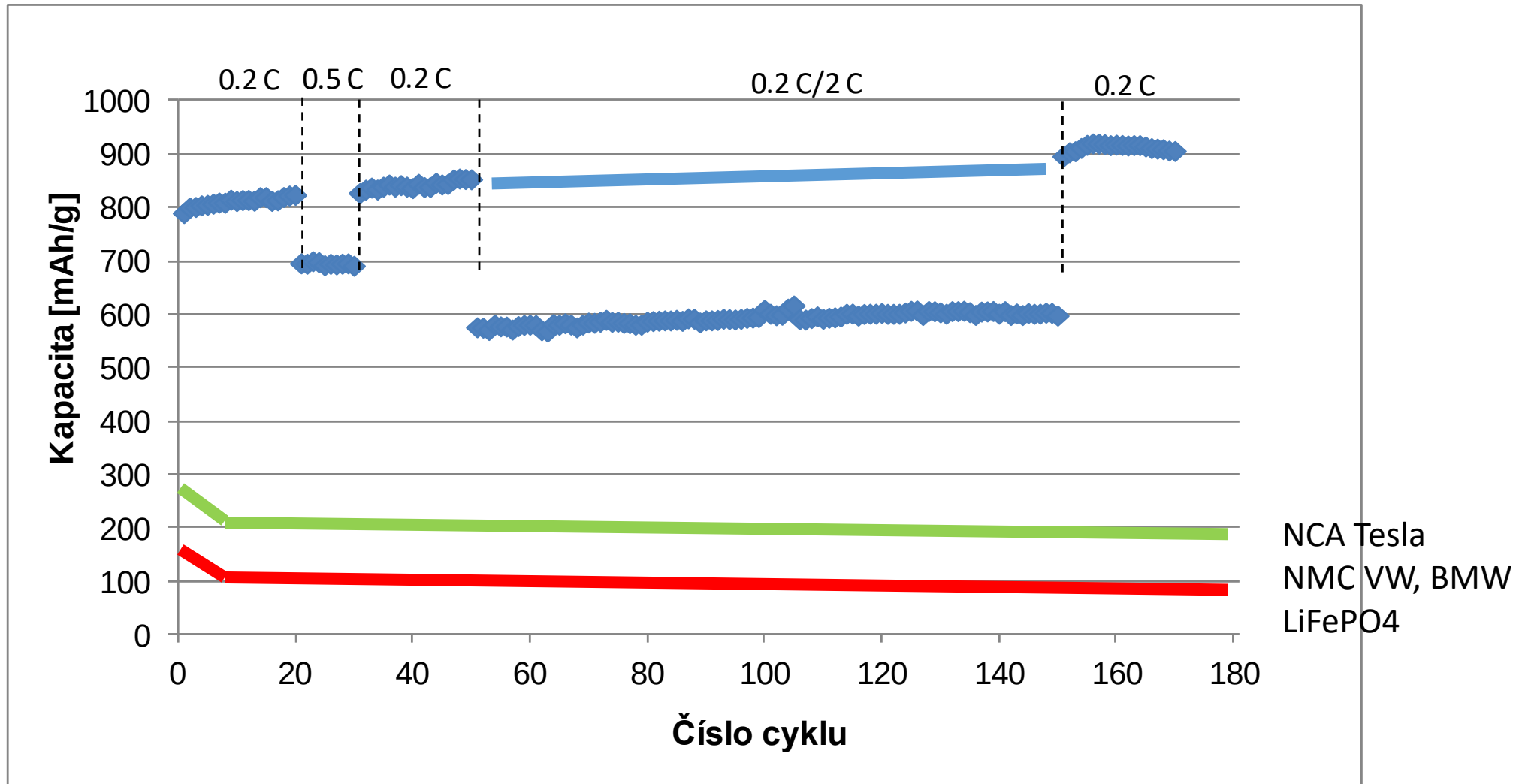
Comparing Li-S a Li-Ion batteries



Lithium Sulfur

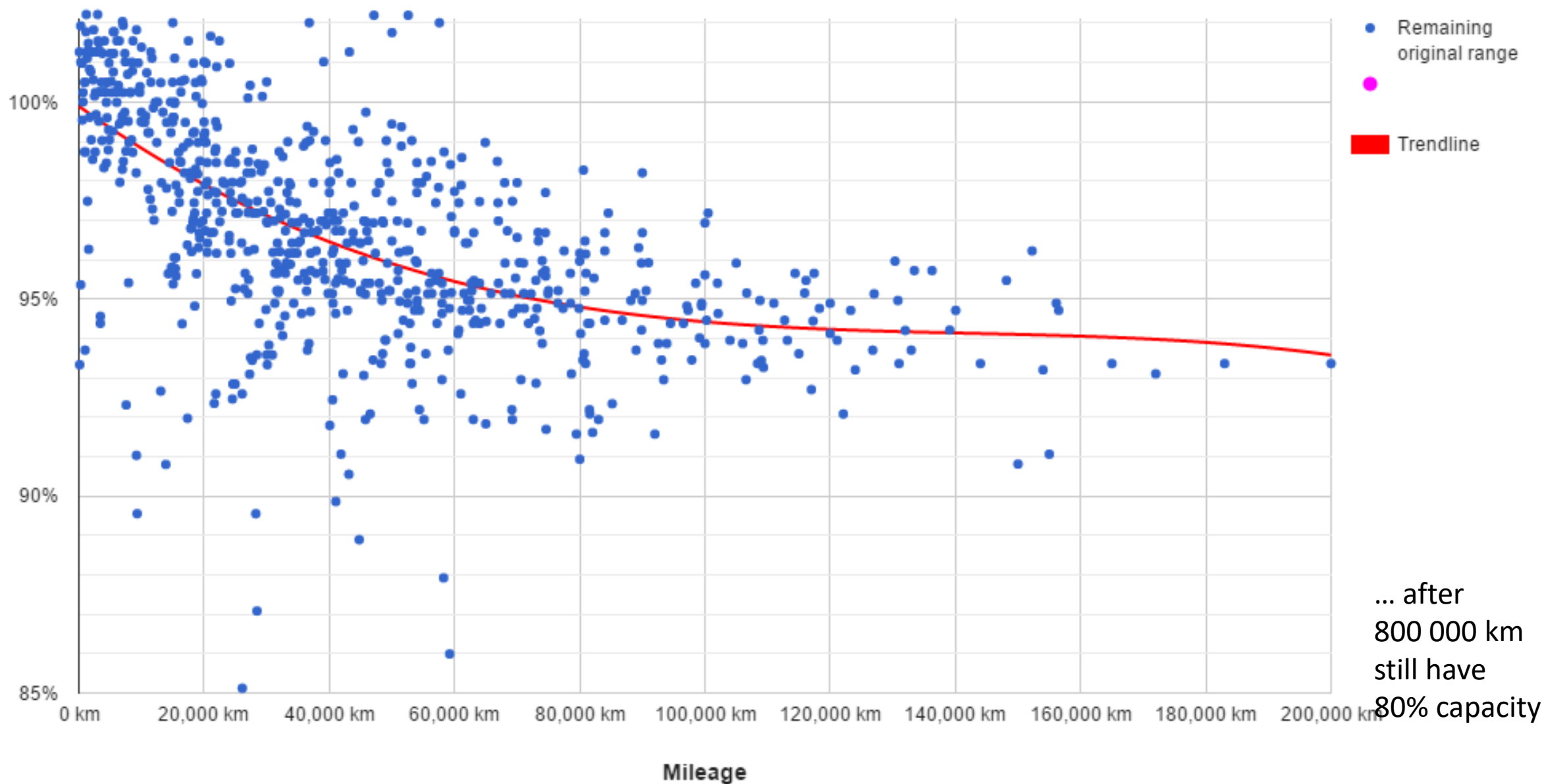
LiS

- The first 180 cycles of capacity increase, after 400 cycles is again new
- Every 1 200 km cycle - will be like new after 500 000 km



Tesla batteries cell aging

Tesla Model S Mileage vs Remaining Range



Tesla model 3

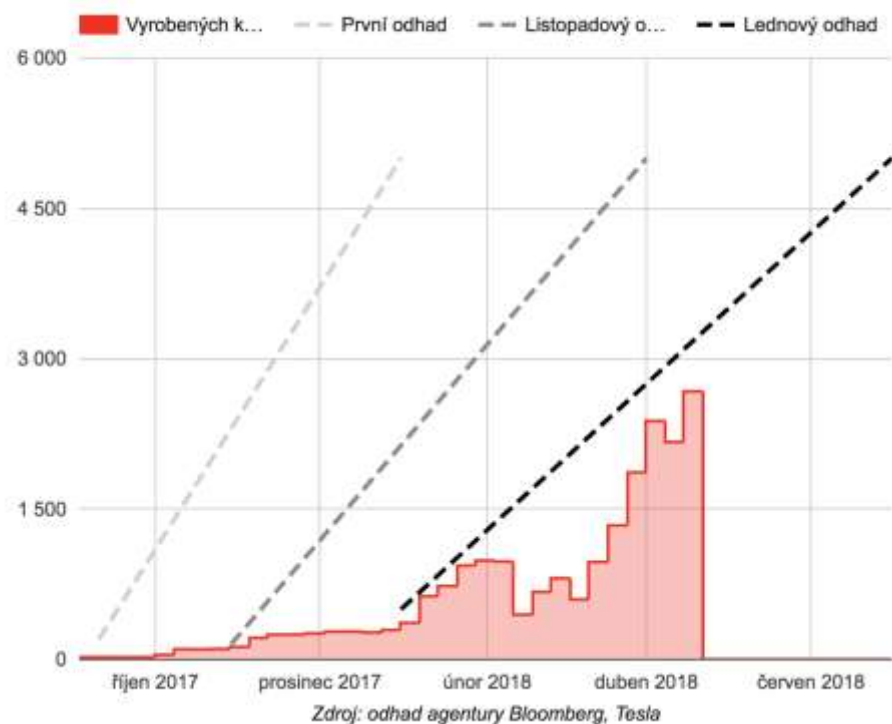
Akumulátor 65kWh

Dojezd 350 km

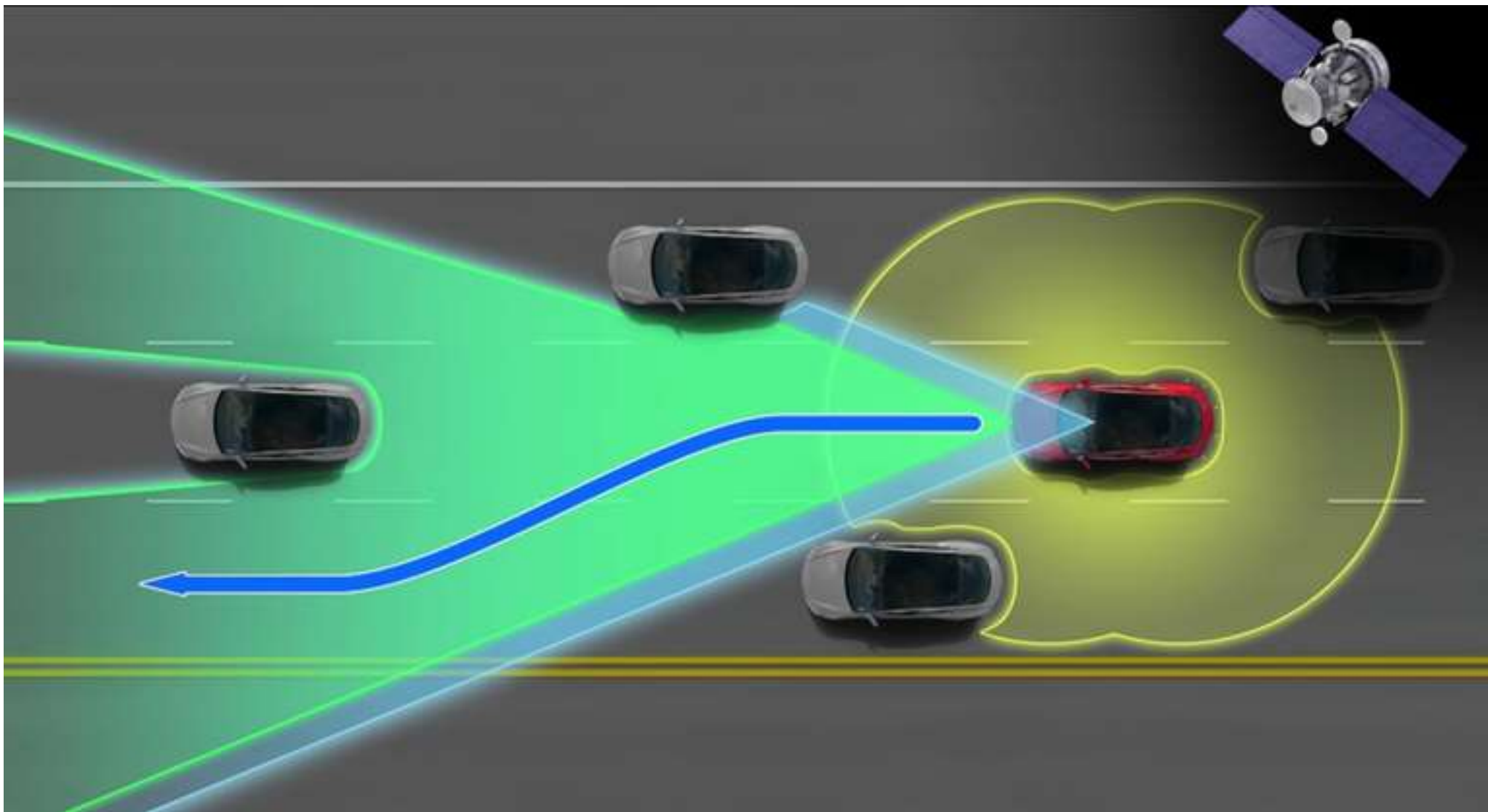
850 tis. Kč



Odhad výroby Modelu 3 podle agentury Bloomberg:



Tesla autopilot verze 1



Tesla autopilot HW2



Tesla Roadster 2

- 200kWh
- Dojezd 1000km
- 0-100km/h : 1,9s



Tesla Semi – range 650 – 800km



TESLA
MODEL S
MODEL X

range 450km
5+2 seats



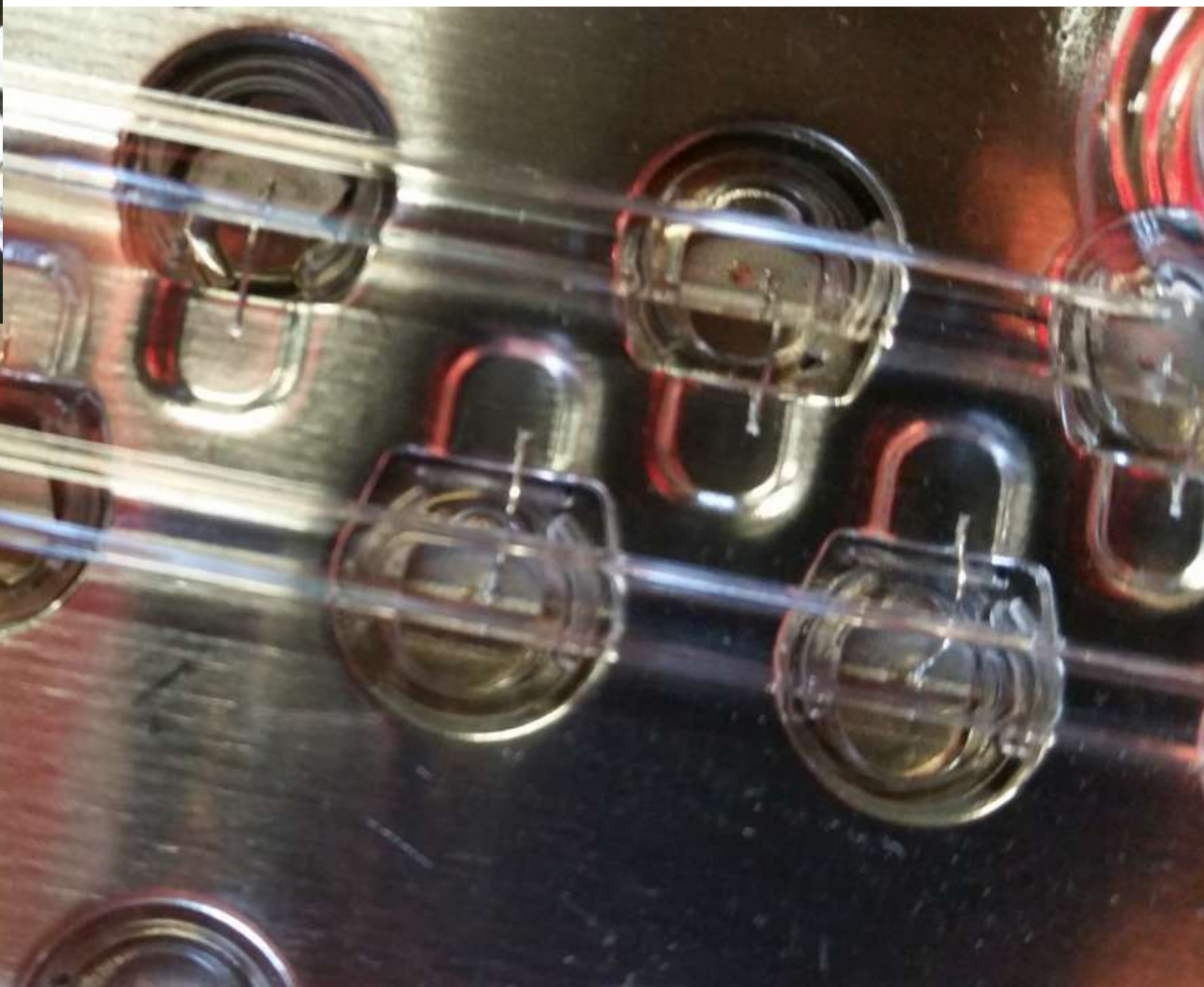




Cylindrical cells
LiPoL





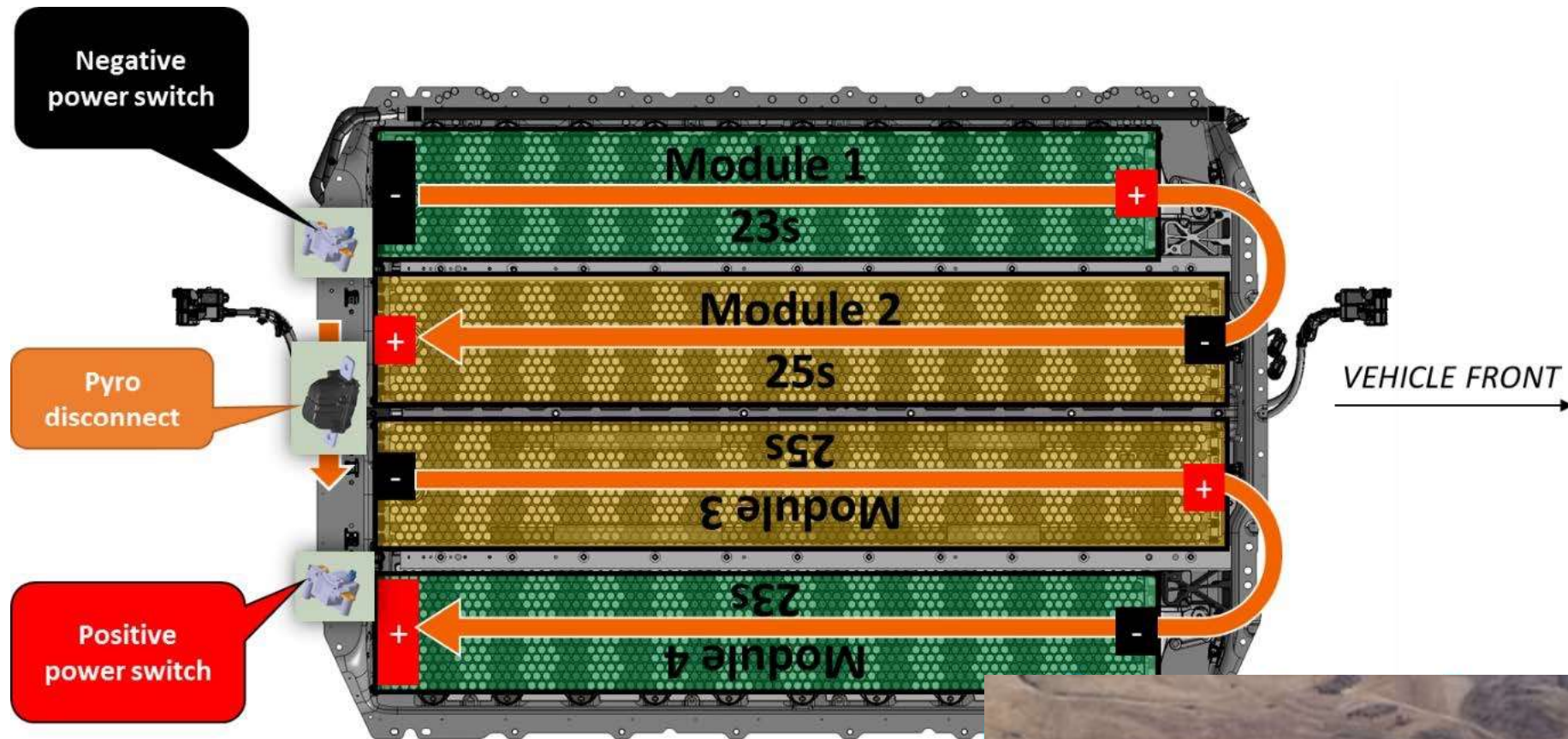


Inside Tesla Cell 18650 – alu cooling strip



Inside Tesla Cell 18650 – 18 mm x 65 mm





Tesla Model 3 battery pack
GIGA FACTORY



Renewable sources will be accumulating in electric vehicles

- Storing surplus energy in vehicles - bidirectional energy flow Limited pumping from vehicles at energy peak



Electric van from EVC Hulin



Speed battery change



Czech electric buses

- EVC Group Hulín - EVC First Electric
- SOR Libchavy – EBM 10,5 a EBM 8 (Baterie EVC group)
- Škoda Electric Plzeň – Perun 12m

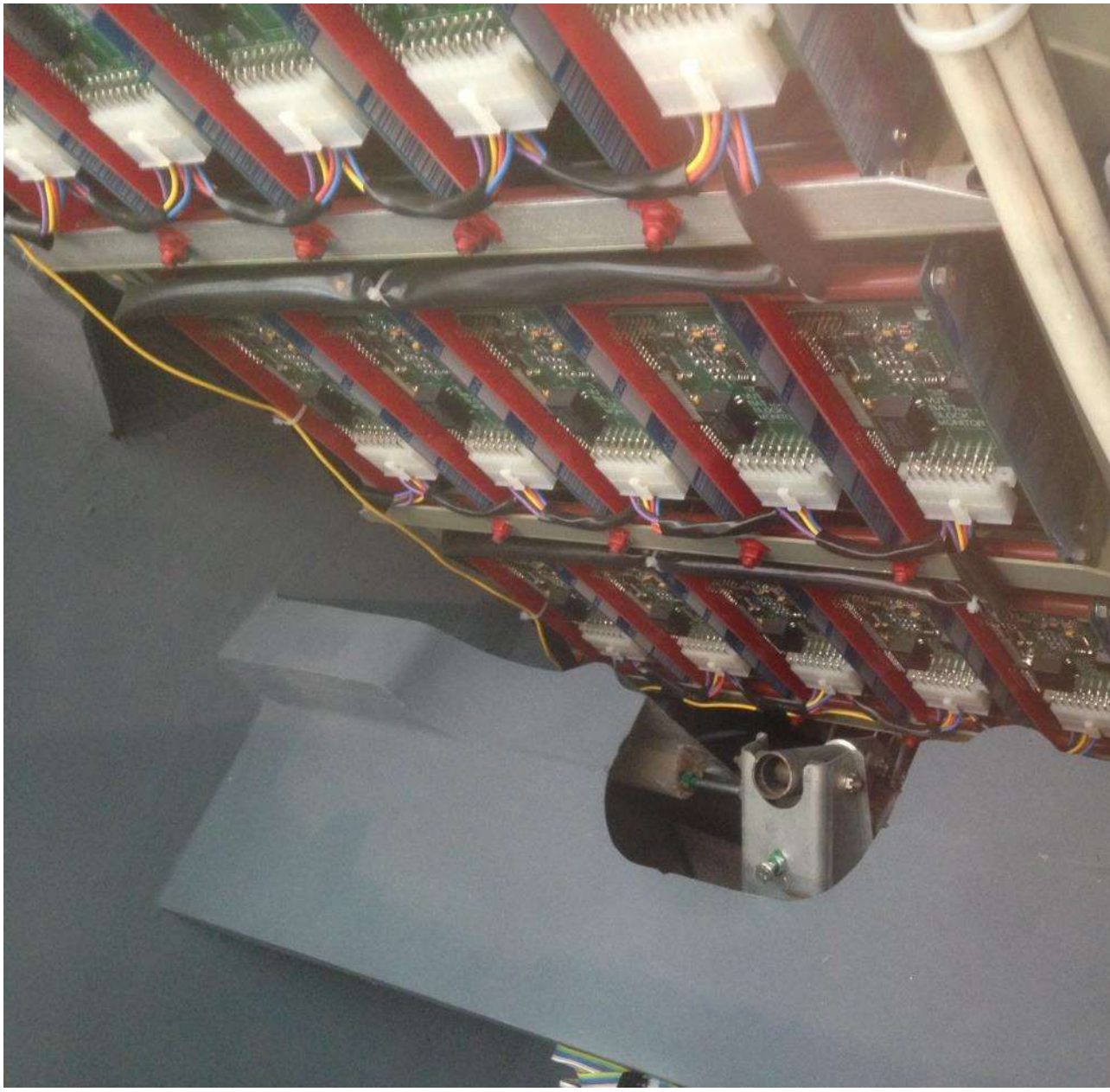


Electric plane VUT 051 RAY

1. fly
20.8.2014







SunRiver – czech full solar boat

56článků 200Ah LiFeYPO4 **Range 120 km** 2 * 30 kW motor

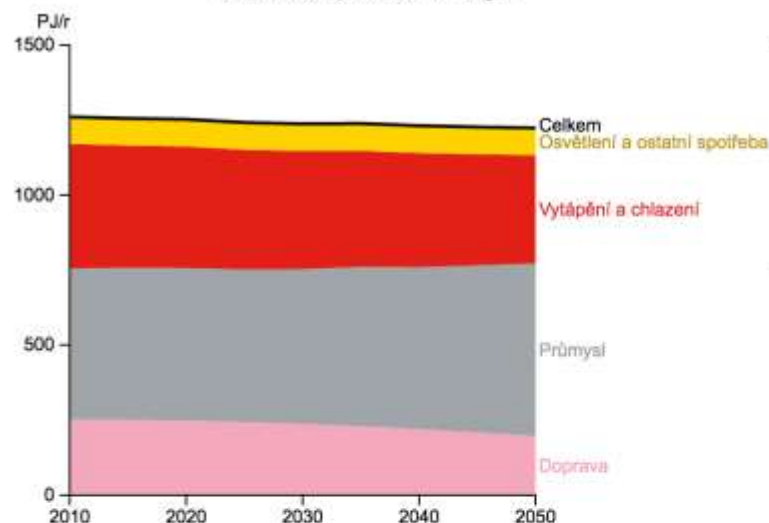
56 kWh – 2 * 90V

6200 Wp fotovoltaic (SolarPower 21% eff)



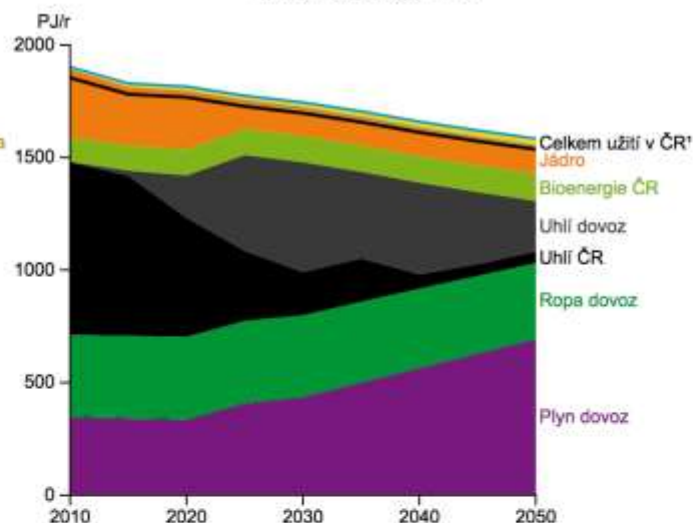


Konečná spotřeba energie



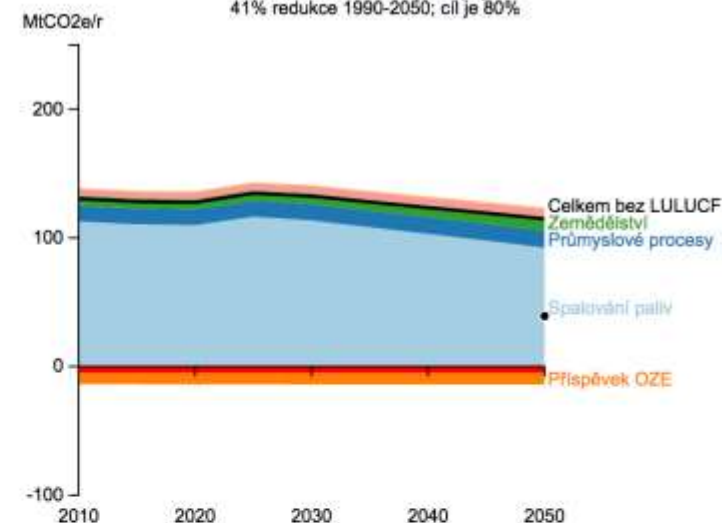
Změny ve struktuře osobní dopravy	1	2	3	4
Rozvoj nízkoemisi dopravy	1	2	3	4
Využití baterií nebo palivových článků	A	B	C	D
Nákladní doprava	1	2	3	4
Mezinárodní letecká doprava	1	2	3	4
Průměrná teplota v domech	1	2	3	4
Zateplování domů	1	2	3	4
Převažující způsob vytápění	A	B	C	D
Osvětlení a ostatní spotřeba elektrické energie (e. spotřebiče)	1	2	3	4
Růst HPH v průmyslu	A	B	C	
Energetická náročnost průmyslu	1	2	3	
Spotřeba na vytápění a chlazení	1	2	3	4
Převažující způsob vytápění	A	B	C	D
Osvětlení a ostatní spotřeba elektrické energie (e. spotřebiče)	1	2	3	4

Tuzemské užití PEZ



Jaderné elektrárny	1	2	3	4
Rozvoj CCS	1	2	3	4
Zachycování CO2 ze zdrojů na:	A	B	C	D
Větrné elektrárny	1	2	3	
Tepelné elektrárny	1	2	3	4
Fotovoltaické panely	1	2	3	4
Solární termické kolektory	1	2	3	4
Geotermální elektrárny	1	2	3	4
Vodní elektrárny	1	2	3	
Dovoz elektřiny	1	2	3	4
Produkce biomasy, biopalin a bioplynu	1	2	3	4
Stavy hospodářských zvířat a nakládání s nimi	1	2	3	4
Produkce odpadů	A	B	C	D
Typy biomasy	A	B	C	D
Dovoz obnovitelných zdrojů energie	1	2	3	4

Emise skleníkových plynů
41% redukce 1990-2050; cíl je 80%



Geosekvestrace (uložení CO2 do hlubinných dolů)	1	2	3	4
Akumulace a přenosové kapacity	1	2	3	4
Domácí zdroje fosilních paliv	1	2	3	4

Poznámky

- Tato volba vyžaduje vynaložení minimálního úsilí.
 - Toto je ambiciózní volba, ale je považována většinou expertů za rozumnou.
 - Tato volba je považována za nepravděpodobnou bez zásadní změny současného systému a/nebo podstatného technologického průlomu.
 - Horní hranice toho, co je považováno za fyzicky možné nejoptimističtějším uživatelem.
- A - D Rozsah voleb, kde jedna alternativa není nutně obtížnější než jiná.
- Celkové užití v ČR¹ Dodávka primární energie je normálně vyšší než konečná spotřeba energie s ohledem na spotřebu energie pro výrobu elektřiny.
- Cíle² Cíle do roku 2027 nezahnují mezinárodní leteckou a lodní dopravu. Jsou také počítány jako pětileté úhrny a ne jako cíle pro jednotlivé roky, které jsou zde zobrazeny.
- Celkem³ Celkový součet zahrnuje snížení emisí ze zachytávání a ukládání uhlíku a z pěstování nové biomasy náhradou za spotřebovanou (bioenergetický kredit).

Energy flows in the Czech Republic

