

## Rozvoj elektromobility a jej vplyv na spotrebu pohonných hmôt a elektrickej energie v cestnej doprave v Slovenskej republike

Ing. Martina Repíková

Centrum pre hospodárske  
otázky, MH SR

# Ciel' štúdie

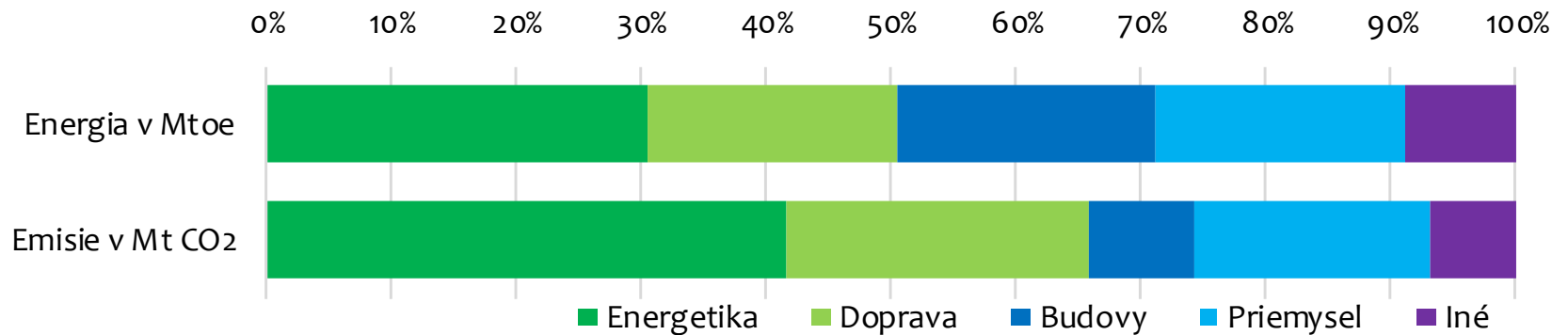
1. Prognóza rozvoja elektromobility
  - Ako sa môže vyvíjať elektromobilita v SR?
  - Ktoré faktory podporia alebo zabrzdia jej rozvoj?
2. Vplyv elektromobility na spotrebu pohonných hmôt a elektrickej energie
  - Aký vplyv bude mať predpokladané rozšírenie elektromobility na spotrebu pohonných hmôt a elektrickej energie na Slovensku?
  - Prispeje zavedenie elektromobility znížiť množstvo emisií z dopravy v SR?

# Ciel' štúdie

## Emisie z energetiky v roku 2018

- na úrovni 33,1 GtCO<sub>2</sub>e
- ~60% celosvetových emisií skleníkových plynov
- štvrtina emisií z energetiky je z dopravy
- v doprave sa spotrebuje „iba“ 20% energie

## Podiel globálnej spotreby energie podľa odvetví a množstve emisií CO<sub>2</sub>, 2016



Zdroj: IEA, CO<sub>2</sub> Emissions Statistics

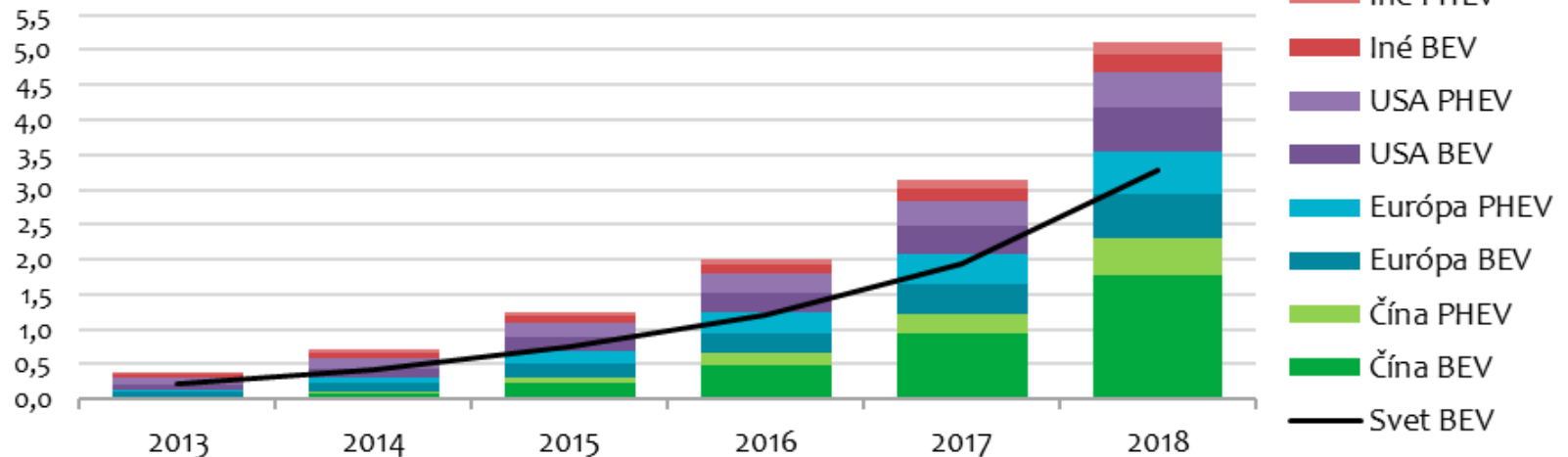
# 1. Prognóza rozvoja elektromobility

- Ako sa môže vyvíjať elektromobilita v SR?
- Ktoré faktory podporia alebo zabrzdia jej rozvoj?
- Terminológia
  - Elektrické vozidlá EV
    - Čisto batériové vozidlá BEV
    - Nabíjateľné vozidlá PHEV
    - Hybridné vozidlá HEV
  - Alternatívne palivá
    - LPG (skvapalnený ropný plyn)
    - zemný plyn
    - LNG (skvapalnený zemný plyn)
    - CNG (stlačený zemný plyn)
    - kvapalné biopalivá (ETBE, bioetanol, bionafta)
    - vodík

# Elektromobily vo svete

Vývoj počtu elektrických vozidiel vo svete

Počet EV (milión)



Zdroj: Medzinárodná energetická agentúra (IEA), Global EV Outlook 2019

Celosvetový počet EV (IEA, 2018)

- 5,1 milióna osobných EV
  - z toho 3,29 milióna BEV
  - +2 milióny vs 2017
- 460 tisíc elektrických autobusov
- 250 tisíc ľahkých úžitkových elektrických vozidiel

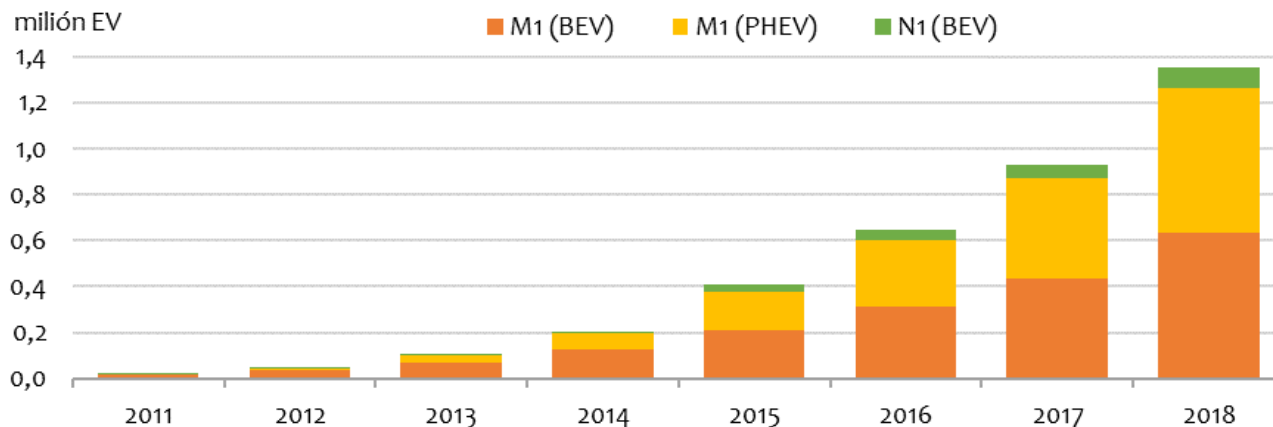
Krajiny s najväčším počtom EV (počet, % z vozového parku, v 2018):

1. Čína 2,3 milióna EV, 4%
2. USA ~1,1 milióna EV, 2,1%
3. Európa 1 352 287 EV, 2,3%

# Európa a Slovensko

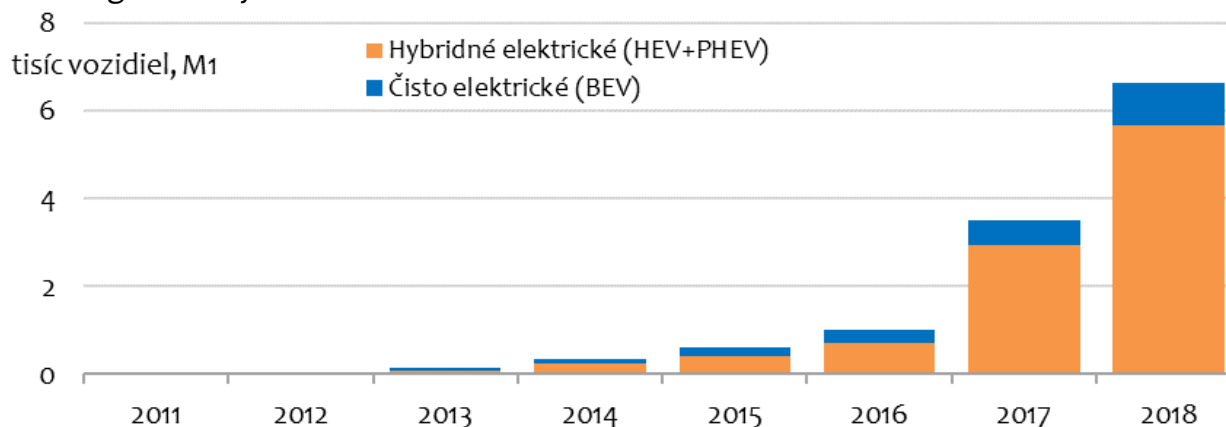
Slovensko (2018): 959 BEV, 619 PHEV, 47 autobusov a 74 LCEV

Počet osobných (M1) a ľahkých úžitkových (N1) BEV a PHEV v Európe



Zdroj: European Alternative Fuel Observatory (EAFO)

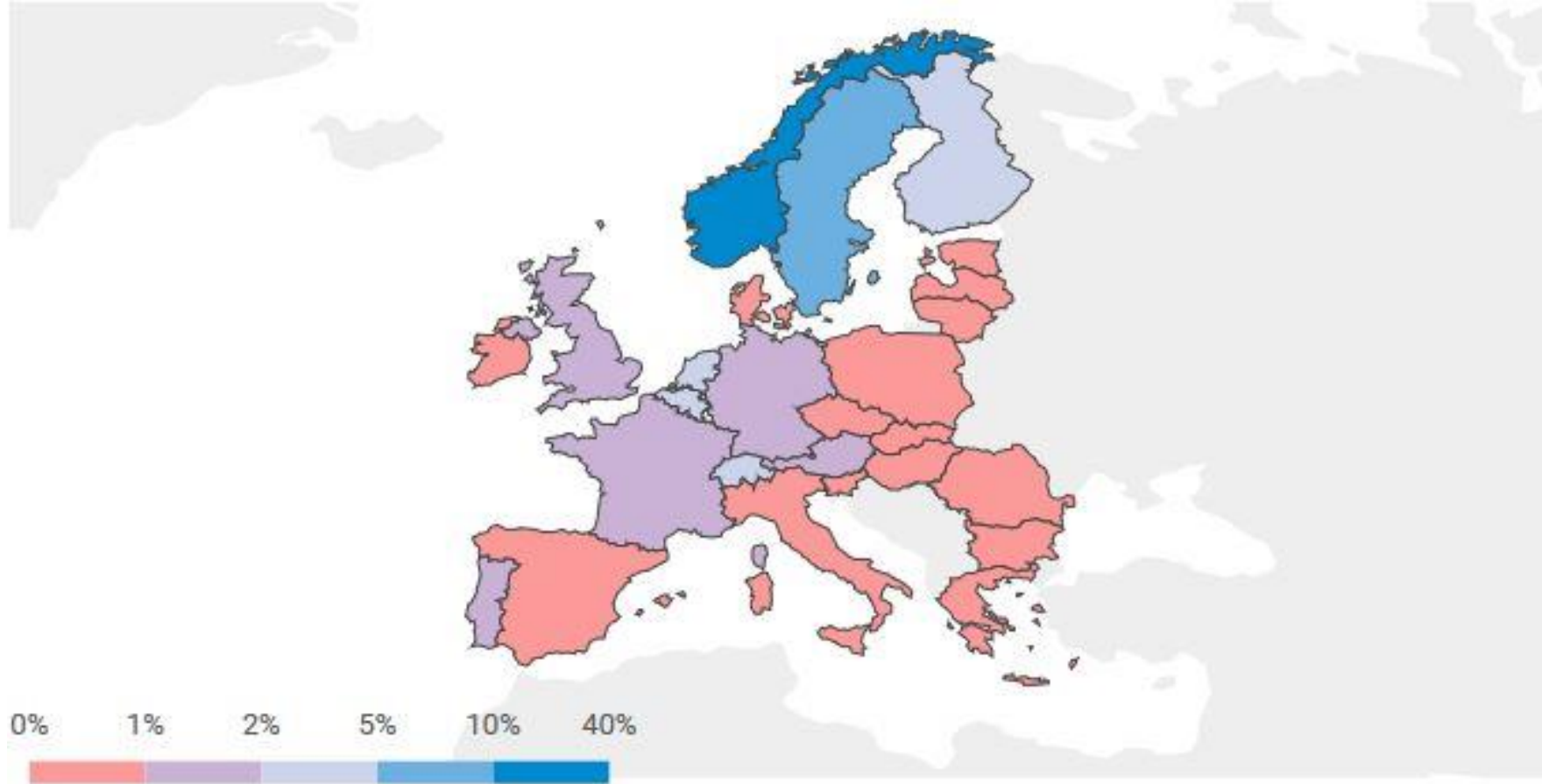
Počet registrovaných EV na Slovensku



Zdroj: ZAP SR

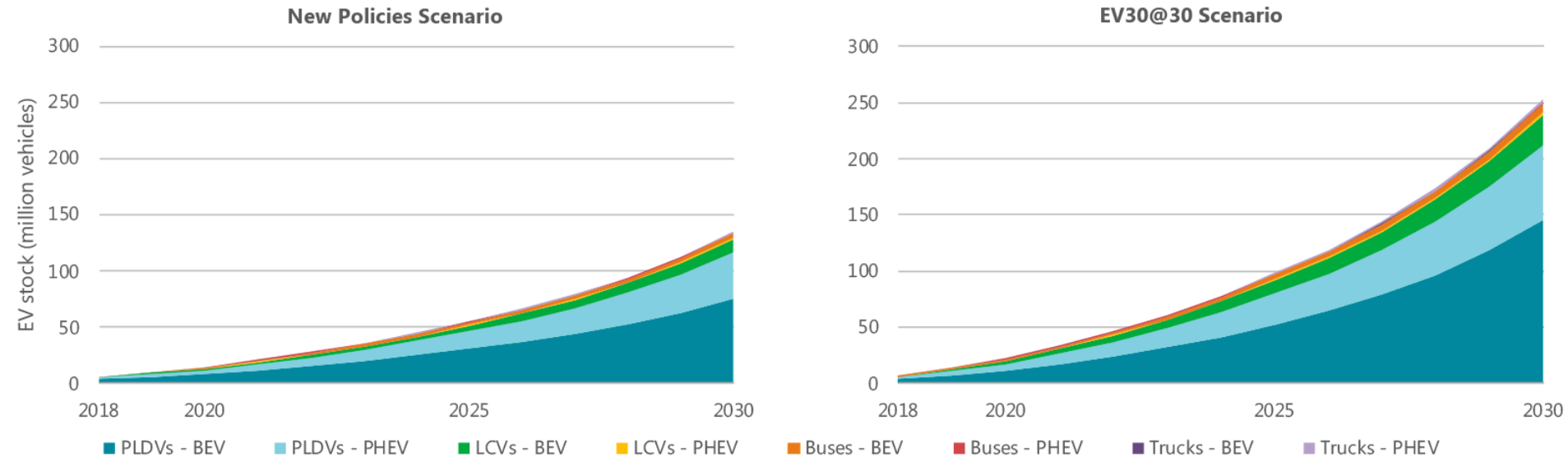
# Podiel EV v Európe

Podiel EV medzi novo-registrovanými vozidlami v krajinách EU a EFTA, 2018



Zdroj: Európska asociácia výrobcov automobilov (ACEA)

# Prognóza počtu EV do 2030 od IEA



Zdroj: Medzinárodná energetická agentúra (IEA), Global EV Outlook 2019

- New policies scenario zahŕňa existujúce a plánované politiky
- EV30@30 scenáριο počíta s 30% trhovým podielom EV v roku 2030
- PLDV – osobné vozidlá,
- LCV – ľahké úžitkové vozidlá,
- Buses - autobusy,
- Trucks – nákladné vozidlá



# Iné predpovede

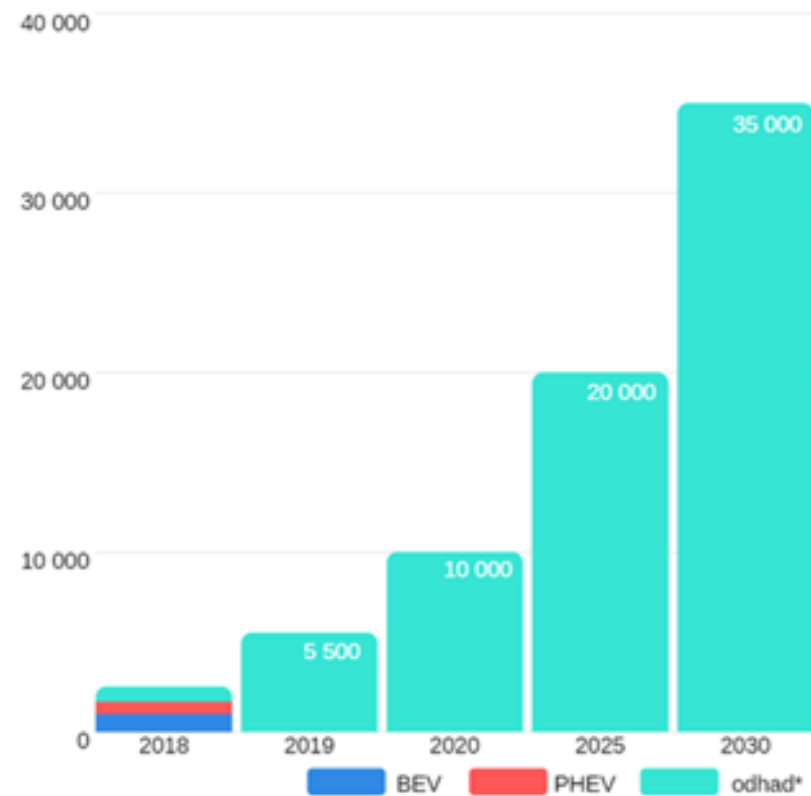
## Počet EV

- IEA: 130-250 mil EV v 2030 a 5% podiel vo vozovom parku
- IRENA: 150 mil EV v 2030 a viac ako 1 mld EV v 2050
- KBC: 2 mld EV do 2040
- Morgan Stanley: 320 mil EV v 2030 a 1,6 mld v 2050

## Počet/podiel novo-predaných

- BNEF: 28-30 mil EV v 2030
- Deloitte: 21 mil EV v 2030
- PWC: 40 % do 2030
- BCG: 46% do 2030

## Počet EV a plán rozvoja v SR do roku 2030



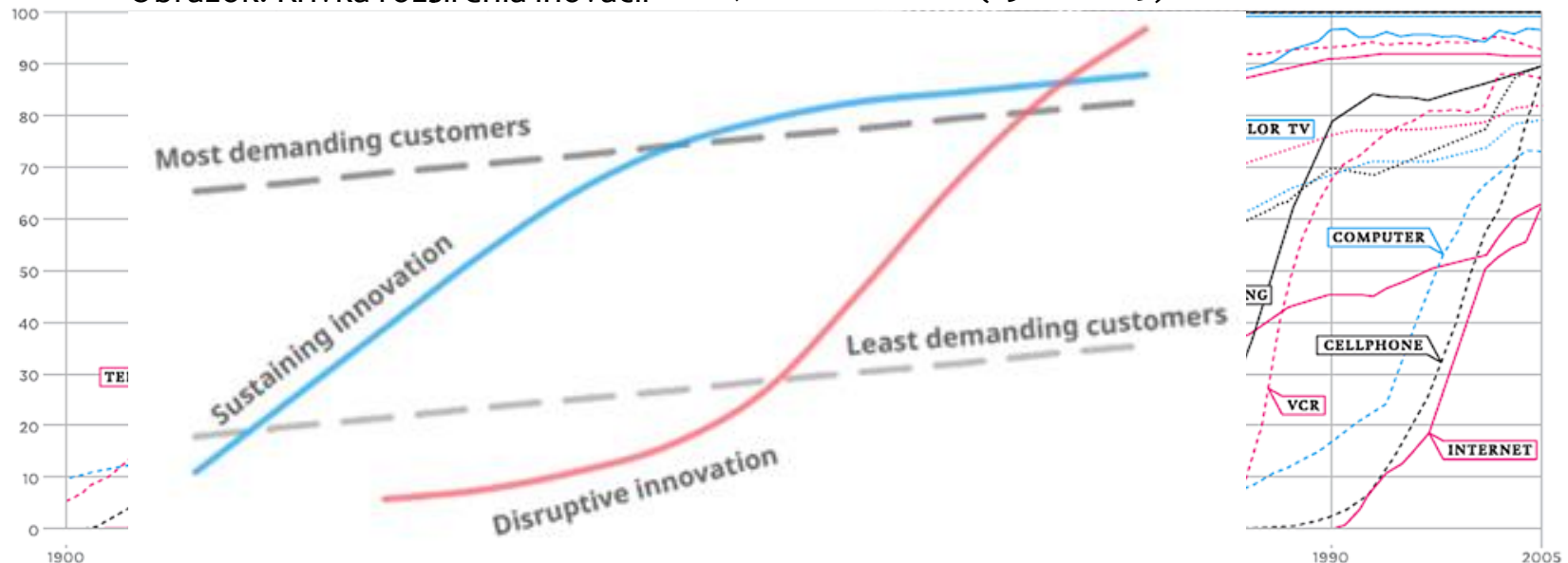
Zdroj: Akčný plán rozvoja elektromobility, MH SR, 2018

# Východisková téza

Inovácie a ich nástup na trh

1. Etablované produkty (model automobilu so spaľovacím pohonom)
2. Disruptívne technológie (alternatívne palivá, elektromobilita)
  - Podľa analýzy historických trendov zavádzania technologických inovácií prudší nárast sa dostaví po preniknutí na 2,5-5% trhu
  - Pre SR by 2,5-5% bolo 58000 – 116000 EV (z 2,33 milióna osobných vozidiel M1)

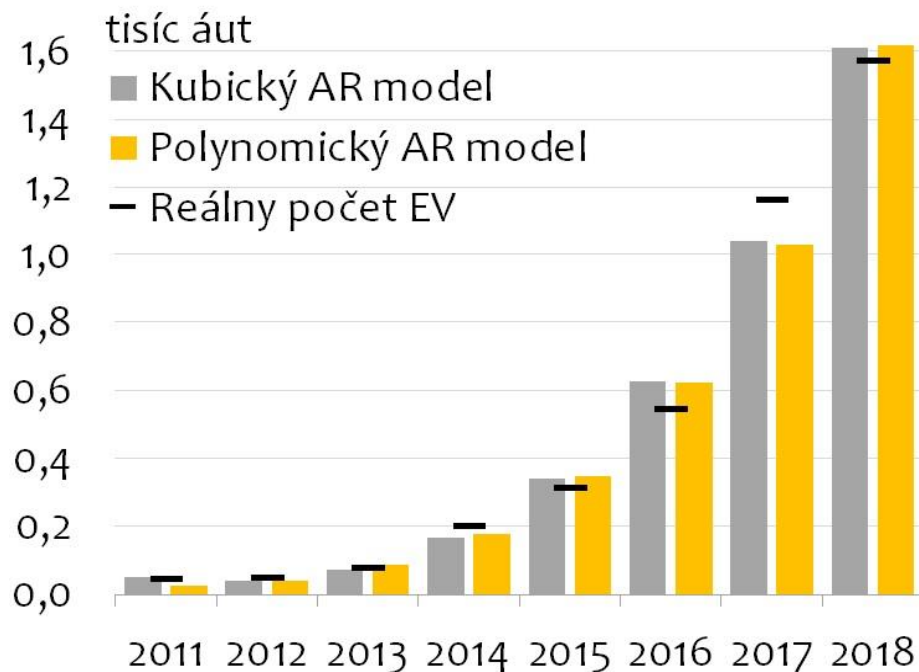
Rozšírenie inovácií medzi spotrebiteľmi v USA, % domácností (1900-2005)



Zdroj: Nicholas V. Carr via New York Times

30. 1. 2020

# Prognostický model

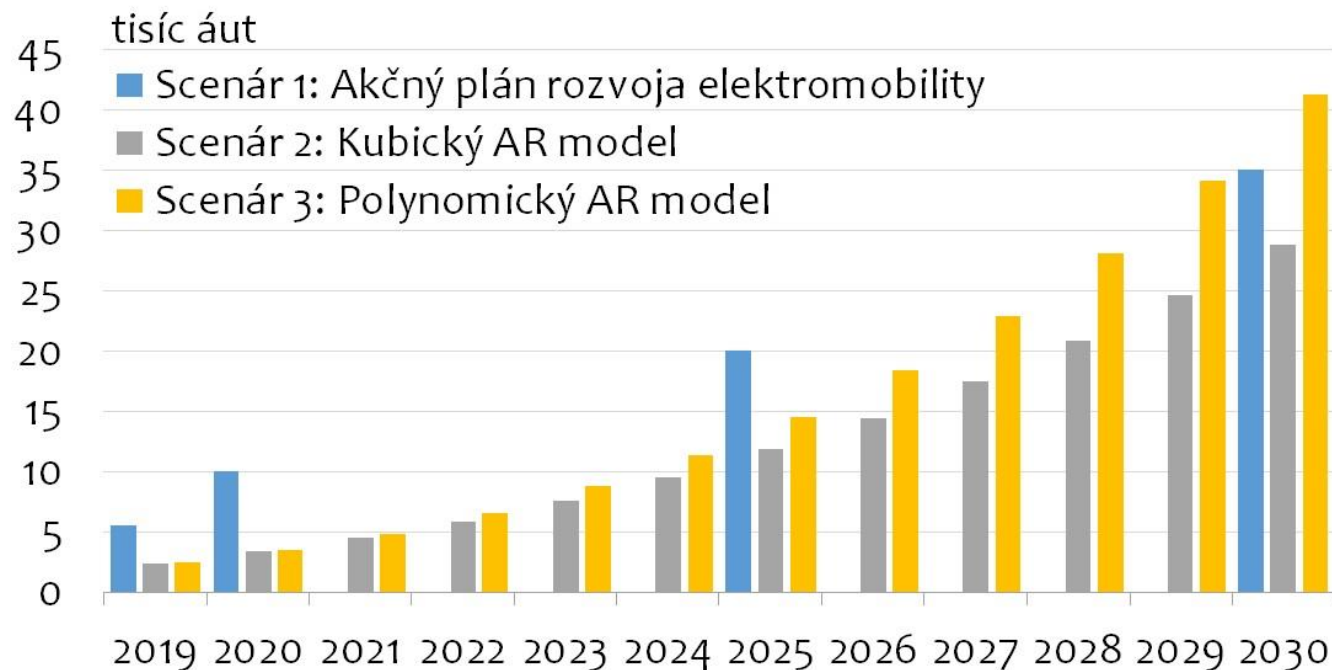


Koeficienty determinácie R2 auto-regresných funkcií

Funkcia	PHEV	BEV	EV
<b>Kubická</b>	97,8%	99,4%	98,6%
<b>Polynomická</b>	98,2%	99,5%	98,9%

Zdroj: Vlastný výpočet

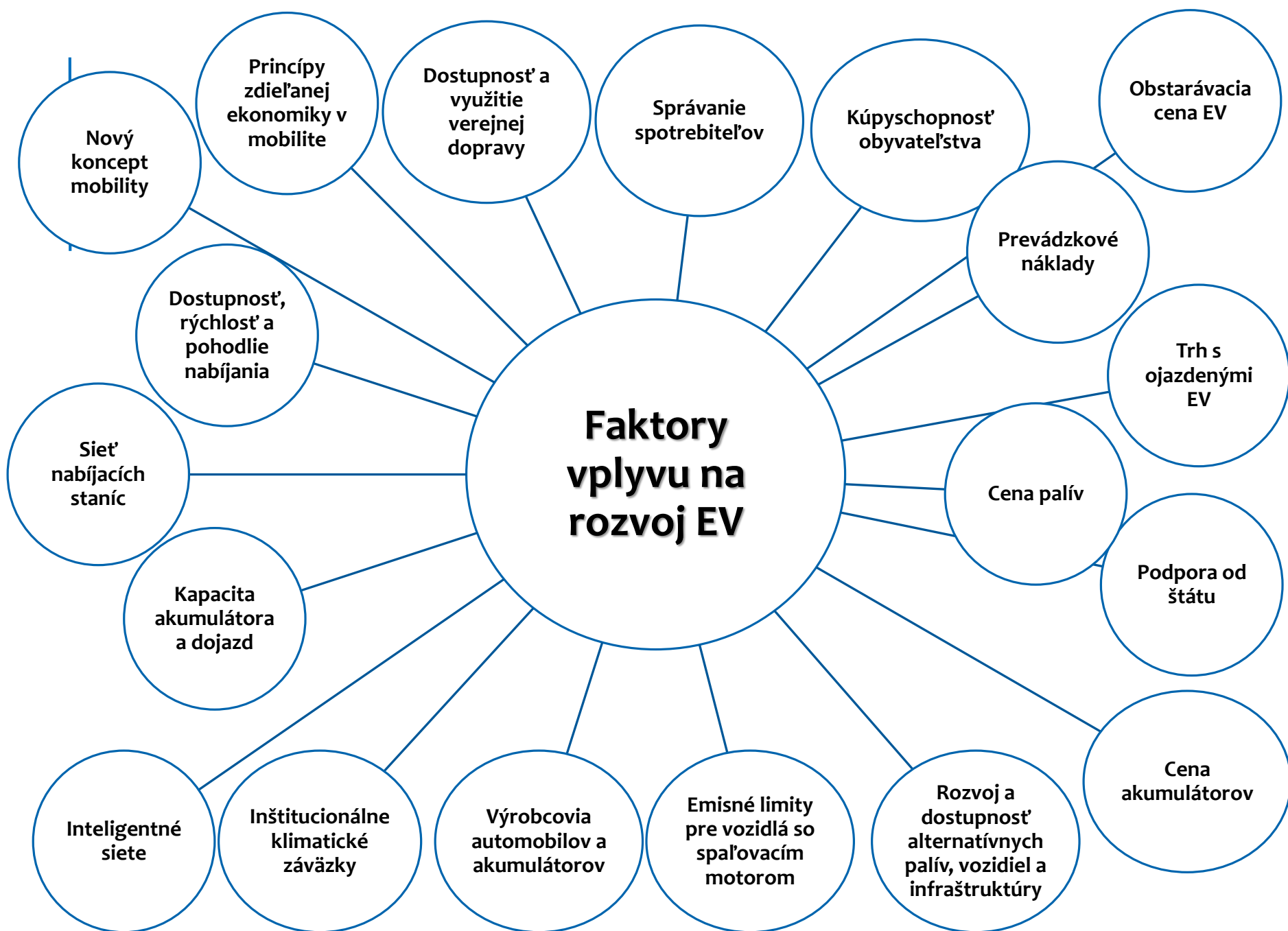
# Scenáre



Scenáre odhadu počtu EV v SR (podiel vozidiel kategórie M1)

	Scenár 1: AP rozvoja elektromobility	Scenár 2: Kubická funkcia	Scenár 3: Polynomická funkcia
<b>2020</b>	10 000 (0,4%)	3 310	3 470
<b>2025</b>	20 000 (0,9%)	11 850 (0,15%)	14 540 (0,15%)
<b>2030</b>	35 000 (1,5%)	28 850 (1,2%)	41 230 (1,8%)

Zdroj: AP elektromobility a vlastný prepočet



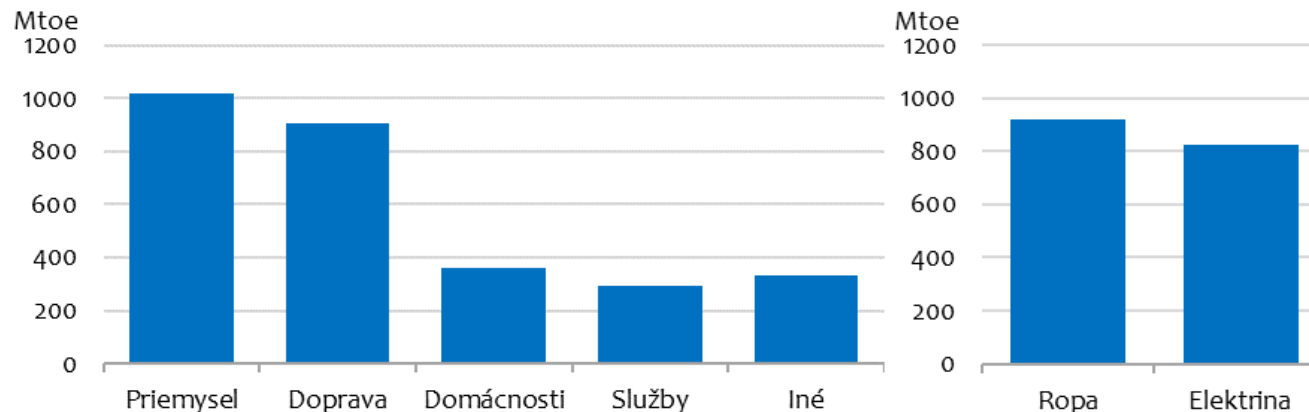
## 2. Vplyv EV na spotrebu PHM a elektrickej energie

- Aký vplyv bude mať predpokladané rozšírenie elektromobility na spotrebu pohonných hmôt a elektrickej energie na Slovensku?
- Príspeje zavedenie elektromobility znížiť množstvo emisií z dopravy v SR?

# Spotreba pohonných hmôt

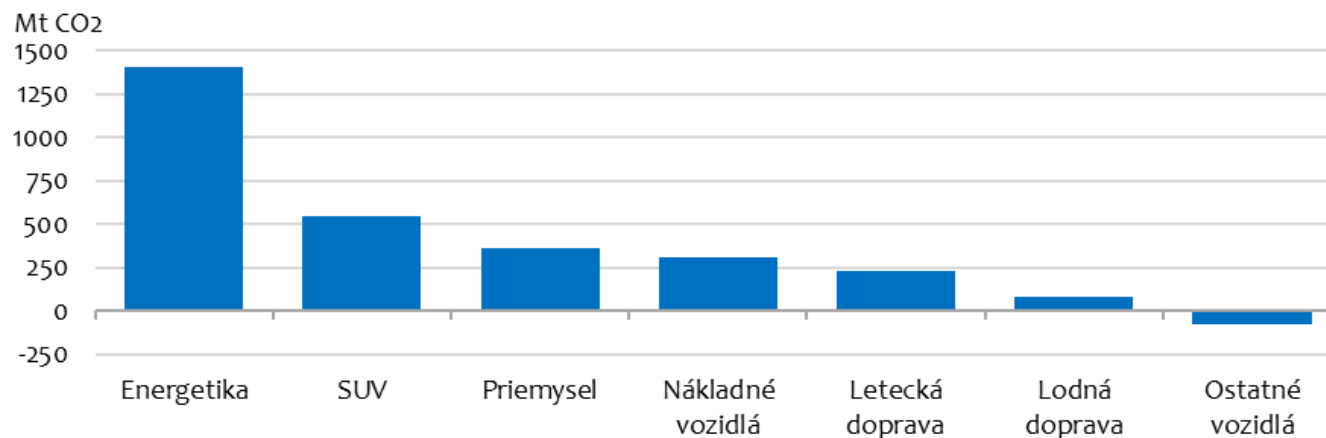
Spotreba energie v doprave narástla o 900 Mtoe v 2000-2018

Nárast spotreby energie podľa odvetvia a spotreby ropy a elektrickej energie vo svete, 2000-2018



Zdroj: IEA, WEO 2019

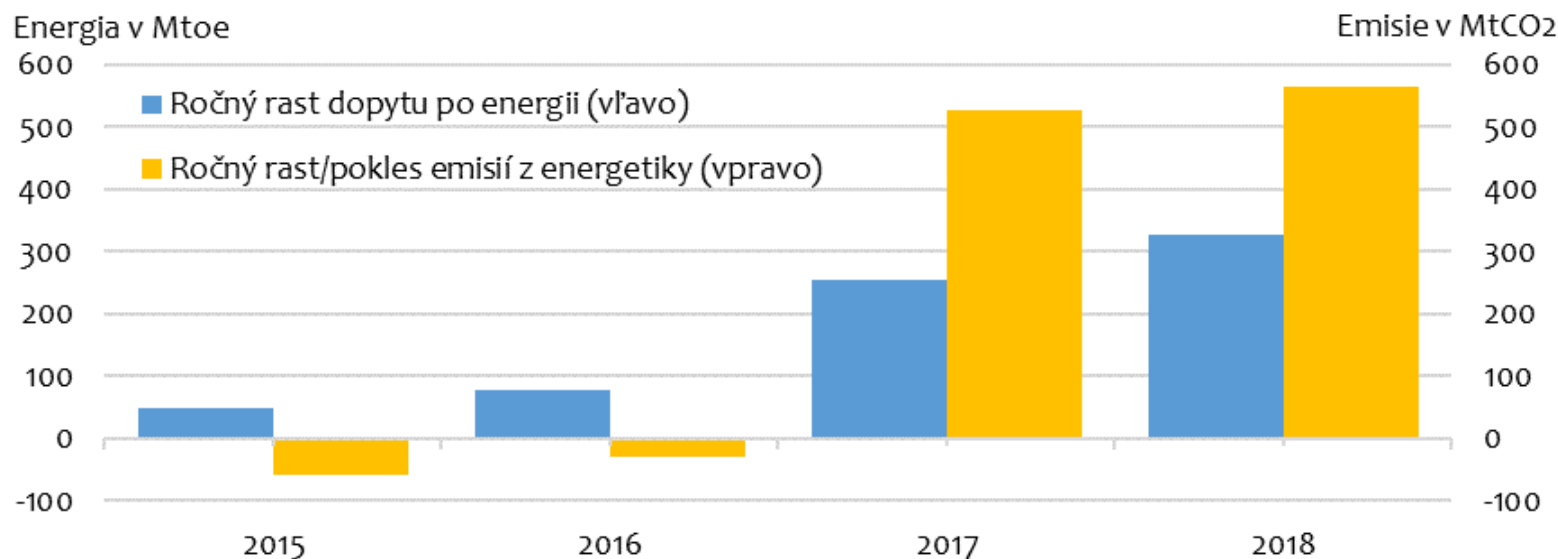
Nárast emisií skleníkových plynov z energetiky vo svete, 2010-2018



Zdroj: IEA, WEO 2019  
30. 1. 2020

# Emisie z dopravy vo svete

Ročný prírastok/úbytok dopytu po energii a emisií CO<sub>2</sub> z energetického sektora 2015-2018



Zdroj: IEA, GECO 2019

Elektrické vozidlá (IEA) vo svete v roku 2018

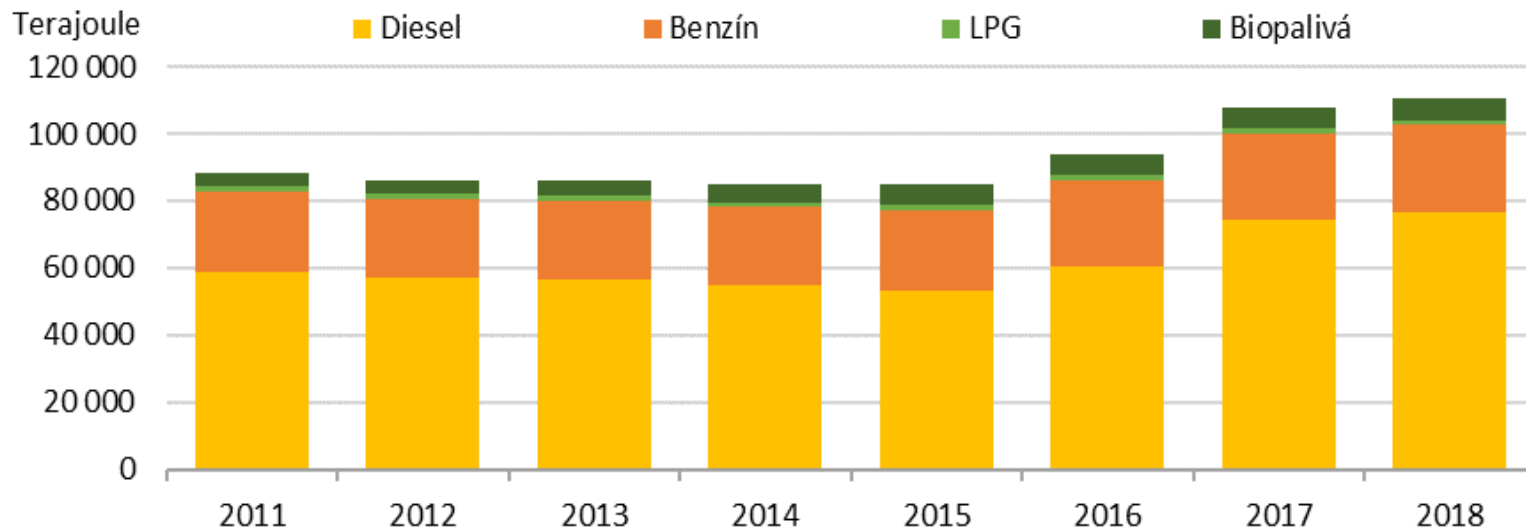
- 5,1 milióna EV
- na pohon 58 TWh elektrickej energie
- vypustené emisie pri výrobe tejto energie 41 mil ton emisií CO<sub>2</sub>e
- rovnaký počet vozidiel so spaľovacím motorom by emitoval o 36 mil ton CO<sub>2</sub>e viac



# A v SR v roku 2018

- Elektrická energia 111 PJ / 31 TWh
- PHM 106 PJ
  - z toho 70% diesel/nafta,
  - 20% benzín
  - a zvyšok biopalivá, LPG a iné plynové palivá

Spotreba energie (PHM) v cestnej doprave v Slovenskej republike, 2011-2018

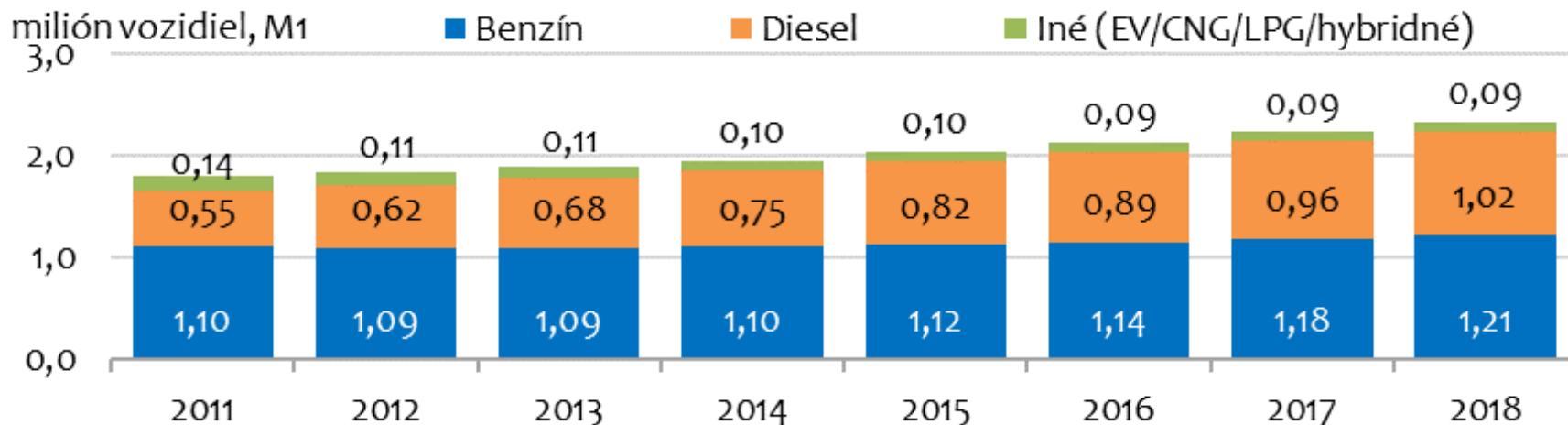


Zdroj: SHMÚ, Národná inventarizačná správa 2019, prvotné údaje pre rok 2018

# A v SR v roku 2018

- Osobné automobily
  - od roku 2011 pol milióna áut
  - každé 5 auto benzínový pohon
  - 2x dieselový pohon

Počet registrovaných osobných vozidiel podľa paliva v Slovenskej republike, 2011-2018

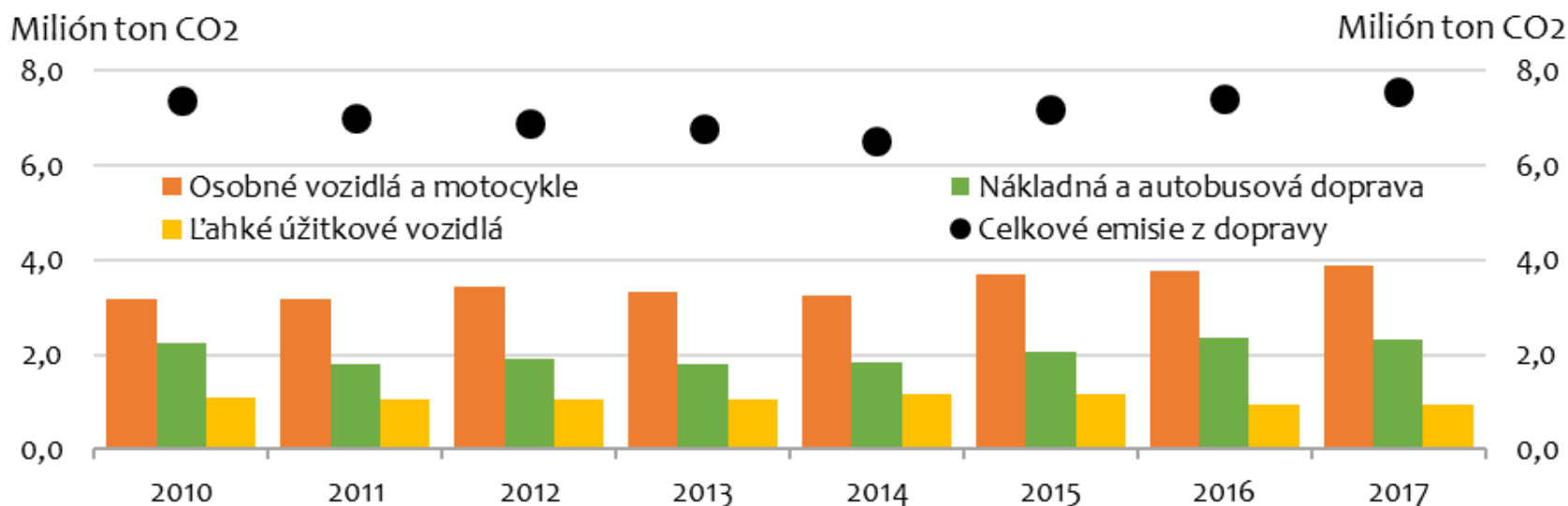


Zdroj: ZAP SR

# A emisie v roku 2018

- Celkom 36,7 mil. ton emisií v SR v 2017
- Doprava približne 20%
- Osobné automobily 51% emisií z dopravy alebo 10,6% z celkových emisií

Vývoj Emisií CO<sub>2</sub> z cestnej dopravy v SR, 2010-2017



Zdroj: SHMÚ, Národná inventarizačná správa 2019

# Tvorba scenárov – ročný nájazd

Priemerný ročný nájazd osobného vozidla

- Nízky do 12 000 km (v EU v 2018)
- Stredný do 15 000 km
- Vyšší do 20 000 km

Vzdialenosť spiatocnej jazdy medzi vybranými mestami

<b>Mestá</b>		<b>Spiatočná jazda</b>	<b>Ročný nájazd (5x denne, 52 týždňov)</b>	
<b>Štart</b>	<b>Cieľ</b>	<b>km</b>	<b>km</b>	<b>kategória</b>
Svätý Jur	Bratislava	30	7 826	Nízky nájazd
Pezinok	Bratislava	44	11 404	Nízky nájazd
Modra	Bratislava	54	14 076	Stredný nájazd
Malacky	Bratislava	76	19 760	Vyšší nájazd
Leopoldov	Trnava	36	9 350	Nízky nájazd
Galanta	Trnava	54	14 160	Stredný nájazd
Hlohovec	Nitra	57	14 825	Stredný nájazd
Vráble	Nitra	42	10 977	Nízky nájazd
Vrútky	Žilina	47	12 241	Stredný nájazd
Považská Bystrica	Žilina	67	17 394	Vyšší nájazd
Zvolen	Banská Bystrica	42	10 993	Nízky nájazd
Žiar nad Hronom	Banská Bystrica	82	21 190	Vyšší nájazd
Prešov	Košice	73	18 970	Vyšší nájazd
Medzev	Košice	77	20 129	Vyšší nájazd

Zdroj: <http://www.vzdialenost.sk/>

# Tvorba scenárov – priemerná spotreba

Spotreba automobilu v závislosti od

- jazdných podmienok,
- spôsobu jazdy vodiča,
- vzdialenosti,
- profilu trate,
- počasia,
- ročného obdobia a iných činiteľov

U elektromobilov aj

- kapacita akumulátora,
- rýchlosť,
- kúrenie alebo klimatizácia

Min tvoria emisné limity EÚ pre 2020 a 2030

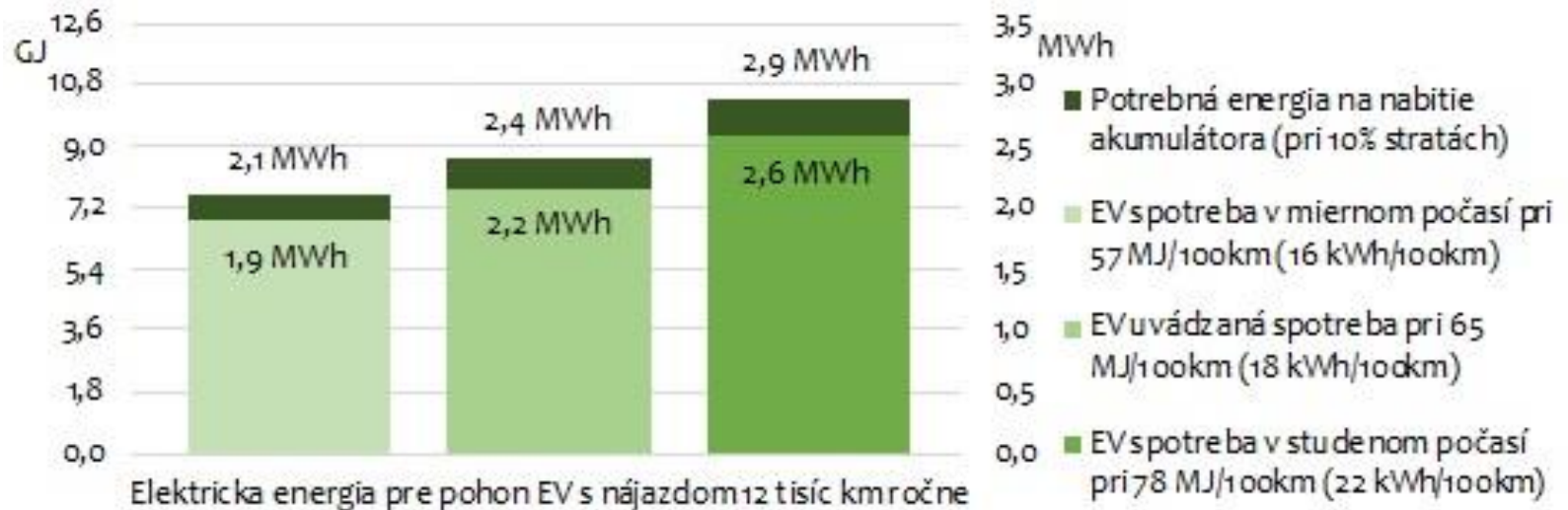
Priemerná spotreba pohonných látok na 100 km

Pohon motora	v l/100km	v MJ/100km	v kWh/100km
<b>Benzín</b>	4,1	138	38
	5,6	188	52
	6,5	218	61
	7,8	262	73
<b>Diesel</b>	3,6	121	34
	4,5	151	42
	5,8	196	54
	7,8	261	73
<b>EV spotreba v miernom počasí</b>		57	16
<b>EV uvádzaná spotreba</b>		65	18
<b>EV spotreba v studenom počasí</b>		78	22

Zdroj: ceskybenzin.cz, ev-database.uk, TUV report 2018, vlastný prepočet

# Spotreba elektrickej energie pre 1 EV = spotreba 1 stredne veľkej domácnosti

Spotreba elektrickej energie na pohon EV a dopyt po elektrickej energii pre nabitie akumulátora pri nižšom ročnom nájazde a 10% strate z nabíjacej sústavy a zo samo-vybíjania

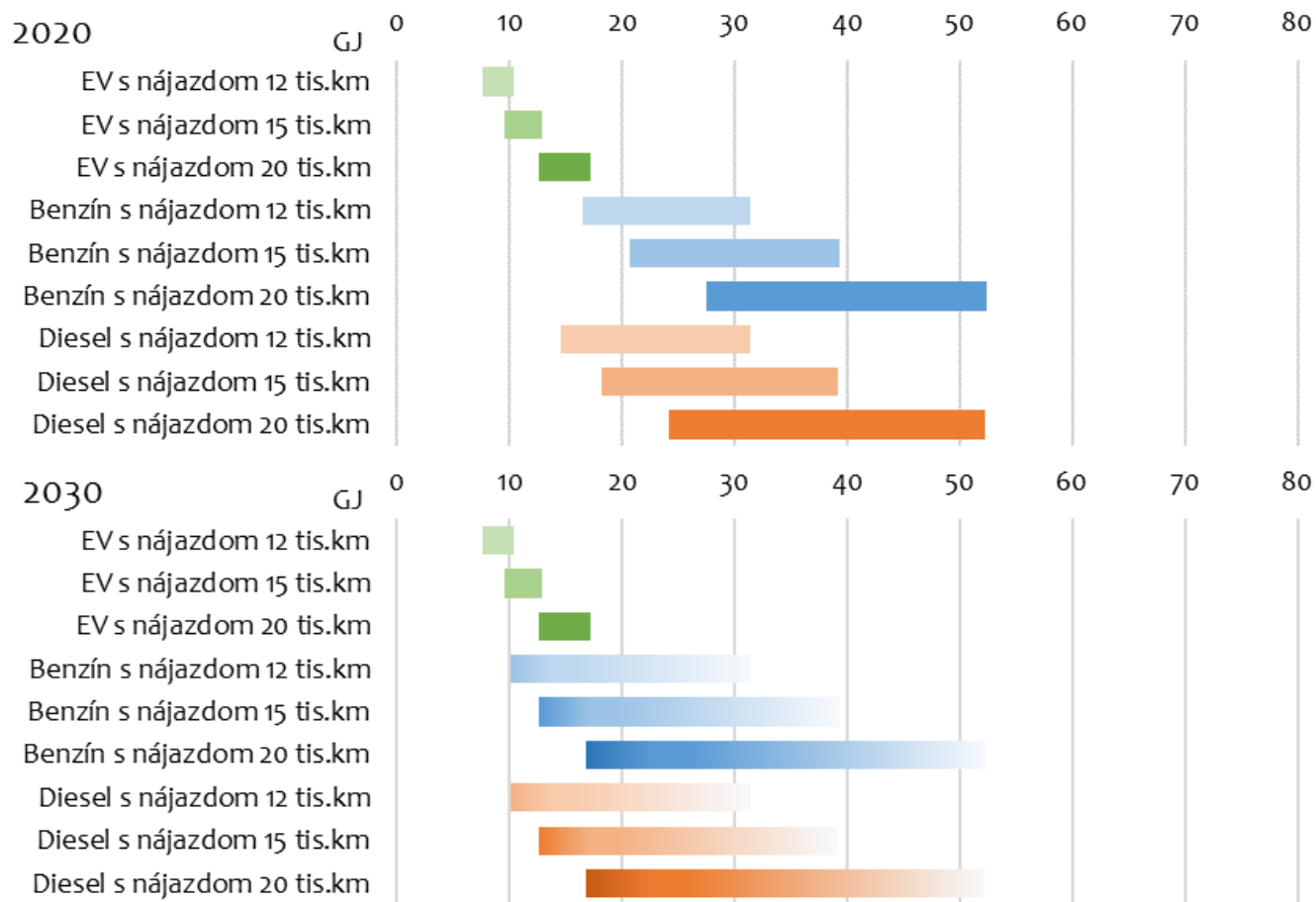


Zdroj: vlastný výpočet

Priemerná slovenská domácnosť spotrebuje v byte zhruba 2,3 MWh elektriny za rok, v rodinnom dome približne 3,9 MWh (mimo vykurovania a ohrevu vody).

# 1 vozidlo: PHM a elektrická energia

Porovnanie spotreby PHM a elektrickej energie 1 vozidlom, rozpätie dané min a max priemernej spotreby, spotreba PHM podľa emisných limitov

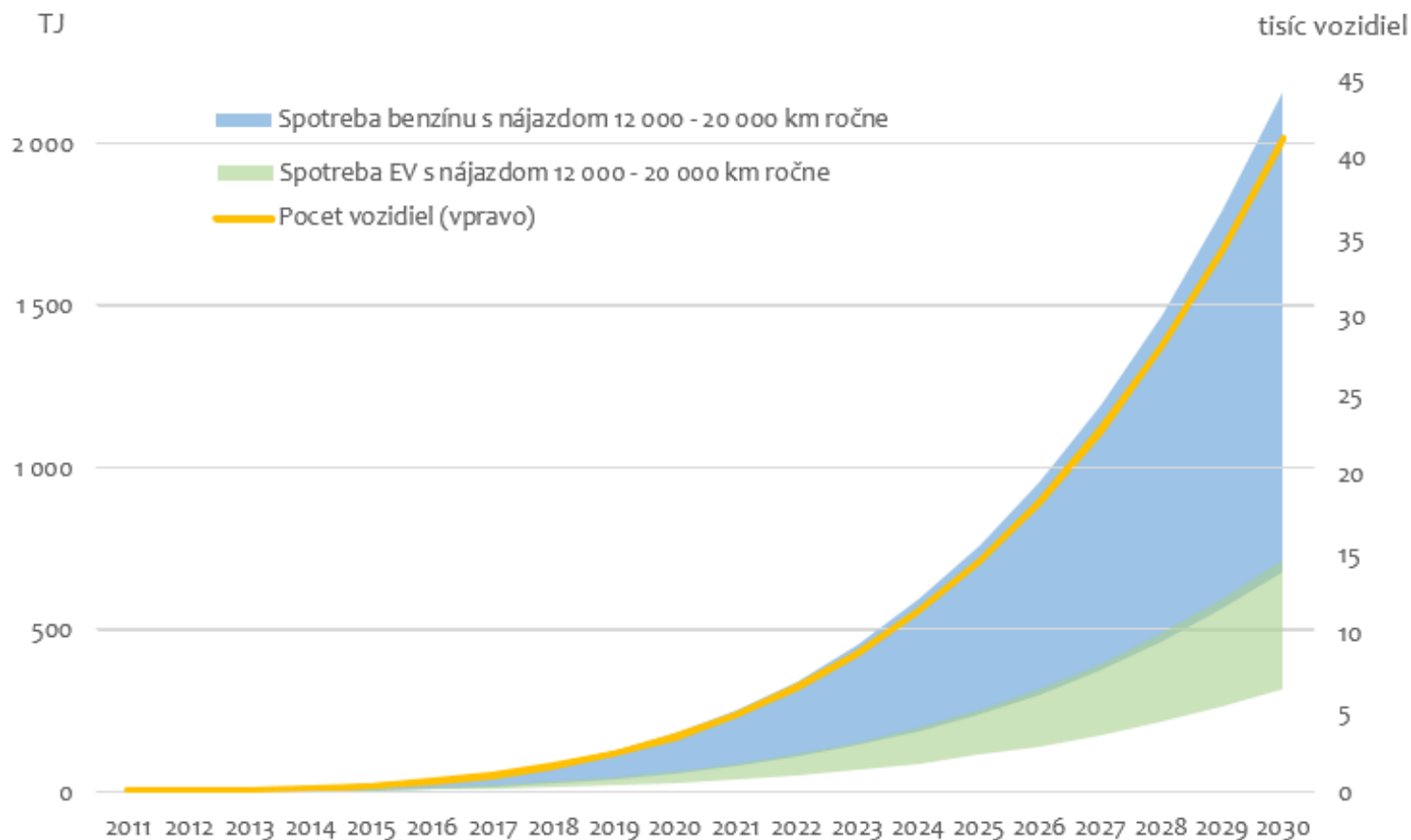


Zdroj: vlastný výpočet

Dolná hranica 2,5 l/100 km v 2030 pre benzín aj diesel

# Scenár 3: PHM a elektrická energia

Porovnanie dopytu po energii na pohon vozidiel s elektrickým a benzínovým motorom pri rôznych ročných nájazdoch (po započítaní strát zo samovybíjania a účinnosti nabíjacej sústavy)



Zdroj: Vlastný výpočet



# Scenáre: PHM a elektrická energia

Dopyt	Scenár	Počet vozidiel ks	Elektrina (min) TJ	Elektrina (max) TJ	Benzín (min) TJ	Benzín (max) TJ	Diesel (min) TJ	Diesel (max) TJ
2020	S1	10 000	76	172	165	524	145	522
	S2	3 305	25	57	55	173	48	173
	S3	3 473	26	60	57	182	50	181
2030	S1	35 000	266	604	578	1 833	508	1 828
	S2	28 847	219	498	476	1 511	418	1 506
	S3	41 230	313	711	681	2 159	598	2 153
2,5% vozového parku (M1)		58 170	442	1 003	961	3 046	844	3 037
5% vozového parku (M1)		116 339	883	2 007	1 922	6 093	1 687	6 075
Osobné vozidlá (kat. M1)		2 326 787	17 662	40 135	38 432	121 857	33 746	121 493
Osobné a ľahké nákladné vozidlá (kat. M1,2,3 a N1)		2 595 494	19 702	44 770	42 870	135 930	37 642	135 521

Podmienky pre nižšiu spotrebu PHM:

- EV nahradia vozidlá so spaľovacím motorom
- Zdrojový mix výroby elektrickej energie v SR
- Nemožno hovoriť o úspore energie kvôli spotrebe primárnej energie pre výrobu PHM a elektriny

# Zdroje pre výrobu „paliva“

## Ropa v rafinérii

- cca 70% suroviny na PHM

## Zdrojový mix pre výrobu elektrickej energie v 2018

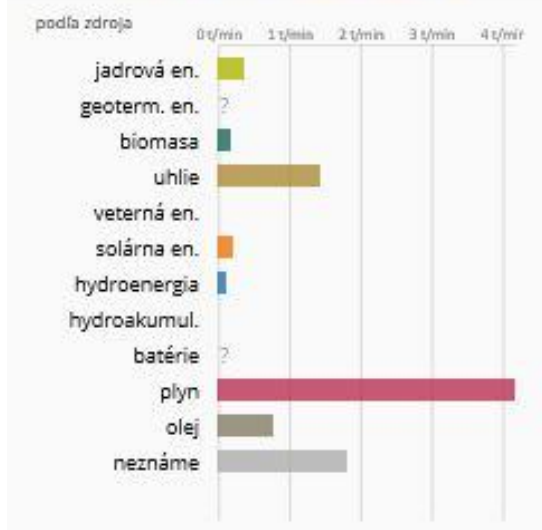
- 10,8% uhlia (v 2030 bez uhlia, podľa NECP)
- 11% z iných fosílnych palív
  - vrátane zemného plynu
- 78,2% nízko-uhlíkovo
  - 55% z jadra
  - 14,4% z vody
  - 8,8% z OZE



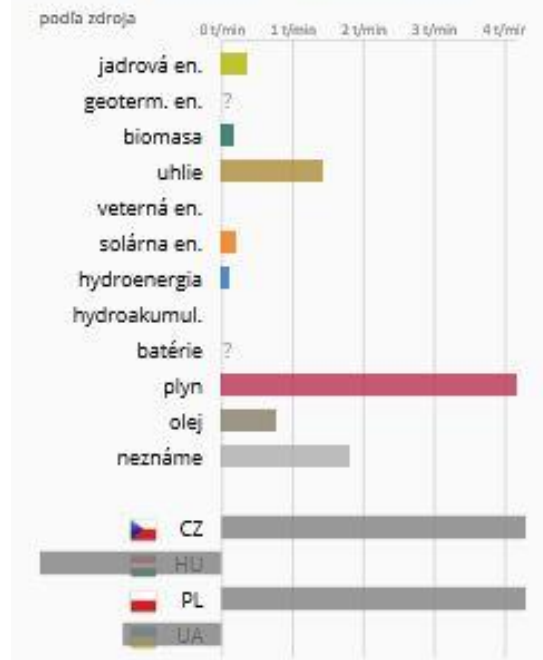
# Zdrojový mix elektrickej energie

Uhlíková intenzita výroby a spotreby elektrickej energie v SR, 2019

Emisie uhlíka výroby elektriny v SR v 09/2019

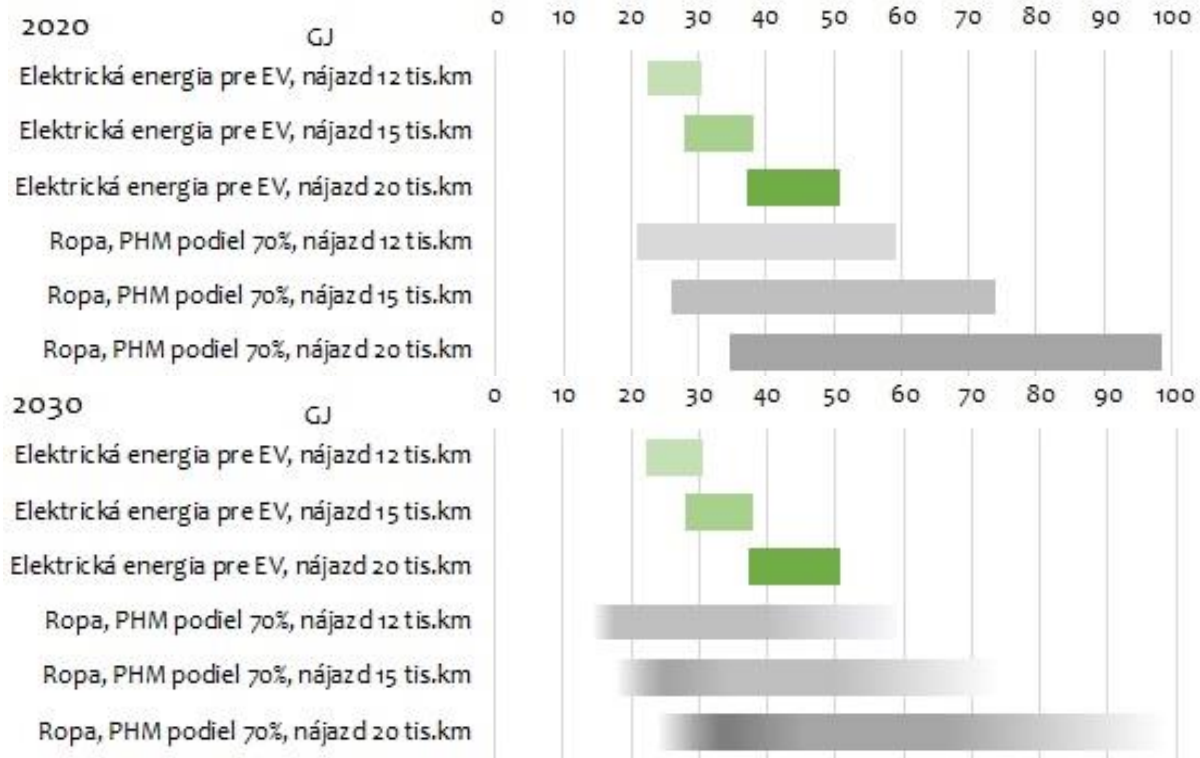


Emisie uhlíka spotreby elektriny v SR v 09/2019



# Energia potrebná pre výrobu „palív“ pre EV

Spotreba energie pre výrobu PHM a elektrickej energie na pohon vozidiel v roku 2020



Zdroj: vlastný výpočet

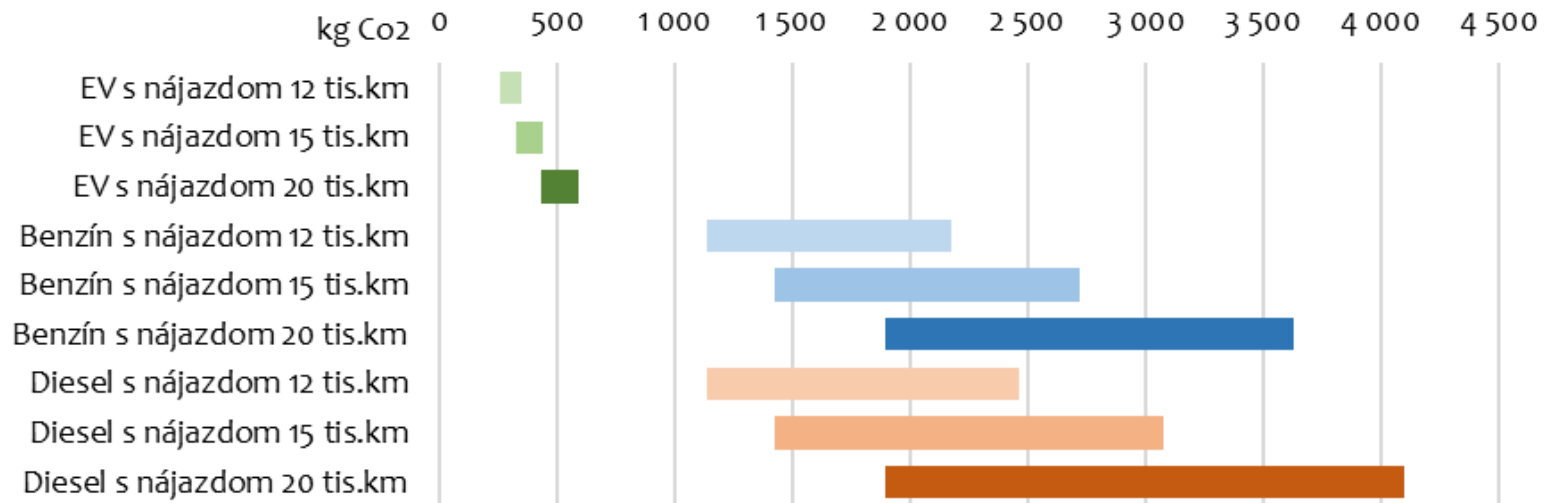
Pre výpočet primárnej energie pre elektrickú energiu bol použitý predpokladaný zdrojový mix výroby elektrickej energie v roku 2030. Ropa, PHM podiel 70%, zodpovedá celkovému množstvu surovej ropy (primárna energia) využitej v rafinérii pri premene na pohonné hmoty (sekundárna energia) prepočítané na jedno vozidlo so spaľovacím motorom nezávisle od podielu benzínu a dieselu.

- vysoký podiel nízko-uhlíkových zdrojov v energetickom mixe pre úsporu primárnej energie nestačí
- zvyšovať podiel OZE, najmä veternej a slnečnej

# Emisie elektromobilov

- EV odstráni emisie zo spaľovania pohonných hmôt, ako sú CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> a iné
- Iné emisie z prevádzky vozidla, ako mikročastice z oterov brzd, pneumatík a asfaltu zostanú.

Emisie CO<sub>2</sub> vozidiel s elektrickým (s priemernou EI 166,87 gCO<sub>2</sub>eq/kWh), benzínovým a dieselovým pohonom



Zdroj: Vlastný výpočet

# Kde „tankovať“?

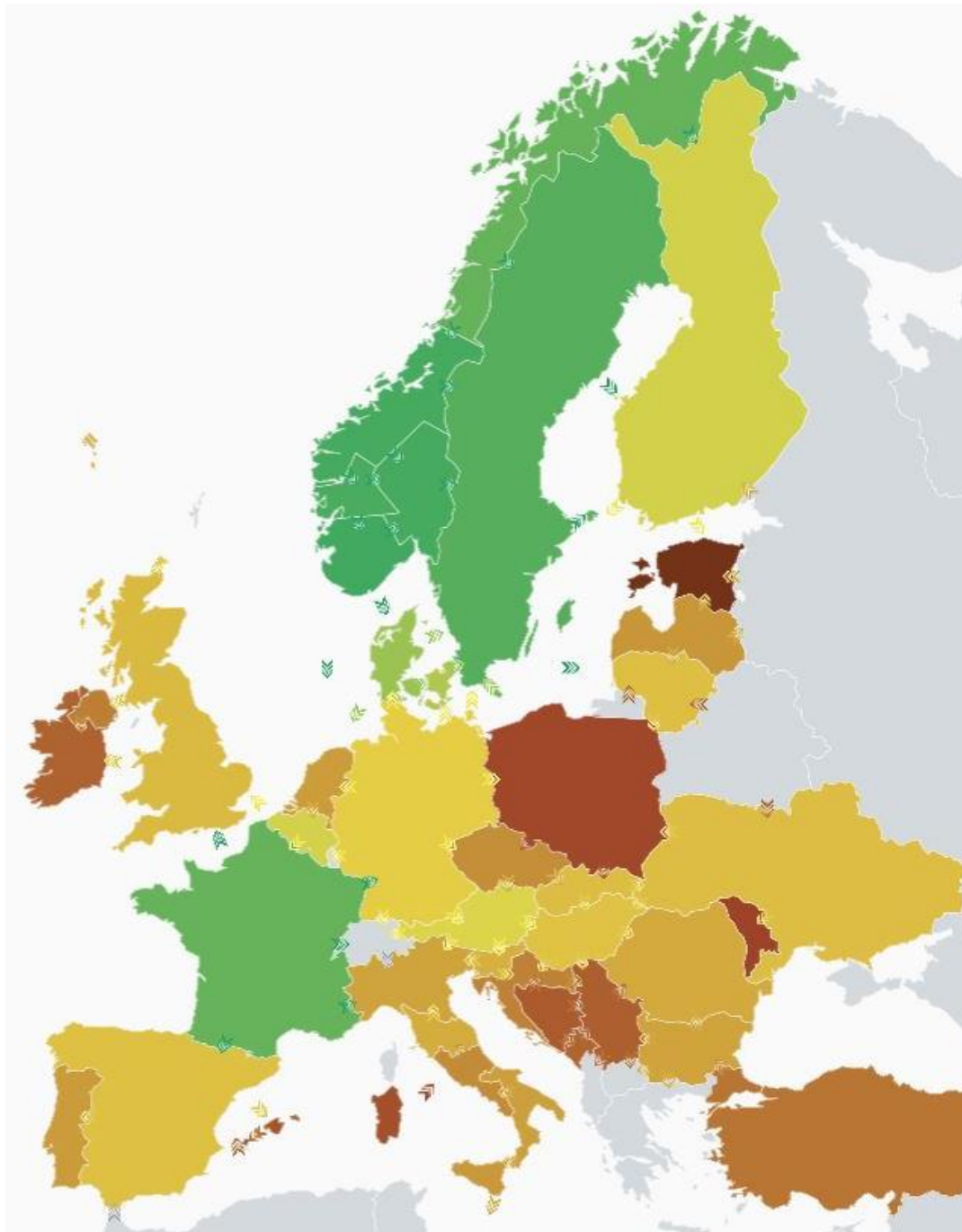
## Priradené emisie

- vznikajú pri výrobe elektrickej energie využitej ako palivo pre pohon
- závisia od energetického mixu lokality, kde EV dobíja akumulátor
- čím vyšší podiel nízko-uhlíkových zdrojov v energetickom mixe krajiny, tým nižšie priradené emisie

Emisie vozidiel s benzínovým a naftovým pohonom a EV nabíjaného v energetickom mixe s rôznou emisnou intenzitou výroby elektrickej energie, s ročným nájazdom 12 tisíc km

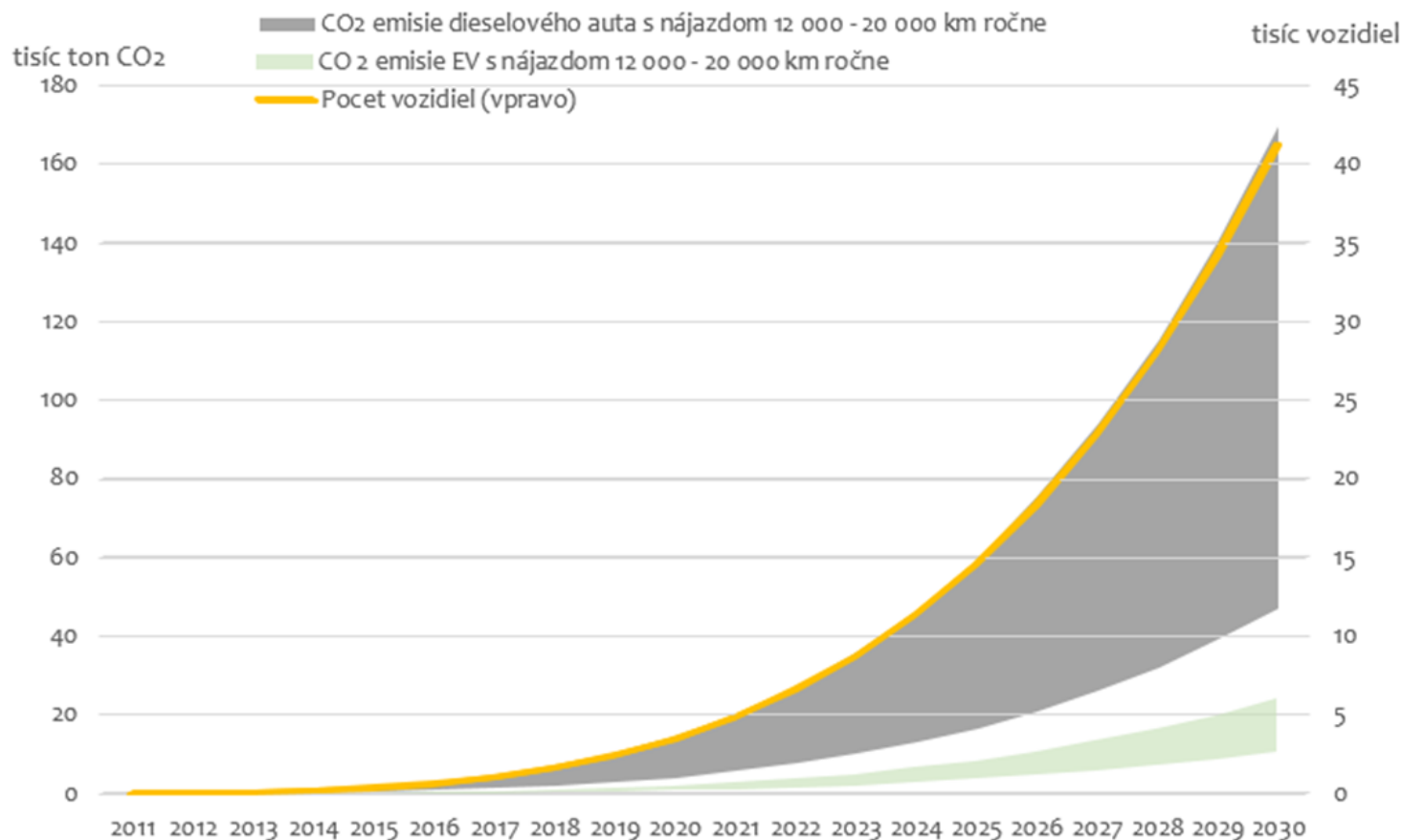


Zdroj: Vlastný výpočet



# Scenár 3: Porovnanie emisií

Porovnanie emisií výroby elektrickej energie a spaľovania v motore pre EV a diesel (v 2030 je min spotreba 3,6l/100km)



Zdroj: Vlastný výpočet



# Scenáre: Emisie skleníkových plynov

- Regionálne rozloženie emisií
- Lepšia kvalita ovzdušia v oblasti s hustou frekventovanou premávkou, vplyv na zdravie
- Pre ucelenejší obraz - výpočet emisií celého životného cyklu vozidla, komponentov a palíva

Emisie CO <sub>2</sub>	Scenár	Počet vozidiel ks	Elektrina (min) kt CO <sub>2</sub>	Elektrina (max) kt CO <sub>2</sub>	Benzín (min) kt CO <sub>2</sub>	Benzín (max) kt CO <sub>2</sub>	Diesel (min) kt CO <sub>2</sub>	Diesel (max) kt CO <sub>2</sub>
2020	S1	10 000	3,2	7,2	11,4	30,3	11,4	41,1
	S2	3 305	1,0	2,4	3,8	10,0	3,8	13,6
	S3	3 473	1,1	2,5	4,0	10,5	4,0	14,3
2030	S1	35 000	9,1	20,6	40,1	105,9	39,9	143,7
	S2	28 847	7,5	17,0	33,0	87,3	32,9	118,4
	S3	41 230	10,7	24,3	47,2	124,7	47,0	169,3
2,5% vozového parku (M1)		58 170	15,1	34,2	66,6	176,0	66,3	238,8
5% vozového parku (M1)		116 339	30,1	68,5	133,2	351,9	132,7	477,7
Osobné vozidlá (kat. M1)		2 326 787	602,7	1 369,6	2 663,9	7 038,8	2 653,7	9 553,8
Osobné a ľahké nákladné vozidlá (kat. M1,2,3 a N1)		2 595 494	672,3	1 527,8	2 971,5	7 851,6	2 960,1	10 657,1

# Zhrnutie (1)

- Rozvoj elektromobility na Slovensku bude postupný
    - Počet EV v roku 2030 môže dosiahnuť 28 000 alebo až 41 000 EV, menej ako 1,2% - 1,8% súčasného počtu vozidiel kategórie M1
    - Dopyt po elektrickej energii pre tieto EV v roku 2030 nižší ako 1% súčasnej spotreby elektriny
    - Pri progresívnejšom náraste, ~115 tisíc EV (5% súčasných osobných vozidiel) -> 2 PJ (t.j. 2%) spotreby elektrickej energie
  - Elektromobilita prispeje
    - k zníženiu spotreby fosílnych PHM
    - k zlepšeniu kvality ovzdušia v exponovaných lokalitách so zahustenou dopravou
- ....Iba za nasledovných podmienok:**
- EV sa musí využívať ako náhrada vozidla so spaľovacím motorom
  - Elektrická energia pre nabíjanie akumulátorov EV z nízko-uhlíkových zdrojov a OZE
  - Nabíjacia infraštruktúra, inteligentné siete a možnosti uskladnenia elektrickej energie rozvíjané súčasne s EV

# Zhrnutie (2)

- Úspory primárnych zdrojov energie -> pri vyššom podiele OZE (slnečná/veterná) v zdrojovom mixe výroby elektrickej energie
- Vzrastie závislosť na elektrickej energii a jej dostupnosti – dôraz na bezpečnosť
- Pre zabránenie samotnej zmene klímy potrebné ďalšie inovácie a riešenia
  - alternatívne palivá;
  - verejná osobná doprava;
  - aplikácia princípov obehového hospodárstva v celom životnom cykle elektrických vozidiel vrátane recyklácie komponentov;
  - aktivity zdieľanej ekonomiky ako car sharing;
  - iniciatívy obcí v súlade s konceptom smart city;
  - zmena konceptu mobility;
  - a iné.

# Čo ďalej?

- Technologický pokrok - vozidlá a akumulátory
- Elektrické siete
  - Nabíjacia infraštruktúra
  - Inteligentné siete a Uskladnenie energie
  - Závislosť spoločnosti na elektrickej energii
  - Bezpečnosť dodávok energie a kyberbezpečnosť
  - Spolupráca s okolitými krajinami
- Doprava
  - Verejná doprava
  - Zmena konceptu mobility
  - Alternatívne palivá a infraštruktúra
- Obehové hospodárstvo
- Iné riešenia zmeny klímy

# Na stiahnutie

Kompletná štúdia vrátane príloh a dátového súboru je na webovej stránke Centra pre hospodárske otázky:

<https://www.economy.gov.sk/ministerstvo/centrum-pre-hospodarske-otazky/publikacie/analyzy>