

# **Pařížská klimatická konference a čtvrtá průmyslová revoluce v dopravě**

**Konference Top Expo, 22.2.2016**

**Jiří Pohl, Siemens, s.r.o.**

# 1. Uhlíková stopa

**Paříž, prosinec 2015:  
Mezinárodní klimatická konference OSN za účasti  
196 zemí a 147 hlav států**

**SIEMENS**

**Cíl: snížit oteplování země (nepřesáhnout 1,5 až 2 stupně Celsia do roku 2100)**

Barack Obama:

***„Jsme první generace, která vážně pocítuje důsledky změn klimatu, a poslední, která ještě může běh událostí citelně ovlivnit.“***

Si Ťin-pching:

***„Vyzývám všechny země, a ty rozvíjející se zvláště, aby přijaly větší odpovědnost.“***

Agela Merkelová:

***„Cílem je, aby se příspěvky jednotlivých zemí k boji s klimatickou změnou zvyšovaly.“***

**Nástroj: snížení spotřeby fosilních paliv**

## **Přínos spalování fosilních paliv**

**V průběhu devatenáctého století se lidé naučili těžit a využívat uhlí. Následně též ropu a zemní plyn. Tedy fosilní paliva ve všech třech skupenstvích.**

**Využíváním fosilních paliv získalo lidstvo obrovskou energii, která mu umožnila zásadním způsobem rozvinout průmysl, bydlení, dopravu a řadu dalších aktivit.**

**Došlo k rozvoji hospodářského, společenského a rodinného života.**

**Sekundárně se využívání energie fosilních paliv projevilo v prodloužení věku dožití, rozvoji vzdělanosti i změně životního stylu.**

## Energetická náročnost životního stylu

Bilance spotřeby fosilních paliv (Česká republika, 2015)

	energie	uhlíková stopa
palivo	kWh/obyv./den	kg CO <sub>2</sub> /obyv./den
černé uhlí	13	5
hnědé uhlí	36	13
zemní plyn	24	5
ropné produkty	28	7
celkem	102	30

**Na jednoho občana ČR připadá spotřeba primární energie 134 kWh/den.**

**Z toho 76 % (102 kWh/den, tedy průběžně 4,2 kW) pokrývají fosilní paliva:**

- fosilní paliva jsou příležitostí, která se opakuje jednou za 200 mil. let,
- spalování fosilních paliv vede k nárůstu koncentrace CO<sub>2</sub> v obalu země, což způsobuje nežádoucí klimatické změny,

**=> šťastné období blahobytu spotřeby fosilních paliv je potřebné využít k tomu, aby se lidstvo naučilo žít i bez nich (bez poklesu životní úrovně)**

## Uhlíková stopa

### Realita procesu hoření:

- spálením jednoho litru nafty se dostává do ovzduší 2,65 kg CO<sub>2</sub>
- spálením jednoho litru benzínu se dostává do ovzduší 2,46 kg CO<sub>2</sub>
- spálením jednoho kg zemního plynu se dostává do ovzduší 2,79 kg CO<sub>2</sub>

**Žádný filtr, přísada do paliva či jiná konstrukce motoru touto úměrou nezmění.**

**Jedinou cestou ke snížení antropogenní produkce CO<sub>2</sub> je spalovat méně fosilních paliv.**

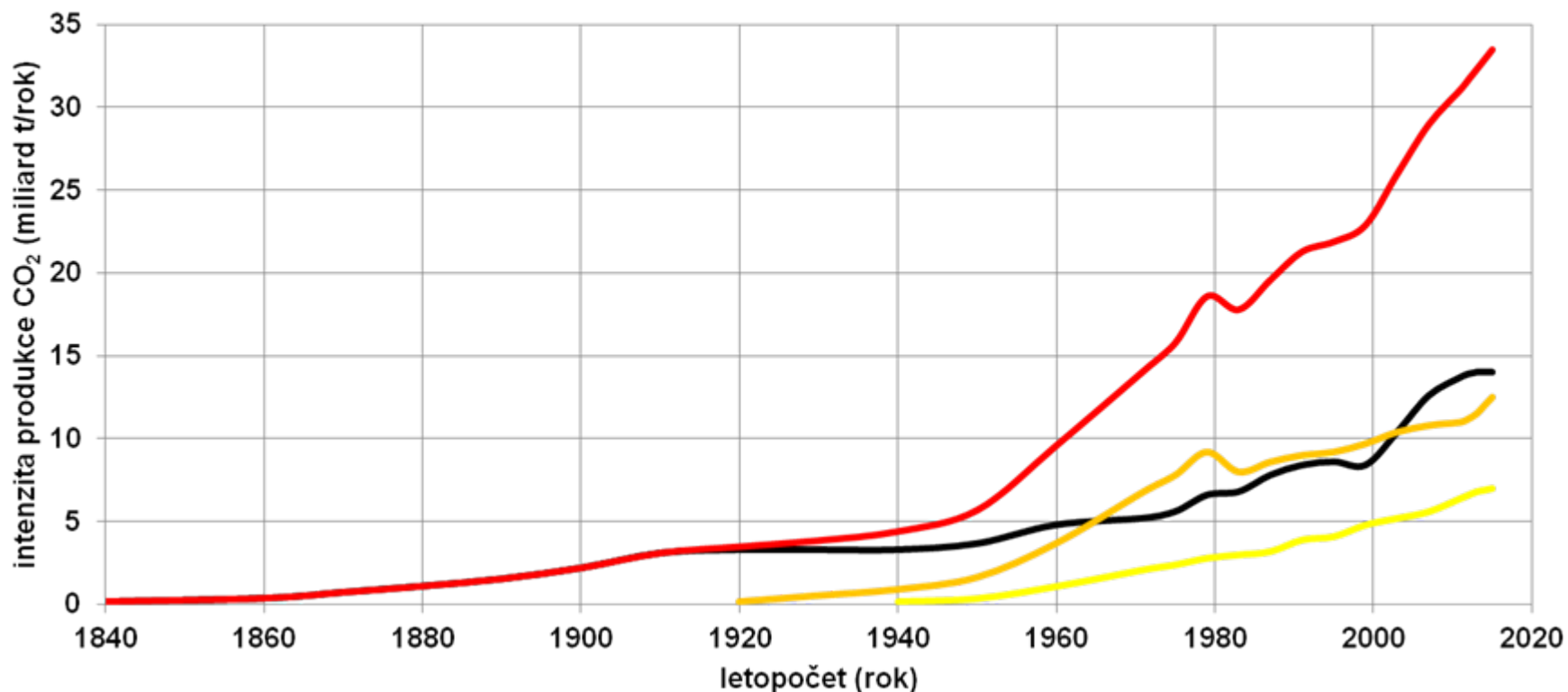
**Jedinou cestou ke zamezení antropogenní produkce CO<sub>2</sub> je nespalovat žádná fosilních paliva.**

# Intenzita produkce oxidu uhličitého spalováním fosilních paliv

Realita roku 2015: 7,3 miliardy lidí vyprodukovalo 33,5 miliardy tun CO<sub>2</sub>/rok.  
Pravidelný meziroční nárůst intenzity produkce CO<sub>2</sub>: cca o 0,6 miliardy tun/rok.

intenzita produkce CO<sub>2</sub> spalováním fosilních paliv

— uhlí — ropa — zemní plyn — celkem

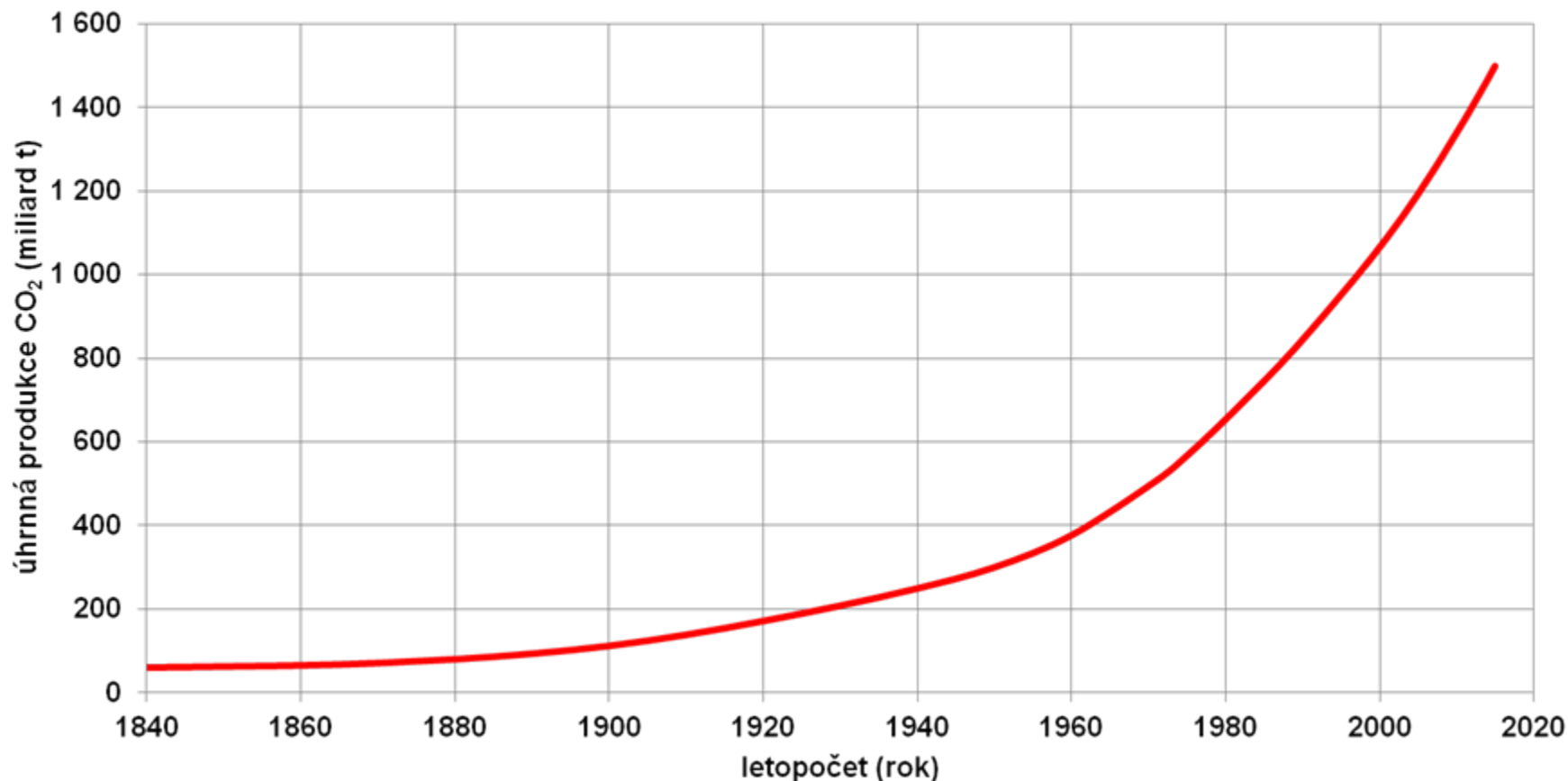


# Úhrnná hodnota produkce CO<sub>2</sub> spalováním fosilních paliv **SIEMENS**

(do ovzduší již bylo přidáno k 3 500 mld. t dalších 1 500 mld. t CO<sub>2</sub>)

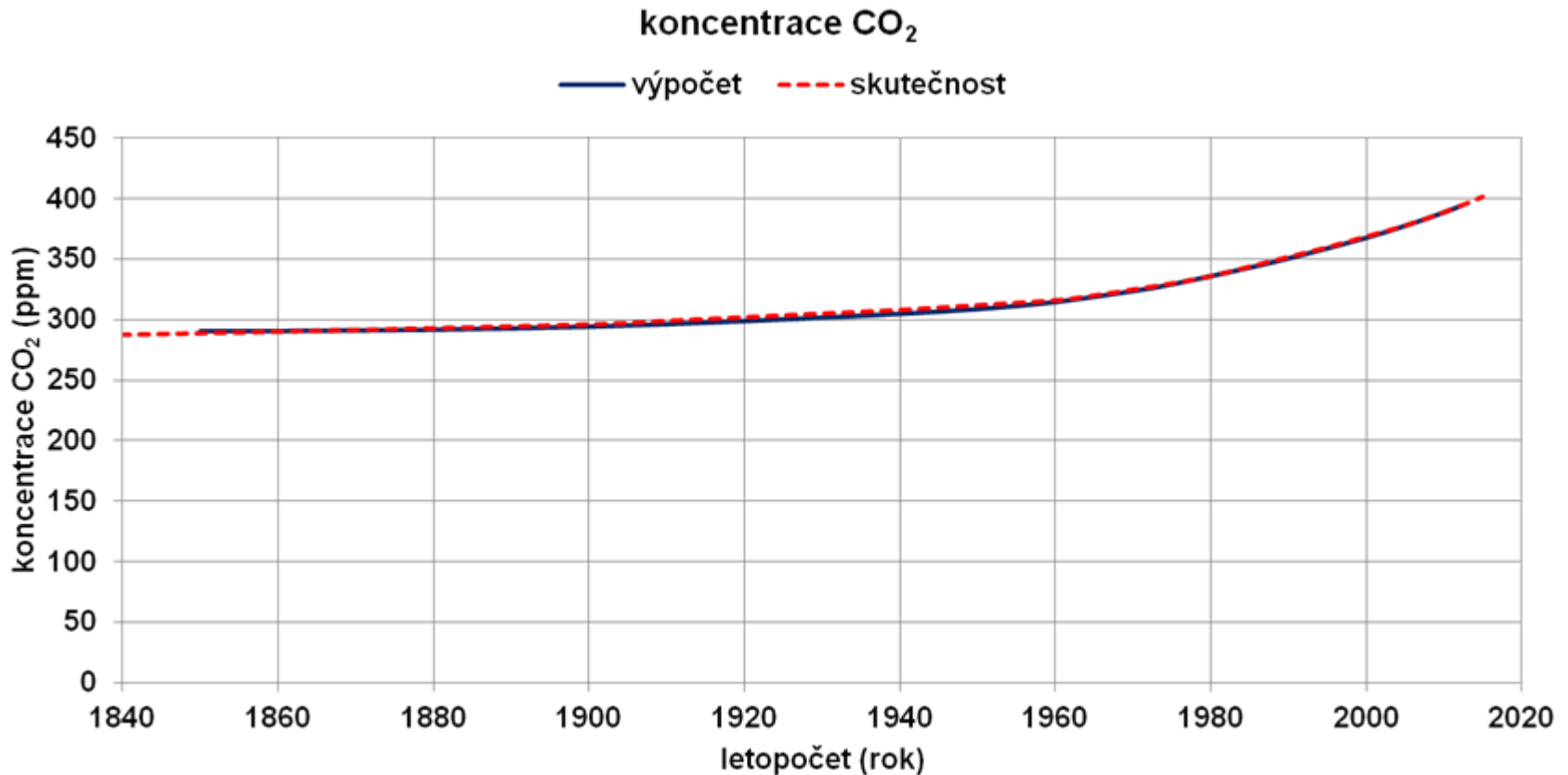
## antropogenní produkce CO<sub>2</sub>

— součtová hodnota





# Validace: kontrola shody výpočtu koncentrace CO<sub>2</sub> s měřením

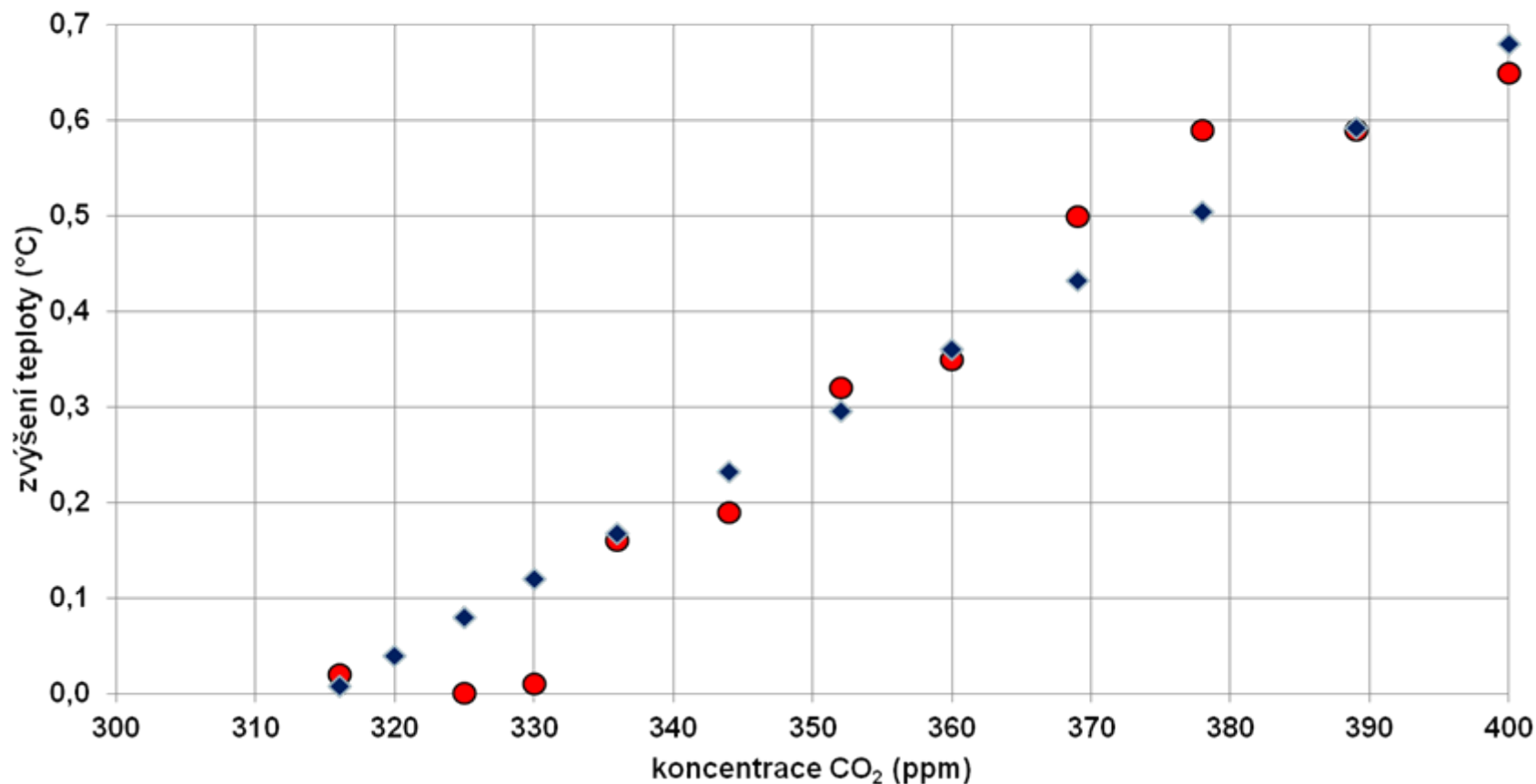


**Zákon zachování hmoty funguje. Uhlík z veškerého vytěženého uhlí, ropy a zemního plynu je ve formě CO<sub>2</sub> v ovzduší nad námi. „Podzemí jsme přestěhovali na oblohu.“**

# Vliv růstu koncentrace CO<sub>2</sub> v důsledku spalování fosilních paliv na oteplení Země (cca 1 °C na 125 ppm CO<sub>2</sub>)

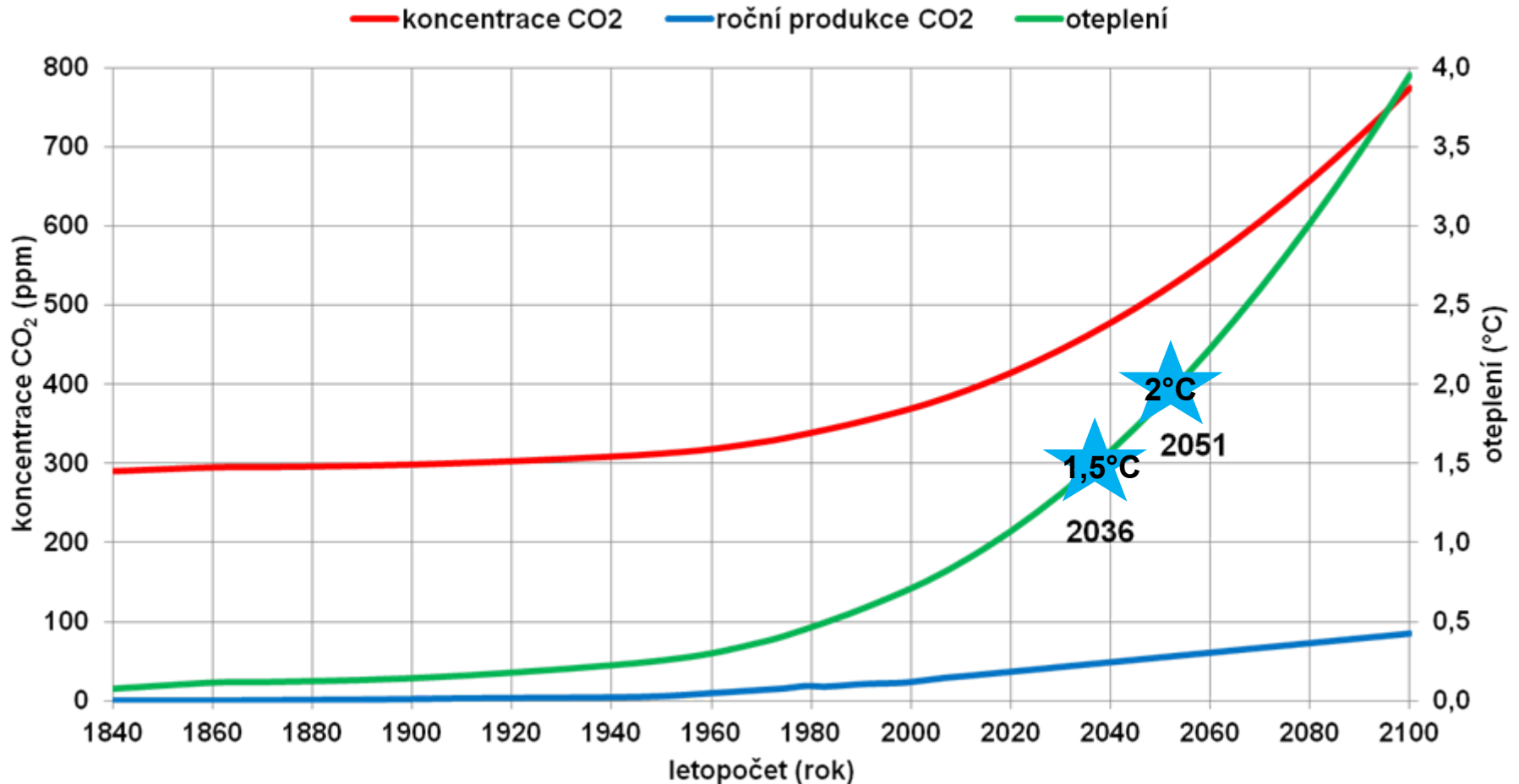
závislost zvýšení střední teploty Země na koncentraci CO<sub>2</sub> (1960 až 2015)

● skutečné oteplení    ◆ lineární interpolace (1 °C/125 ppm)



# Pokračování současné progrese (cílové oteplení k roku 2100: 4,0 °C)

predikce vývoje klimatu (dosavadní růst roční produkce: + 0,6 miliard t CO<sub>2</sub>/rok)



## Známé zásoby fosilních paliv

potenciál uhlíkové stopy (ověřené zásoby fosilních paliv)												
palivo	výchozí (1700)			dosud (2015)			ještě k dispozici			celkem		
	produkce mld. t CO <sub>2</sub>	koncentrace ppm CO <sub>2</sub>	oteplení °C	produkce mld. t CO <sub>2</sub>	koncentrace ppm CO <sub>2</sub>	oteplení °C	produkce mld. t CO <sub>2</sub>	koncentrace ppm CO <sub>2</sub>	oteplení °C	produkce mld. t CO <sub>2</sub>	koncentrace ppm CO <sub>2</sub>	oteplení °C
uhlí	0	0	0,00	770	62	0,49	1 900	152	1,22	2 670	214	1,71
ropa	0	0	0,00	520	42	0,33	600	48	0,38	1 120	90	0,72
plyn	0	0	0,00	210	17	0,13	1 000	80	0,64	1 210	97	0,77
fosilní celkem	0	0	0,00	1 500	120	0,96	3 500	280	2,24	5 000	400	3,20
základní	3 500	280	0,00	3 500	280	0,00	0	0	0,00	3 500	280	0,00
výsledná	3 500	280	0,00	5 000	400	0,96	3 500	280	2,24	8 500	680	3,20

**Spálení dosud známých geologických zásob fosilních paliv vede ke zvýšení střední teploty Země vůči době předindustriální o 3,2 °C.**

**To je více, než připouštějí limity dohodnuté na konferenci v Paříži.**

**Mají – li být dodrženy dohody z Paříže, nebude možno vyčerpat ani dosud známé zásoby fosilních paliv (klimatické limity jsou přísnější, než geologické).**

**Začaly závody producentů o výprodej zásob.**

***Poselství nízkých cen:***

***nakupujte u nás, nešetřete, neinvestujte do obnovitelných zdrojů!***

## Podíl obyvatele ČR na produkci oxidu uhličitého

Obyvatelstvo a exhalace (odhad úrovně roku 2015)			
	počet obyvatel	produkce CO <sub>2</sub>	měrná prod. CO <sub>2</sub>
objekt	mil. osob	mil. t/rok	t/osobu/rok
svět	7 300	33 500	4,6
podíl světa	100%	100%	100%
ČR	10,6	117	11,1
podíl ČR	0,14%	0,35%	241%
EU	503	3 700	7,4
podíl EU	7%	11%	160%
Čína	1 300	8 000	6,2
podíl Číny	18%	24%	134%

**Čína je větším producentem CO<sub>2</sub> než ČR,  
ale Čech je větším producentem CO<sub>2</sub>, než Číňan.**

## **Dekarbonizace: ohrožení současných forem mobility**

**V roce 2015 jsme vyprodukovali 33,5 miliard tun CO<sub>2</sub>, meziroční nárůst produkce CO<sub>2</sub> činí v posledních letech 0,6 miliardy t ročně.**

**ČR je v produkci CO<sub>2</sub> se svými 11,1 t/osobu/rok v této disciplíně silně nad průměrem světa, EU i Čínou.**

**Světů při tomto tempu používání fosilních paliv zbývá posledních:**

- a) 21 let (do roku 2036) při limitní hodnotě zvýšení teploty o 1,5 °C,**
- b) 36 let (do roku 2051) při limitní hodnotě zvýšení teploty o 2 °C.**

**Potom už navždy nula.**

**Přitom 97 % energie pro dopravu v ČR (denně na osobu 17,7 kWh) tvoří uhlovodíková paliva (uhlíková stopa dopravy je v ČR 4,7 kg/osobu/den).**

**=> Mobilita je v ohrožení. Musíme zajistit dopravu osob a věcí po roce 2036.**

## **2. Doprava 4.0**

## Průmysl 4.0

**Hannover 2013:**

**nikoliv vyhlášení čtvrté průmyslové revoluce, ale upozornění na to, že již (nezávisle na nás) probíhá čtvrtá průmyslová revoluce**

**První průmyslová revoluce: parní stroj (obecněji: využívání fosilních paliv)**

**Druhá průmyslová revoluce: elektrické pohony**

**Třetí průmyslová revoluce: automatické řízení**

**Čtvrtá průmyslová revoluce: samočinné vykonávání opakovaných činností (komunikace mezi procesy – digitální továrny), člověk dělá jen nové tvůrčí činnosti, nikoliv rutinní práce.**

⇒ **Práce 4.0**

⇒ **Vzdělání 4.0**

⇒ **Ekonomika 4.0**

⇒ **Doprava 4.0**



## Mobilita

**Moderní technika vytváří dva velmi účinné komunikační nástroje k decentralizaci pracovních příležitostí a na ně navazujícího osídlení:**

- **informační technologie**
- **mobilita**

**Pozitivní přínos moderního pojetí mobility na decentralizaci života lze doložit na příkladě velkých měst:**

- **v dobách, kdy města neměla kvalitní hromadnou dopravu, byly veškeré společenské a obchodní aktivity soustředěny v centru, okrajové čtvrtě byly pusté,**
- **nyní, když města mají kvalitní hromadnou dopravu, jsou obchodní a společenské aktivity rozptýleny po celé jejich ploše včetně periferií.**

**=> Podobně umožňuje kvalitní veřejná hromadná doprava žití po celé ploše regionu.**

## Energetická náročnost mobility

Přenos informací moderními elektronickými technologiemi má velmi vysokou rychlost a nízkou energetickou náročnost. Proto se může rozvíjet velmi intenzivně i na velké vzdálenosti do odlehlých území (mobilní telefonní sítě, internet, ...)

Doprava osob a zboží po rozsáhlejším území však naráží na dva limity:

- časovou náročnost (nepřímo úměrnou rychlosti:  $T = L / v$ ),
- energetickou náročnost (úměrnou druhé mocnině rychlosti:  $A = L \cdot k \cdot v^2$ )

Avšak lidská společnost potřebuje takové formy mobility, které jsou:

- rychlé,
- energeticky nenáročné.

=> zadání (společenská poptávka): jezdit rychle a přitom energeticky nenáročně

## Energetická náročnost mobility

Měrná spotřeba energie je dána podílem fyzikální a dopravní práce:

$$e = A / D = F \cdot L / (m \cdot L) = F / m \text{ (kWh/tkm, respektive kWh/os. km)}$$

Měrná spotřeba energie závisí na valivém tření ( $F_v = f_v \cdot m \cdot g$ ), aerodynamickém odporu ( $F_a = 0,5 \cdot \rho \cdot C_x \cdot S \cdot v^2$ ) a účinnosti pohonů ( $\eta$ ):

$$e = F / \eta = (F_v + F_a) / \eta = (f_v \cdot m \cdot g + 0,5 \cdot \rho \cdot C_x \cdot S \cdot v^2) / \eta$$

Ideální vozidlo:

- nízký součinitel valivého odporu  $f_v$  (tvrdá kola, tvrdá jízdní dráha),
- štíhlý aerodynamický tvar  $C_x \cdot S$ ,
- vysoká účinnost pohonu  $\eta$



## Energetická náročnost mobility

### Možnosti volby

I. valivý odpor  $F_v = f_v \cdot m \cdot g$

a) pneumatika/vozovka:  $f_v = 0,008$  (z bezpečnostních důvodů nelze snížit),

b) ocelové kolo/ocelová kolejnice:  $f_v = 0,001$

II. aerodynamický odpor  $F = 0,5 \cdot \rho \cdot C_x \cdot S \cdot v^2$

a) individuální doprava: za čelní plochou  $S$  jsou umístěny 2 řady sedadel,

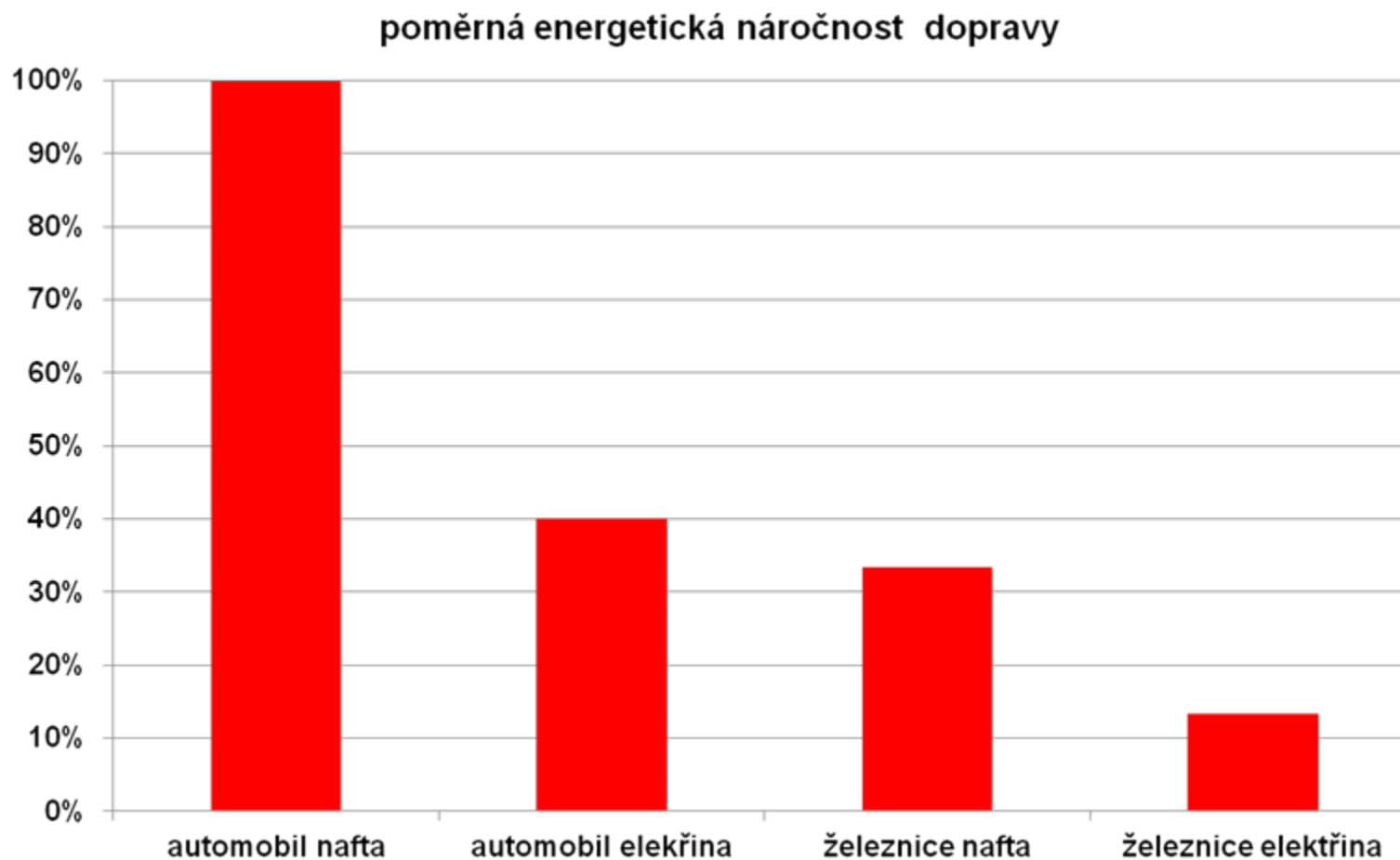
b) hromadná doprava: za čelní plochou  $S$  je umístěno 15 řad sedadel (bus),  
respektive 250 řad sedadel (vlak)

III. účinnost motoru

a) spalovací motor: cca 36 % (téměř výhradně fosilní paliva – ropa a zemní plyn),

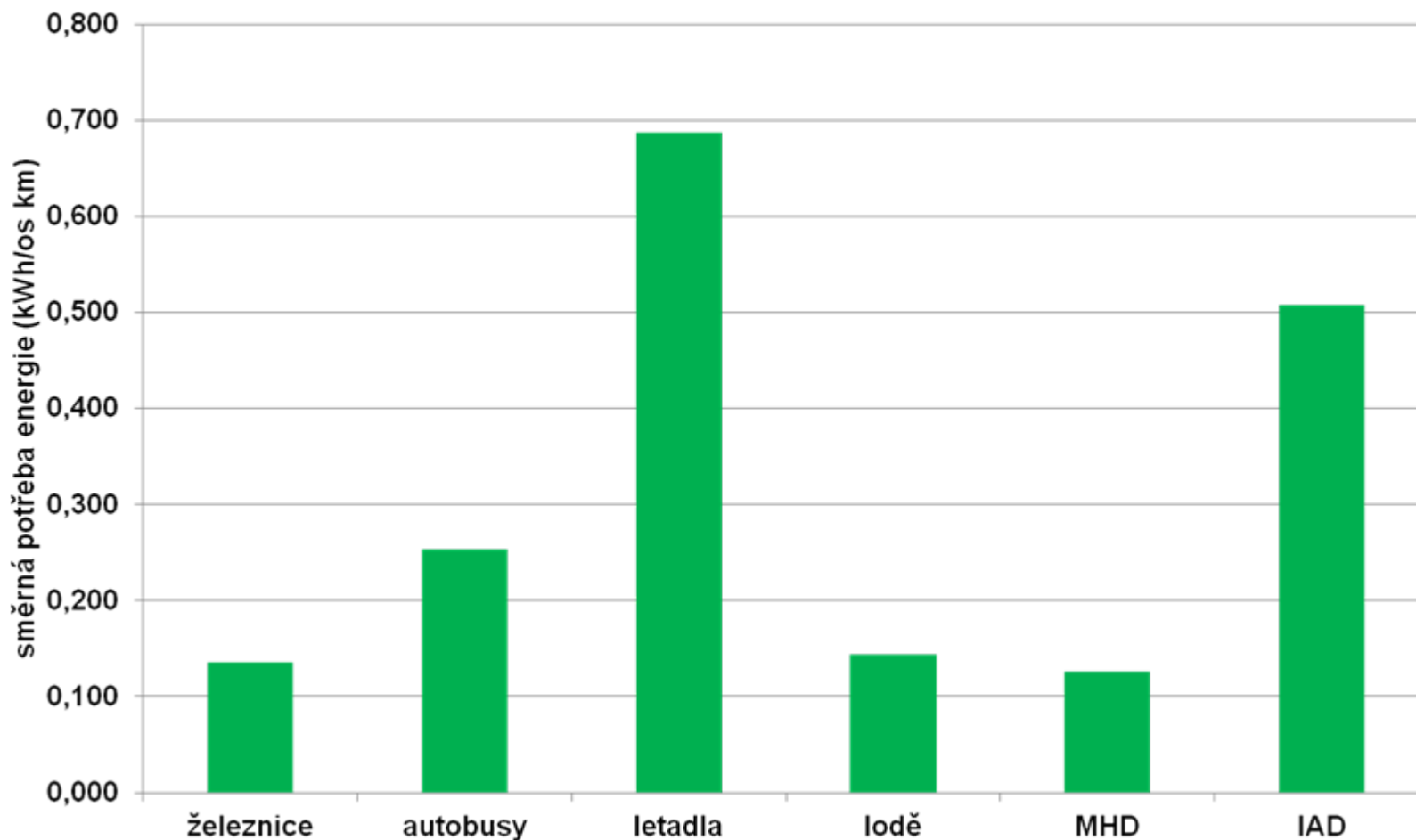
b) elektrický motor: cca 92 % (elektrická energie vyrobitelná i z obnovitelných zdrojů)

## Energetická náročnost mobility



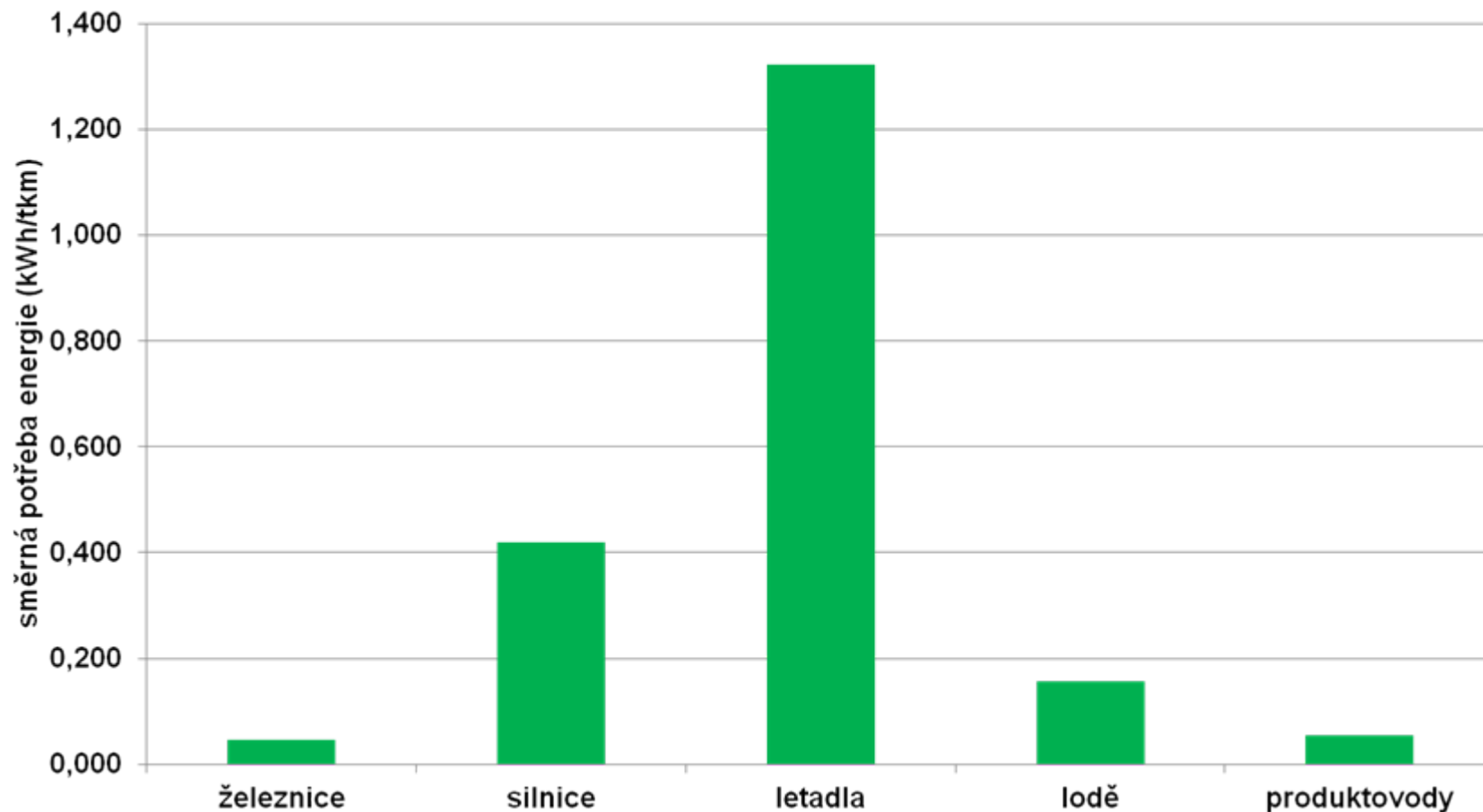
## Energetická náročnost mobility (ČR 2015)

měrná energetická náročnost osobní dopravy v ČR



## Energetická náročnost mobility (ČR 2015)

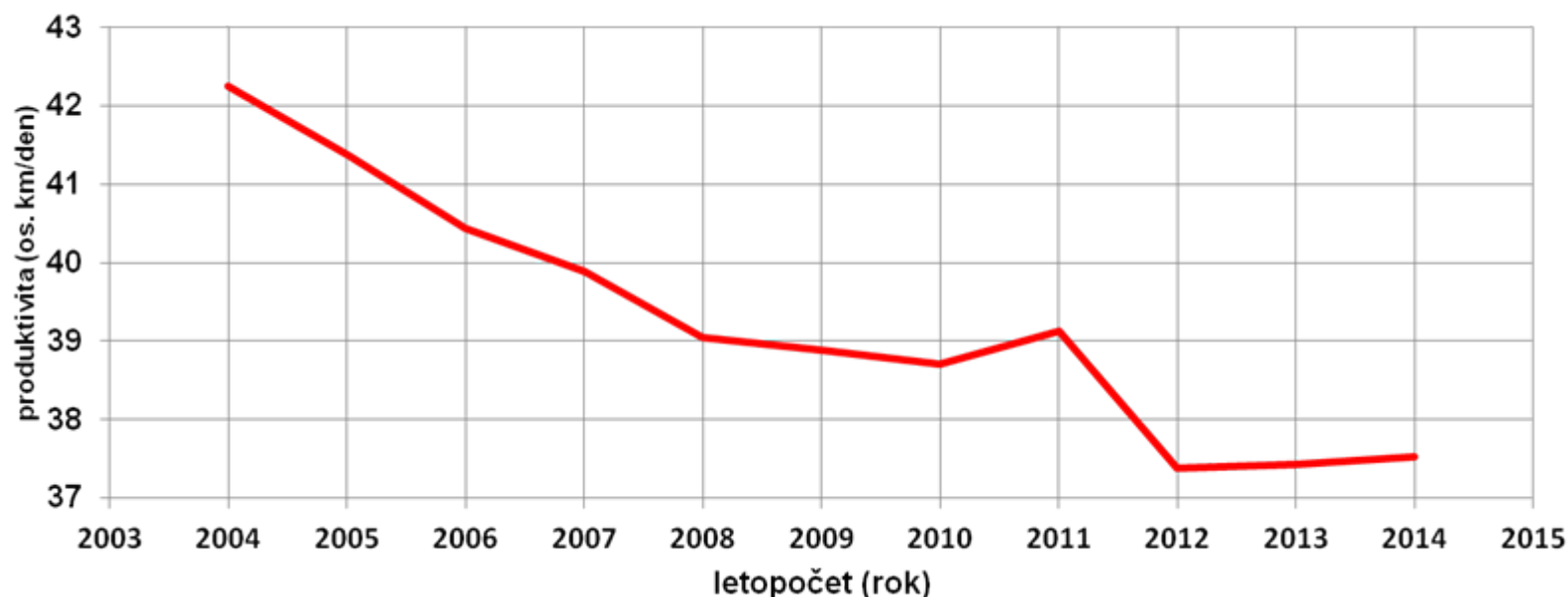
měrná energetická náročnost nákladní dopravy v ČR



## Pokles produktivity IAD

rok		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
přepravní výkon	mil. os. km	58 887	59 819	60 682	62 346	63 078	63 000	63 570	65 490	64 260	64 650	66 260
počet automobilů		3 815 547	3 958 708	4 108 610	4 280 081	4 423 370	4 435 052	4 496 232	4 581 642	4 706 325	4 729 185	4 833 386
produktivita automobilu	os.km/den	42,3	41,4	40,4	39,9	39,0	38,9	38,7	39,1	37,4	37,4	37,5

produktivita osobního automobilu v ČR



**Roste počet automobilů, ale stagnují přepravní výkony – klesá produktivita. Průměrný automobil je v ČR denně využíván méně než půl hodiny; 23,5 h denně překáží.**



## Investiční náročnost mobility

V období posledních pěti let (2009 až 2014) individuální osobní automobilová doprava v ČR prakticky stagnovala, podržela si svůj 60 % podíl.

Vlivem růstu počtu automobilů ze 4,435 mil. vozů na 4,834 mil. vozů poklesla v témže období produktivita osobního automobilu na pouhých **37 osobových kilometrů za den.**

Při střední odhadované střední cestovní rychlosti 70 km/h a při odhadovaném středním obsazení 1,3 osobami je průměrný automobil v ČR denně využíván **24 minut** (1,7 % c celkového času) a ujede **28 km.**

Zbývajících **23 hodin a 36 minut** automobil jen generuje odpisy, stárne a překáží.

Obrovský kapitál investovaný do parku vozidel individuální automobilové dopravy (cca 1 500 miliard Kč) přináší společnosti jen zcela minimální efekt.

Neprofesní řidič nemůže denně věnovat mnoho času řízení automobilu – svůj čas musí prioritně věnovat svému zaměstnání.

Naopak má logiku investovat do vozidel veřejné dopravy, která jsou řízena profesionálním řidiči či strojvedoucími, a proto jsou denně využívána **12 až 18 hodin.**

**Individuální automobilová doprava může být doplňkovým, nikoliv základním dopravním systémem:**

- vysoká energetická náročnost (odpor valení, aerodynamika),
- závislost na ropných palivech,
- nepříznivé environmentální dopady,
- nízké využití dopravních prostředků (ČR: 24 minut ze 24 hodin),
- nevyužití (ztráta) času stráveného cestováním.

**Individuální automobilová doprava je:**

- investičně a provozně drahá,
- časově náročná,
- energeticky náročná, nepříznivá vůči přírodě a životnímu prostředí.

**Proto má smysl ji aplikovat tam a jenom tam, kde se pro slabost a nepravidelnost přepravních proudů nevyplatí budovat hromadnou dopravu**

## EC/IC vlaky

**Železnice – jízda rychlostí 160-200 km/h: spotřeba 2,5 kWh/sedadlo/100 km**

**Automobil – jízda rychlostí 130 km/h: spotřeba 12,5 kWh/sedadlo/100 km**



## HS vlaky

**Pěšky – chůze rychlostí 5 km/h: spotřeba 8 kWh/100 km**

**Železnice – jízda rychlostí 300 km/h: spotřeba 4 kWh/sedadlo/100 km**

**Letadlo – let rychlostí 900/300 km/h: spotřeba 40 kWh/sedadlo/100 km**



## Doprava ISO kontejnerů

**1 TEU = dvacetistopý kontejner**  
rozměry: 8' x 8' x 20'  
2,438 m x 2,438 m x 6,096 m,  
hmotnost cca 15 t

### Silniční doprava

1 automobil 2 TEU, 90 km/h  
spotřeba 48 litrů nafty (s tepelným obsahem 10 kWh/litr)  
na 100 km  
=> 0,24 litru nafty na 1 kontejner a 1 km  
=> 2,4 kWh na 1 kontejner a 1 km

### Železniční doprava

1 vlak, 92 TEU, 100 km/h  
spotřeba 28 kWh elektrické energie na 1 km  
=> 0,3 kWh na 1 kontejner a 1 km

=> jeden vlak nahradí 46 nákladních automobilů

=> spotřeba energie pro dopravu jednoho kontejneru je 8 krát menší



## Nedostatek řidičů

2015 - 2020 odchází ročně z pracovního procesu až 200 000 starých do důchodu

2015 - 2020 přichází ročně do pracovního procesu 100 000 mladých (71 % VŠ)

⇒ ročně bude ubývat 100 000 pracovníků

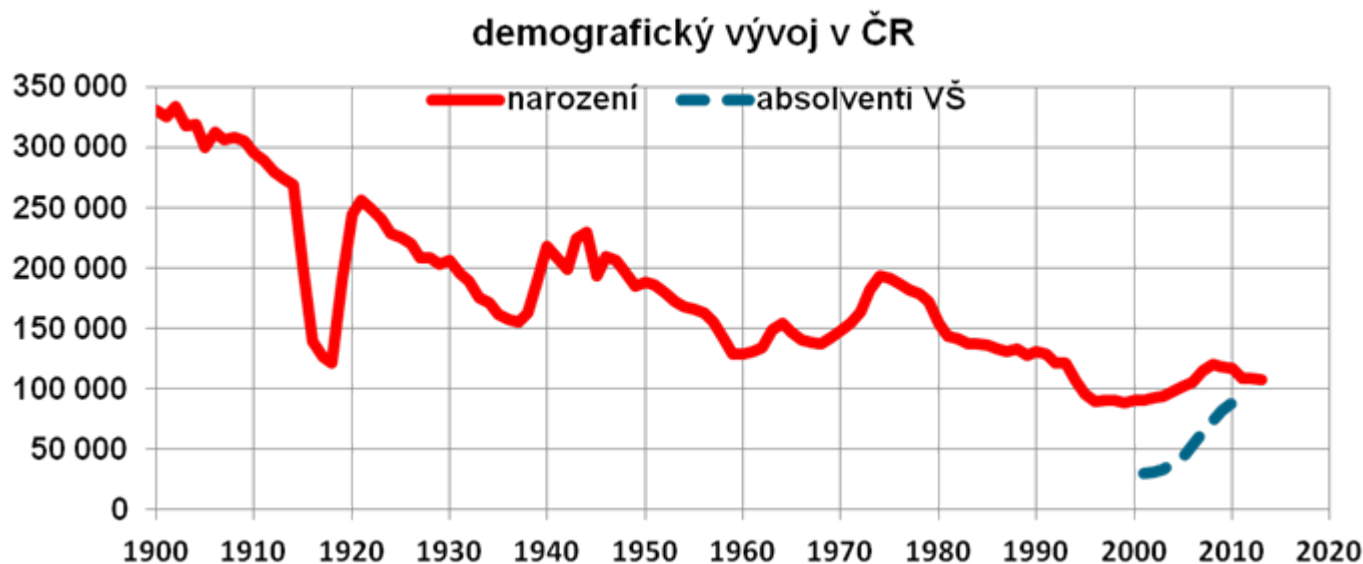
⇒ ročně bude ubývat 150 000 pracovníků bez vysokoškolského vzdělání

**Porovnání efektivity využívání pracovních sil:**

řidič nákladního automobilu dokáže přepravit zboží o hmotnosti 30 t

strojvedoucí nákladního vlaku dokáže přepravit zboží o hmotnosti 1 500 t

⇒ deficitní pracovní síla je na železnici 50 x efektivněji využita, než na silnici



## Aktualizovaná státní energetická koncepce České republiky

V květnu 2015 přijala vláda ČR strategický dokument „Aktualizovaná státní energetická koncepce České republiky“, který předložilo Ministerstvo průmyslu a obchodu.

Jedním z bodů koncepce je orientace ČR na bezemisní elektroenergetiku, což má dva cíle:

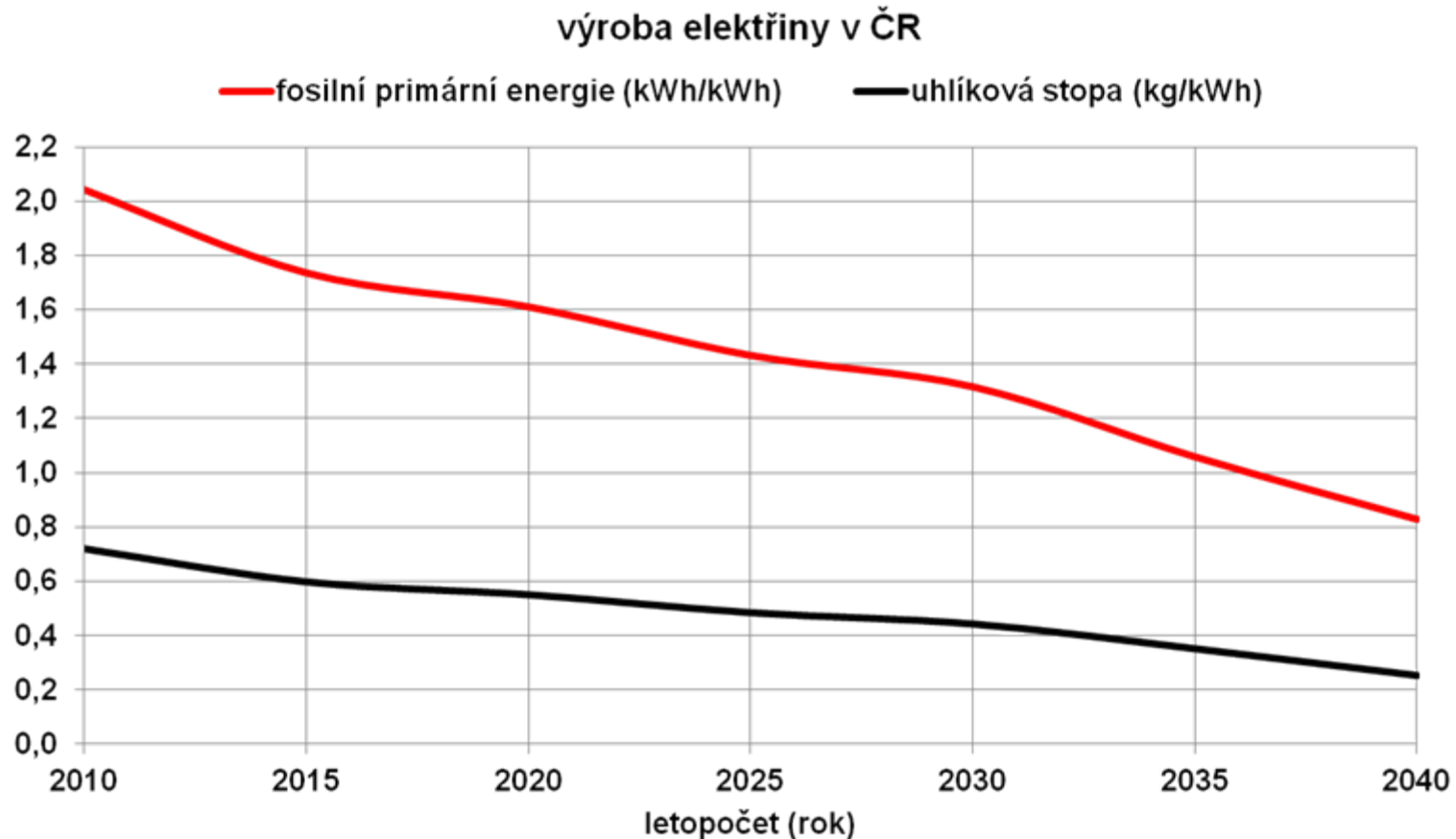
**Zvýšení podílu elektřiny** na celkové konečné spotřebě energií z dosavadních 18 % na 23 % v roce 2040,

⇒ **náhrada části importované ropy elektrickou energií**  
(pokles jejího podílu na konečné spotřebě ze 30 % na 23 %),

**Zásadní proměna elektrárenství**, dosud z 61 % založeného na spalování fosilních paliv (zejména hnědého uhlí), na dominantní (72 %) roli **bezemisních elektráren**, fosilní paliva budou zajišťovat jen 28 % výroby elektrické energie.

⇒ pokles produkce CO<sub>2</sub> na výrobu 1 kWh elektrické energie (uhlíková stopa) o více než 50 %.

## Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR

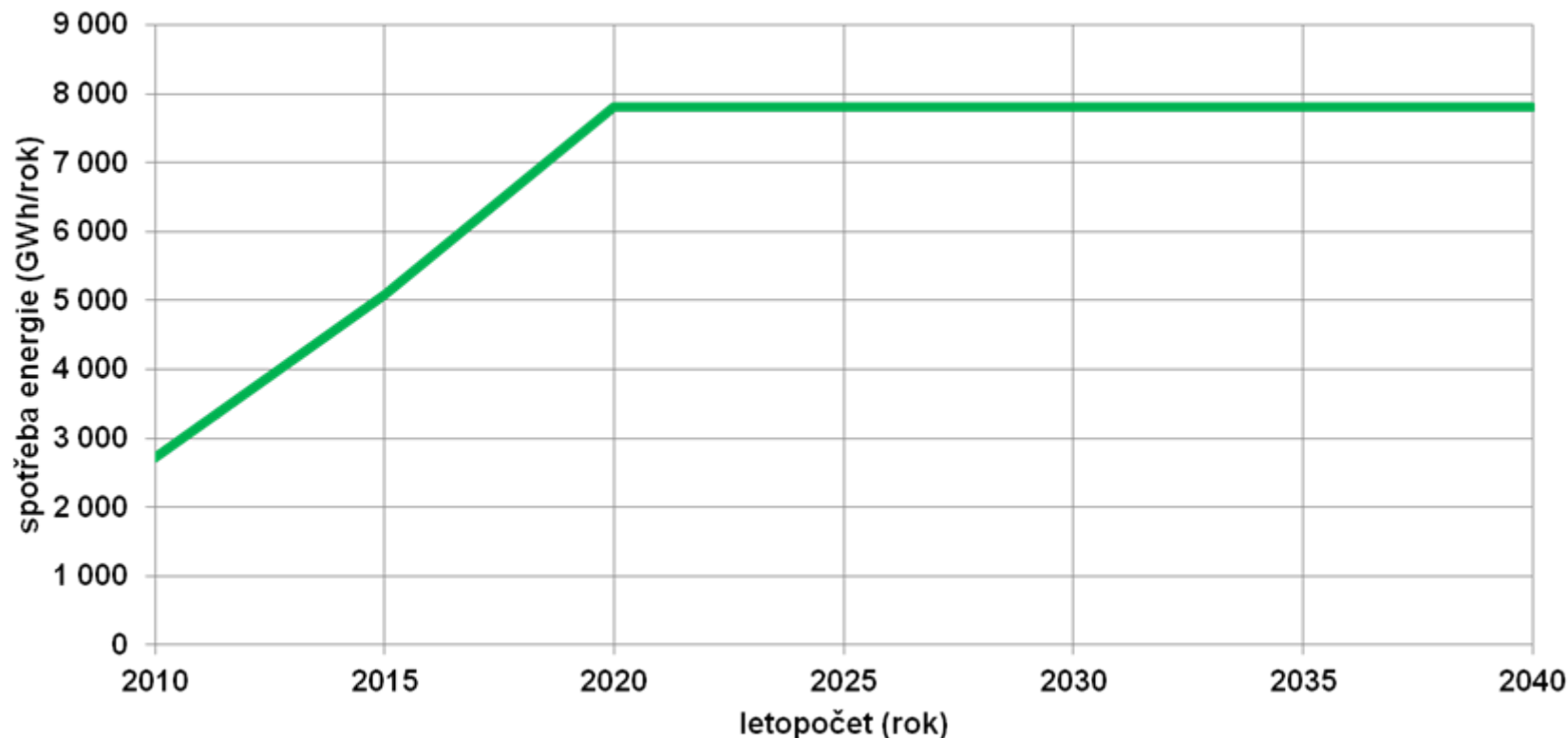


**Podle aktualizované státní energetické koncepce ČR bude trvale klesat měrná spotřeba fosilních paliv potřebných k výrobě elektrické energie a spolu s tím i uhlíková stopa elektrické energie.**



# Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR: potenciál pěstování biopaliv již bude brzy vyčerpán (limit orné půdy)

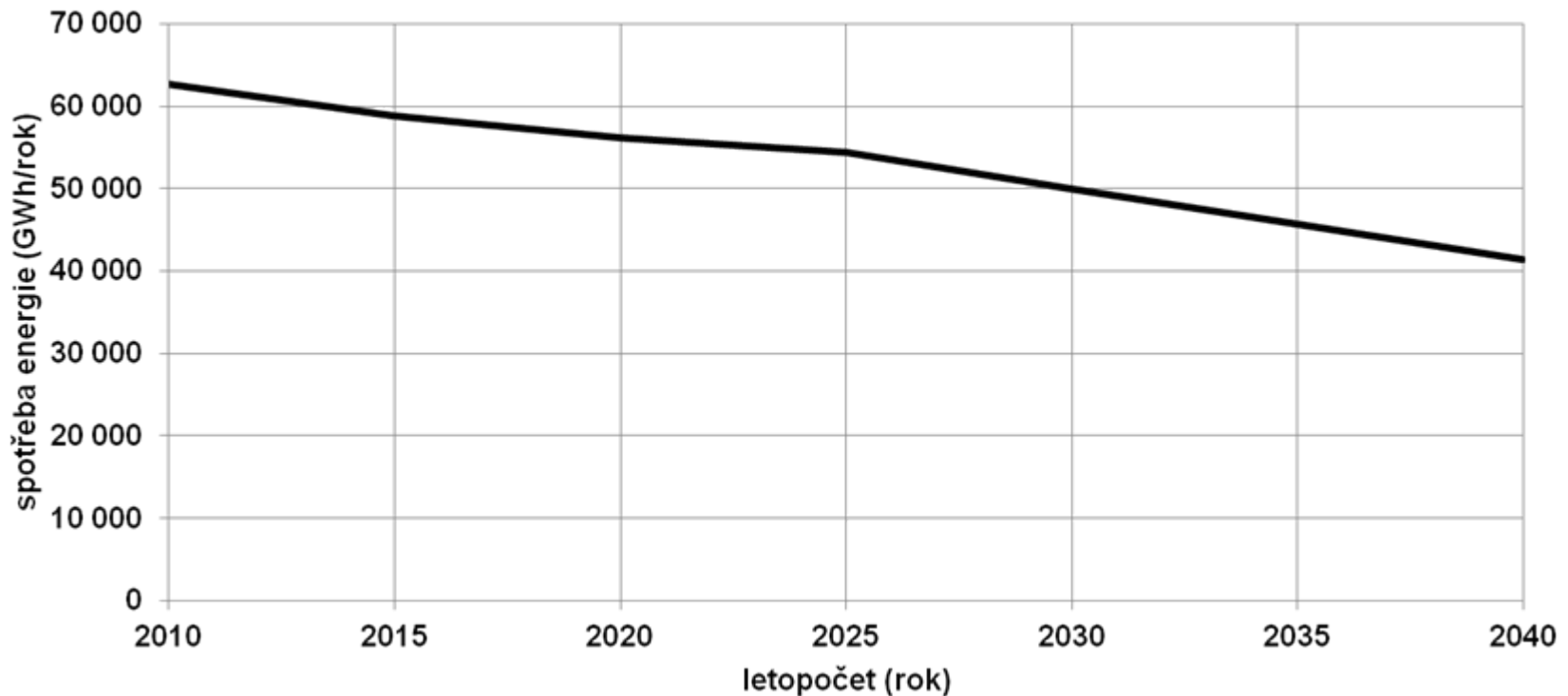
## Roční spotřeba biopaliv v dopravě v ČR



**Ze sociálních a humanitárních důvodů je potřebné zabránit propojení trhu paliv s trhem potravin. To, co jsou schopni dát bohatí za palivo, nejsou schopní dát chudí za jídlo.**

# Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR (přijata vládou ČR v květnu 2015)

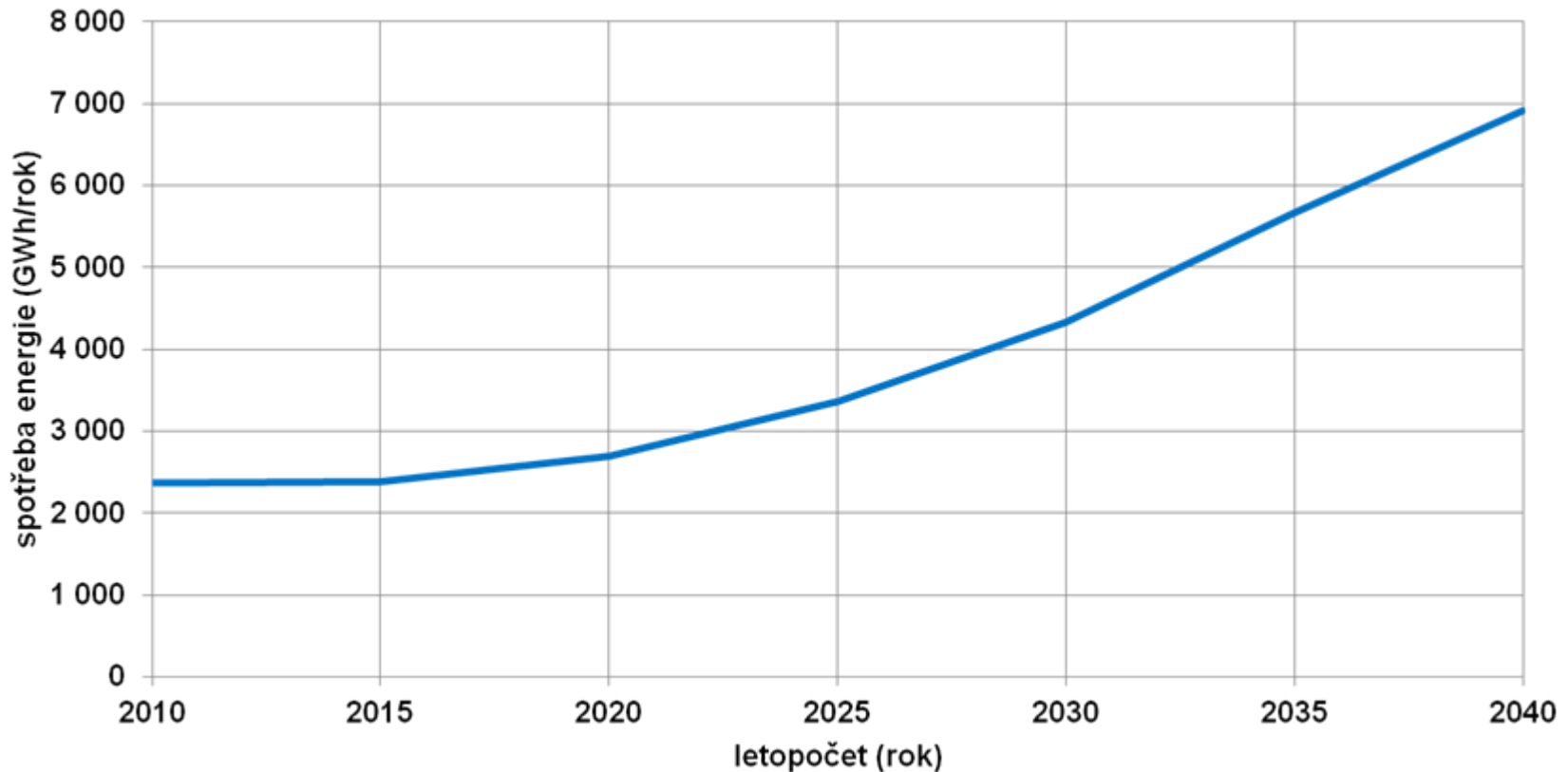
## Roční spotřeba ropných produktů v dopravě v ČR



**Úkol pro dopravu: snížit do roku 2030 spotřebu ropných paliv o 9 miliard kWh/rok**

# Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR (přijata vládou ČR v květnu 2015)

ASEK 2014: elektrická energie pro dopravu v ČR



**Úkol pro dopravu: do roku 2030 zvýšit uplatnění elektřiny v dopravě o 1,9 mld. kWh/rok**

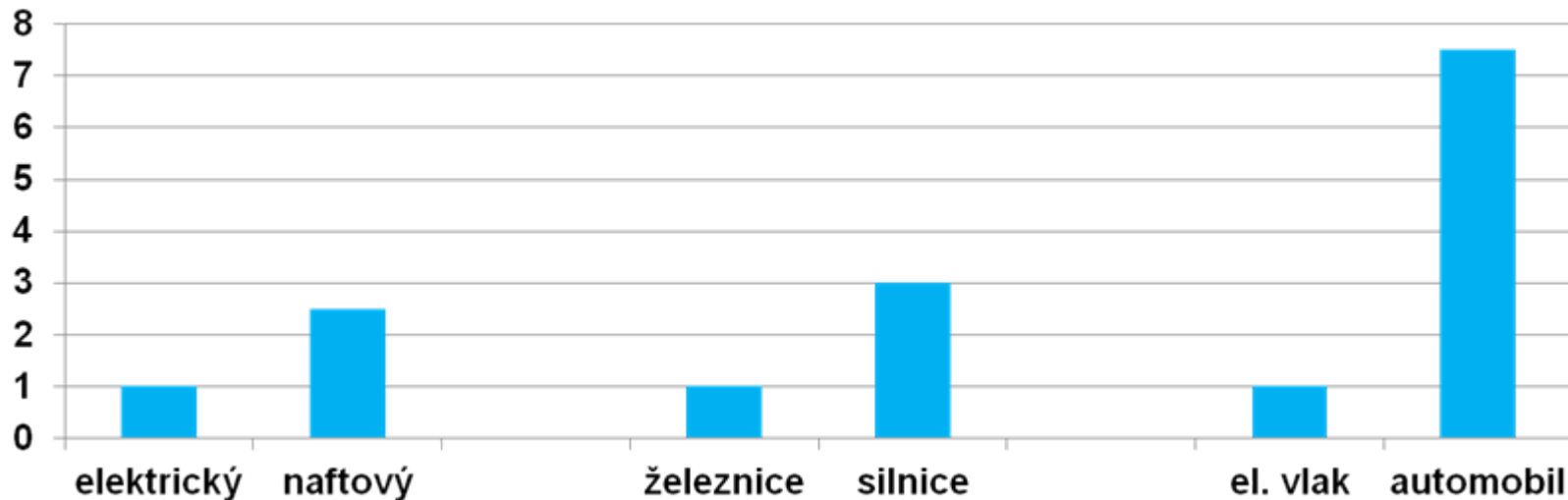
# Železnice: nástroj ke snížení energetické náročnosti dopravy

Měrný trakční odpor vlaku je 3 krát menší, než měrný trakční odpor automobilu. Účinnost elektrické vozby je 2,5 krát větší, než účinnost pohonu spalovacím motorem.

⇒ Převedení silniční dopravy na elektrifikovanou železnici snižuje spotřebu energie pro dopravu 7,5 násobně ( $3 \times 2,5 = 7,5$ )

⇒ 1 kWh elektrické energie ze sítě nahradí 7,5 kWh energie nafty (0,75 litru)

Poměrná energetická náročnost dopravy



⇒ cíl ASEK naradit ročně 9 TWh ropných paliv 1,9 T Wh elektřiny je splnitelný

## Doprava 4.0

**Cíl: využití celé plochy území ČR k plnohodnotnému profesnímu, společenskému i rodinnému životu (dekoncentrace koncentrovaného osídlení)**

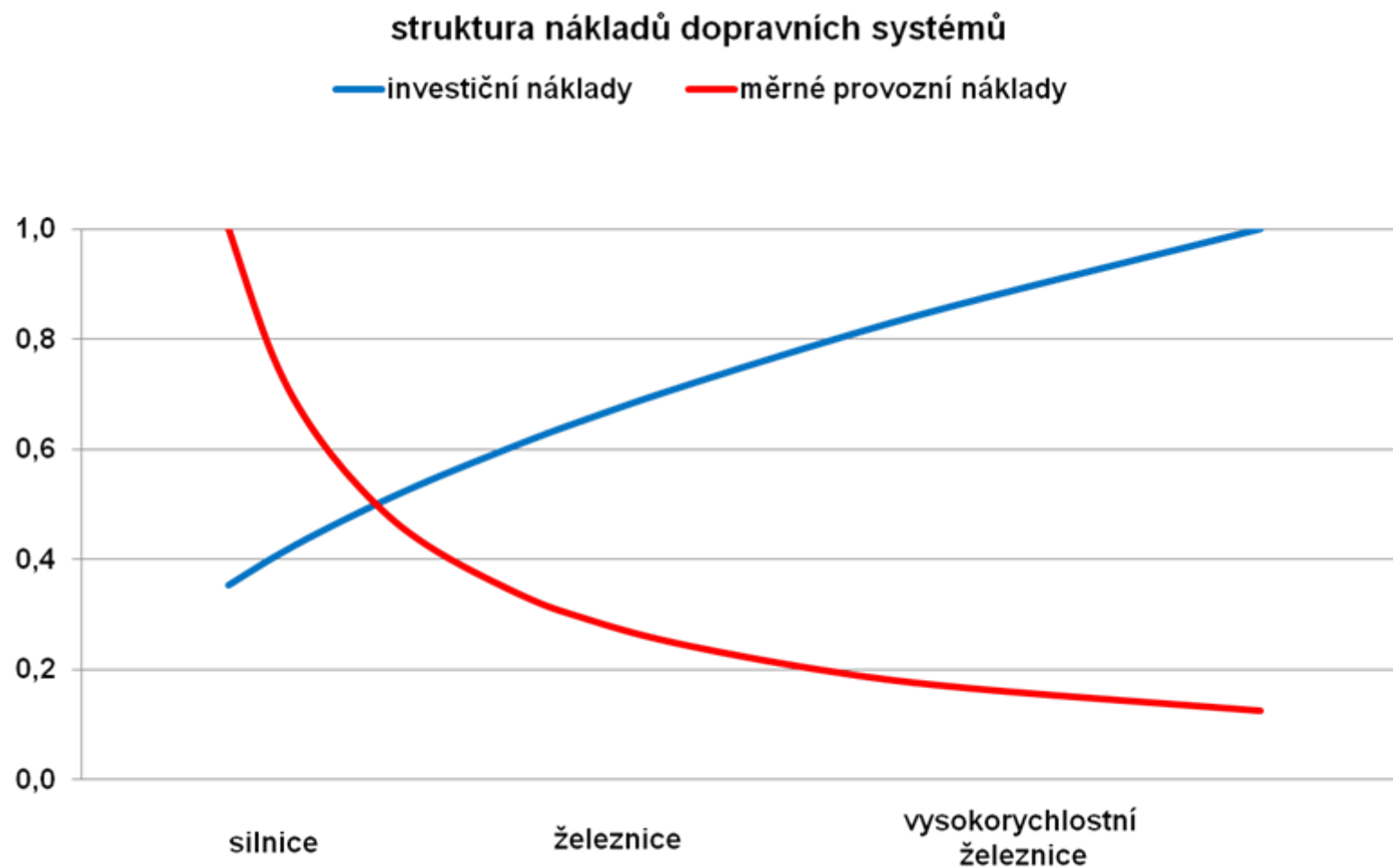
**Podmínka:**

- nízká energetická náročnost,
- trvalá udržitelnost (nezávislost na fosilních palivech),
- vlídnost k lidem (bezpečnost, pohodlí, úspora a využití času, ...).

**Hierarchická struktura dopravních systémů (logika efektivnosti investic):**

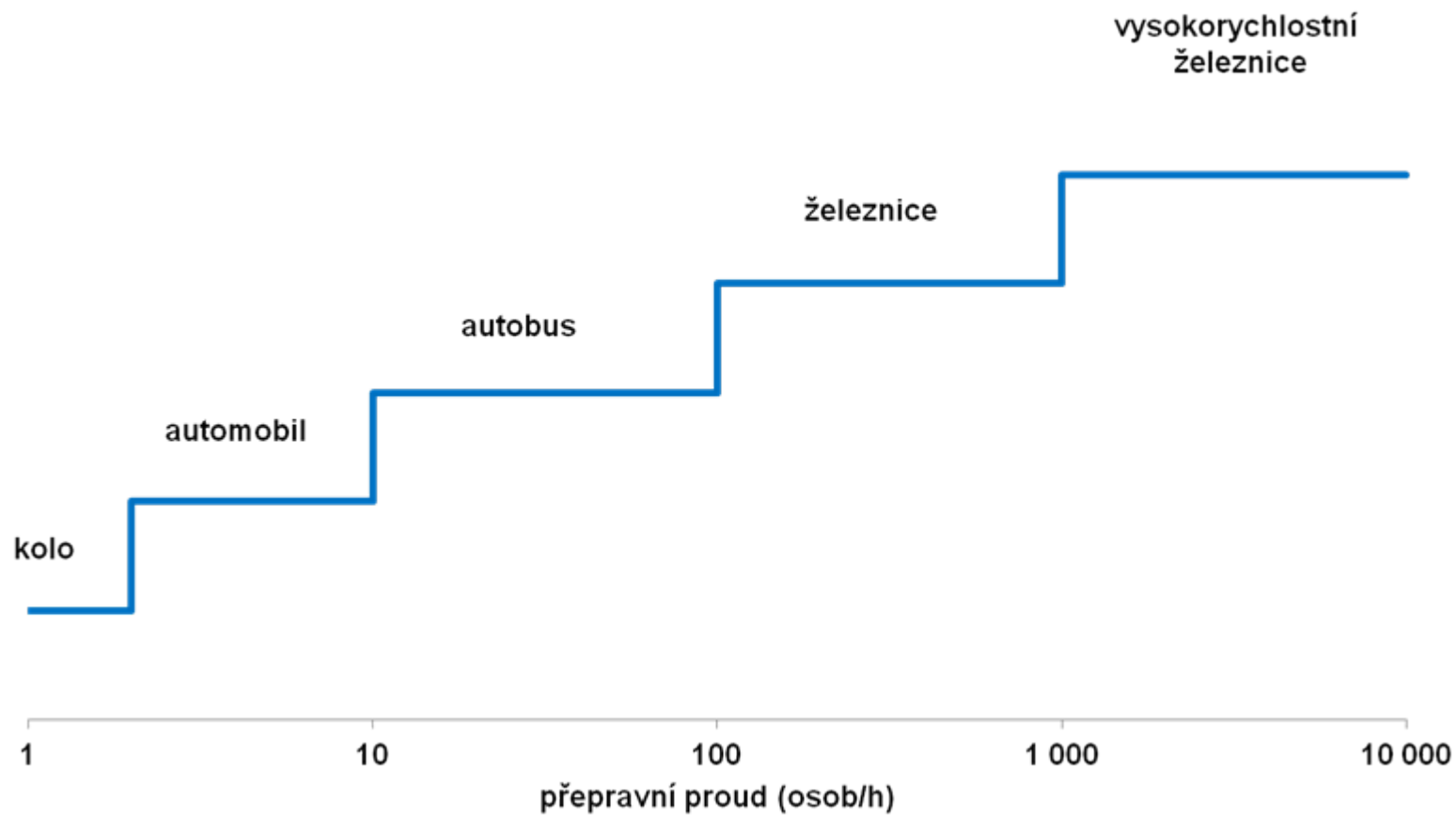
- nejsilnější přepravní proudy: elektrická železnice s liniovým napájením,
- silné přepravní proudy: akumulátorová železnice,
- slabší přepravní proudy: elektrobusy,
- slabé přepravní proudy: elektromobily,
- nejslabší přepravní proudy: pěší chůze, jízdní kolo.

# Struktura nákladů dopravního systému



# Volba dopravního systému

volba optimálního dopravního systému



# Bezemisní železnice

## Bezemisní městská hromadná doprava

Plnění cílů ASEK (schválených vládou ČR dne 18.5.2015):

- snížit do roku 2030 spotřebu ropných produktů v dopravě o 9 000 mil. kWh/rok (z 59 000 mil. kWh/rok na 50 000 mil. kWh/rok )
- zvýšit do roku 2030 spotřebu elektrické energie v dopravě o 1 900 mil. kWh/rok (z 2 400 mil. kWh/rok na 4 300 mil. kWh/rok )

Strategie plnění ASEK ČR v rozmezí let 2015 až 2030 (směrné hodnoty)				
		železnice	MHD	celkem
výchozí spotřeba elektrické energie	mil. kWh/rok	1 300	1 100	2 400
výchozí vnitřní spotřeba energie ropných paliv	mil. kWh/rok	500	900	1 400
spotřeba elektrické energie pro vnitřní náhradu ropných paliv	mil. kWh/rok	200	300	500
spotřeba elektrické energie včetně vnitřní náhrady ropných paliv	mil. kWh/rok	1 500	1 400	2 900
spotřeba elektrické energie pro vnější náhradu ropných paliv	mil. kWh/rok	1200	200	1 400
nahrazovaná vnější spotřeba energie ropných paliv	mil. kWh/rok	7800	1400	9 200
spotřeba elektrické energie včetně vnitřní i vnější náhrady ropných paliv	mil. kWh/rok	2 700	1 600	4 300
nahrazovaná vnitřní i vnější spotřeba energie ropných paliv	mil. kWh/rok	8 300	2 300	10 600

S využitím přidělené zvýšené spotřeby elektrické energie 1 900 mil. kWh/rok je reálné zavést v ČR do roku 2030 bezemisní železnici a bezemisní městskou hromadnou dopravu a ušetřit energii ropných paliv 10 600 mil. kWh/rok.



## Bezemisní městská hromadná doprava

### Výchozí stav:

- významný (a rostoucí) podíl fosilních paliv v hromadné dopravě (autobusy),
- nadměrný podíl individuální dopravy

### Cílový stav:

**100 % elektrizace městské hromadné dopravy**

### Systémově propojená kombinace:

- vozidla s liniovým napájením,
- vozidla s akumulátory (elektrobusy)

**Průběžné statické i dynamické nabíjení využívající pevná trakční zařízení liniových drah.**

## Náhrada autobusů se spalovacími motory elektrobusey

Rozhodujícím trendem městské hromadné dopravy je její orientace na elektrickou vozbu.

V 19 velkých městech v ČR, jejichž Dopravní podniky jsou členy SDP ČR, zajišťuje povrchová elektrická vozba (tramvaje a trolejbusy) 66 % přepravní nabídky (v místových kilometrech).

Zbývajících 34 % přepravní nabídky však ještě zabezpečují autobusy (rok 2013):

přepravní nabídka .....	12 258 000 000	místových km/rok
dopravní výkon .....	147 000 000	vozových km/rok
počet vozidel .....	2 888	vozů
spotřeba nafty .....	66 000 000	litrů/rok
náklady na naftu .....	1 848 000 000	Kč/rok
produkce CO <sub>2</sub> .....	166 000 000	kg/rok

Při současném stavu techniky je reálné nahradit v městské hromadné dopravě výkony autobusů se spalovacími motory elektrickými vozidly, a to zejména elektrobusey s průběžným nabíjením (statickými či dynamickým).

## Bezemisní MHD

Bezemisní městská hromadná doprava v ČR v roce 2030 je reálným a potřebným cílem.

Základními nástroji k tomu jsou:

- rozvoj páteřových tratí s liniovou elektrizací (metro, tramvaje),
- elektrizace nekolejové dopravy (s kombinací statického a dynamického průběžného nabíjení),
- využití společných pevných trakčních zařízení pro liniové systémy i pro vozidla s akumulátory,
- systémové propojené elektrické městské hromadné dopravy s individuálními elektromobily (osobními i rozvážkovými, smart gird parkoviště P + CH + R),
- nelikvidování existujících elektrických systémů.

dopravní mod	energetická náročnost	přepravní výkon	spotřeba energie	fos. paliv. náročnost	spotřeba fos. paliv	uhlíková stopa	produkce CO <sub>2</sub>
	kWh/os. km	mil. os.km/rok	GWh/rok	kWh/os. km	GWh/rok	kg/os. km	tis. t/rok
bus n	0,234	2 000	467	0,22	430	0,06	116
bus e	0,079	2 000	158	0,09	180	0,04	70
úspora	0,154		309	0,13	250	0,02	45

## Bezemisní železnice

### Cíl:

- nulové místní emise (výhradně elektrický provoz), postupně v návaznosti na změny v elektrárenství i nulové celkové (primární) emise,
- vyšší podíl na přepravních výkonech (převzetí části přeprav od energeticky náročnějších dopravních módů).

### Nástroje:

- dokončení liniové elektrizace sítě konvenčních železnic,
- využití akumulátorové vozby na tratích bez liniové elektrizace,
- posílení kvality a kapacity nákladních koridorů,
- budování sítě vysokorychlostních železnic,
- pohodlné cestování jako motivační prostředek.

Čtyři z devíti Evropských železničních nákladních koridorů (RFC 5, RFC 7, RFC 8, RFC 9) definované nařízením Evropského parlamentu a rady č. 1316/2013 náleží na území ČR a budou kontinuálně modernizovány s přispěním EU fondů (CEF).

Cílem je převedení nákladní dopravy na vzdálenost nad 300 km ze silnice na železnici – viz EU KOM (2011) 144. Součástí je elektrizace tratí důležitých pro nákladní dopravu – též nástroj ke snížení provozních nákladů

Odlehčení silnic a dálnic od těžké nákladní dopravy, s výraznou úsporou energie a s produkce CO<sub>2</sub>.

dopravní mod	energetická náročnost	přepravní výkon	spotřeba energie	fos. paliv. náročnost	spotřeba fos. paliv	uhlíková stopa	produkce CO <sub>2</sub>
	kWh/netto tkm	mil. netto tkm/rok	GWh/rok	kWh/netto tkm	GWh/rok	kg/netto tkm	tis. t/rok
silnice	0,26	20 000	5 204	0,24	4 791	0,06	1 289
železnice	0,03	20 000	688	0,04	781	0,02	305
úspora	0,23		4 516	0,20	4 010	0,05	984

## Osobní doprava na konvenčních tratích (EC/IC)

Podle kritéria limitního dopravního toku (t/den), respektive podle kritéria trakční energetické náročnosti (kW/km) jde o dvě kategorie :

a) tratě ekonomicky vhodné k elektrizaci (dalších cca 2 000 km)

Jejich pevná trakční zařízení slouží k zajištění napájení vozidel na nich provozovaných, i k napájení zásobníků energie vozidel provozovaných na okolních tratích bez elektrizace,

a) tratě ekonomicky nevhodné k elektrizaci (provoz na nich zajišťují vozidla se zásobníky energie).

dopravní mod	energetická náročnost	přepravní výkon	spotřeba energie	fos. paliv. náročnost	spotřeba fos. paliv	uhlíková stopa	produkce CO <sub>2</sub>
	kWh/os. km	mil. os.km/rok	GWh/rok	kWh/os. km	GWh/rok	kg/os. km	tis. t/rok
silnice	0,433	2 000	865	0,40	796	0,11	214
železnice	0,056	2 000	112	0,06	128	0,02	50
úspora	0,376		753	0,33	669	0,08	164

## Motivace k rozvoji elektrizace železnic

- je smysluplné elektrifikovat tratě, na kterých MD ČR objednává intenzivní dálkovou dopravu – v opačném případě si z výběrových řízení vzešlí dopravci pořídí vozidla na naftu a na dalších 30 let bude konzervován současný stav motorového provozu (Plzeň - Domažlice, Jaroměř – Trutnov, Praha – Turnov, Staré Město – Luhačovice/Bojkovice/Veselí, Brno – Jihlava, Šumperk – Jeseník, ...)
- je smysluplné elektrifikovat tratě, na kterých kraje objednávají intenzivní regionální dopravu – v opačném případě si z výběrových řízení vzešlí dopravci pořídí vozidla na naftu a na dalších 30 let bude konzervován současný stav motorového provozu (Praha – Kladno – Rakovník, Praha - Rudná – Beroun, Český Těšín - Ostrava – Valašské Meziříčí – Hulín - Kojetín, Pardubice – Chrudim, Olomouc – Uničov, Brno – Veselí nad Moravou, ...),
- je smysluplné elektrifikovat tratě, které mají potenciál rozvoje dálkové nákladní dopravy (Mladá Boleslav – Praha/Nymburk, Plzeň – Česká Kubice, Jihlava – Znojmo, ...)

## Polozávislá elektrická vozba a moderní železnice

**Železniční vozidla mají ve srovnání s automobily pro aplikaci zásobníků energie výhodné technické a ekonomické předpoklady:**

- nižší valivý odpor (ocelová kolejnice) a nižší aerodynamický odpor (zařazení vozidel do vlaku v těsném zákrytu) snižují spotřebu energie a tím i velikost zásobníku energie,**
- větší rozměry a hmotnost železničních vozidel usnadňují zástavbu zásobníků energie,**
- již vybudovaná elektrizace části železniční sítě je využitelná jako infrastruktura pro nabíjení polozávislých vozidel, provozovaných na zbývající (neelektrizované) části sítě,**
- zastávkový princip veřejné hromadné dopravy umožňuje využívat zásobníky energie nejen k napájení vozidla, ale i ke zvýšení hospodárnosti provozu rekuperačním brzděním,**
- velké denní proběhy vozidel veřejné hromadné dopravy umožňují (na rozdíl od automobilu) hospodárně využít moderní zásobníky energie s vysokou životností.**



## Nové pojetí polozávislých vozidel (BEMU)

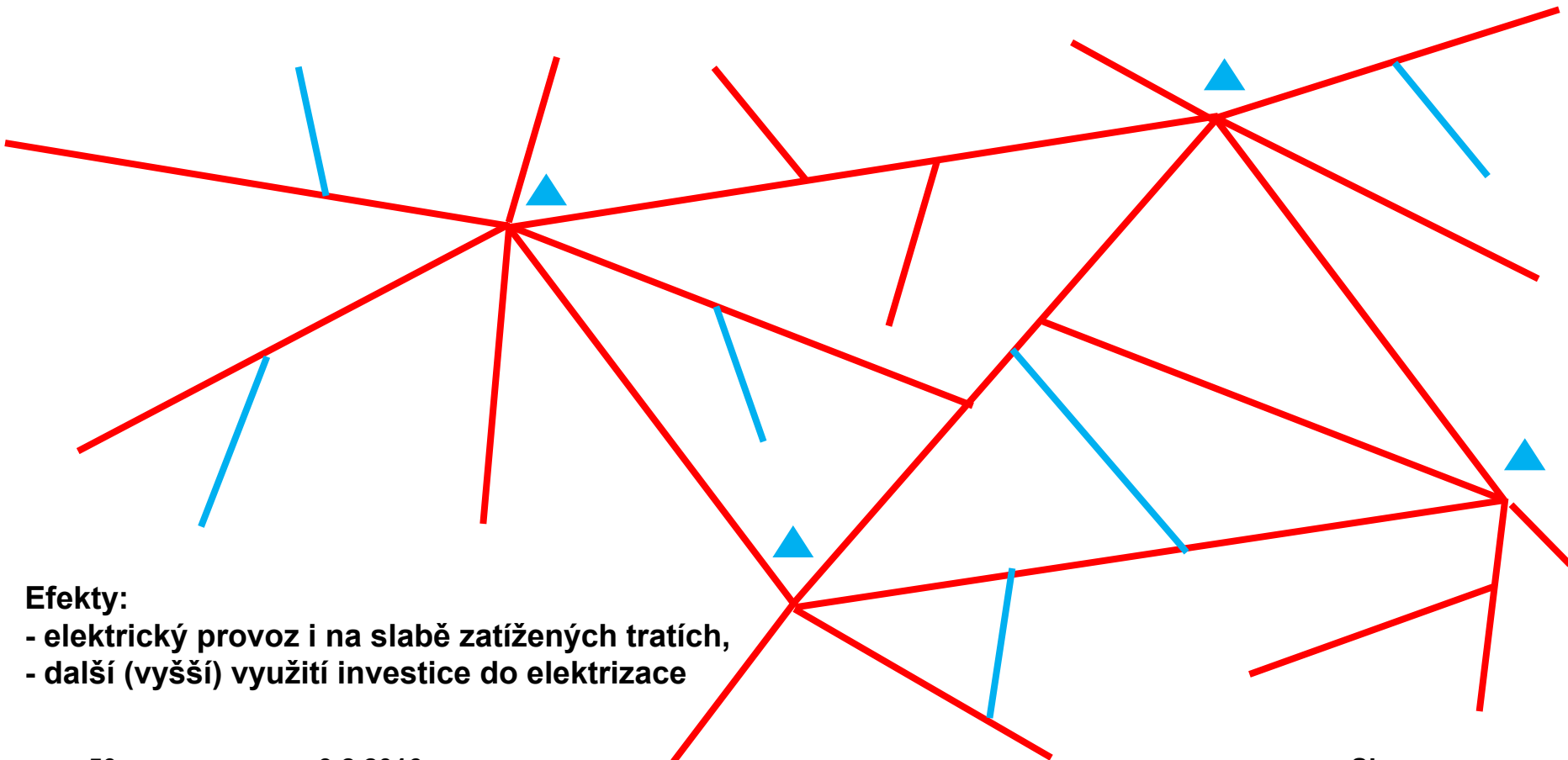
- moderní zásobník energie s vysokou měrnou energií (100 kWh/t),
- moderní zásobník energie s vysokým měrným výkonem (150 kW/t),
- moderní zásobník energie schopný rychlého nabíjení (2 hodiny),
- snížení spotřeby energie rekuperací brzdové energie,
- nabíjení z trakčního vedení přes sběrač (v klidu i za jízdy),
- nabíjení vícekrát denně => zásobník stačí dimenzovat na kratší provoz,
- na elektrizovaných tratích napájení pohonu z trakčního vedení.

**=> hmotnost zásobníku cca 4 % celkové hmotnosti vozidla**



## Návaznost elektrifikovaných a neelektrifikovaných tratí

**Pevná trakční zařízení elektrifikovaných tratí tvoří energetickou síť k nabíjení akumulátorů vozidel používaných na neelektrifikovaných tratích.**



**Efekty:**

- elektrický provoz i na slabě zatížených tratích,
- další (vyšší) využití investice do elektrizace

Je rozumné bezodkladně přistoupit k plošné elektrizaci všech k tomu vhodných tratí – docílit konečný stav elektrizace co nejdříve (rok 2030).

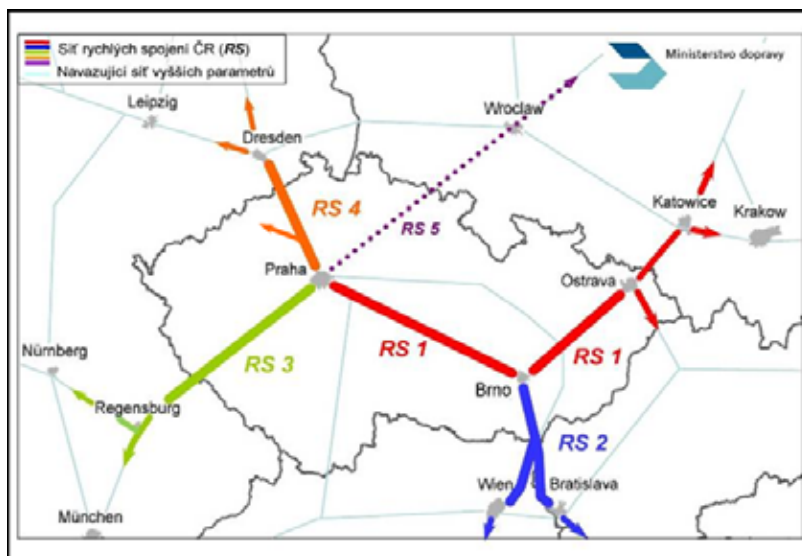
Principiální zásadou je již vůbec pro českou železnici nenakupovat žádná nová vozidla se spalovacími motory.

Sít' elektrifikovaných železnic použít nejen pro napájení vozidel na ni provozovaných, ale i nabíjení akumulátorů vozidla provozovaných na okolních tratích bez liniového trakčního vedení.

dopravní mod	energetická náročnost	přepravní výkon	spotřeba energie	fos. paliv. náročnost	spotřeba fos. paliv	uhlíková stopa	produkce CO <sub>2</sub>
	kWh/os. km	mil. os.km/rok	GWh/rok	kWh/os. km	GWh/rok	kg/os. km	tis. t/rok
železnice n	0,361	1 000	361	0,33	332	0,09	89
železnice e	0,112	1 000	112	0,13	127	0,05	50
úspora	0,249		249	0,20	205	0,04	40

# Bezemisní železnice Rychlá spojení

Postupné budování sítě vysokorychlostních železnic Rychlých spojení. Pilotní projekt Praha – Brno: 54 minut, 8 kWh/sedadlo (ekvivalent 0,8 litru nafty)



dopravní mod	energetická náročnost	přepravní výkon	spotřeba energie	fos. paliv. náročnost	spotřeba fos. paliv	uhlíková stopa	produkce CO <sub>2</sub>
	kWh/os. km	mil. os.km/rok	GWh/rok	kWh/os. km	GWh/rok	kg/os. km	tis. t/rok
silnice	0,570	4 000	2 280	0,52	2 099	0,14	565
železnice	0,076	4 000	303	0,09	344	0,03	134
úspora	0,494		1 977	0,44	1 755	0,11	430

## Bezemisní železnice

Bezemisní železnice v horizontu roku 2030 je v ČR reálným a potřebným cílem. Průvodním jevem jsou výrazné úspory energie i produkce CO<sub>2</sub>.

A to jak na železnici samotné, tak v dopravě převedené na elektrickou železnici ze silnic.

Spotřeba energie						
		nákladní	IC	HS	el., BEMU	celkem
nafta	GWh/rok	5 204	865	2 280	361	8 710
elektřina	GWh/rok	688	112	303	112	1 216
úspora	GWh/rok	4 516	753	1 977	249	7 494

Produkce CO <sub>2</sub>						
		nákladní	IC	HS	el., BEMU	celkem
nafta	tis. t/rok	1 289	214	565	89	2 157
elektřina	tis. t/rok	305	50	134	50	539
úspora	tis. t/rok	984	164	430	40	1 618

## Bezemisní veřejná doprava

**Vyšším využitím elektrické energie v dopravě podle vládou ČR přijaté „Aktualizované státní energetické koncepce ČR“ (plus 1,9 mld. kWh/rok) lze v roce 2030 zajistit bezemisní železnici a bezemisní městskou hromadnou dopravu.**

**Jde nejen o ušlechtilost, ale i o nutnost – ve stejné době lze očekávat velmi tvrdé restriktce vůči používání uhlovodíkových paliv, na produkci CO<sub>2</sub> založené formy mobility skončí.**

**Z hlediska nástrojů i zdrojů jde o reálný cíl – k dispozici jsou jak potřebné technologie, tak i finance – konverze veřejné dopravy na bezemisní systémy je řádově levnější, než konverze individuální dopravy na bezemisní systémy.**

**Chybí jedině: dát si cíl. Když J.F. Kennedy řekl, že si Američané šlápnou na měsíc, tak si na něj šlápli.**

**Děkuji Vám za Vaši pozornost!**