

# **Bezemisní železnice**

**Konference TOP EXPO CZ  
Trendy evropské dopravy  
Praha, 16.6.2016  
Jiří Pohl, Siemens, s.r.o.**

**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)**

**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 (až na nulu)**

**New York, 22.4. 2016:  
Podpis klimatické dohody OSN (zástupci 175 zemí)**

**generální tajemník OSN Ki-mun:  
„Svět závodí s časem. Skončila éra bezstarostné spotřeby.“**

**Americký ministr zahraničí John Kerry:  
„Svět vyrazil do vítězné války proti uhlíkovým emisím“**

**Za ČR podepsal dohodu ministr životního prostředí Richard Brabec**

**To nejsou kroky aktivistů protestujících proti vládcům světa. To jsou výroky vládců světa.**

**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,**
- 2/3 energie fosilních paliv jsou zmařeny ve ztrátách spalovacích motorů a tepelných elektráren.**

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

## Důsledky spalování fosilních paliv

**Podle zákona zachování hmoty se uhlík obsažený ve fosilních palivech spalováním neztrácí, jen se stěhuje z podzemí na oblohu**

**Koncentrace oxidu uhličitého v zemském obalu roste.**

**Z výchozí hodnoty 280 ppm (ještě v 18. století), tedy 3 500 miliard tun CO<sub>2</sub>, se postupně zvyšuje.**

**Aktuálně (začátek roku 2016) již dosahuje cca 400 ppm 5 000 miliard tun CO<sub>2</sub>).**

**Oxid uhličitý, podobně jako ostatní skleníkové plyny, propouštějí na zemi sluneční záření, ale absorbují tepelné záření vycházející ze země do vesmírného prostoru.**

**Nejde jen o růst střední teploty, ale o růst výkyvů (pěkně to ilustrují statistiky pojišťoven – roste riziko poškození věcí přírodními vlivy).**

## 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>

Vznik molekuly CO<sub>2</sub>: k atomu uhlíku (at. hm. 12) jsou přidány 2 atomy kyslíku (at. hm. 16) a vznikne molekula oxidu uhličitého (mol. hm 44).

Poměr hmotností CO<sub>2</sub> a C:  $44/12 = 3,67$

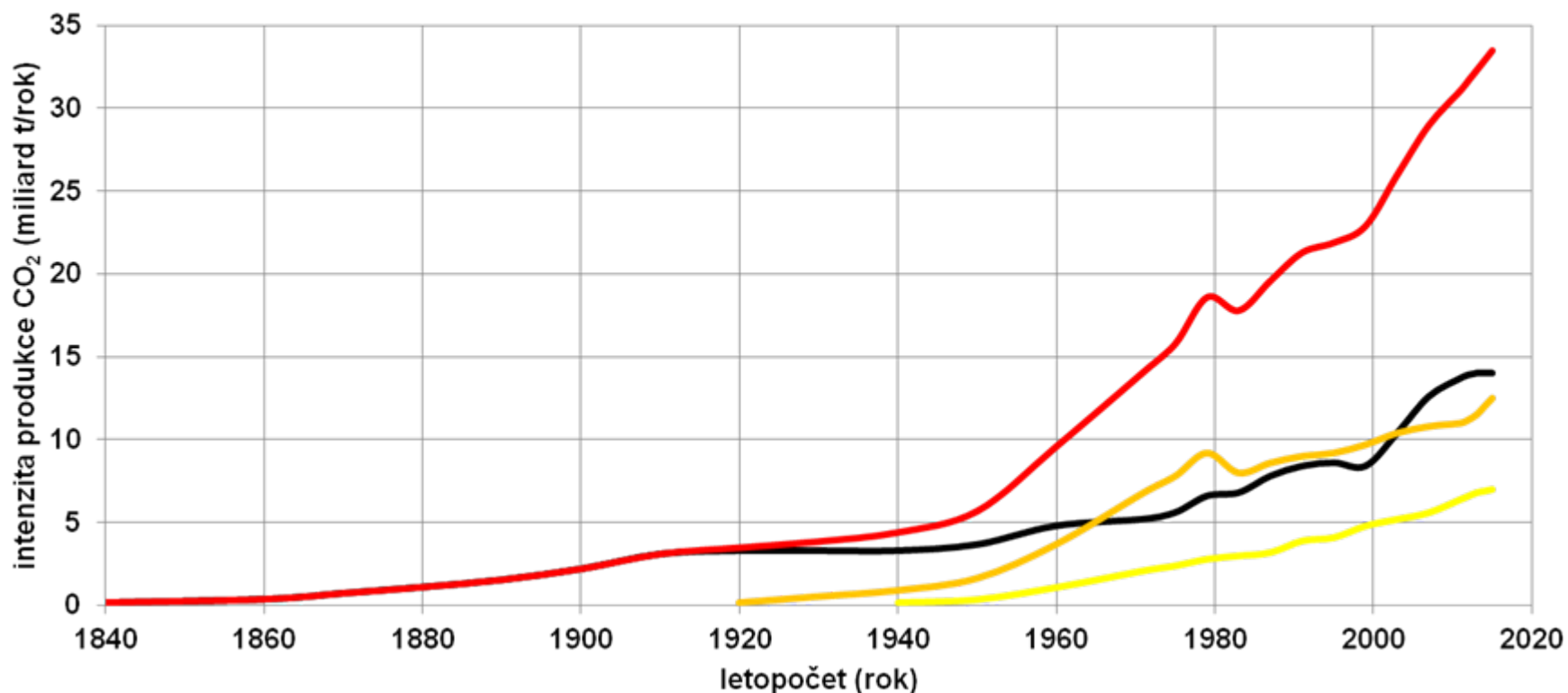
Žádný filtr, přísada do paliva či jiná konstrukce motoru touto úměrou nezmění.

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 32 miliardy tun CO<sub>2</sub>/rok.**  
**Minulé roky nárůst intenzity produkce CO<sub>2</sub>: cca o 0,6 miliardy tun/rok.**

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

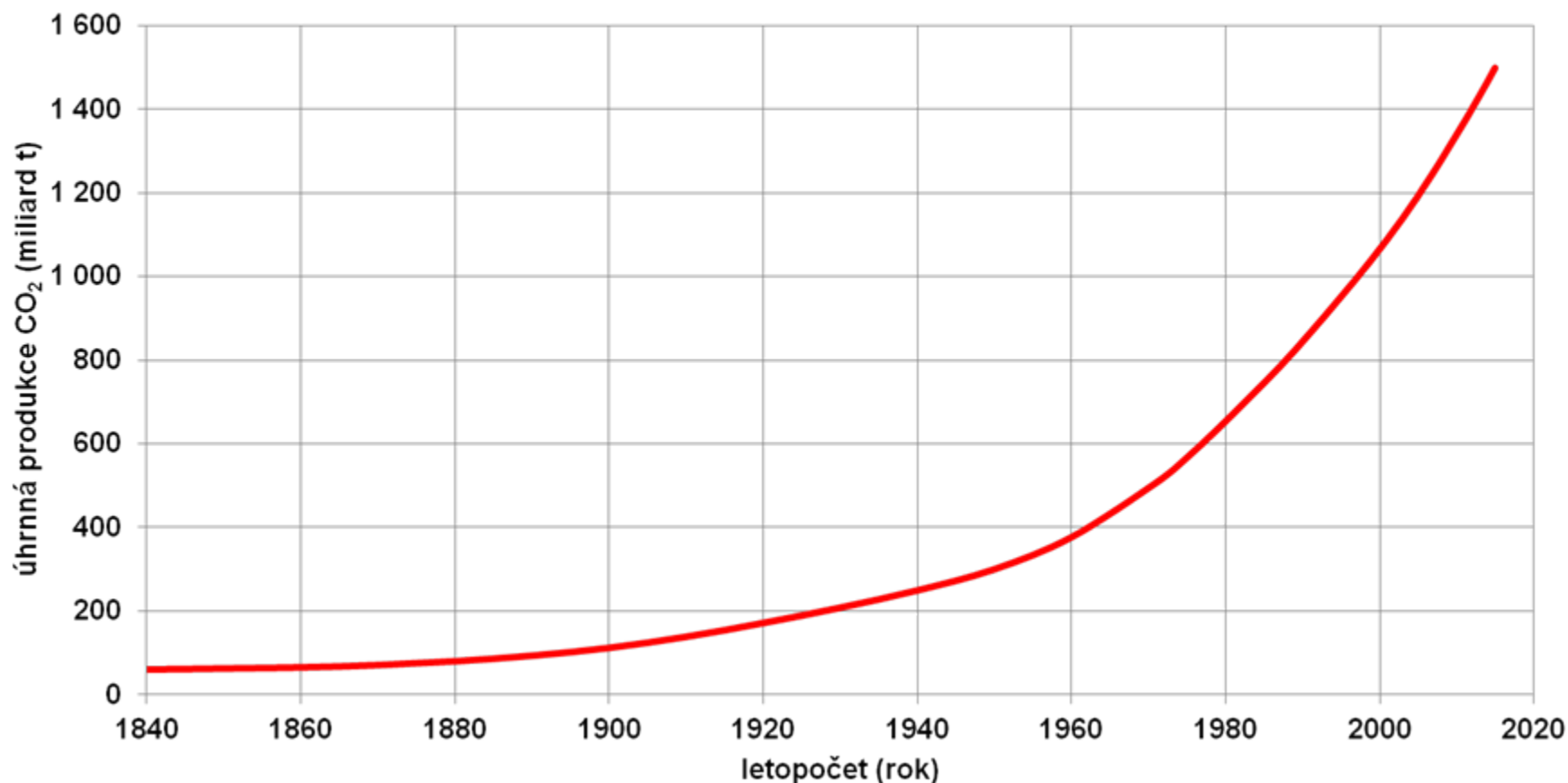
— uhlí — ropa — zemní plyn — celkem



# 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>)

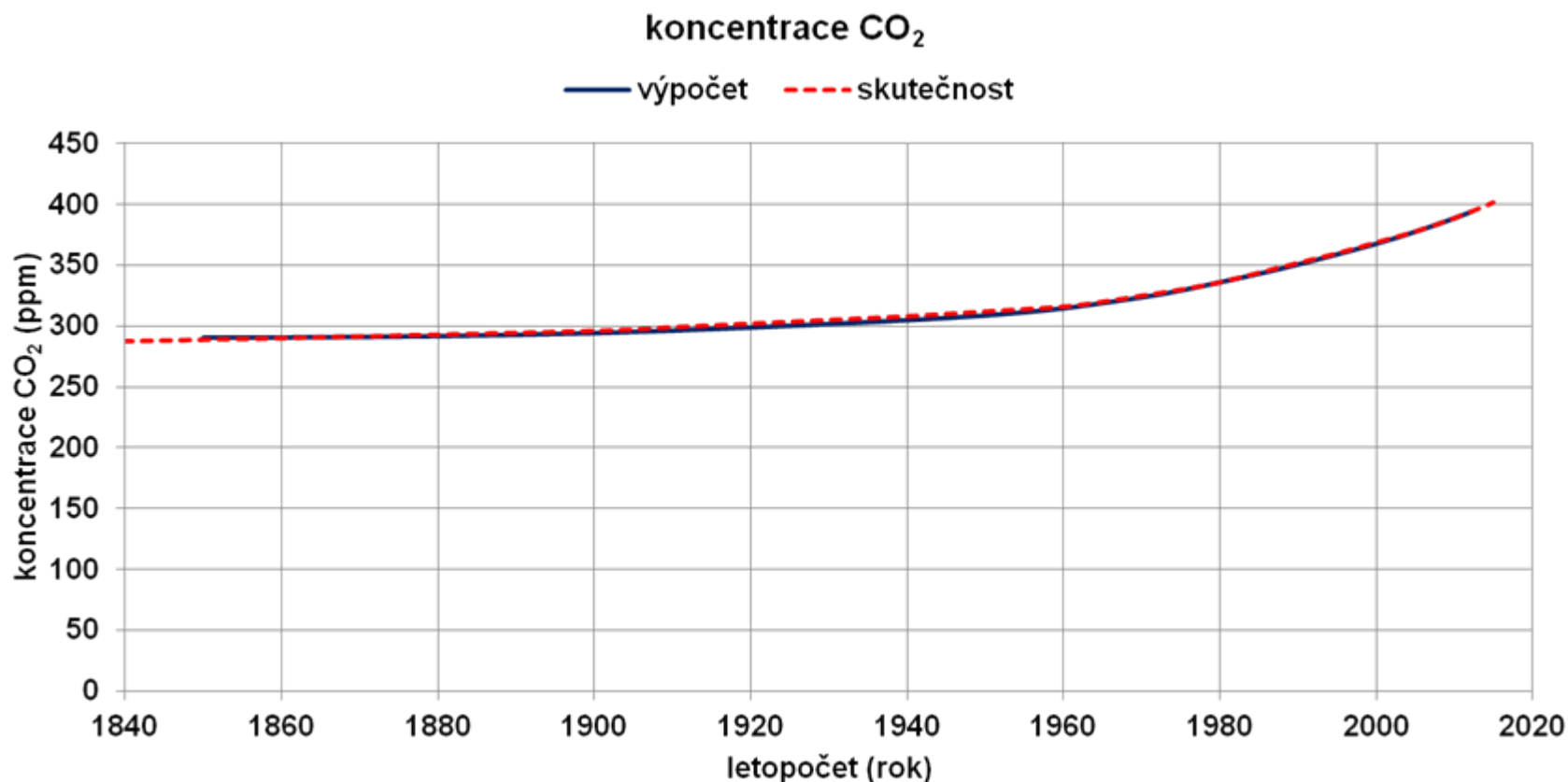
## antropogenní produkce CO<sub>2</sub>

— součtová hodnota



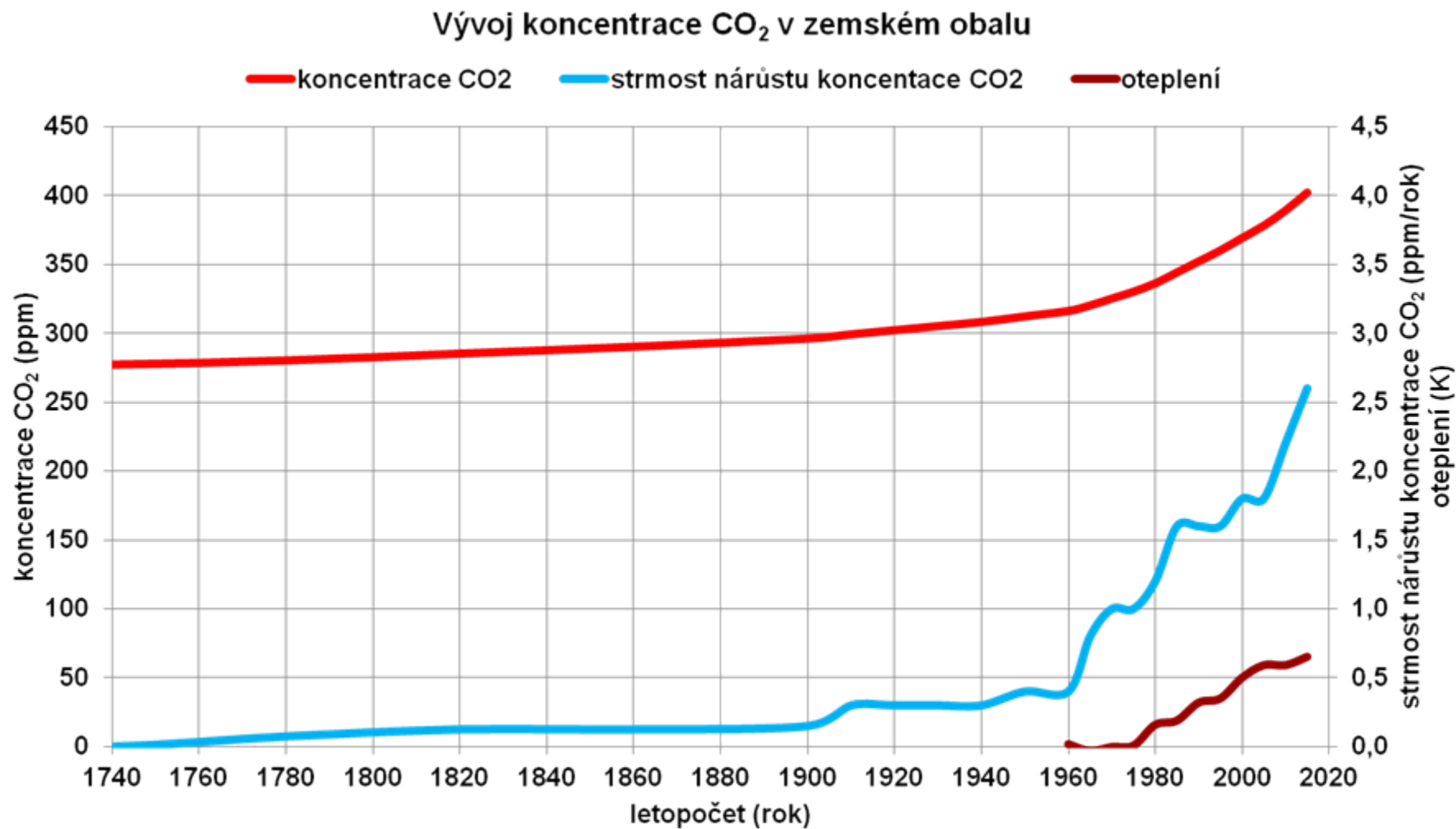


## Validace: kontrola shody výpočtu koncentrace CO<sub>2</sub> s měřením



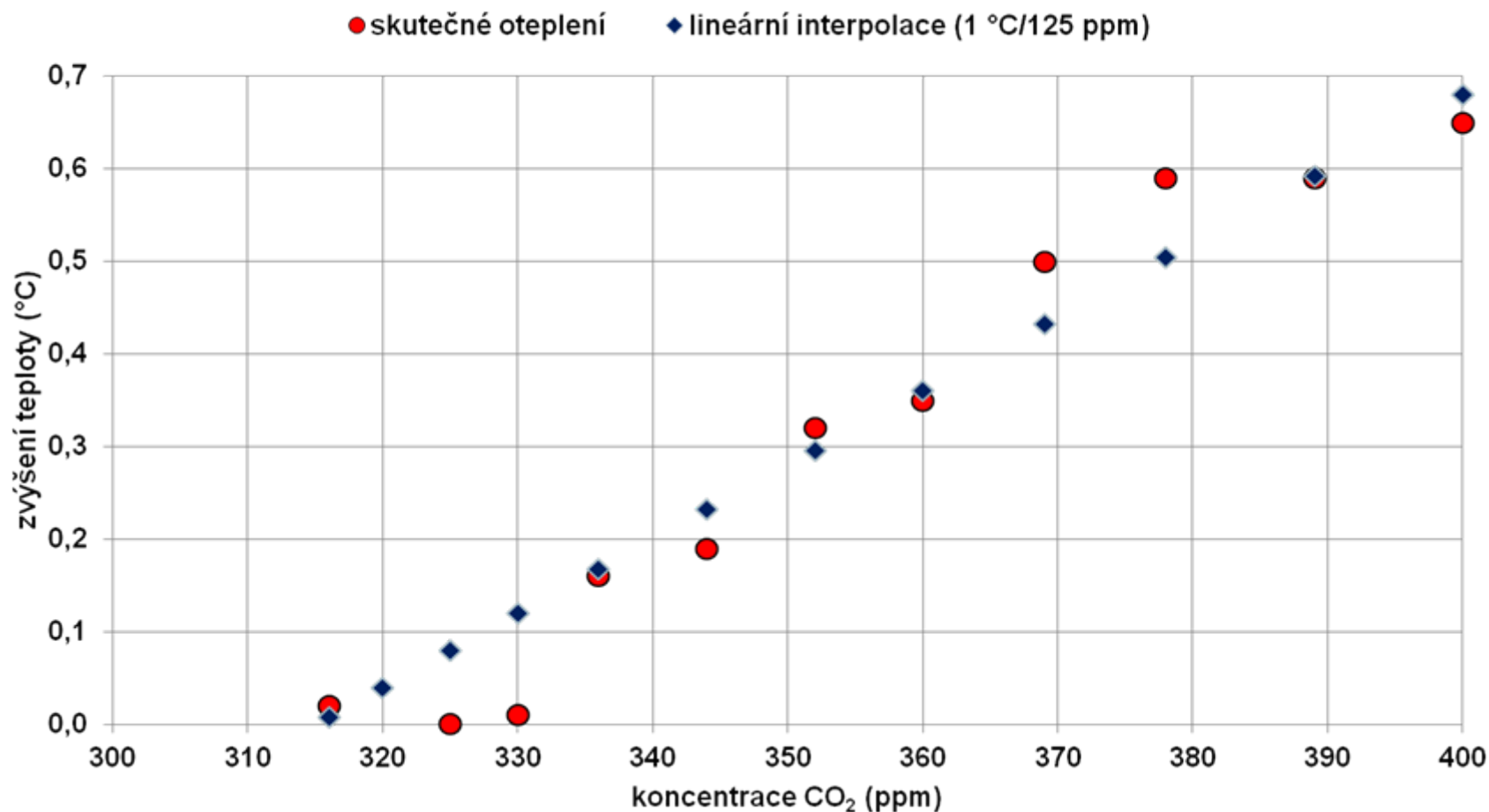
**Zákon zachování hmoty funguje. Uhlík z veškerého vytěženého uhlí, ropy a zemního plynu je ve formě CO<sub>2</sub> v ovzduší nad námi. Podzemí jsme přestěhovali na oblohu.**

# Důsledky spalování fosilních paliv (koncentrace CO<sub>2</sub> roste v posledních létech o 2,6 ppm/rok)



# 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>)

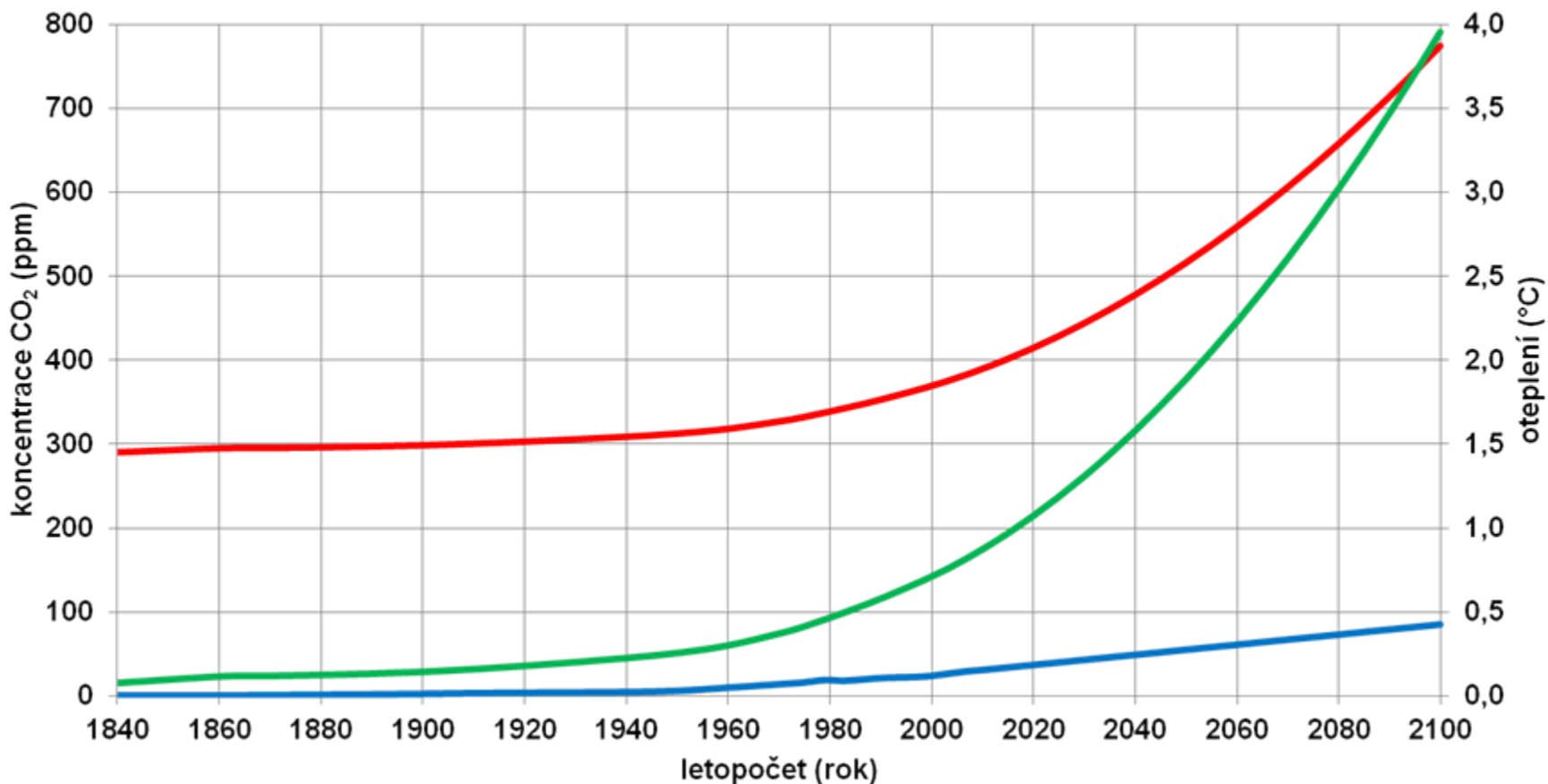
závislost zvýšení střední teploty Země na koncentraci CO<sub>2</sub> (1960 až 2015)



# 1. alternativní scénář dalšího spalování fosilních paliv: pokračování předchozí progrese (oteplení k roku 2100: 4,0 °C)

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

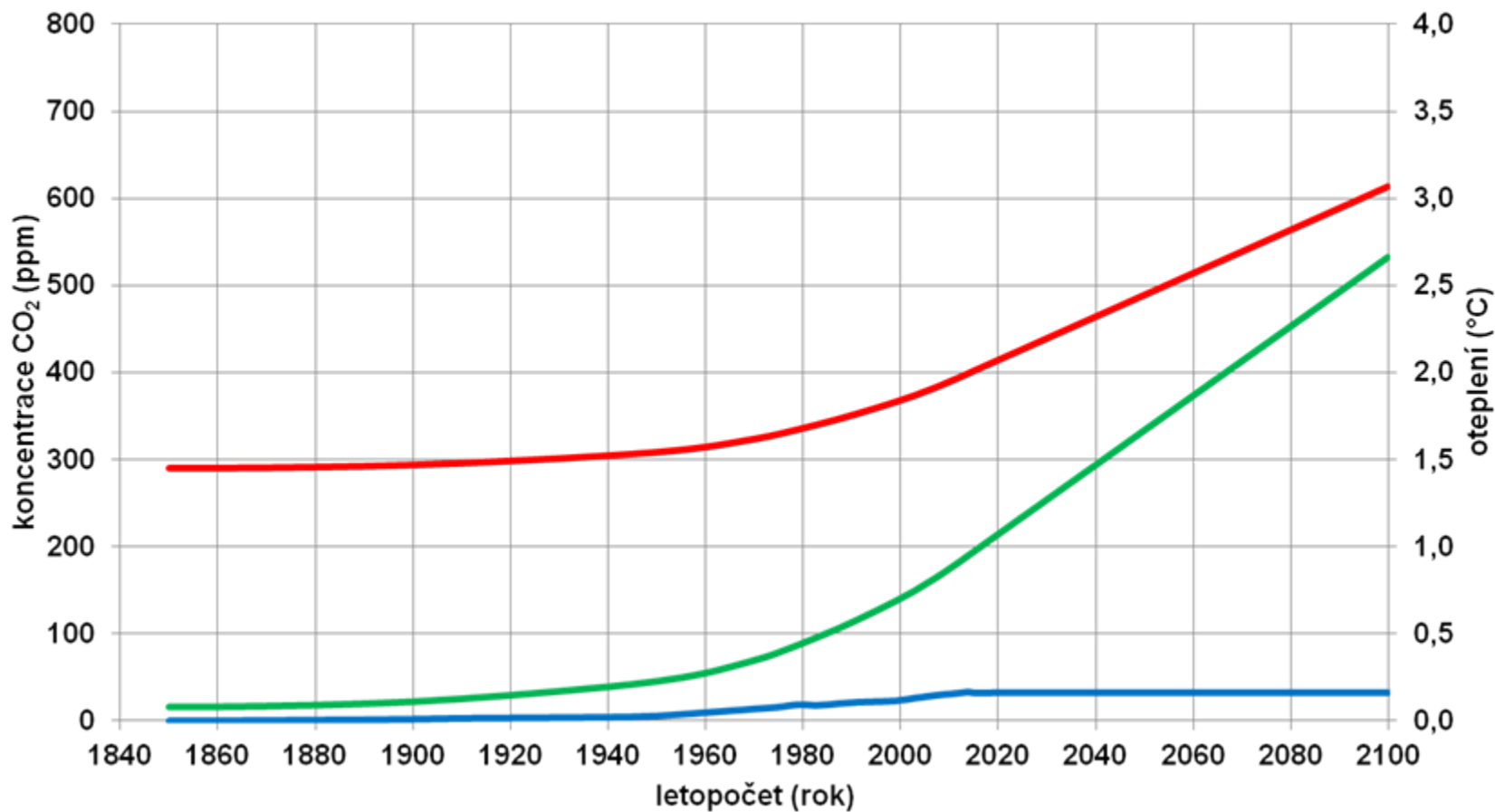
— koncentrace CO<sub>2</sub> — roční produkce CO<sub>2</sub> — oteplení



## 2. alternativní scénář dalšího spalování fosilních paliv: stagnace na úrovni roku 2015 (oteplení k roku 2100: 2,6 °C)

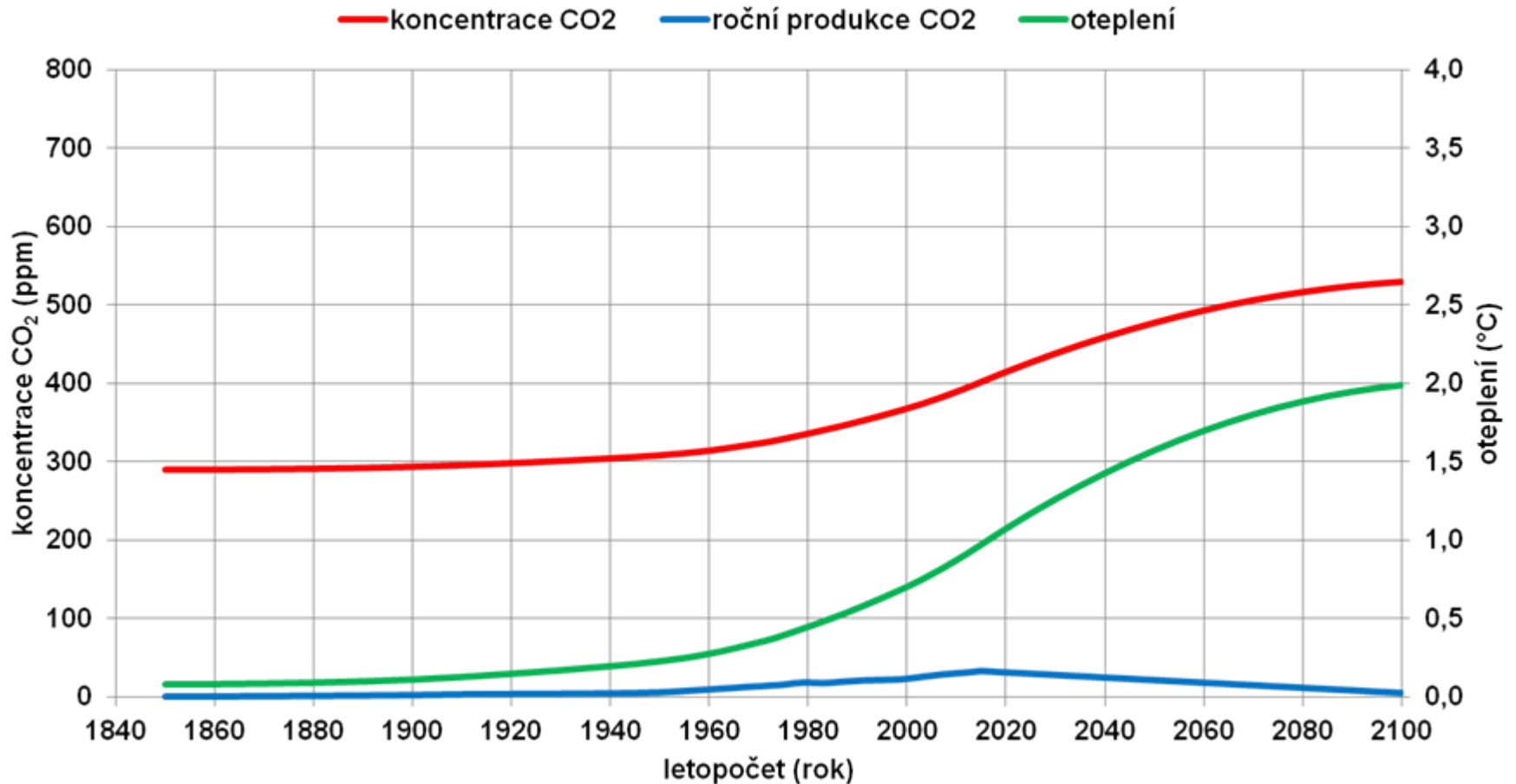
predikce vývoje klimatu (stagnace na hodnotě 32 miliard t CO<sub>2</sub>/rok)

— koncentrace CO<sub>2</sub> — roční produkce CO<sub>2</sub> — oteplení



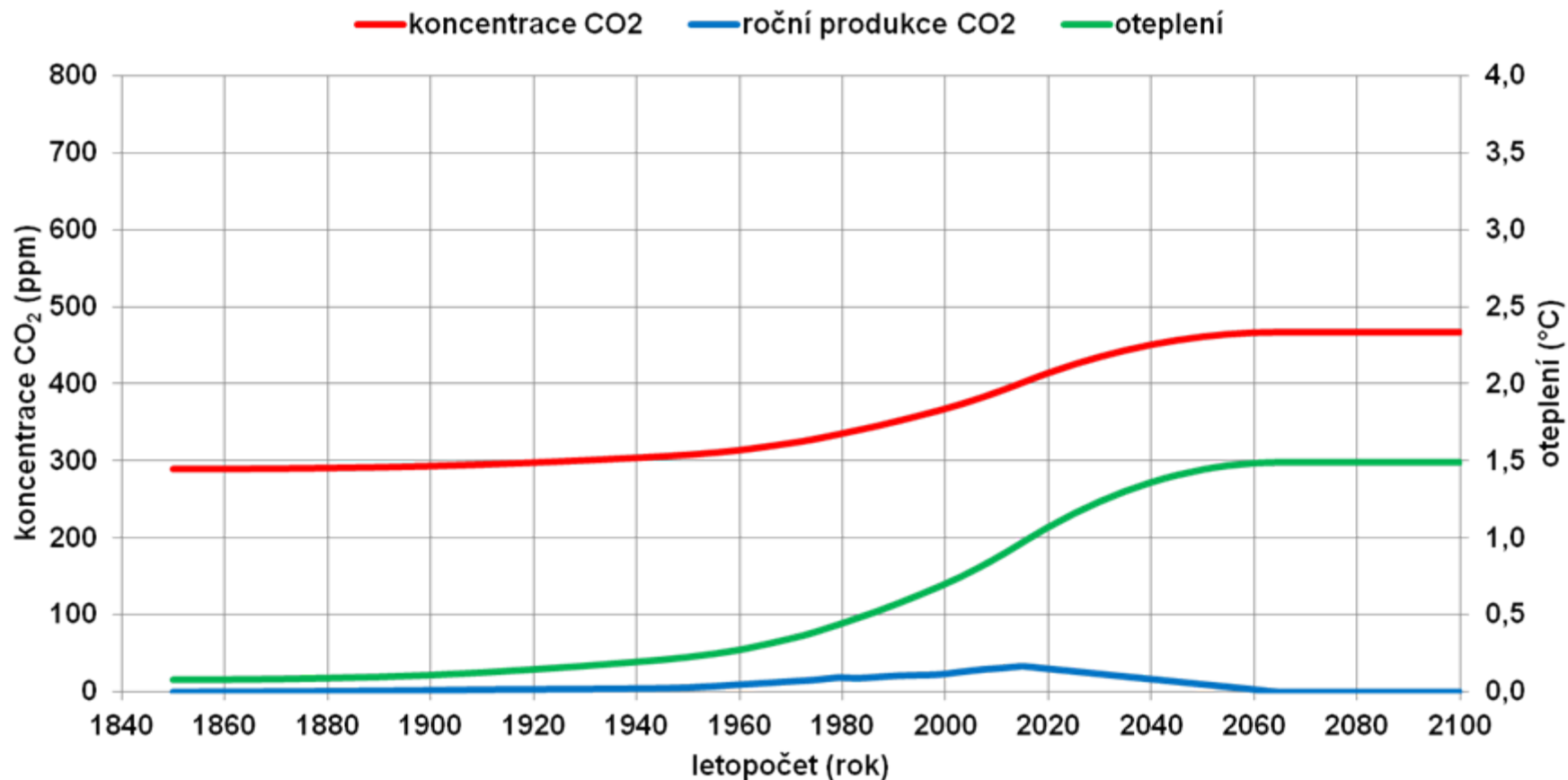
### 3. alternativní scénář dalšího spalování fosilních paliv: pomalý útlum (cílové oteplení k roku 2100: 2,0 °C)

predikce vývoje klimatu (odklon od používání fosilních paliv do roku 2100)



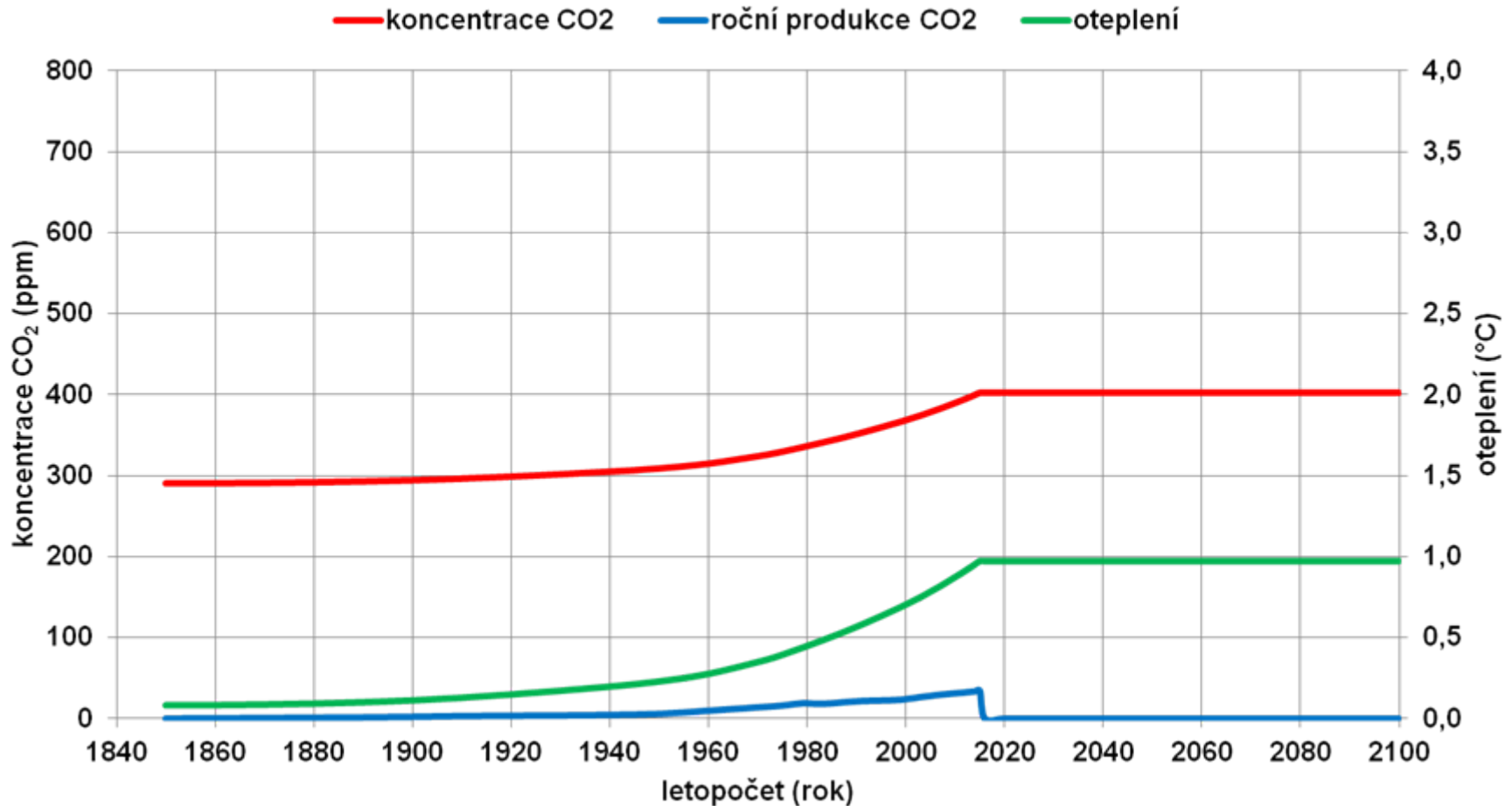
## 4. alternativní scénář dalšího spalování fosilních paliv: rychlejší útlum (cílové oteplení k roku 2060: 1,5 °C)

predikce vývoje klimatu (odklon od používání fosilních paliv do roku 2065)



## 5. alternativní scénář dalšího spalování fosilních paliv: okamžitá nula (dosažené oteplení: 1,0 °C)

predikce vývoje klimatu (okamžitý odklon od spalování fosilních paliv)





## 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 (1,5 až 2 °C).**

**Mají – li být dodrženy dohody z Paříže, nebude možno vyčerpát 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	32 100	4,4
podíl světa	100%	100%	100%
ČR	10,6	117	11,1
podíl ČR	0,14%	0,36%	252%
EU	503	3 700	7,4
podíl EU	7%	12%	167%
Čína	1 300	8 000	6,2
podíl Číny	18%	25%	140%

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

## Shrnutí

**V roce 2015 jsme na zemi vyprodukovali 32 miliard tun CO<sub>2</sub> (to je v průměru 4,6 t na jednoho ze 7,3 miliard obyvatelů Země).**

**ČR je se svými 11,1 t/osobu/rok v této disciplíně silně nad průměrem světa, EU i Činou.**

**Tedy nám při stálé spotřebě používání fosilních paliv na úrovni roku 2015 zbývá posledních:**

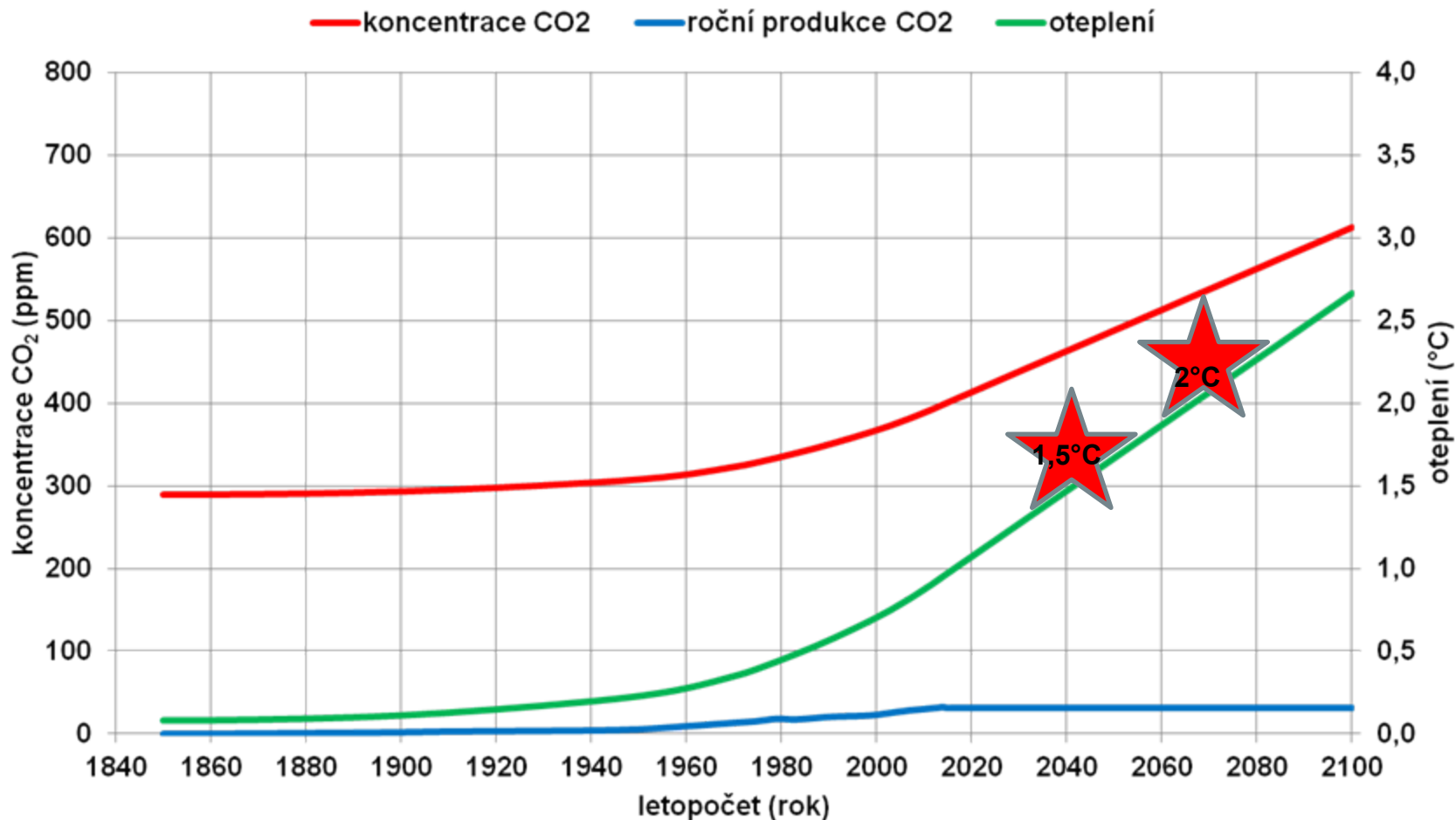
- a) 23 let (do roku 2039) při limitní hodnotě zvýšení teploty o 1,5 °C,**
- b) 47 let (do roku 2061) při limitní hodnotě zvýšení teploty o 2 °C.**

**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 (její současná podoba) je v ohrožení**

predikce vývoje klimatu (stagnace na hodnotě 32 miliard t CO<sub>2</sub>/rok)



## Vývoj osídlení

**Osídlení krajiny bylo po tisíciletí určeno zemědělstvím – lidé žili tam, kde mohli pěstovat rostliny a zvířata. Tedy na vesnicích.**

**Před několika desetiletími nastal zvrat – lidé se stěhují z venkova do měst. Celosvětově již více než 50 %, v mnoha evropských zemích, včetně ČR, již více než 70 % lidí žije ve městech.**

**Opouštění venkova má dvě dimenze:**

**a) kvantitativní – technizace a chemizace zemědělství snížila potřebu pracovních sil v tomto oboru (a tedy na venkově) na několik procent původního počtu,**

**b) kvalitativní – vysokoškolsky vzdělaní lidé opouštějí venkov, neboť tam pro svojí kvalifikaci nenacházejí uplatnění.**

## Polarizace společnosti

**Migrací obyvatelstva z venkova do měst dochází k polarizaci společnosti:**

- **vznikají bohatá, přelidněná, vzdělaná, mladá, zaměstnaná a rozvíjející se města (včetně jim přilehlého venkova),**
- **vzniká chudnoucí, postupně vysídlovaný, méně vzdělaný, stárnoucí, málo zaměstnaný a celkově upadající odlehlý venkov (včetně jemu přilehlých městeček).**

**Tento trend je velmi nezdravý. Nese v sobě potenciál závisti, nenávisti, pohrdání, násilí a nepokojů. Má tendenci se prohlubovat.**

**Nemá však smysl přemýšlet o tom, jak zatratit techniku i vzdělání a vrátit se zpět do minulosti.**

**Naopak je potřebné použít techniku i vzdělání k žití v budoucnosti, abychom opět dokázali žít po celé ploše území státu.**

## 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 periferii.**

**=> 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)

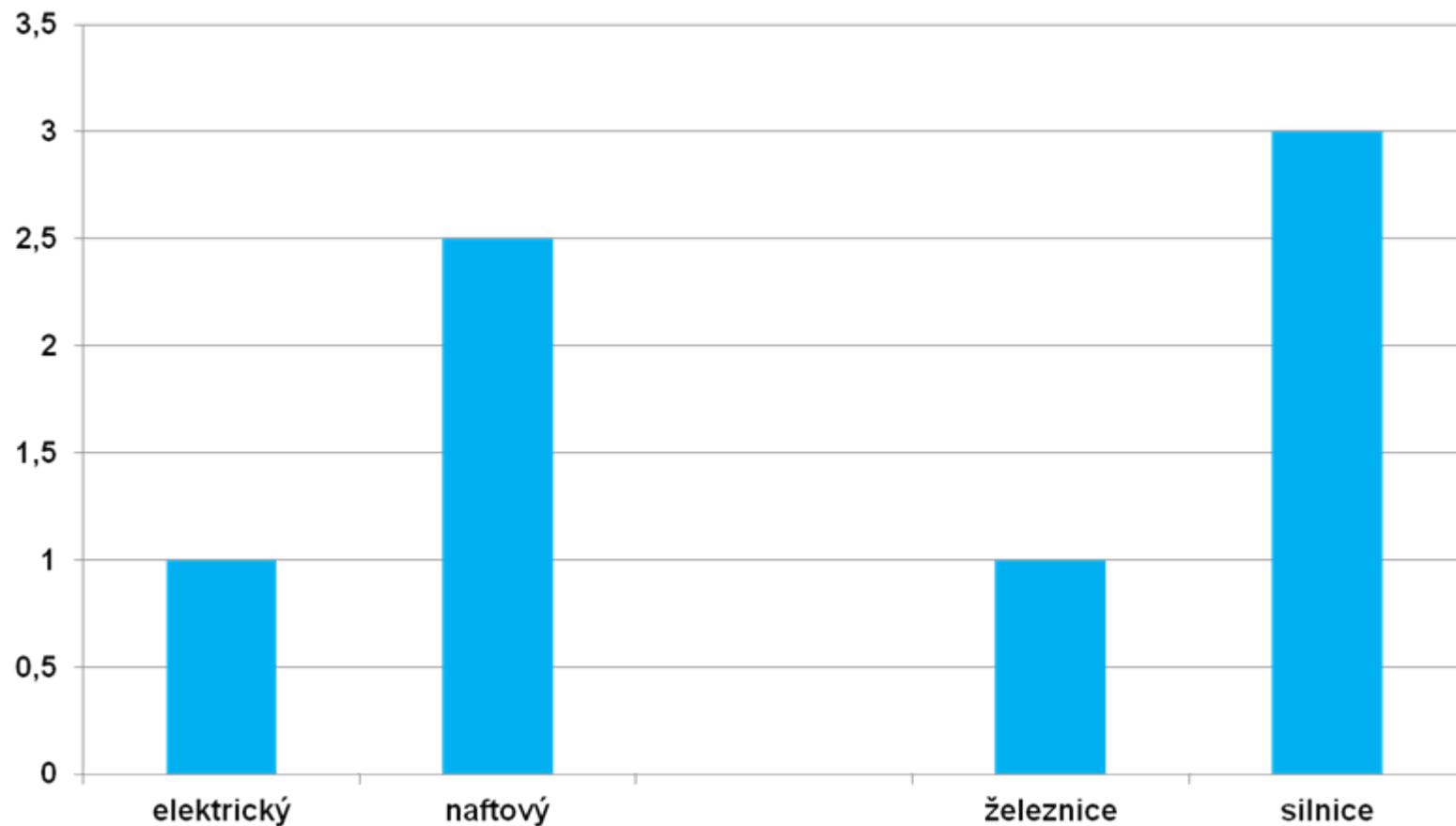
III. účinnost motoru

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

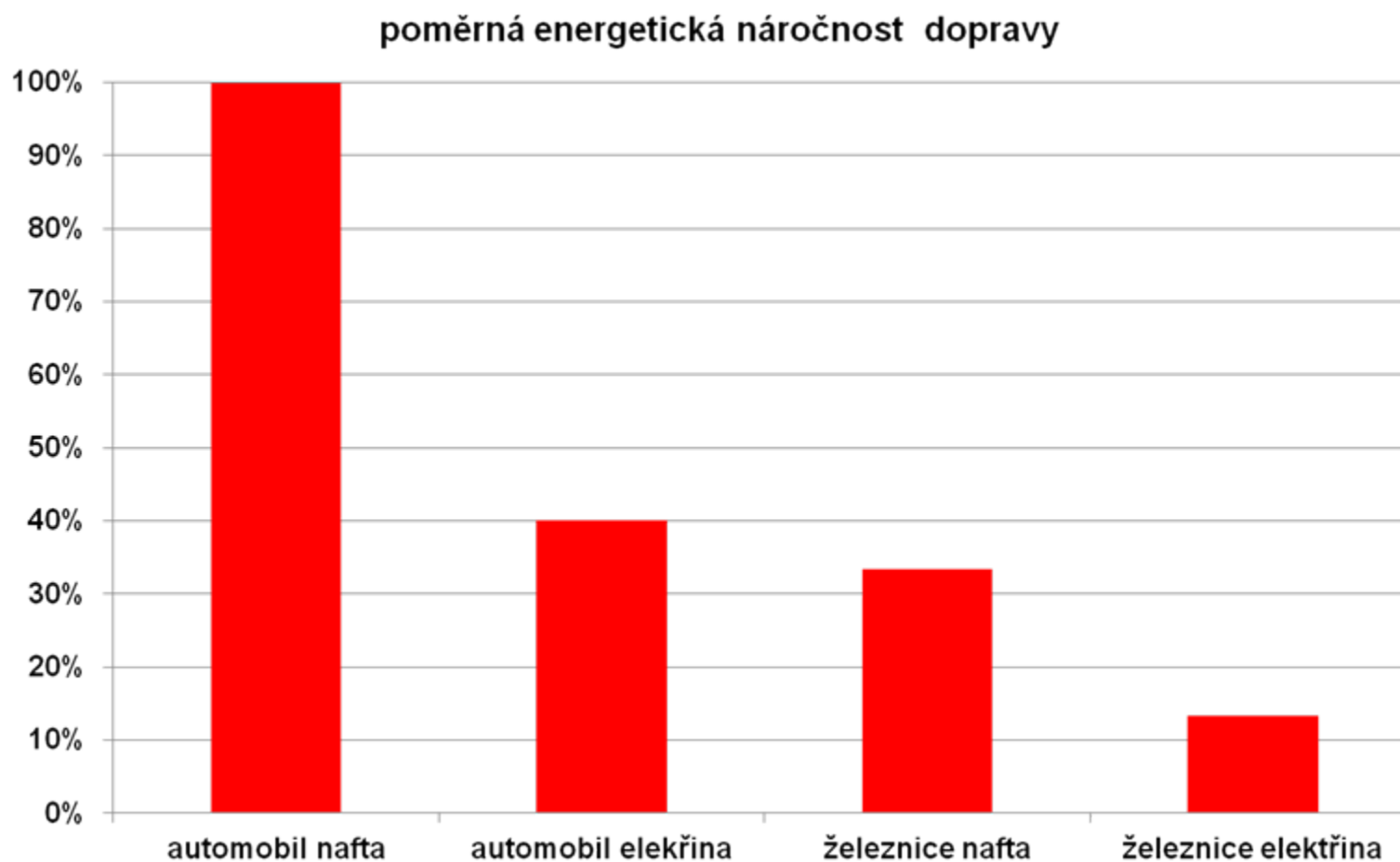
b) elektrický motor: cca 92 % (elektrická energie vyrobitelná i z obnovitelných zdrojů)

## Energetická náročnost mobility

poměrná energetická náročnost dopravy



## Energetická náročnost mobility



## Energetická bilance dopravy v ČR

spotřeba energie (ASEK 2014)					
Česká republika, 2015					
subjekt	stát	obyvatel	obyvatel		
období	rok	rok	den		
	GWh/rok	kWh/rok	kWh/den		
primární spotřeba energie	514 528	48 770	133,6		
konečná spotřeba energie	318 472	30 187	82,7	100%	
spotřeba energie pro dopravu	70 611	6 693	18,3	22%	100%
z toho uhlovodíková paliva	68 222	6 467	17,7		97%
z toho elektřina	2 389	226	0,6		3%

- doprava se v ČR podílí 22 % na konečné spotřebě energie,
- energie pro dopravu je v ČR z 97 % závislá na ropě a jejích náhražkách,
- elektřina tvoří jen 3 % energie pro dopravu, avšak dokáže zajistit 16 % přepravních výkonů osobní dopravy a 20 % přepravních výkonů nákladní dopravy.

## Struktura zdrojů energie pro dopravu v ČR

Podíl uhlovodíkových paliv na energiích pro dopravu činí 97 % (17,7 kWh/obyv./den),  
Podíl elektřiny na energiích po dopravu je jen 3 % (0,6 kWh/obyv./den).



I takto malý (3 %) podíl elektrické energie však v ČR zajišťuje:

- 16 % přepravních výkonů osobní dopravy,
- 20 % přepravních výkonů nákladní dopravy.

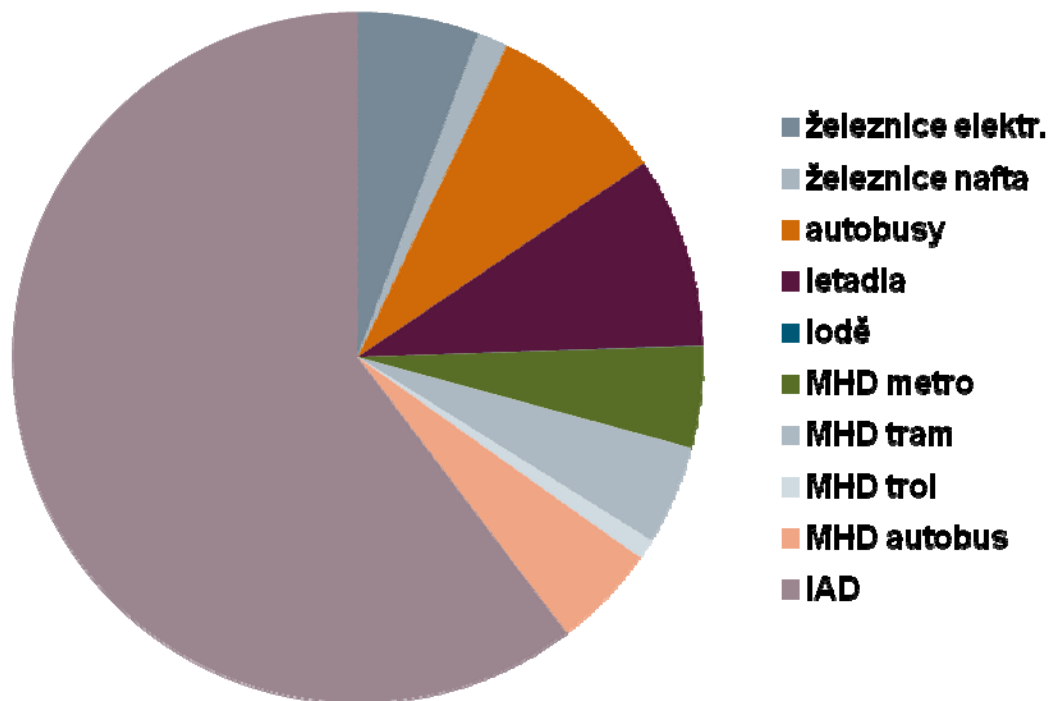
=> to dokládá vysokou efektivitu elektrické vozby, zejména kolejové.

# Podíl elektrické vozby na přepravních výkonech osobní dopravy

## Struktura výkonů osobní přepravy (ČR, 2013)

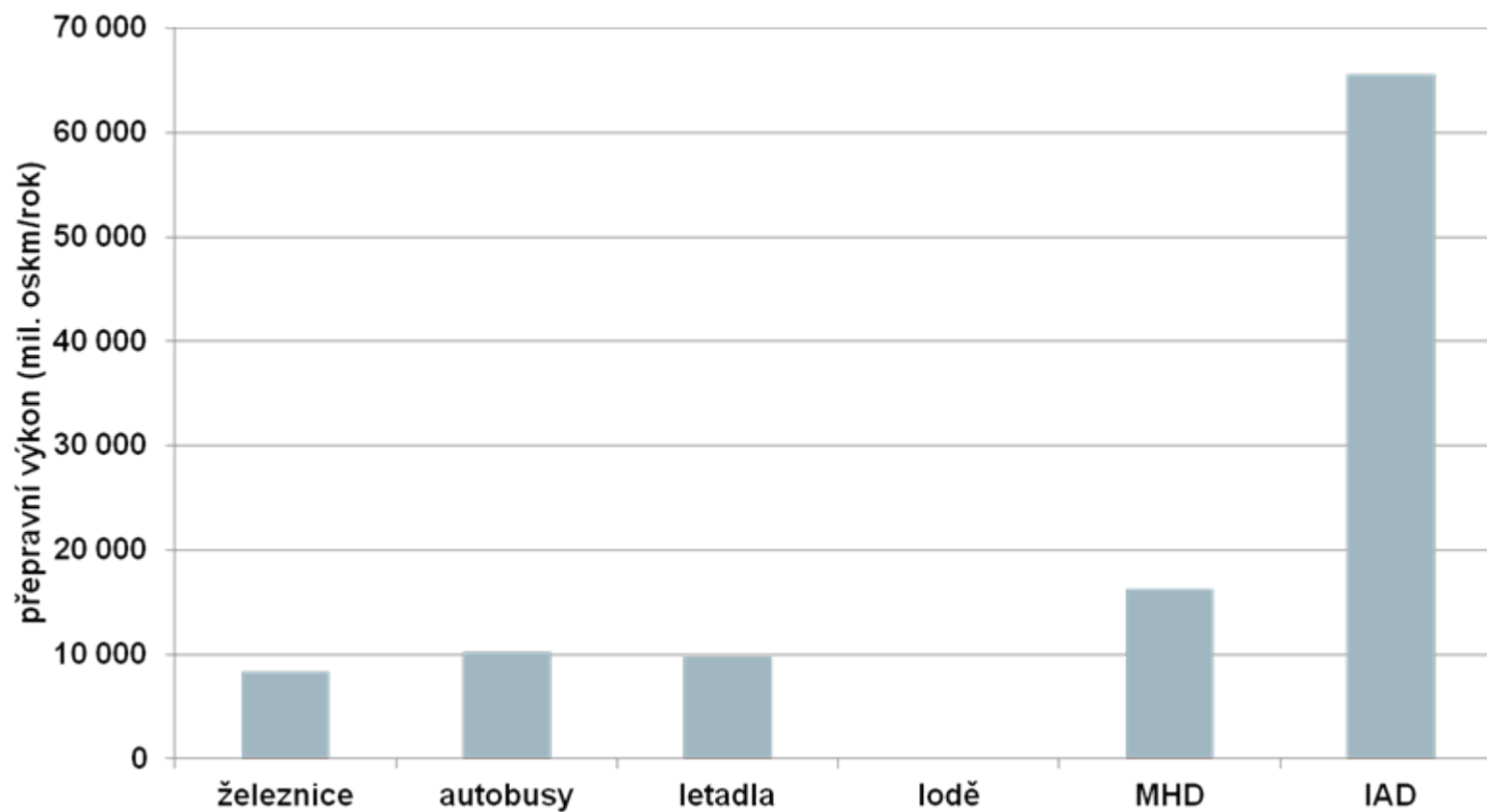
přepravní výkony (mil. os. km/rok)

železnice elektr.	6 080	5,7%
železnice nafta	1 520	1,4%
autobusy	9 026	8,4%
letadla	9 604	9,0%
lodě	16	0,0%
MHD metro	5 100	4,8%
MHD tram	5 000	4,7%
MHD trol	1 000	0,9%
MHD autobus	5 200	4,9%
IAD	64 650	60,3%
celkem	107 196	100,0%
z toho el. trakce	17 180	16,0%



## Energetická náročnost mobility

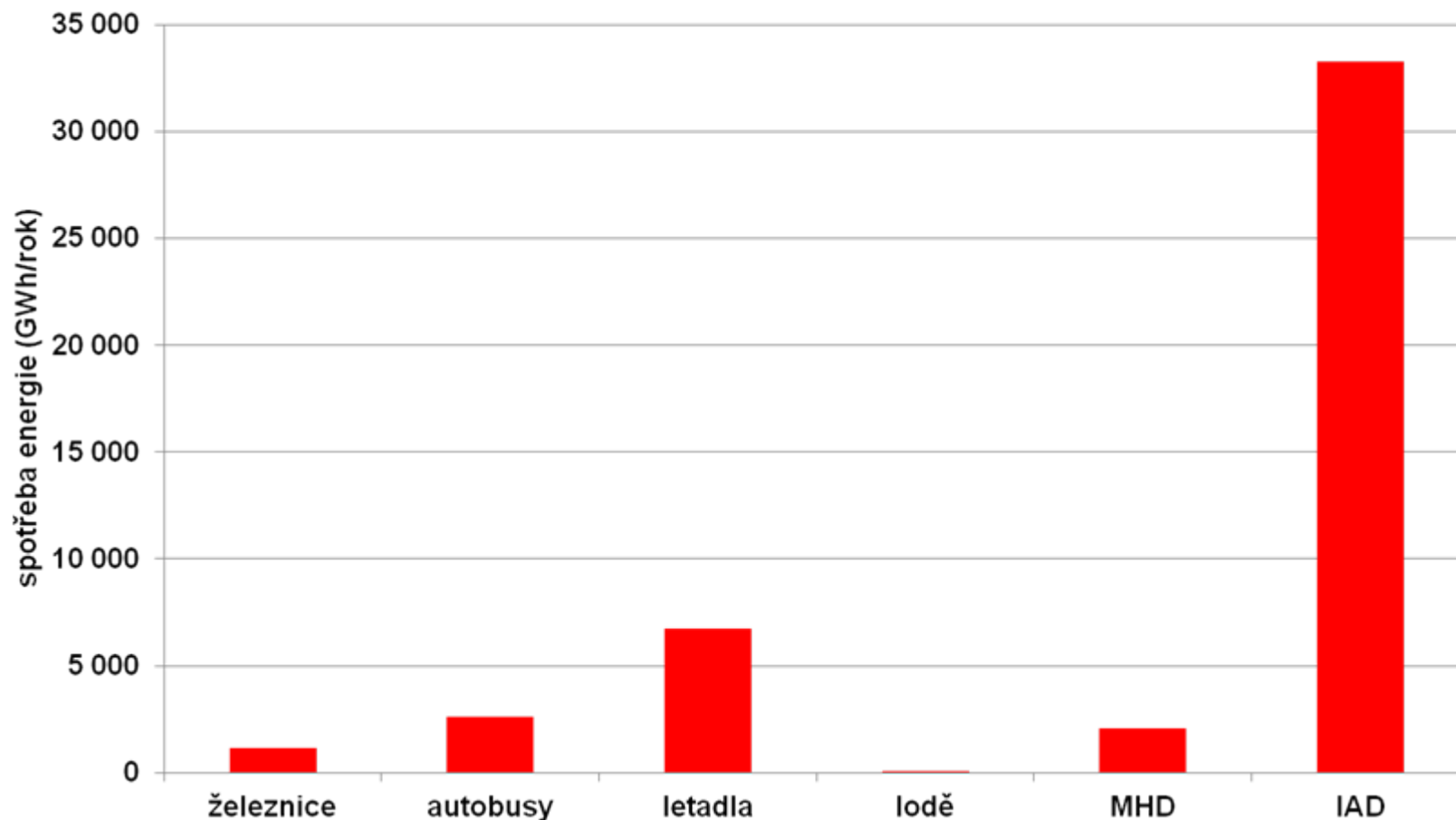
přepravní výkony osobní dopravy v ČR





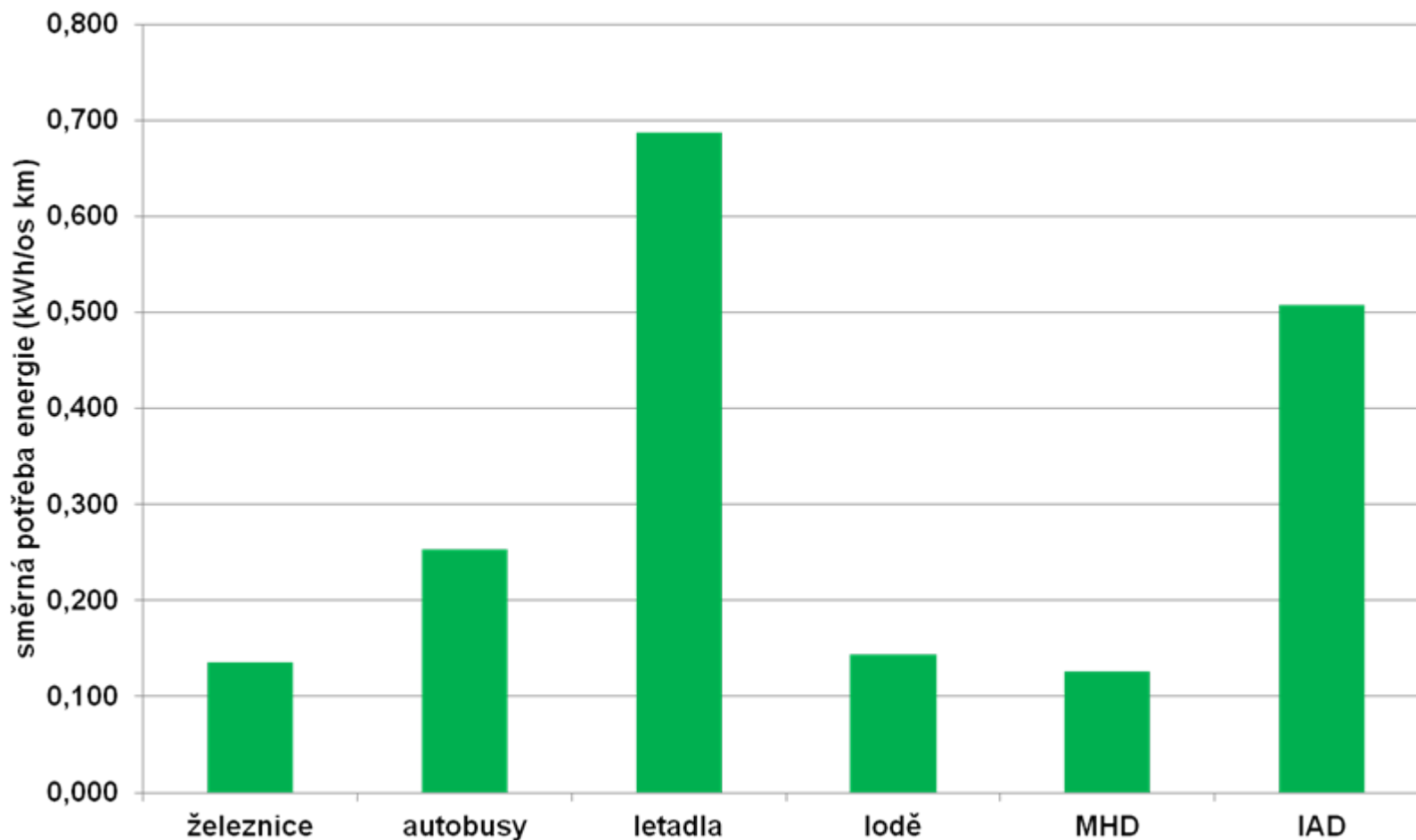
## Energetická náročnost mobility

spotřeba energie osobní dopravy v ČR



## Energetická náročnost mobility

měrná energetická náročnost osobní dopravy v ČR



**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:**

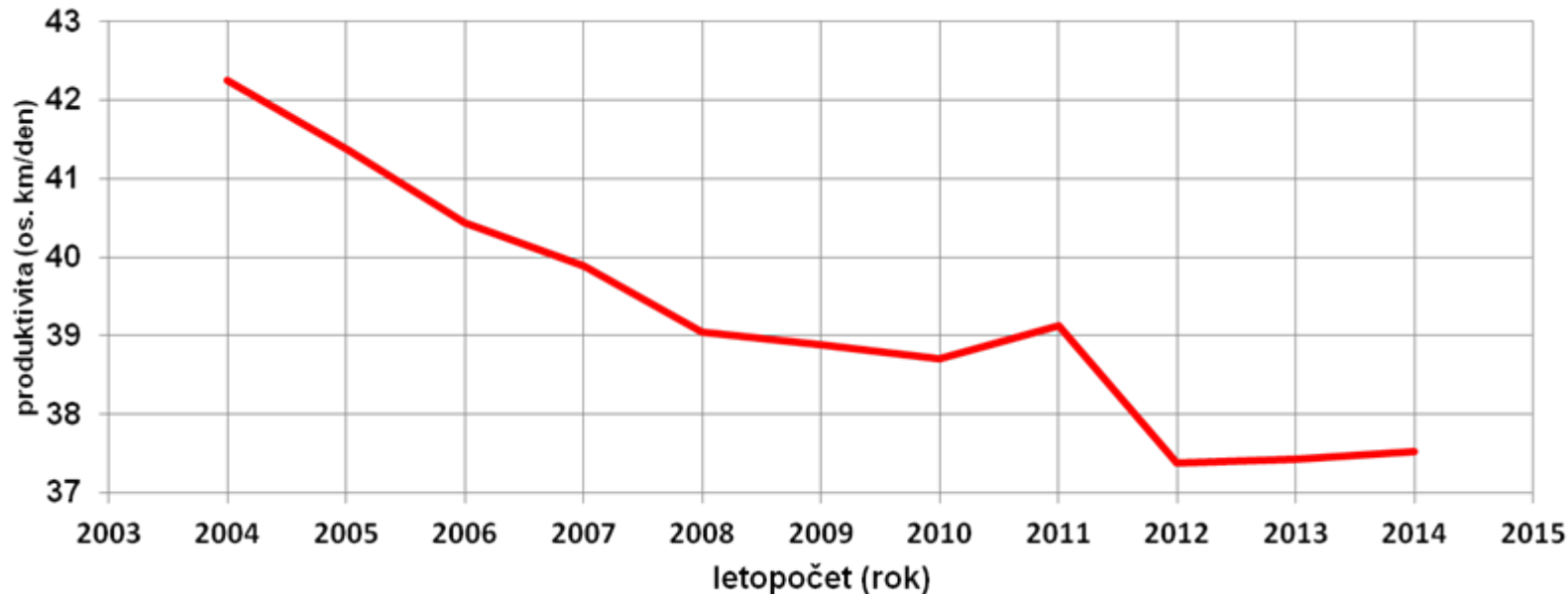
- investičně a provozně drahá,
- časově náročná,
- energeticky náročná, nepříznivá vůči přírodě a životnímu prostředí.

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

# Kontinuální pokles produktivity osobních automobilů registrovaných v ČR (MD ČR: Ročenka dopravy 2014)

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**

## Individuální elektromobilita

Současný stav techniky (lithiové akumulátory, elektronicky řízené střídavé trakční pohony, ...) přiblížily realitě elektromobil. Jeho širšímu uplatnění však brání dvě skutečnosti:

- dojezd cenově dostupných elektromobilů kolem 100 až 150 km stačí na běžný denní provoz, nikoliv na občasné služební či víkendové jízdy. Není nakupován jako náhrada obyčejného automobilu, ale jako další vůz do rodiny (nevýhoda: investice na víc, parkování, ...),

- elektromobil si zachovává základní nevýhody individuální automobilové dopravy, kterými jsou vysoká energetická náročnost a velmi nízké časové využití investice.

Průměrný automobil je v ČR využíván jen 2 % času (0,5 hodiny denně), 23,5 hodiny je nevyužit a překáží (zabírá plochu k parkování).

=> individuální elektromobilita je vítaným doplňkem mobility (v místech, kde se pro slabost přepravní poptávky nevyplatí zřizovat veřejnou hromadnou dopravu), nemůže však být jejím základem.

## Veřejná hromadná elektromobilita

a) Typický elektromobil (vlastněný řízený řidičem amatérem), používaný k dojíždění do zaměstnání (jeden cestující, ujetá dráha 2 x 10 km/den)

Denní přepravní výkon:

$$P = N \cdot L = 1 \cdot 20 = 20 \text{ os. km/den}$$

b) Typický městský elektrobus, používaný k ve veřejné hromadné dopravě (40 cestujících, ujetá dráha 200 km/den)

Denní přepravní výkon:

$$P = N \cdot L = 40 \cdot 200 = 8\,000 \text{ os. km/den}$$

c) Typický elektrický vlak, používaný k ve veřejné hromadné dopravě (300 cestujících, ujetá dráha 800 km/den)

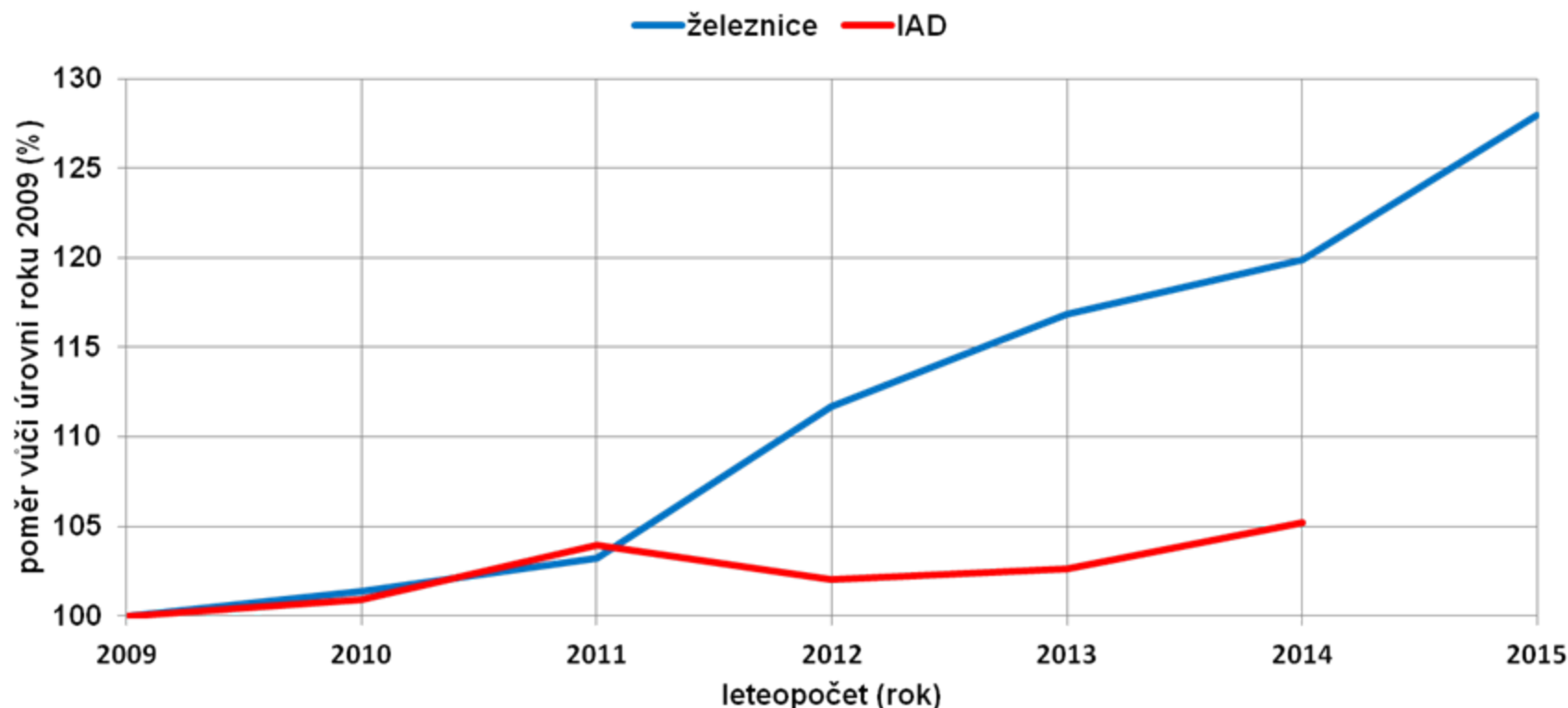
Denní přepravní výkon:

$$P = N \cdot L = 300 \cdot 800 = 240\,000 \text{ os. km/den}$$

=> Náhrada spalovacího motoru elektrickým pohonem ve veřejné hromadné dopravě mnohonásobně vyšší přínos pro úspory energie a životního prostředí, než náhrada individuálního automobilu elektromobilem.

## Odezva cestujících na zkvalitnění železnice

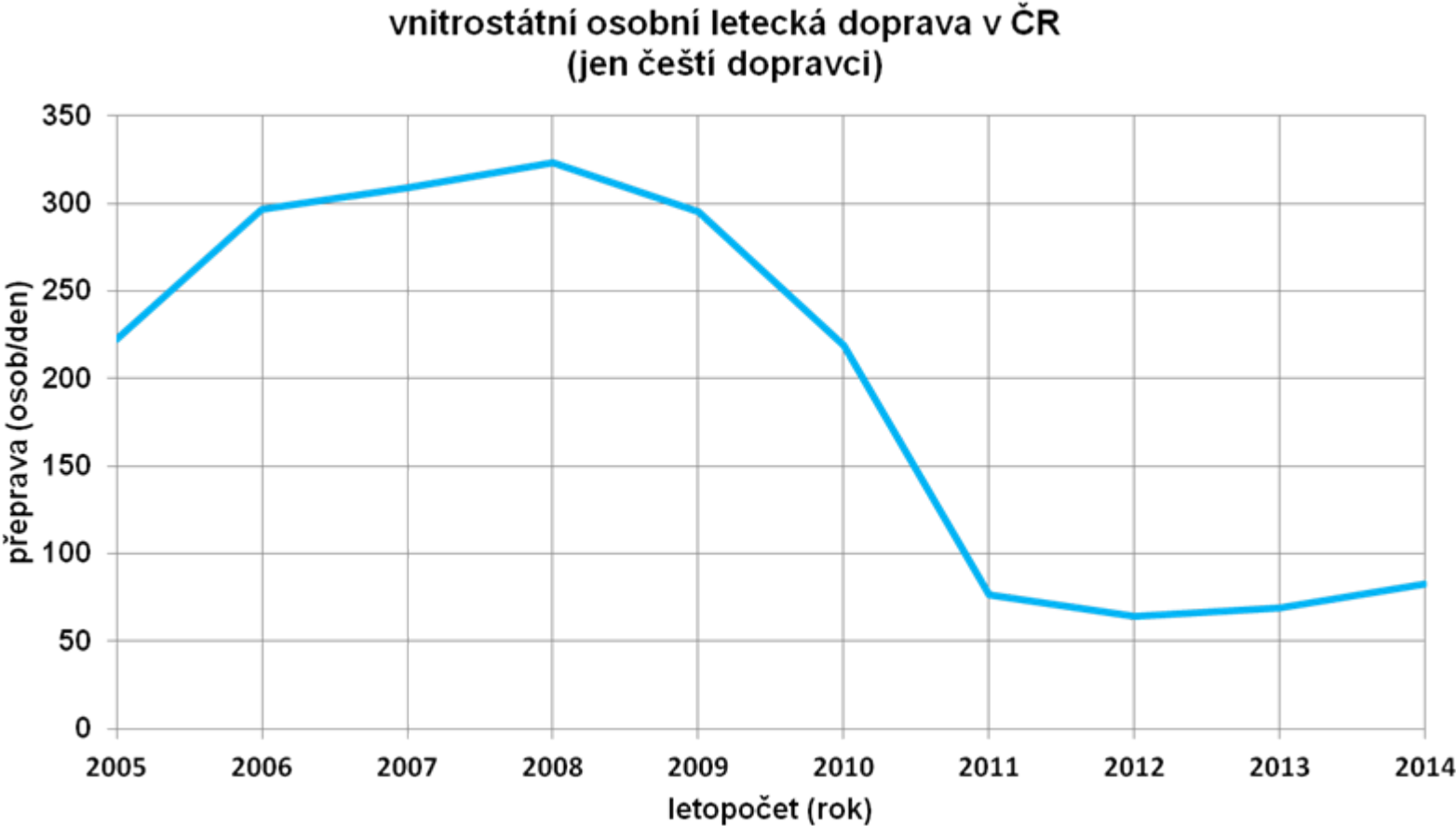
ČR: vývoj přepravních výkonů osobní dopravy (os km) vůči roku 2009



**Cestující reagují na zvýšení kvality přepravní nabídky ze strany železnice (vyšší rychlost a pohodlí) pozitivně – preferují veřejnou hromadnou dopravu.**

# Příklad flexibility cestujících

## Pokles vnitrostátních letů po zavedení SC linky Praha - Ostrava

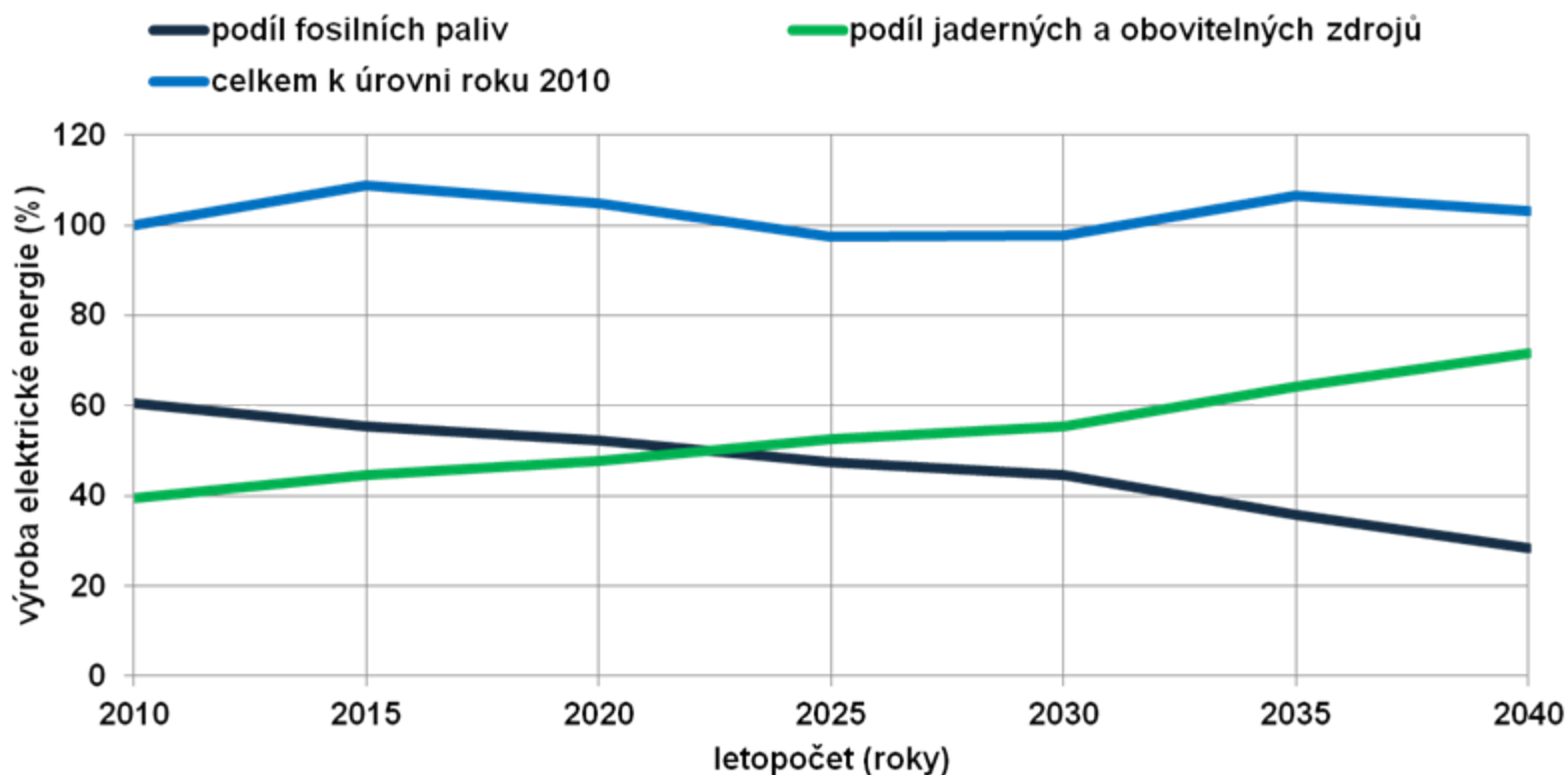


**V odezvě na zkrácení doby cesty a zaručenou úroveň cestovního pohodlí přešli cestující z letecké dopravy na železnici.**



# Usnesení vlády ČR č. 362/2015 Státní energetická koncepce ČR

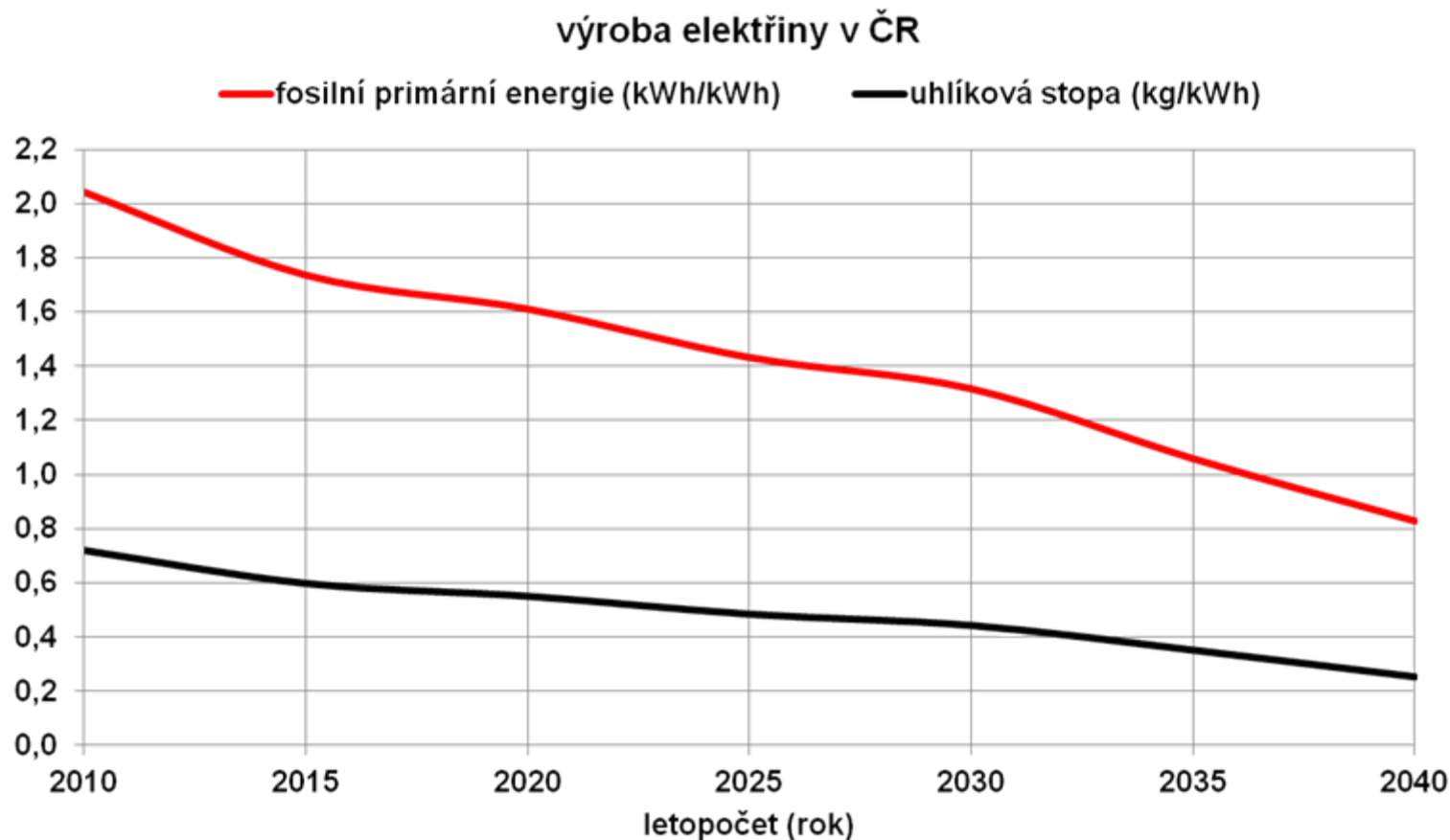
## Výroba elektrické energie v ČR



**Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR předepisuje snížit do roku 2040 podíl fosilních paliv na výrobě elektrické energie ze 61 % na 28 %.**

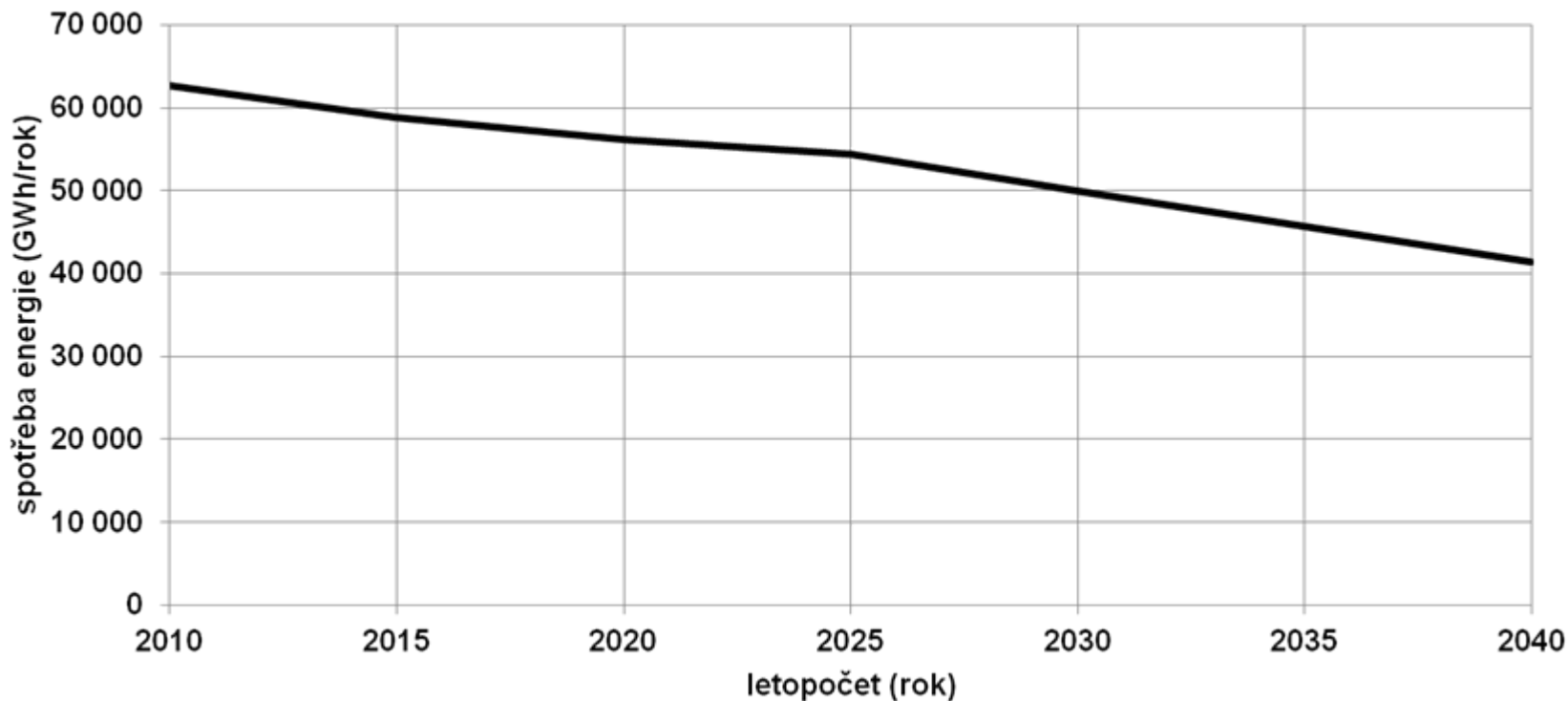
**Tím dojde ke snížení uhlíkové stopy při výrobě elektrické energie pod polovinu.**

# Usnesení vlády ČR č. 362/2015 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.**

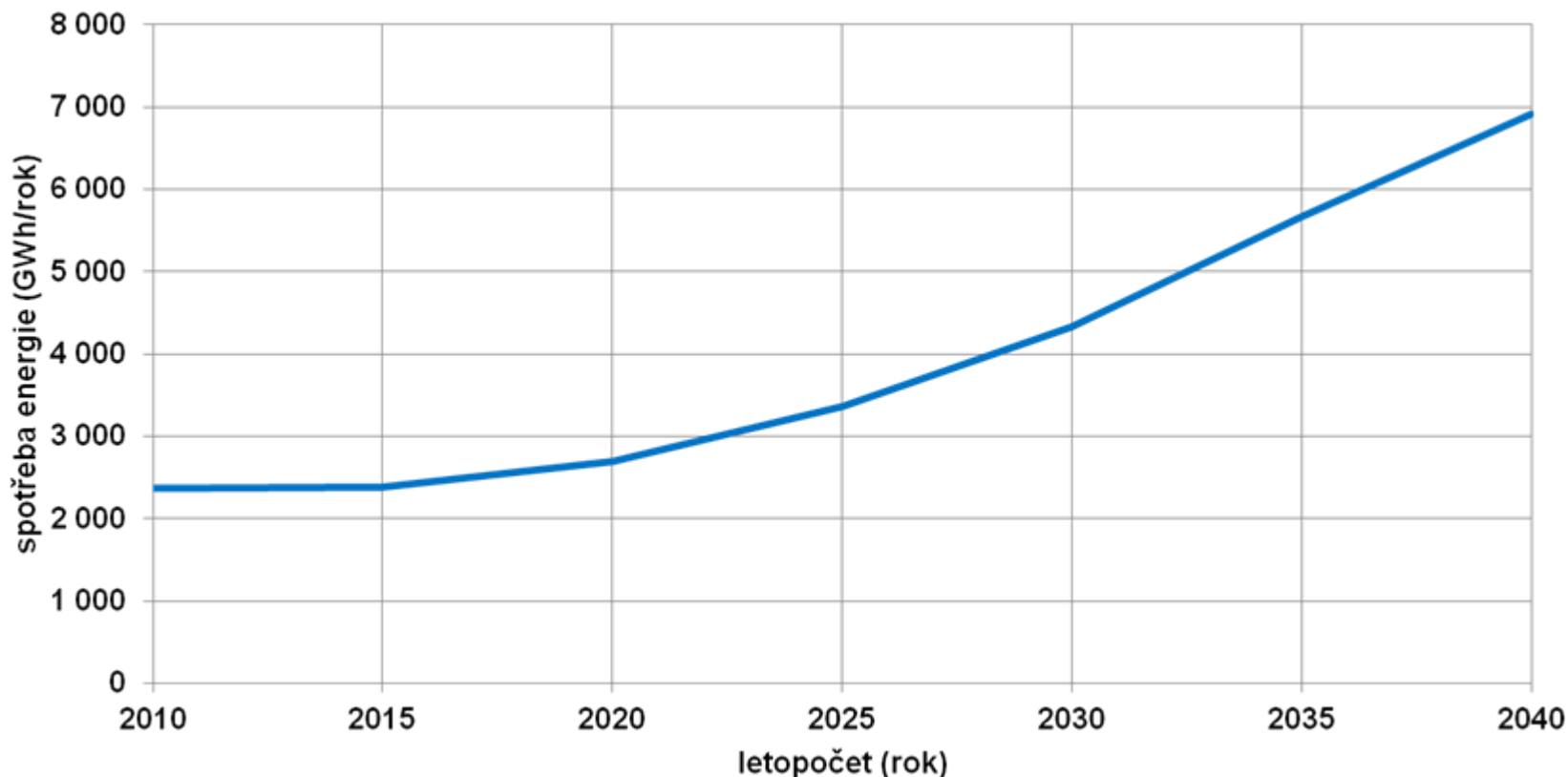
**Roční spotřeba ropných produktů v dopravě v ČR**



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

# Usnesení vlády ČR č. 362/2015 Státní energetická koncepce ČR

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**

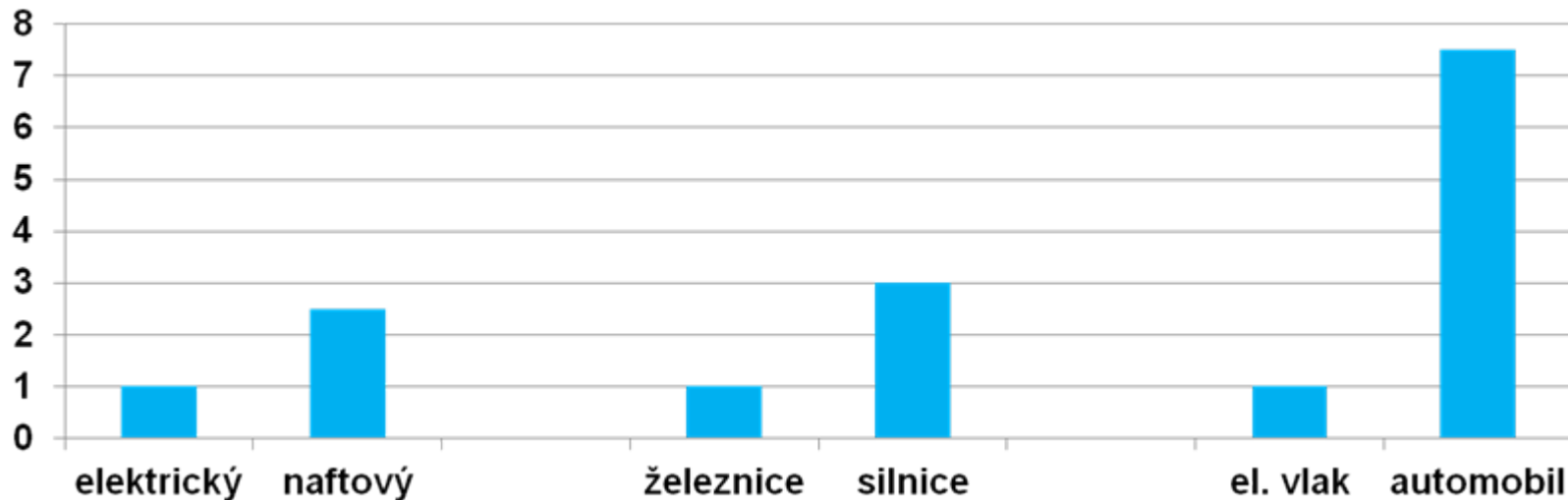
# Železnice: nástroj ke snížení energetické náročnosti dopravy

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



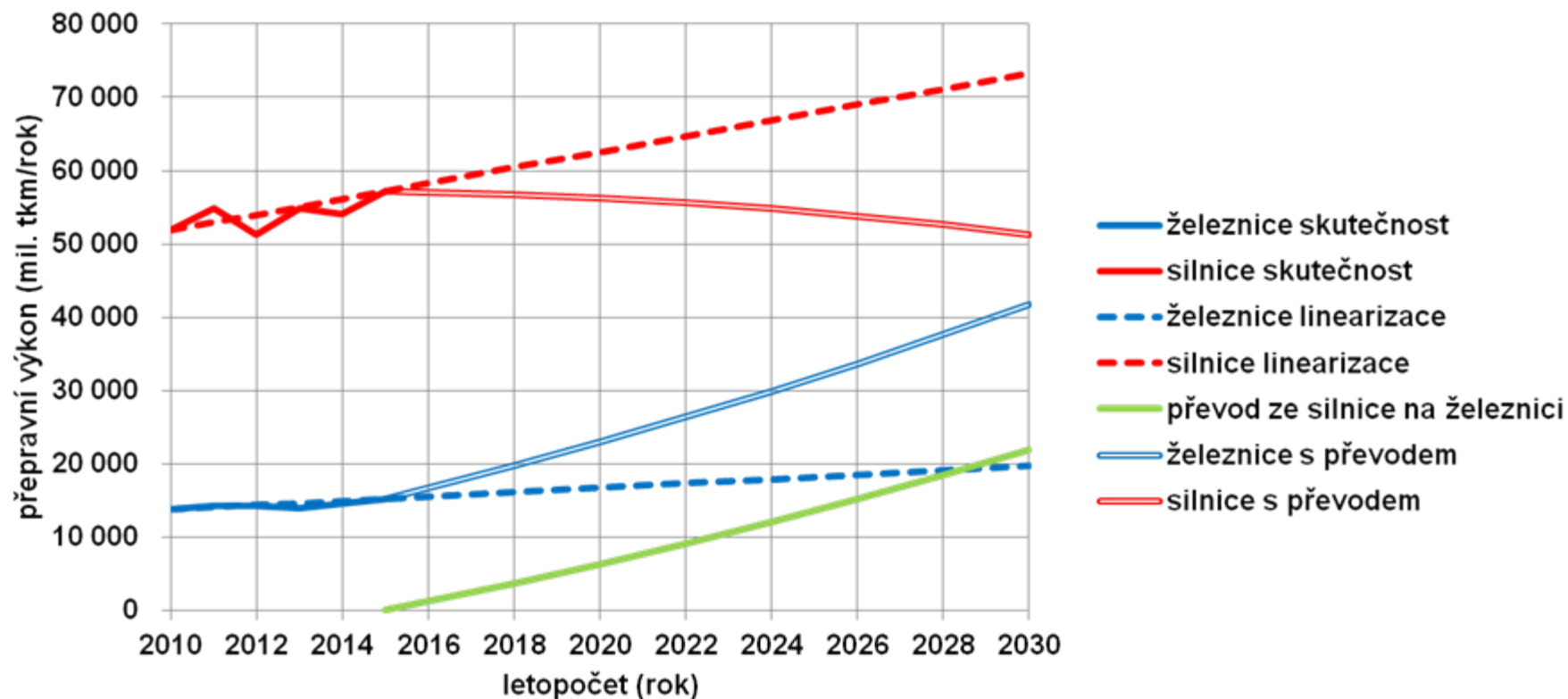
**=>cíl SEK naradit ročně 9 TWh ropných paliv 1,9 T Wh elektřiny je splnitelný**

## Rozvoj elektrizace železnic – Národní program snižování emisí ČR

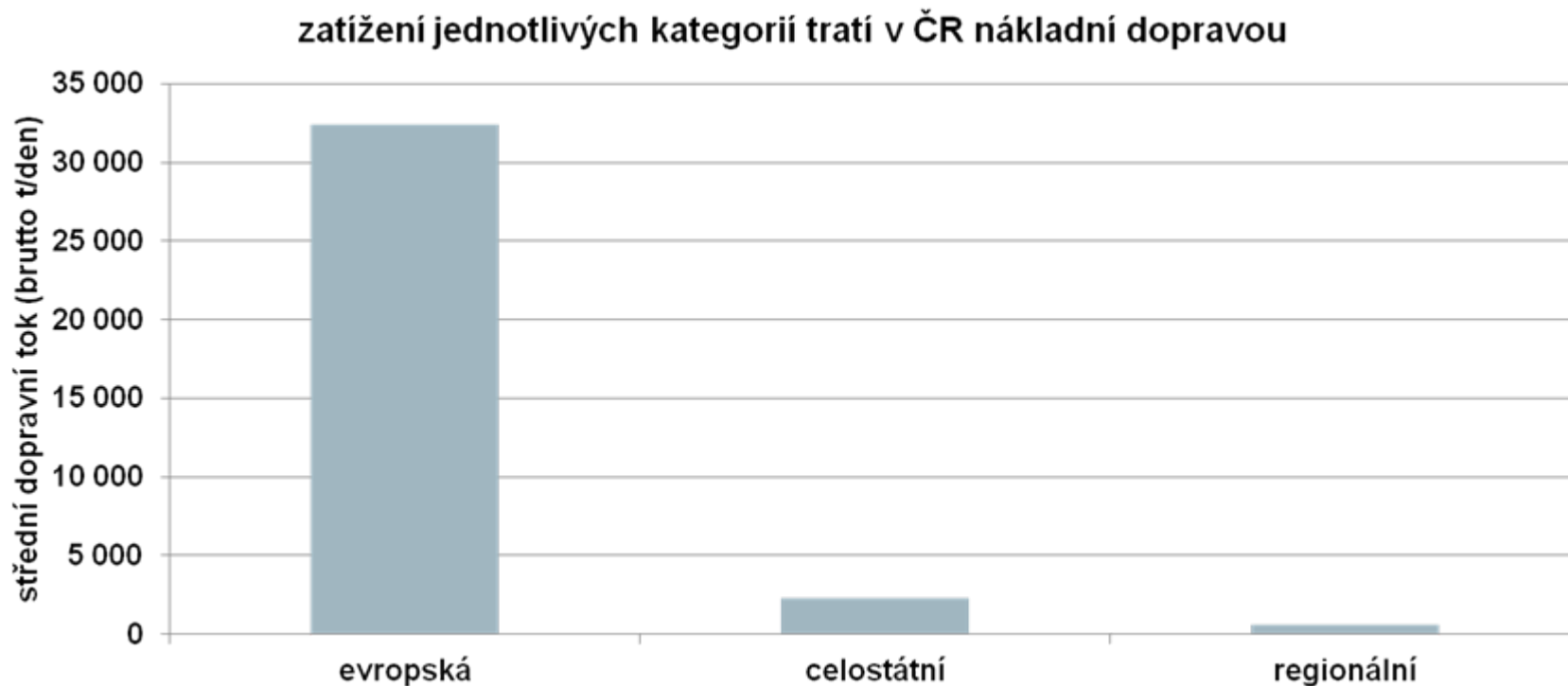
Podle usnesení vlády ČR č. 978 /2015 má být v ČR do roku 2030 převést minimálně 30 % nákladní dopravy ze silnic na železnice.

To bude znamenat zvýšení přepravních výkonů železniční nákladní dopravy na cca 270 % úrovně roku 2015.

rozvoj nákladní dopravy podle Usnesení vlády ČR č. 978/2015



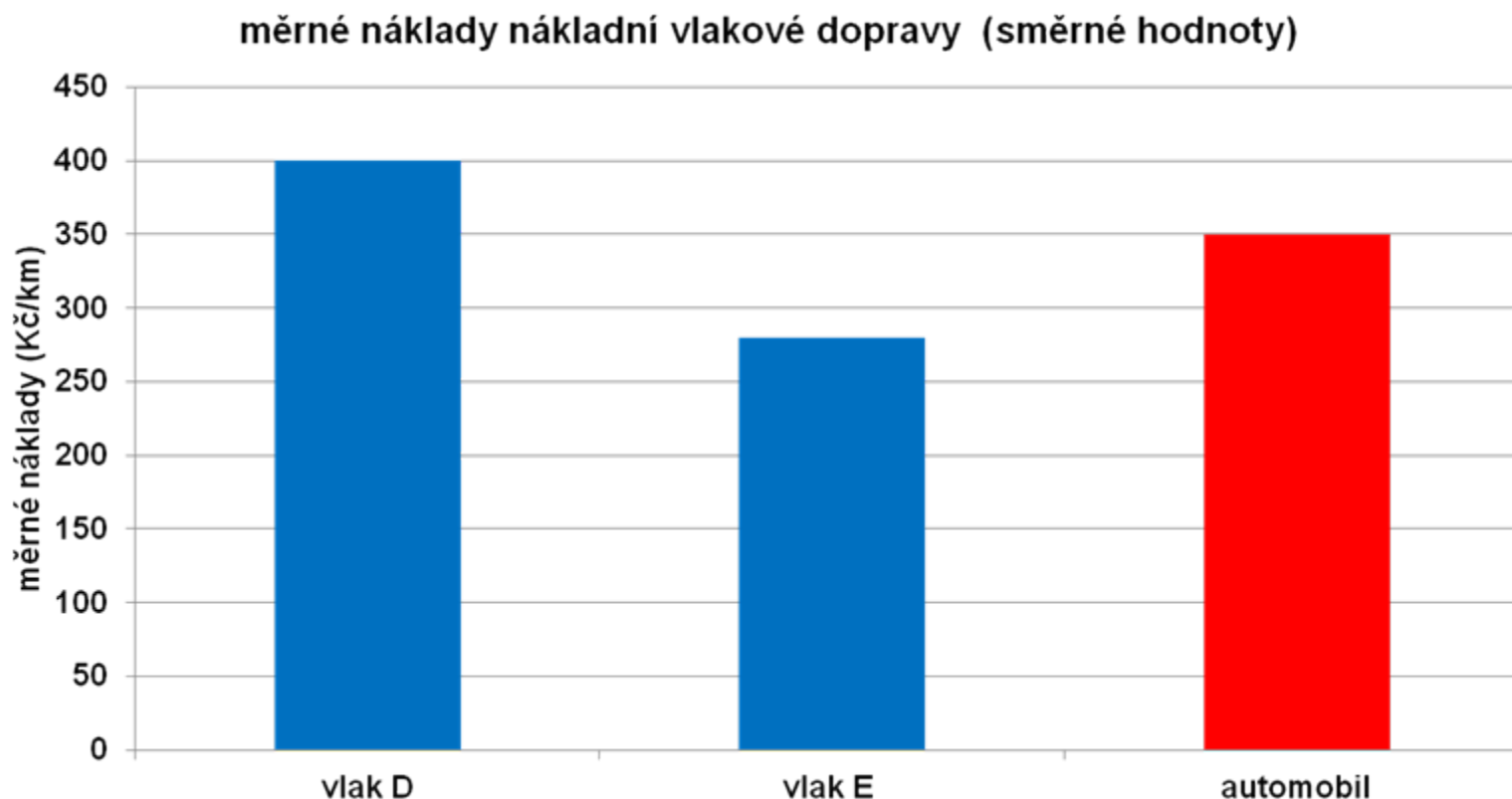
## Struktura zatížení železnic v ČR nákladní dopravou



### Dvě základní úlohy:

- zvýšit zatížitelnost koridorových tratí,
- vytvořit podmínky pro provoz nákladních vlaků i na ostatní části sítě

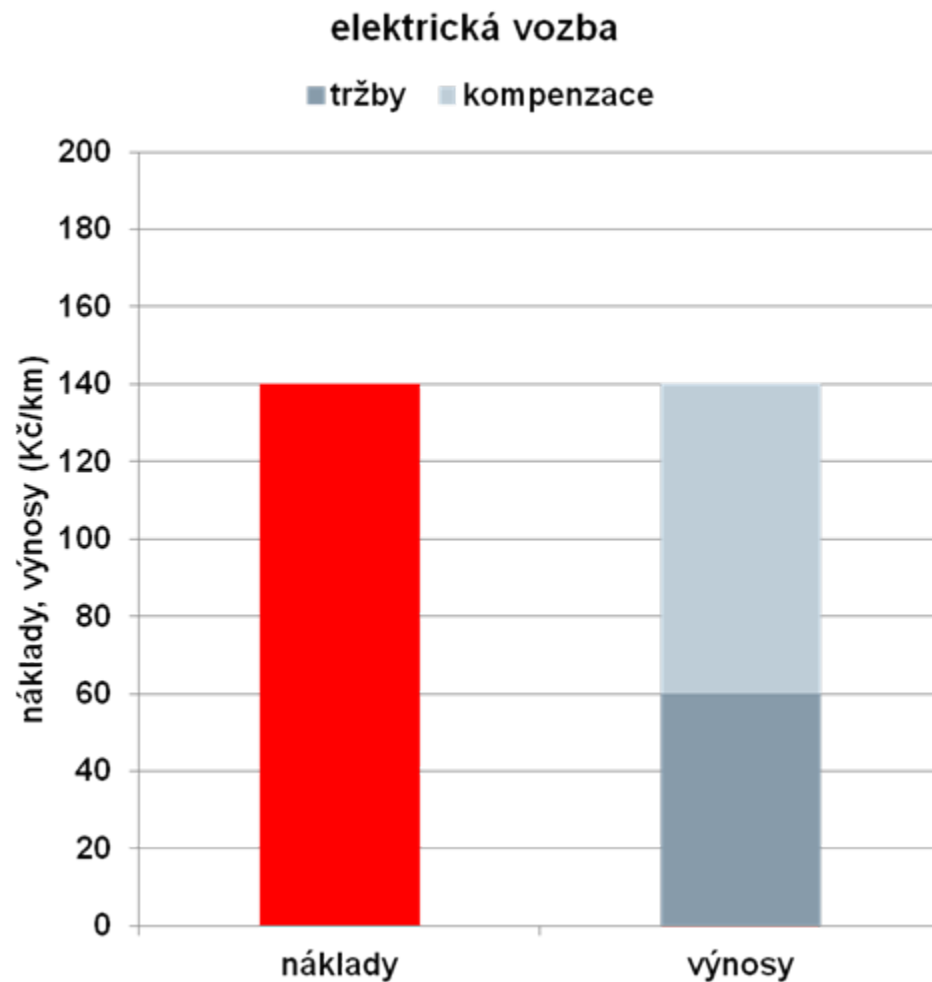
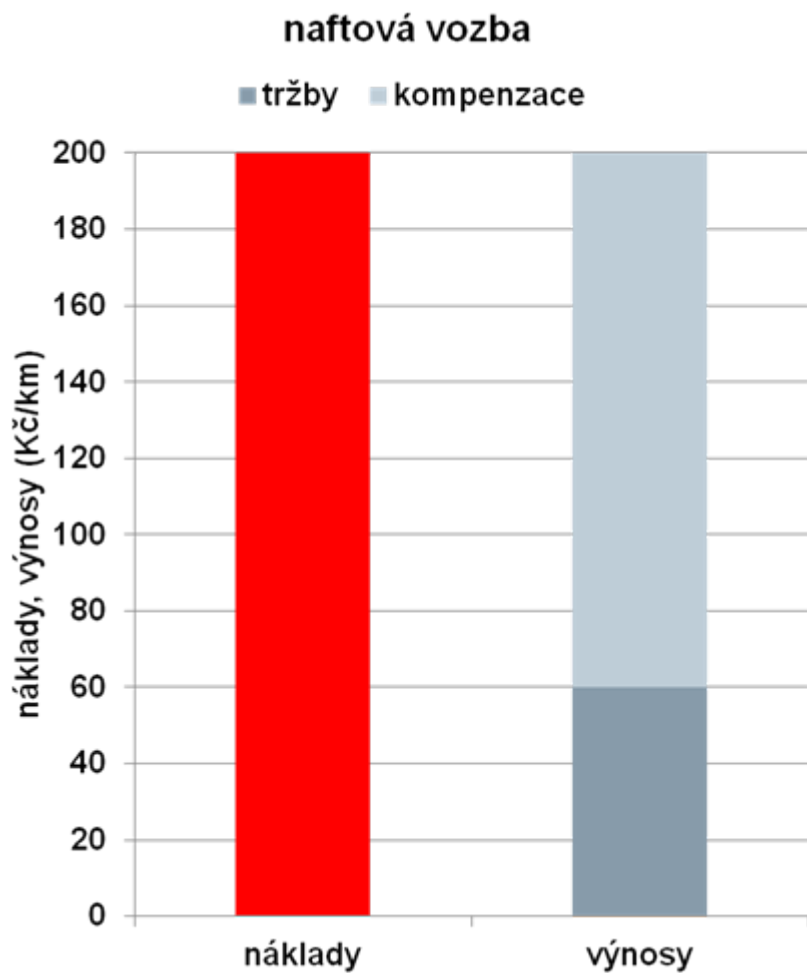
## Vliv elektrického provozu na ekonomiku nákladní dopravy



**Elektrický provoz je nutnou podmínkou konkurenceschopnosti železnice silniční nákladní dopravě**



# Příznivý vliv elektrizace na výdaje objednatele veřejné osobní dopravy



## 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)

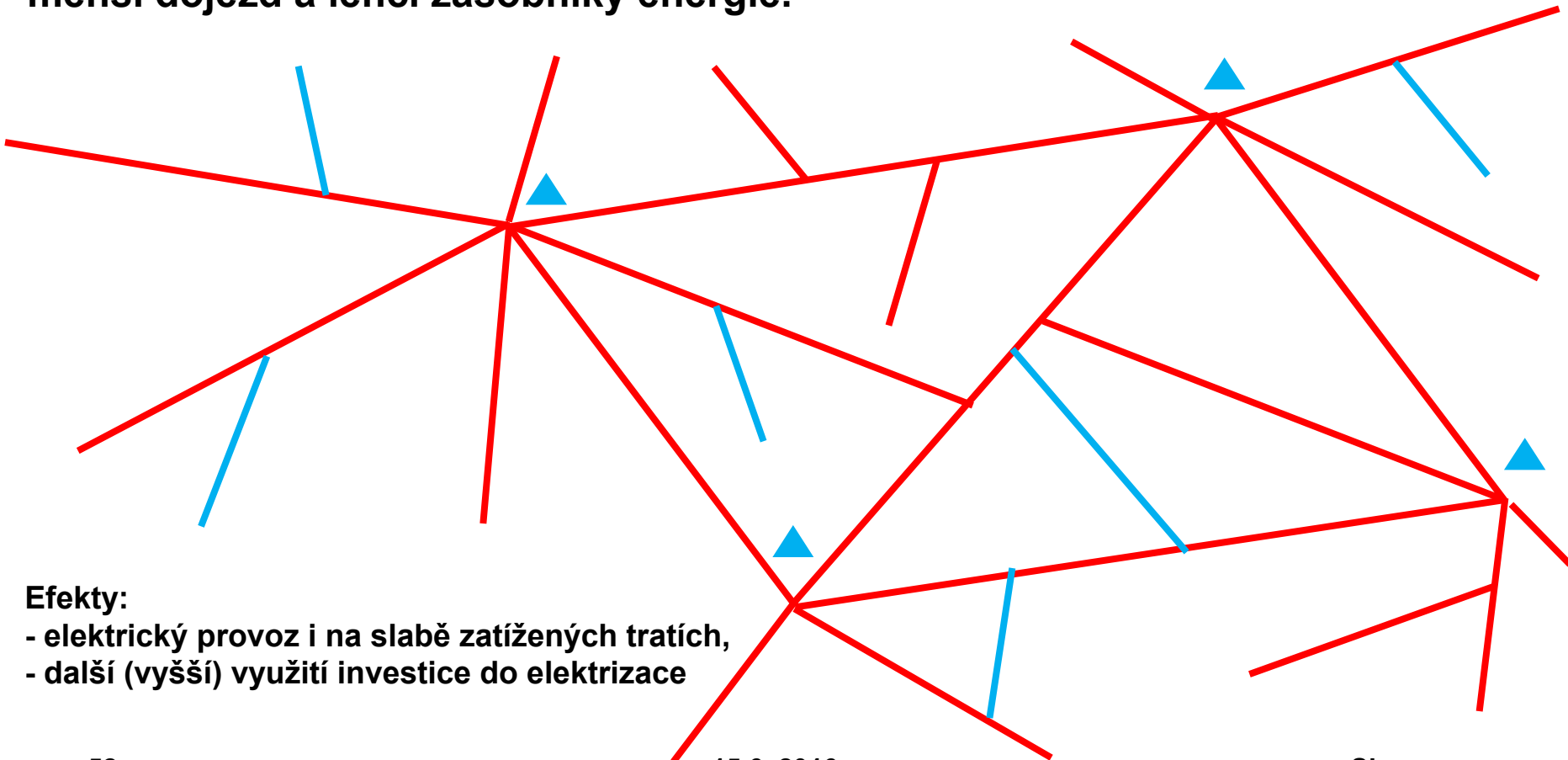
- moderní zásobník energie s vysokou měrnou energií (100 kWh/t),
- moderní zásobník energie s vysokým měrným výkonem (150 kW/t),
- moderní zásobník energie schopný rychlého nabíjení (2 hodiny),
- snížení spotřeby energie rekuperací brzdové energie,
- nabíjení z trakčního vedení přes sběrač (v klidu i 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. Čím je síť elektrifikovaných tratí hustší, tím stačí akumulátorovým vozidlům menší dojezd a lehčí zásobníky energie.**



### Efekty:

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

**Děkuji Vám za Vaši pozornost!**