

# **Doprava a energetika minulost, současnost, budoucnost**

## **1. část**

**Jiří Pohl**

**Praha  
22.2.2017**

## Kolejová doprava je hodnotný a trvanlivý systém

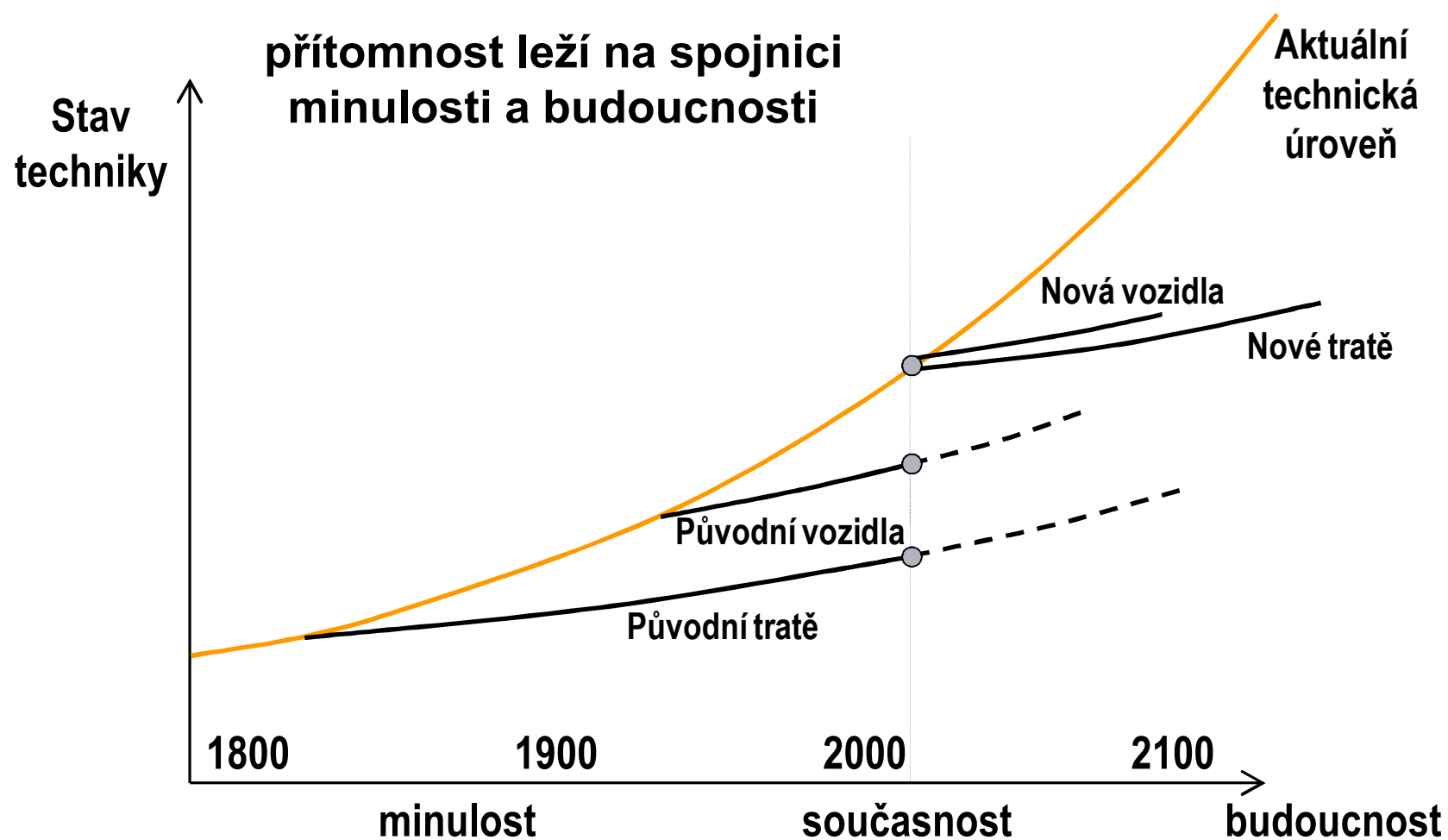
	Cena [mil.]	Životnost
Kolejové vozidlo	50 - 1 000	30 - 40 let
Trat' (1 km)	100 - 1 000 (3 000 – metro)	100 - 200 let

**Obecná forma Newtonova zákona:**

**„Těleso zůstává v klidu, ...“**

**=> jen velké a rozumně vynaložené investice dokáží přizpůsobit kolejovou dopravu vyvíjejícím se potřebám společnosti**

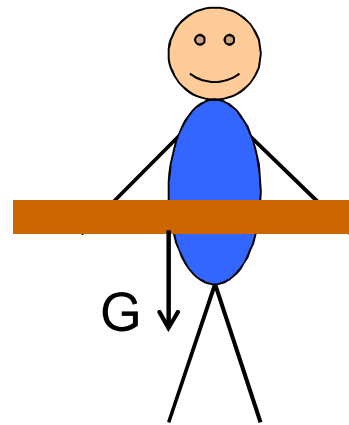
# Kontinuita vývoje kolejové dopravy



## **Setrvačnost systému kolejové dopravy:**

- ★ současné aktivity téměř nemají vliv na současný provoz**
  - ★ současný provoz je výsledkem staletí trvajících aktivit v oblasti tratí a desítky let trvajících aktivit v oblasti vozidel**
  - ★ současné aktivity budou mnoho dalších let ovlivňovat provoz**
- => vše co činíme, musíme provádět velmi solidně a přitom moderně, neboť to má být mnoho let využíváno**

**Člověk zpočátku břemena přenášel sám**



**Na jeho tělo působila celá tíha břemene**

$$\mathbf{G = m \cdot g}$$

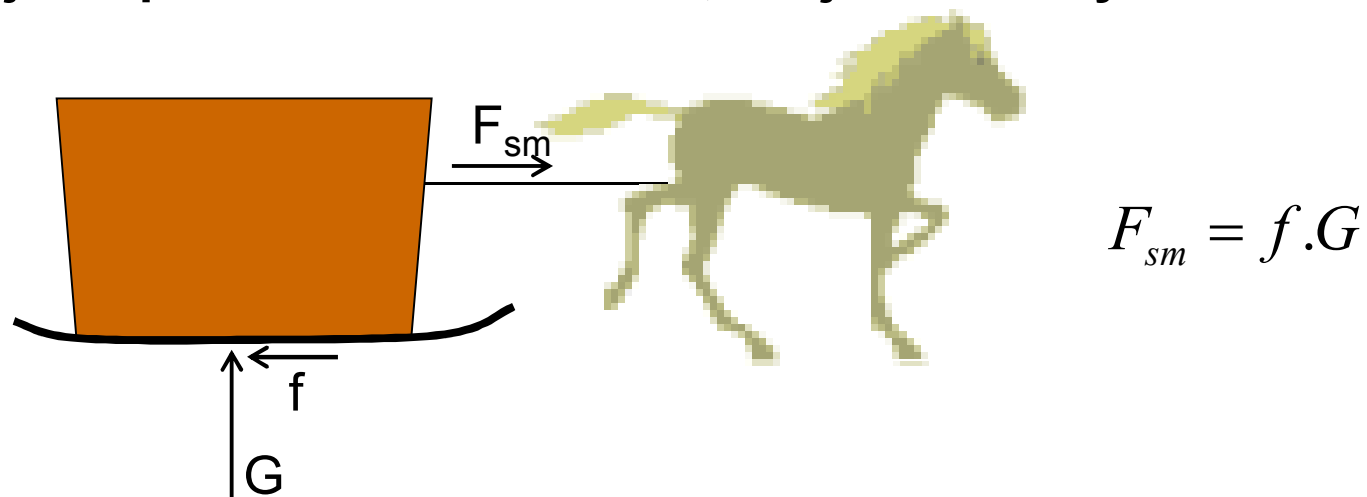
**Později si člověk k přenášení břemen ochočil zvířata**



**I zvířata však nesou plnou tíhu nákladu**

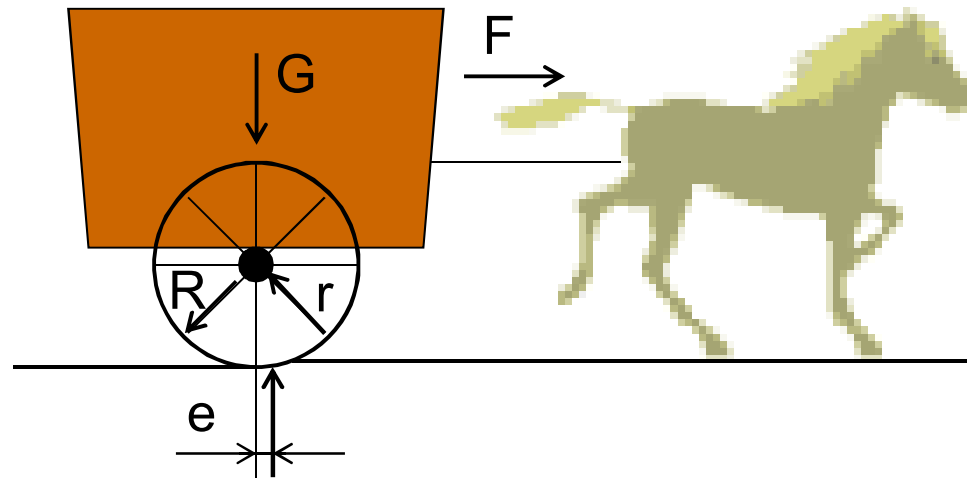
## Těžká břemena se člověk naučil smýkat

Na zvířata již nepůsobila tíha břemene, ale jen síla smykového tření



Po sněhu, blátě či písku ( $f \approx 0,1$ ) to jakž-takž šlo  
Po pevné zemi ( $f \approx 0,5$ ) však nikoliv

## Velkým přínosem byl objev kola Smykové tření bylo nahrazeno třením valivým a čepovým

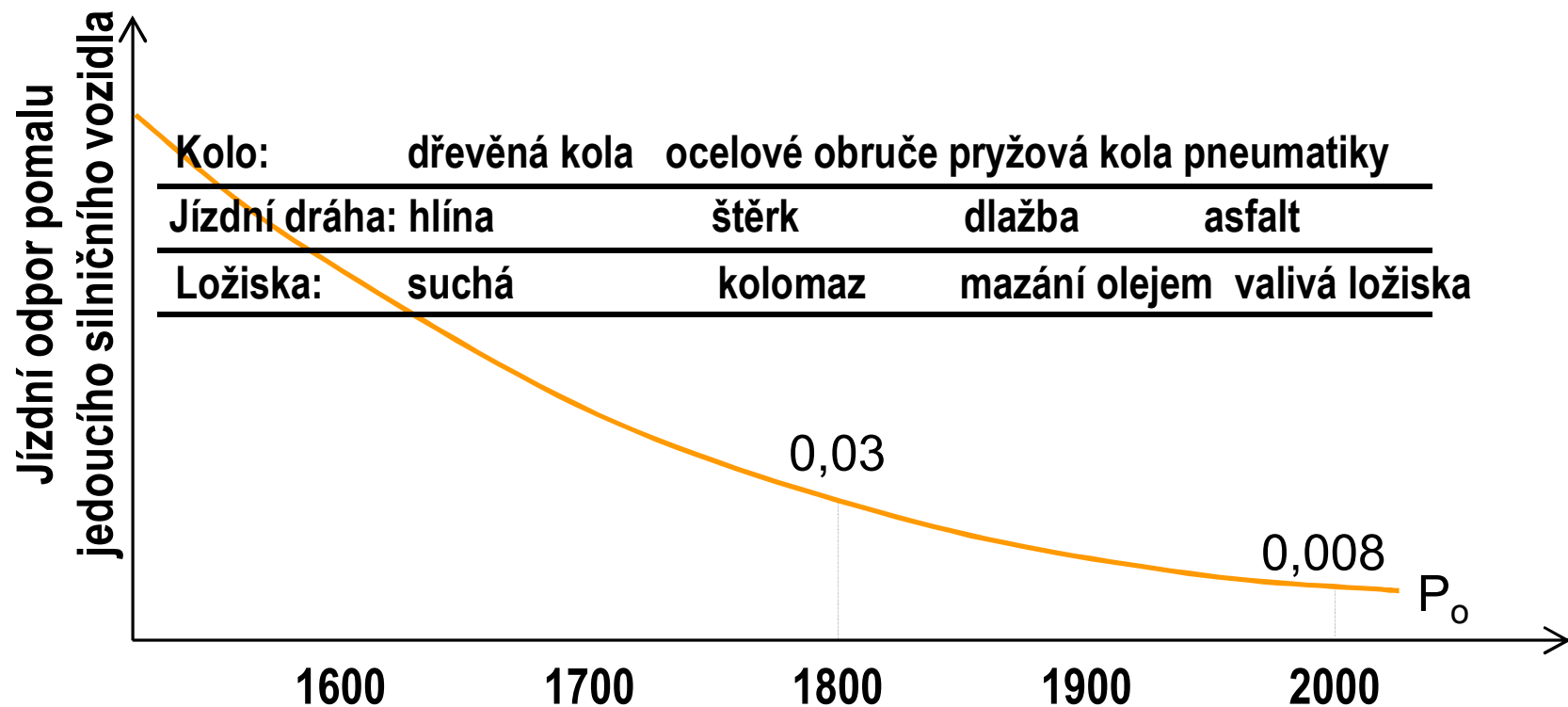


$$F_{v\check{c}} = F_v + F_{\check{c}} = G \cdot \frac{e}{R} + G \cdot f_{\check{c}} \cdot \left( \frac{r}{R} \right) \quad F_{v\check{c}} < F_{sm}$$

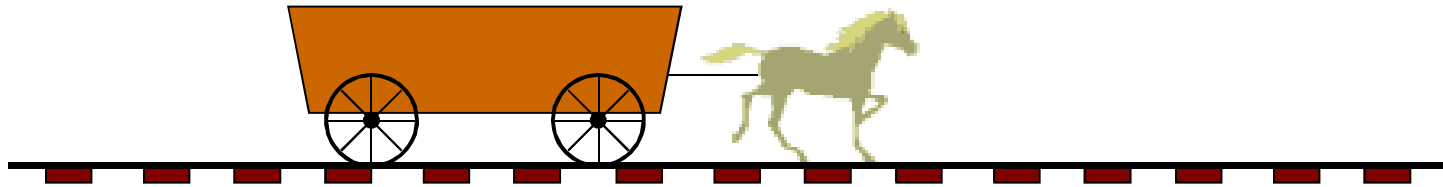


Postupem času byla zdokonalována jízdní dráha, kola i ložiska.  
 Díky tomu jízdní odpor klesal:

$$p_o = \frac{F}{G} = \frac{G \cdot \frac{e}{R} + G \cdot f_{\check{c}} \cdot \frac{r}{R}}{G} = \frac{e}{R} + f_{\check{c}} \cdot \frac{r}{R}$$



**Velmi významné snížení jízdního odporu přinesla železnice, založená na valení ocelového kola po ocelové kolejnici.**

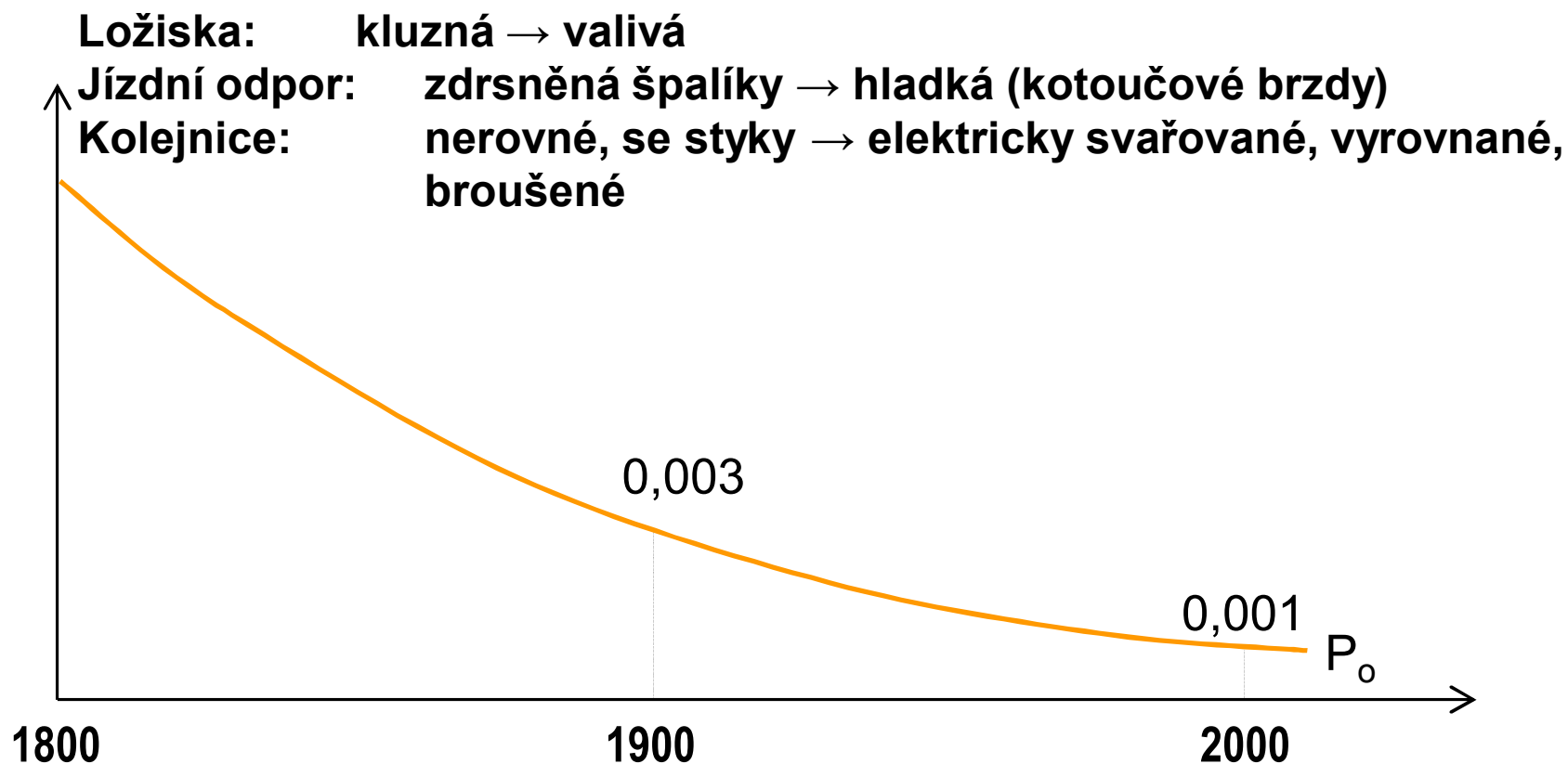


**Efekt nižšího valivého odporu:**

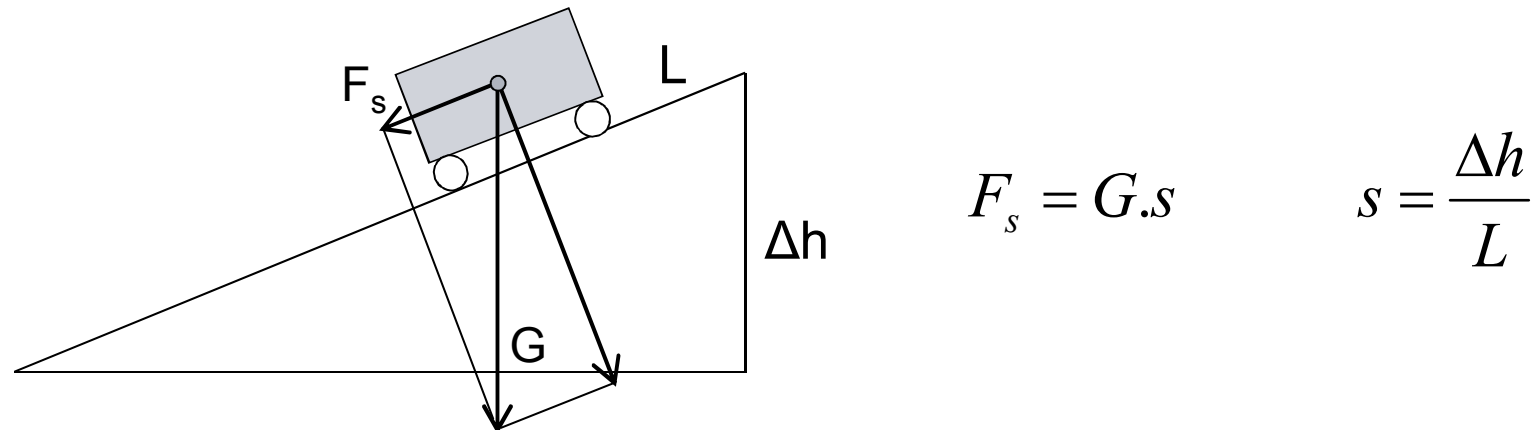
**Kůň utáhl na železnici zhruba desetkrát více, než na silnici**

**(Ověřeno „Úřední zkouškou nosnosti“ před c.k. státní zkušební komisí v roce 1830 mezi Netřebicemi a Velkými Omelenicemi při výstavbě koněpřežky z Českých Budějovic do Lince. Byla to první trakční zkouška v kontinentální Evropě)**

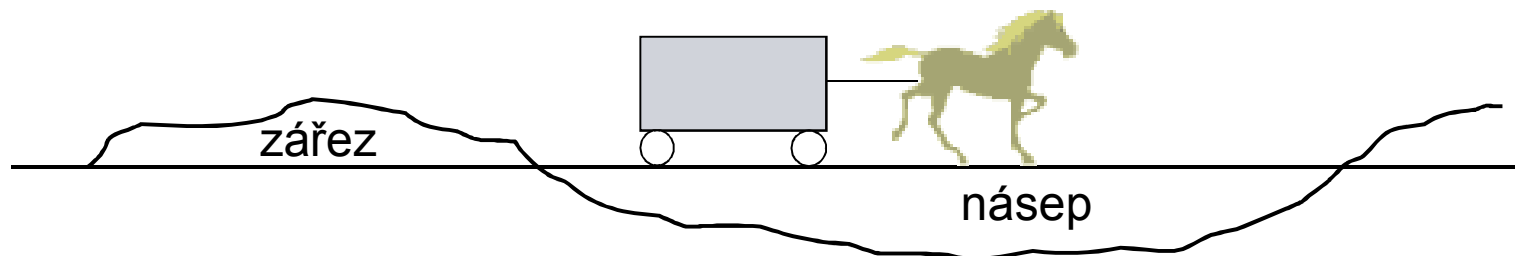
**Postupem času klesla základní složka jízdního odporu kolejových vozidel k hodnotě cca 0,001**



**Kolejnice snížila jízdní odpor, ale odpor ze stoupání neovlivnila.**

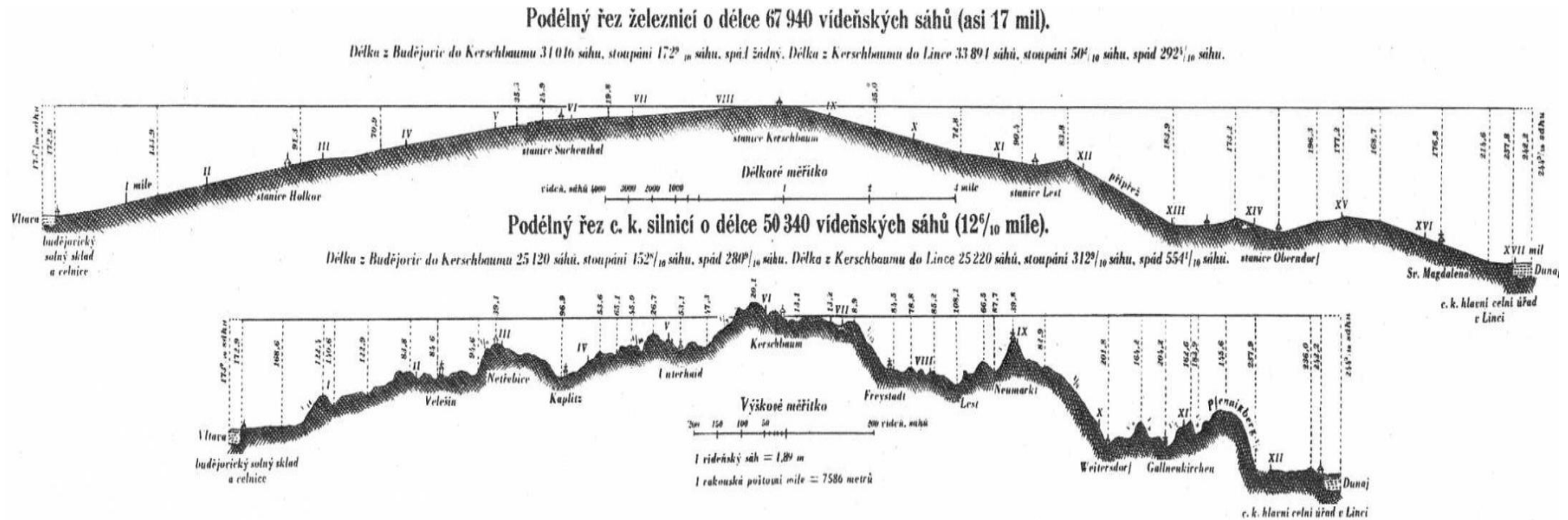


**Aby bylo možno dopravovat těžký náklad i přes terénní nerovnosti, bylo u železnice nutno použít nižší sklon (zhruba 10 ‰), než bylo obvyklé u silnic (zhruba 10 %) - odstranit terénní nerovnosti pomocí zářezů, náspů, mostů a tunelů**



# Výškový profil železnice a silnice

(zdroj: prof. Alferd Birk: Velká myšlenka)

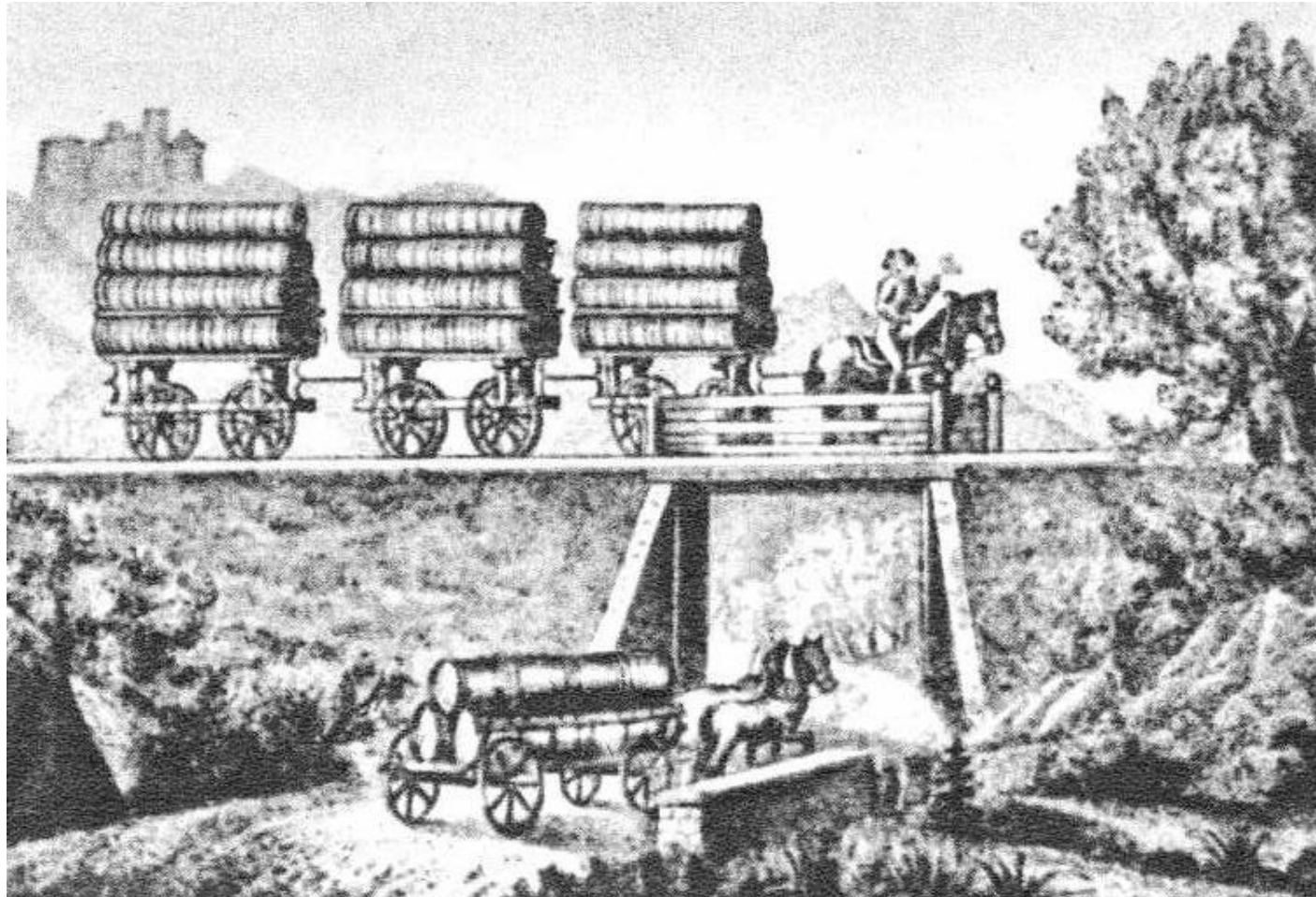


## První koněpřežná železnice České Budějovice – Linec (1832):

rozchod:	1 106 mm
délka:	129 km
počet koní:	400
vzdálenost přepřahacích stanic	20 km

# Porovnání energetické náročnosti Silnice a železnice

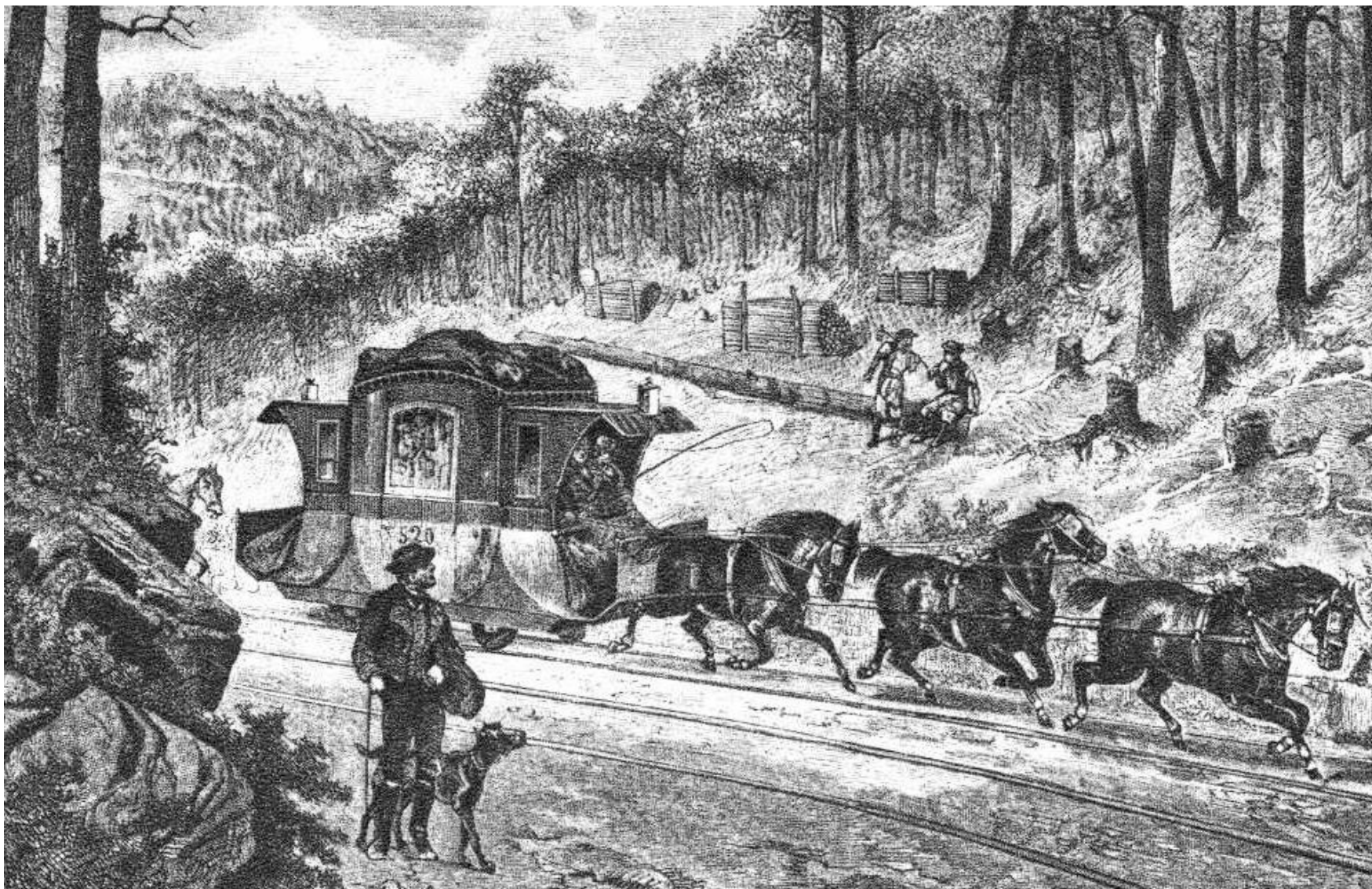
(zdroj: prof. Alferd Birk: Velká myšlenka)



**Doprava soli na koňské dráze Budějovice - Linec v porovnání s dopravou po císařské silnici. Jeden kůň utáhl na kolejích 70 vídeňských centů, na silnici pouze 10 centů a ještě potřeboval v obtížných úsecích přípřež.**

# Osobní vůz koňské železnice Budějovice – Linec

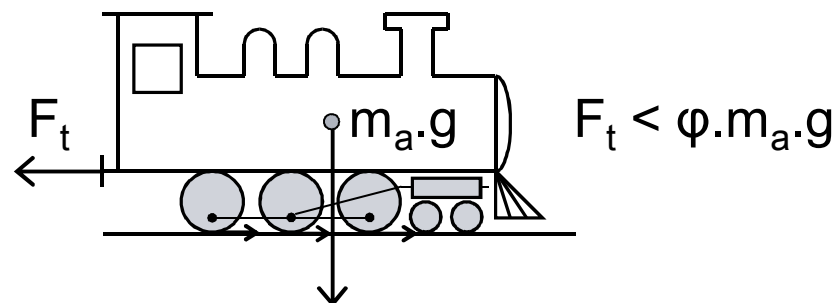
(zdroj: prof. Alferd Birk: Velká myšlenka)



### Parní lokomotivy:

- ★ silnější než kůň: ne 2 kN, ale 30 až 200 kN
  - ★ rychlejší než kůň: ne 5 - 10 km/h, ale 40 až 200 km/h
  - ★ výkonnější než kůň: ne 1 kůň (0,73 kW), ale 300 až 3 000 k
  - ★ vytrvalejší než kůň: přepraha ne po 10, ale po 100 až 1 000 km
- (200 až 2 000 kW)

**Ale: ocelová kola na ocelové kolejnici nemají příliš dobrou adhezi => adheze omezuje tažnou a brzdou sílu**

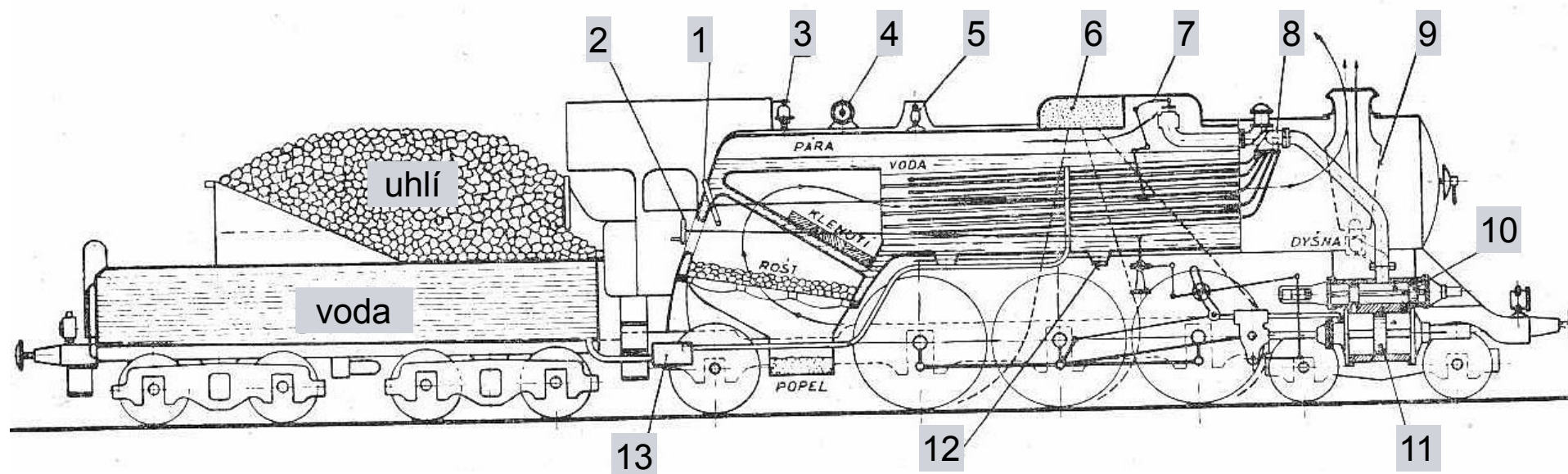


Adheze: schopnost přenášet tečnou složku síly při odvalování  
praktické hodnoty součinitele adheze

- $\varphi = 0,06 - 0,08$     vlhká nečistá kolej
- $\varphi = 0,15 - 0,20$     vlhká nečistá kolej s pískem
- $\varphi = 0,15 - 0,20$     mokrá kolej
- $\varphi = 0,30 - 0,40$     ideální stav (suchá čistá kolej)



## Parní lokomotiva 387.0 (Mikádo) s tendrem 930.0



1 - páka regulátoru, 2 - klika rozvodu, 3 - píšťala, 4 - osvětlovací dynamo, 5 - pojistné záklopy, 6 - písek, 7 - regulátor, 8 - přehříváč, 9 - jiskrojem, 10 - parní šoupátko, 11 - parní píst, 12 - odkalovač, 13 - napaječ

**Sytá pára: při ochlazení kondenzuje**

**Přehřátá pára: při ochlazení zůstává plynem**

**Přehřátí páry zvyšuje účinnost parního stroje**

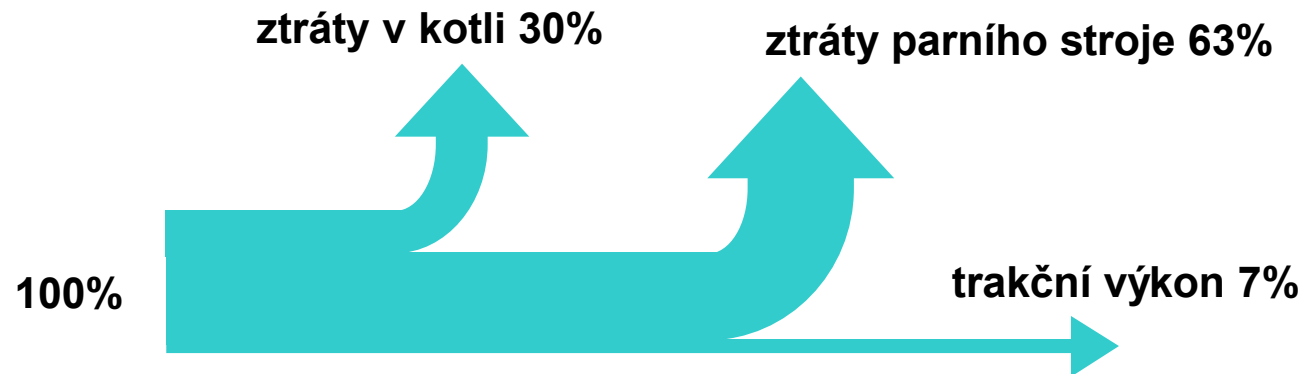
## Parní lokomotiva - energetické přeměny

1. energetická přeměna  
kotel ( $\eta = 70\%$ )  
palivo  $\rightarrow$  pára

$$\eta = \frac{o.E_p}{H_u} = \frac{4,4 \cdot 0,8}{5,12} = 0,70$$

2. energetická přeměna  
parní stroj ( $\eta = 10\%$ )  
pára  $\rightarrow$  pohyb

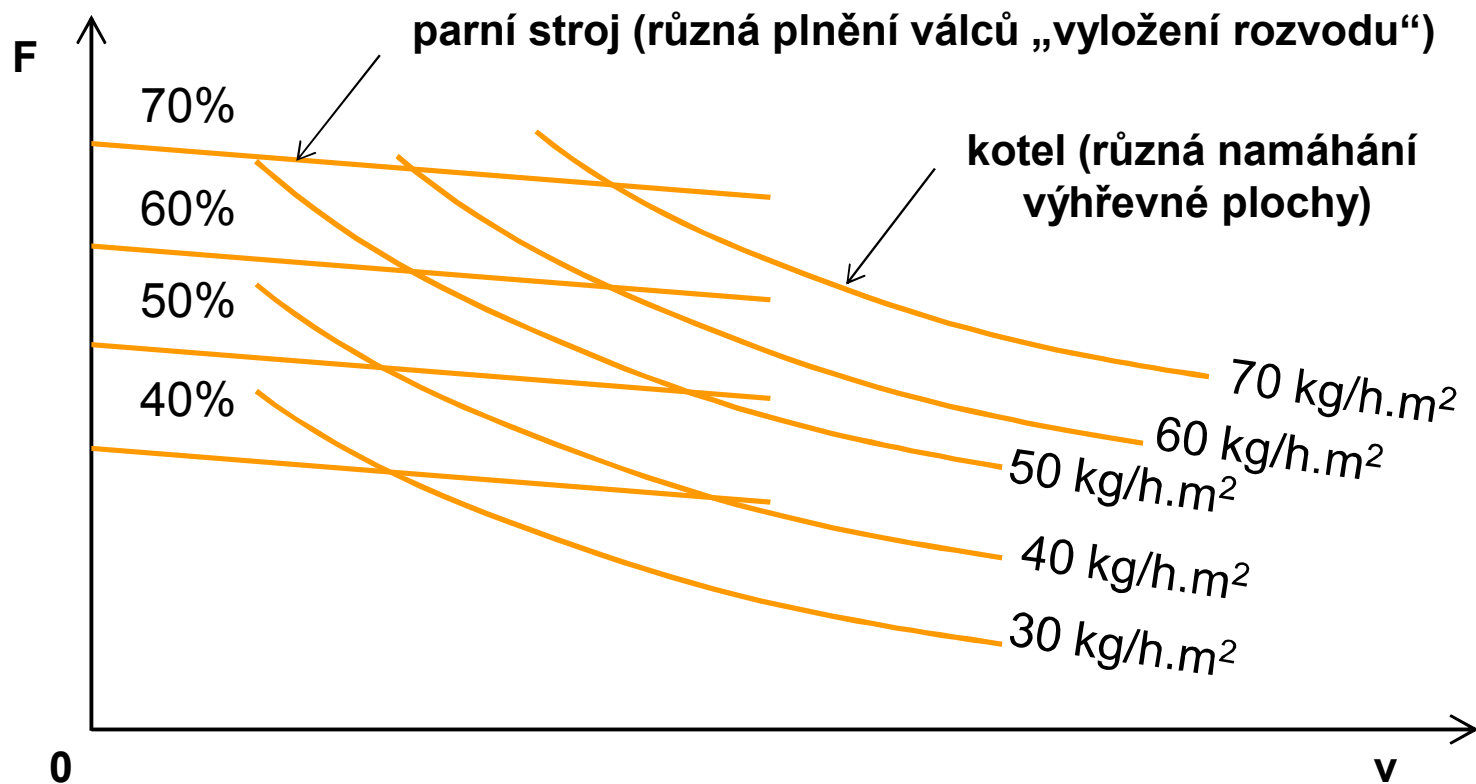
$$\eta = \frac{1}{E_p \cdot s} = \frac{1}{0,8 \cdot 12} = 0,10$$



Navíc:

- ★ velké ztráty při „chodu naprázdno“
- ★ dlouhá doba potřebná k uvedení do provozního stavu (roztápění)
- ★ nutnost udržování v pohotovém stavu (předtápění)

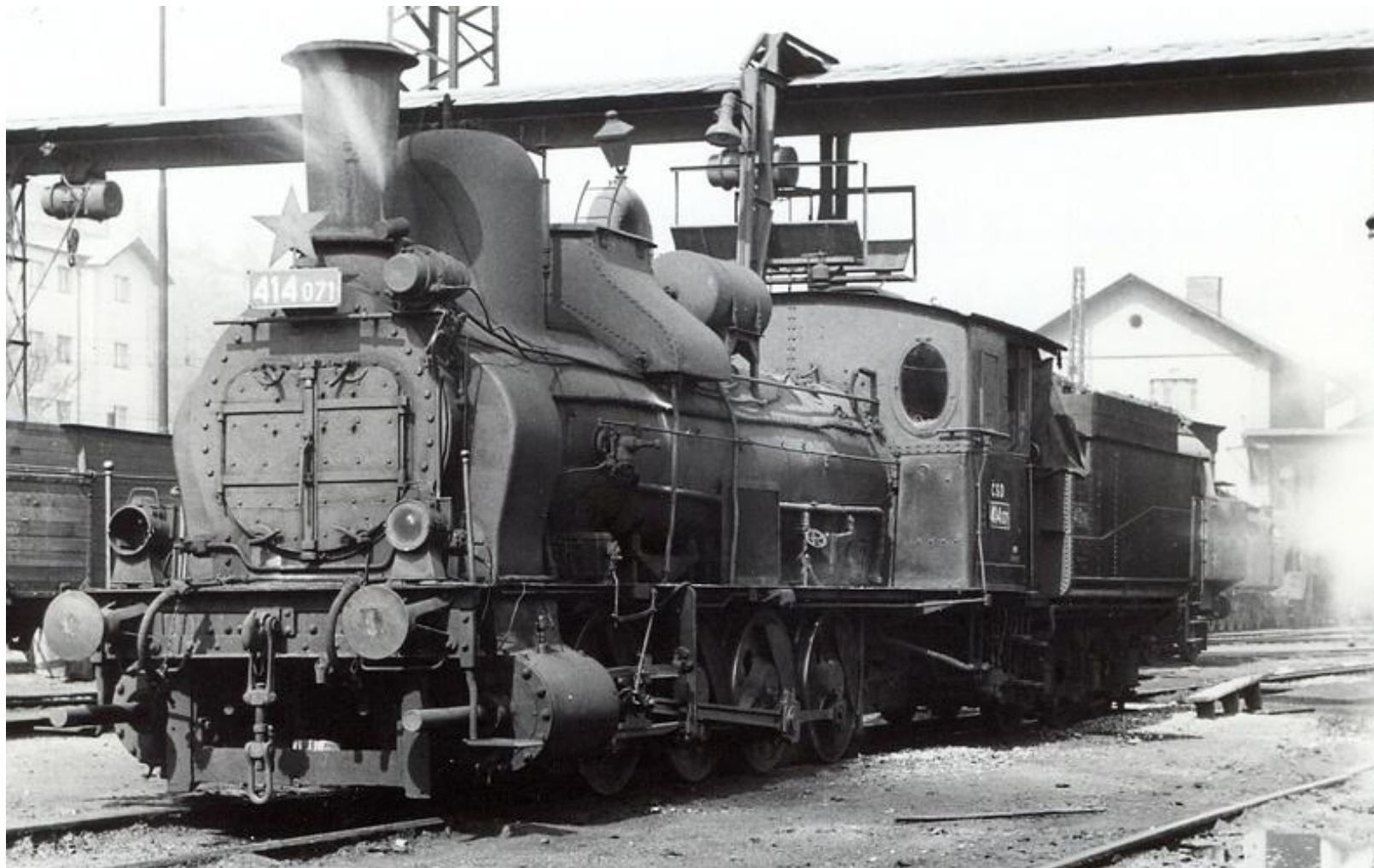
## Trakční charakteristika parní lokomotivy



**namáhání výhřevné plochy:**  
**kolik vody se odpaří za hodinu z 1 m<sup>2</sup> teplosměnné plochy**  
**kotle (to bývá 100 až 250 m<sup>2</sup>)**

$$P = \frac{H \cdot S}{s} = \frac{65 \cdot 250}{12} = 1350 \text{ kW (1500 k)}$$

**Parní stroj na mokrou páru.  
Účinnost stroje cca 7 %, spotřeba páry cca 18 kg/kWh**



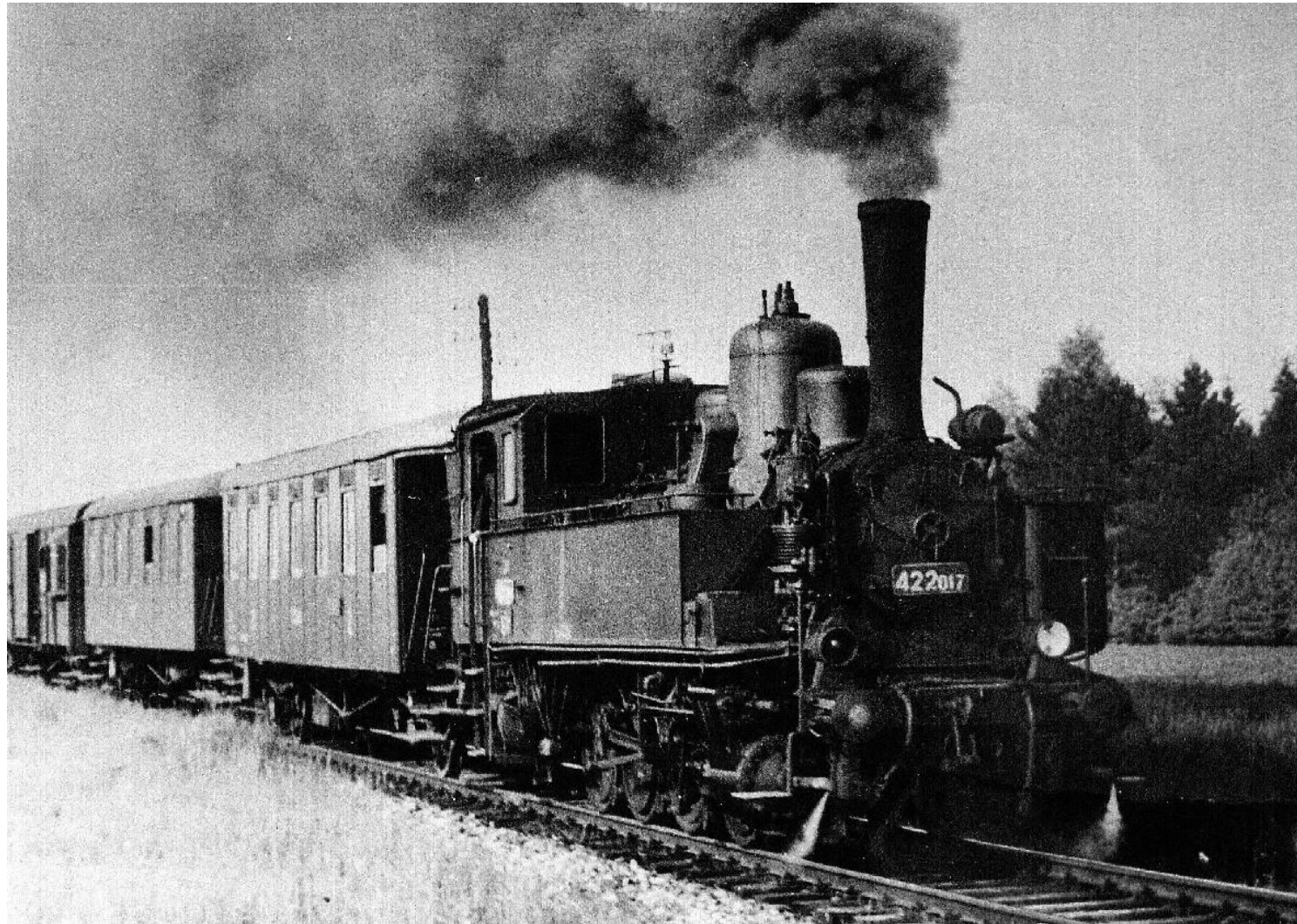
414.071 Praha Smíchov 1966, foto Pavel Vančura

**Parní stroj na mokrou páru: snaha zbavit páru krůpějí vody jejím uklidněním v parojemech s velkým objemem.**



524.2 Moldava v Krušných horách, sbírka Petr Ovsenák

**Parní stroj na mokrou páru: snaha snížit ochlazování válců dělenou expanzí. Účinnost stroje cca 8,5 %, spotřeba páry cca 15 kg/kWh**



**Parní stroj na přehřátou páru: ochlazení páry nezpůsobuje kondenzaci Účinnost stroje cca 10 %, spotřeba páry cca 12 kg/kWh**



**Po zavedení přehříváče ztratilo smysl použití sdruženého parního stroje. V Rakousku opustili i dvojice mohutných parojemů (lokomotivy řad 80/524.0, 270/434.1, 429/354.7, 629/354.1, ...).**





Po zavedení přehříváče ztratilo smysl použití sdruženého parního stroje. V Československu neopustili dvojice mohutných parojemů (lokomotivy řad 524.0, 434.1, 354.7, 354.1, ...).



556.048, 498.040 a 524.0143 LD Praha Vršovice 7.11.1967, foto Ondřej Řepka

**Tradice dvou rourou spojených parojemů, převzatá spolu s  
čepicemi - kastrůlky a cik- cak turnusy z doby francouzské  
Společnosti Státní dráhy, ...**



**... nepřežila dobu zkracování dámských účesů, sukni a psích ocásků.**



**V nových konstrukcích parních lokomotiv pro ČSD se objevily dva rourou spojené parojemy u 534.0 a u 365.0 (sudá čísla do 20).**



**Při dodatečném vybavování starších lokomotiv na mokrou páru Schmidtovým přehříváčem mělo logiku nahradit sdružený parní stroj dvojčítým. Ale nemělo logiku rušit dva parojemy.**



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

**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.**

**Dne 21.9.2016 odsouhlasila vláda ČR ratifikaci Pařížské dohody**

## **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 životnímu stylu.**



## Energetická náročnost životního stylu

	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)**

## **Koloběh oxidu uhličitého v přírodě**

**Oxid uhličitý je součástí transformací (přeměn):**

- a) energie slunečního svitu v energii paliv (fotosyntéza),**
- b) paliv v teplo (tlení, spalování).**

**Při vytváření biomasy se v průběhu fotosyntézy  $\text{CO}_2$  z atmosféry odčerpává, při spalování se do atmosféry  $\text{CO}_2$  vrací.**

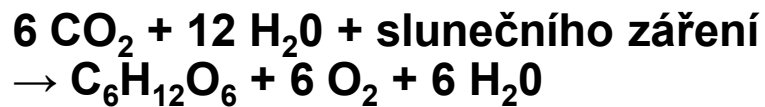
**Do osmnáctého století fungovala na Zemi přirozená reprodukce (než začalo lidstvo začalo hojně spalovat fosilní uhlovodíková paliva).  
V zemském obalu bylo původně cca 3 500 miliard tun  $\text{CO}_2$ , jeho koncentrace dosahovala kolem 0,0280 %, tedy cca 280 ppm.**

**Ve vegetačním období přechází při růstu rostlin část oxidu uhličitého z atmosféry s pomocí slunečního svitu do zeleně listů.**

**Následně při tlení nebo spalování rostlin, respektive funkcí navazujících živých organismů (trávení, dýchání, ...) se oxid uhličitý vrací zpět do atmosféry.**

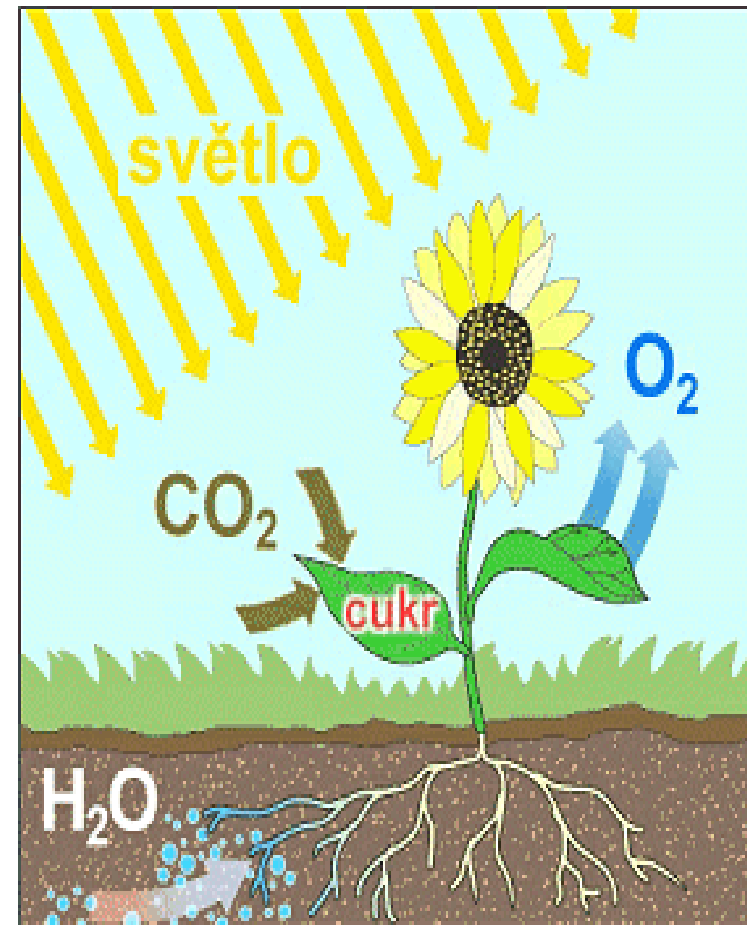
## Základem transformace slunečního záření na jiné formy energie je fotosyntéza

Při fotosyntéze se pomocí slunečního záření mění oxid uhličitý a voda na glukózu, kyslík a vodu:



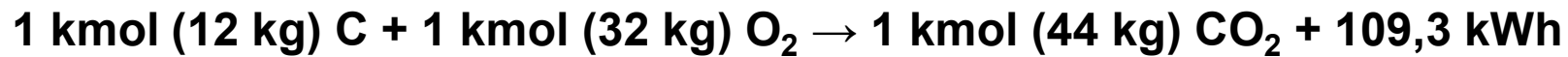
Fotosyntéza ukládá energii fotonů ze slunečního záření do glukózy, která se dalšími enzymatickými reakcemi mění na asimiláty - škroby, bílkoviny, tuky a další látky

Fotosyntéza probíhá ve velkém měřítku, ročně vzniká na naší planetě fotosyntézou zhruba 600 bilionů kWh energie paliv a je přitom z ovzduší pohlceno zhruba 200 bilionů kg oxidu uhličitého.



# Spalování uhlíku

Rovnice exotermické reakce dokonalého spalování uhlíku:



- ⇒ spálením 1 kg uhlíku vznikne 3,67 kg oxidu uhličitého a 9,11 kWh tepelné energie
- ⇒ vytvoření 1 kWh tepelné energie spalováním uhlíku je provázeno produkováním 0,403 kg CO<sub>2</sub>.

**K zamezení vzniku oxidu uhličitého při spalování látek obsahujících uhlík neexistuje žádný filtr nebo technologie. Uhlík nelze dokonale spalovat jinak (lépe).**

**Jediné, oč se lze snažit, je spalovat uhlíku méně.**



## **Důsledky spalování fosilních paliv**

**V současné době intenzivního spalování fosilních paliv dochází k nerovnováze, do atmosféry je spalováním předáváno více CO<sub>2</sub>, než je ve stejné době z atmosféry odebíráno fotosyntézou.**

**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.**

**Již koncem 19. století spočítal pozdější nositel Nobelovy ceny Swante Arrhenius, že zvýšení koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře povede ke zvýšení teploty ovzduší.**

**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:

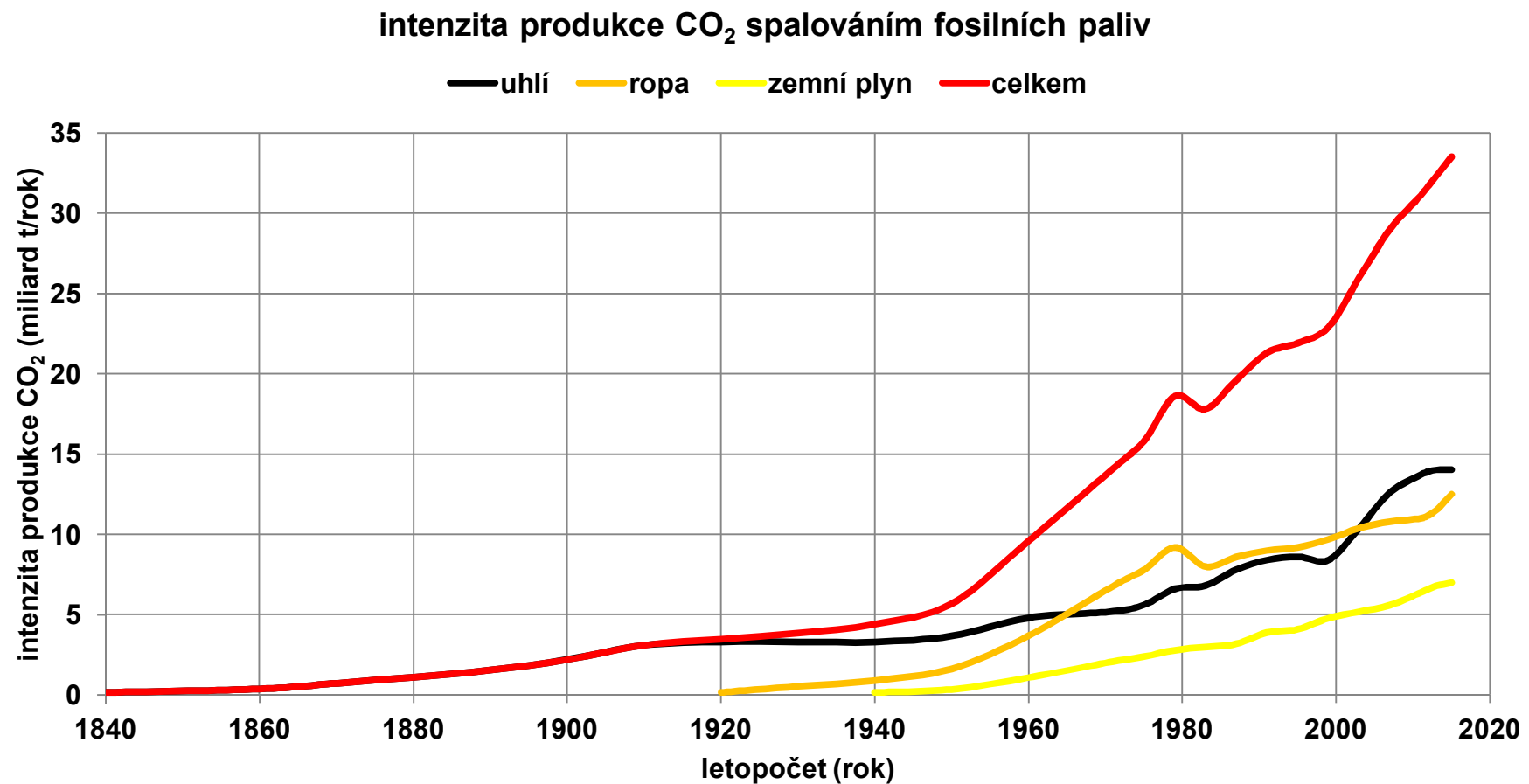
- spálením jednoho litru nafty se dostává do ovzduší 2,65 kg CO<sub>2</sub>
- spálením jednoho litru benzínu se dostává do ovzduší 2,46 kg CO<sub>2</sub>
- spálením jednoho kg zemního plynu se dostává do ovzduší 2,79 kg CO<sub>2</sub>

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

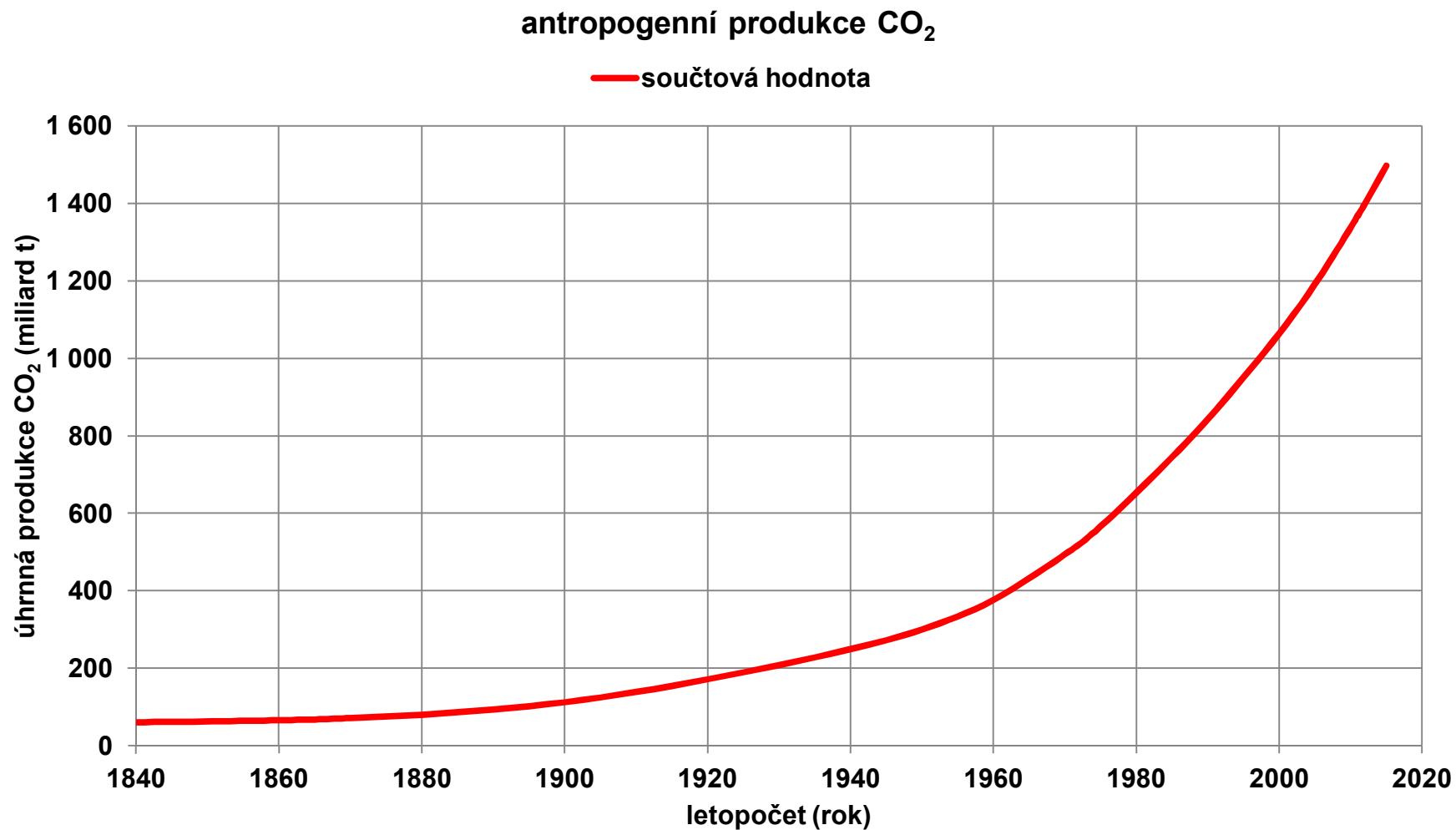
**Jedinou cestou ke snížení antropogenní produkce CO<sub>2</sub> je spalovat méně fosilních paliv.**

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

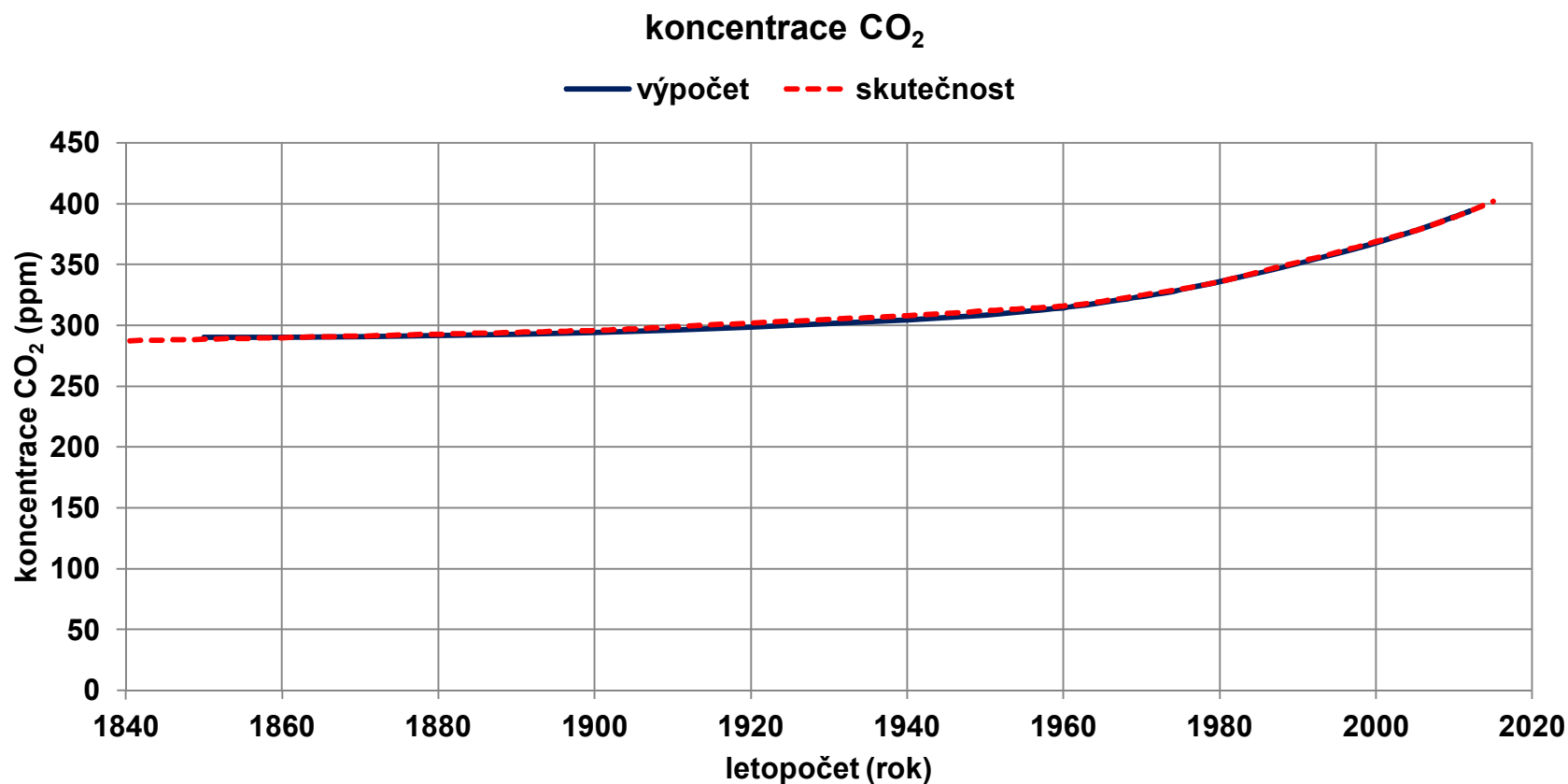


# Úhrnná hodnota produkce CO<sub>2</sub> spalováním fosilních paliv (do ovzduší již bylo přidáno k 3 500 mld. t dalších 1 500 mld. t CO<sub>2</sub>)



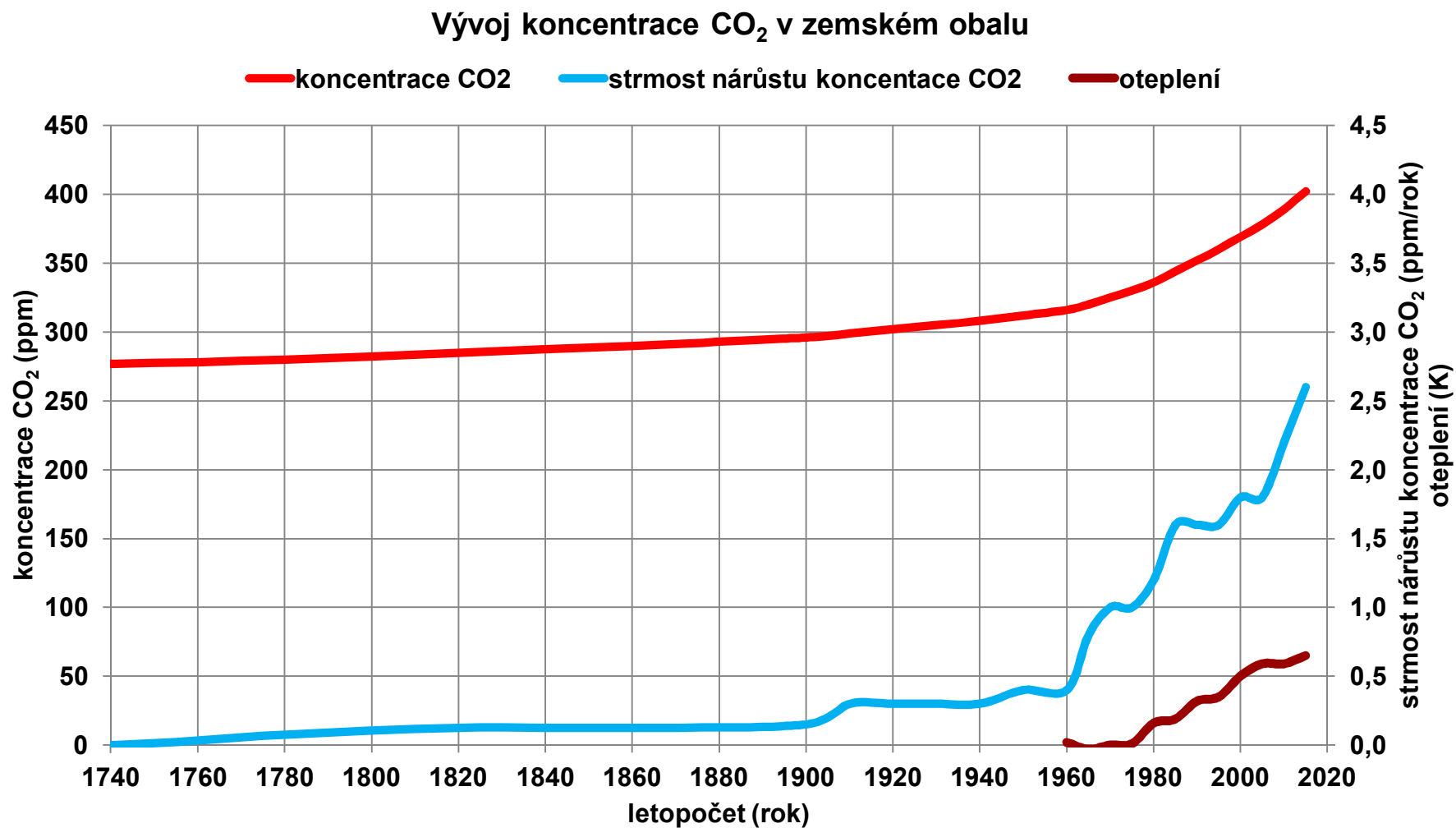


## Validace: kontrola shody výpočtu koncentrace CO<sub>2</sub> s měřením



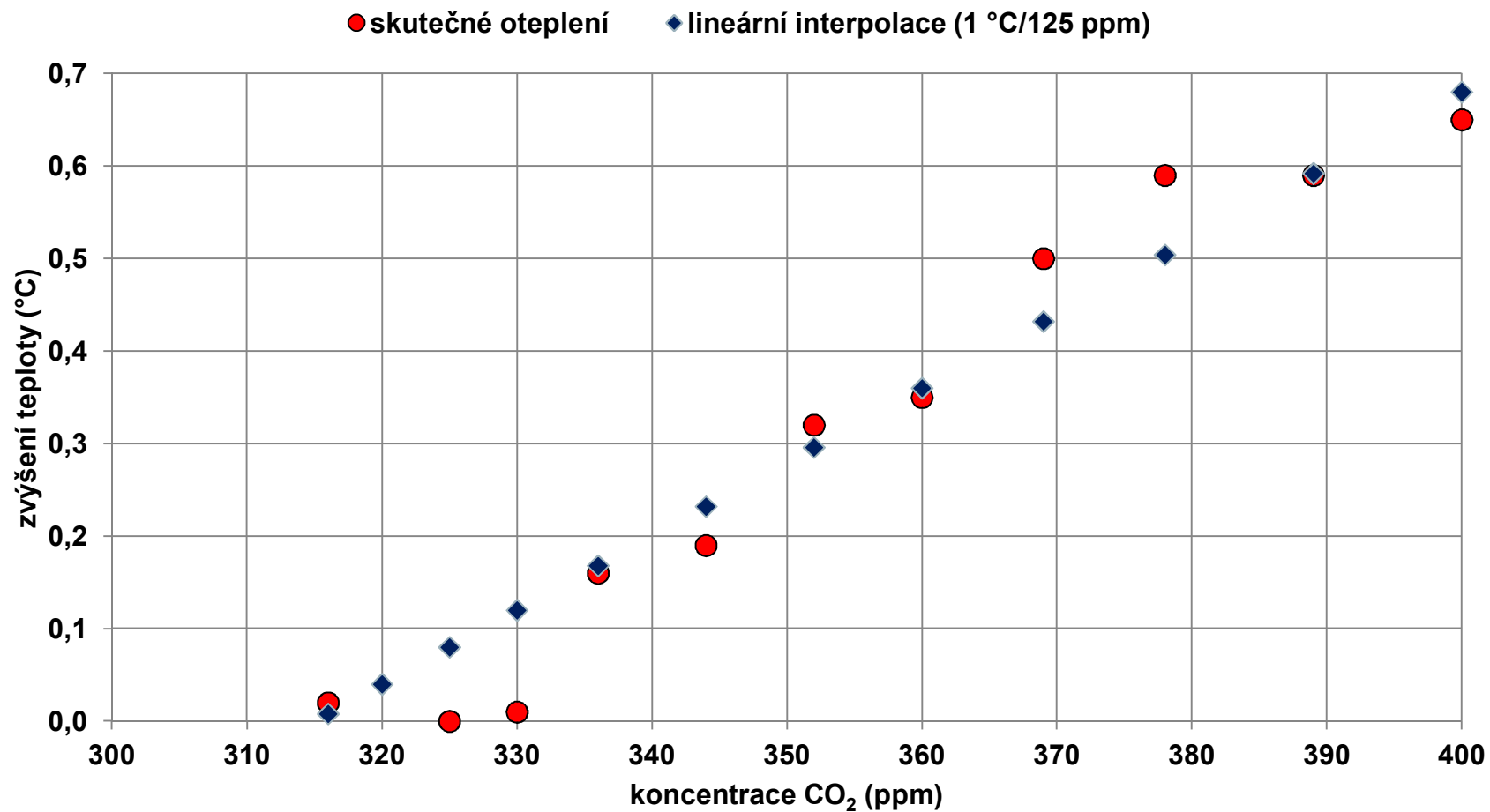
**Zákon zachování hmoty funguje. Uhlík z veškerého vytěženého uhlí, ropy a zemního plynu je ve formě CO<sub>2</sub> v ovzduší nad námi. Podzemí jsme přestěhovali na oblohu.**

# 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)



## **Shrnutí**

**Podle zákona zachování hmoty se při spalování uhlí, nafty i zemního plynu stěhuje uhlík v podobě CO<sub>2</sub> z podzemí na oblohu, do zemského obalu.**

**Oproti době předindustriální již jsme na nebi zvýšili množství oxidu uhličitého z cca 3 500 miliard tun (280 ppm) na současných cca 5 000 miliard tun (400 ppm) a střední roční teplotu země jsem zvedli o cca 1 ° C.**

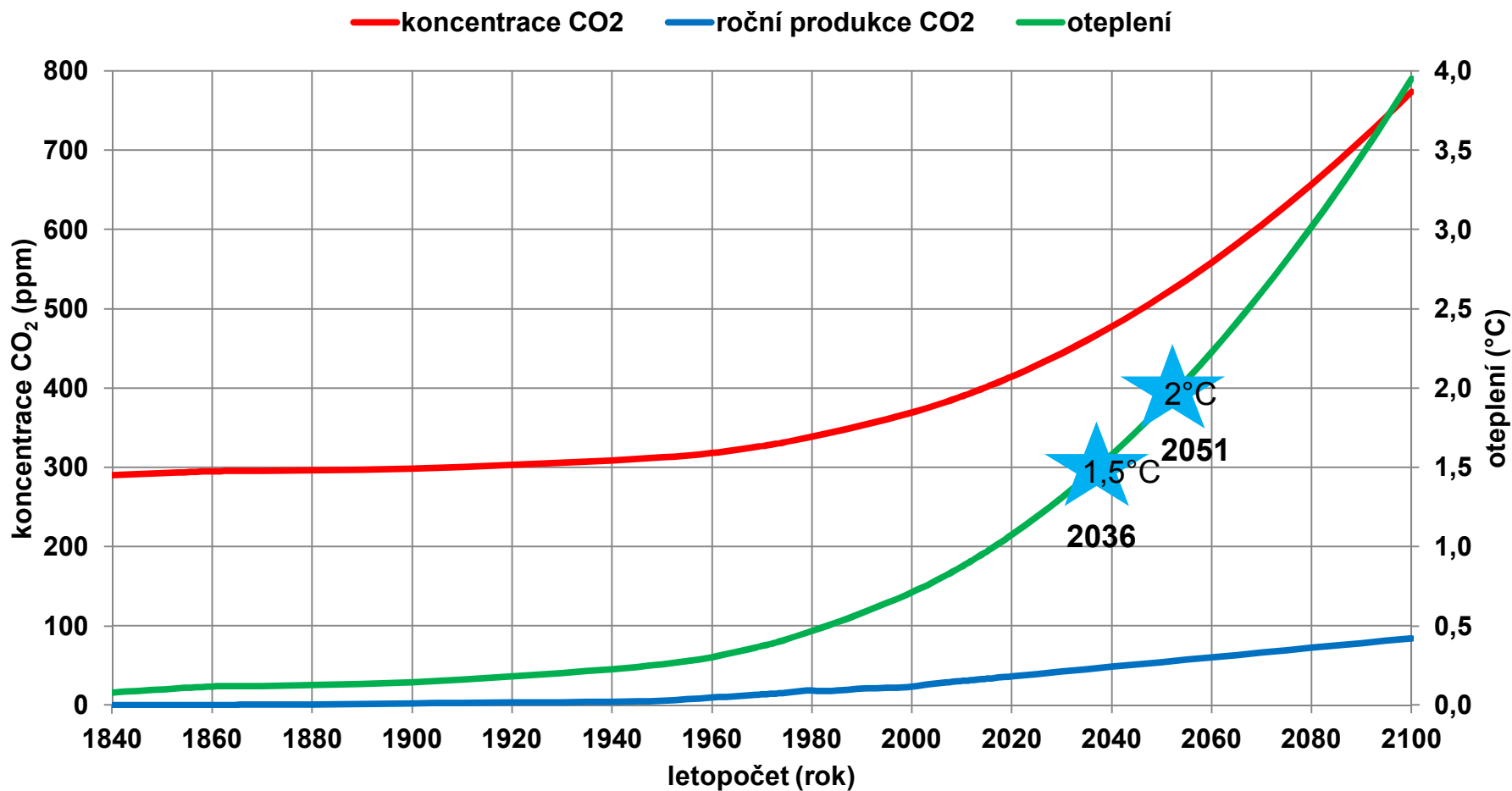
**V prosinci 2015 se 147 státníků a reprezentantů ze 196 zemí na CPP 21 v Paříži dohodlo, že by oteplení nemělo přesáhnout 1,5 až 2 stupně.**

**K naplnění tohoto cíle můžeme do zemského obalu poslat již jen:**

- a) 750 miliard tun CO<sub>2</sub> (pro oteplení o 1,5 °C),**
- b) 1 500 miliard tun CO<sub>2</sub> (pro oteplení o 2 °C).**

# Přirozený scénář dalšího spalování fosilních paliv: pokračování progrese: - oteplení Země o 1,5 °C za 21 let, - oteplení Země o 2 °C za 36 let.

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



## Znamé zásoby fosilních paliv

potenciál uhlíkové stopy (ověřené zásoby fosilních paliv)												
	výchozí (1700)			dosud (2015)			ještě k dispozici			celkem		
palivo	produkce mld. t CO <sub>2</sub>	konzentrace ppm CO <sub>2</sub>	oteplení °C	produkce mld. t CO <sub>2</sub>	konzentrace ppm CO <sub>2</sub>	oteplení °C	produkce mld. t CO <sub>2</sub>	konzentrace ppm CO <sub>2</sub>	oteplení °C	produkce mld. t CO <sub>2</sub>	konzentrace 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

<b>Obyvatelstvo a exhalace (odhad úrovně roku 2015)</b>			
	<b>počet obyvatel</b>	<b>produkce CO<sub>2</sub></b>	<b>měrná prod. CO<sub>2</sub></b>
<b>objekt</b>	<b>mil. osob</b>	<b>mil. t/rok</b>	<b>t/osobu/rok</b>
<b>svět</b>	<b>7 300</b>	<b>32 100</b>	<b>4,4</b>
<b>podíl světa</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
<b>ČR</b>	<b>10,6</b>	<b>125</b>	<b>11,8</b>
<b>podíl ČR</b>	<b>0,14%</b>	<b>0,39%</b>	<b>269%</b>
<b>EU</b>	<b>503</b>	<b>3 700</b>	<b>7,4</b>
<b>podíl EU</b>	<b>7%</b>	<b>12%</b>	<b>167%</b>
<b>Čína</b>	<b>1 300</b>	<b>8 000</b>	<b>6,2</b>
<b>podíl Číny</b>	<b>18%</b>	<b>25%</b>	<b>140%</b>

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

## **Strategie odklonu od používání fosilních paliv**

**K naplnění přijatého cíle, aby oteplení země nepřesáhlo 1,5, respektive 2 °C, již může lidstvo vyprodukovat spalováním fosilních paliv jen 750 respektive**

**1 500 miliard t CO<sub>2</sub>.**

**Přitom v roce 2015 bylo spalováním fosilních paliv vytvořeno 32 miliard t CO<sub>2</sub>. Jak hospodařit s posledními 750, respektive 1 500 miliard t CO<sub>2</sub> patří k nejzásadnějším manažerským rozhodnutím v dějinách lidstva.**

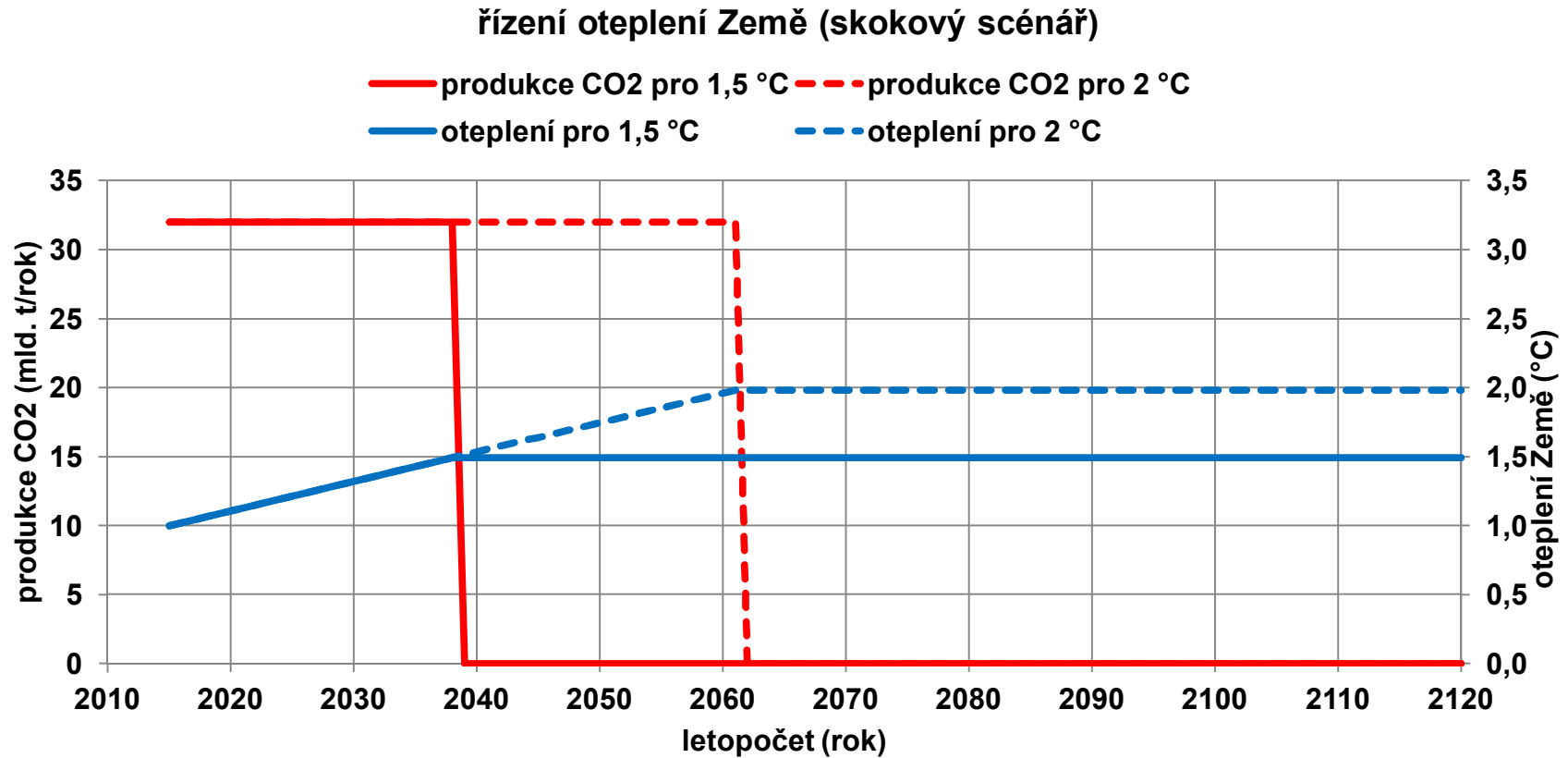
**V principu jsou dvě možnosti:**

- a) začít snižovat spotřebu fosilních paliv ihned,**
- b) ještě několik let pokračovat v současné úrovni spotřeby fosilních paliv a pak teprve snižovat jejich spotřebu**

**Druhý scénář je lákavý, ale zhoubný. Každý další rok neomezované spotřeby zkrátíme období snižování spotřeby o dva roky. Prudké tempo odklonu od používání fosilních paliv nebude snadné zvládnout.**

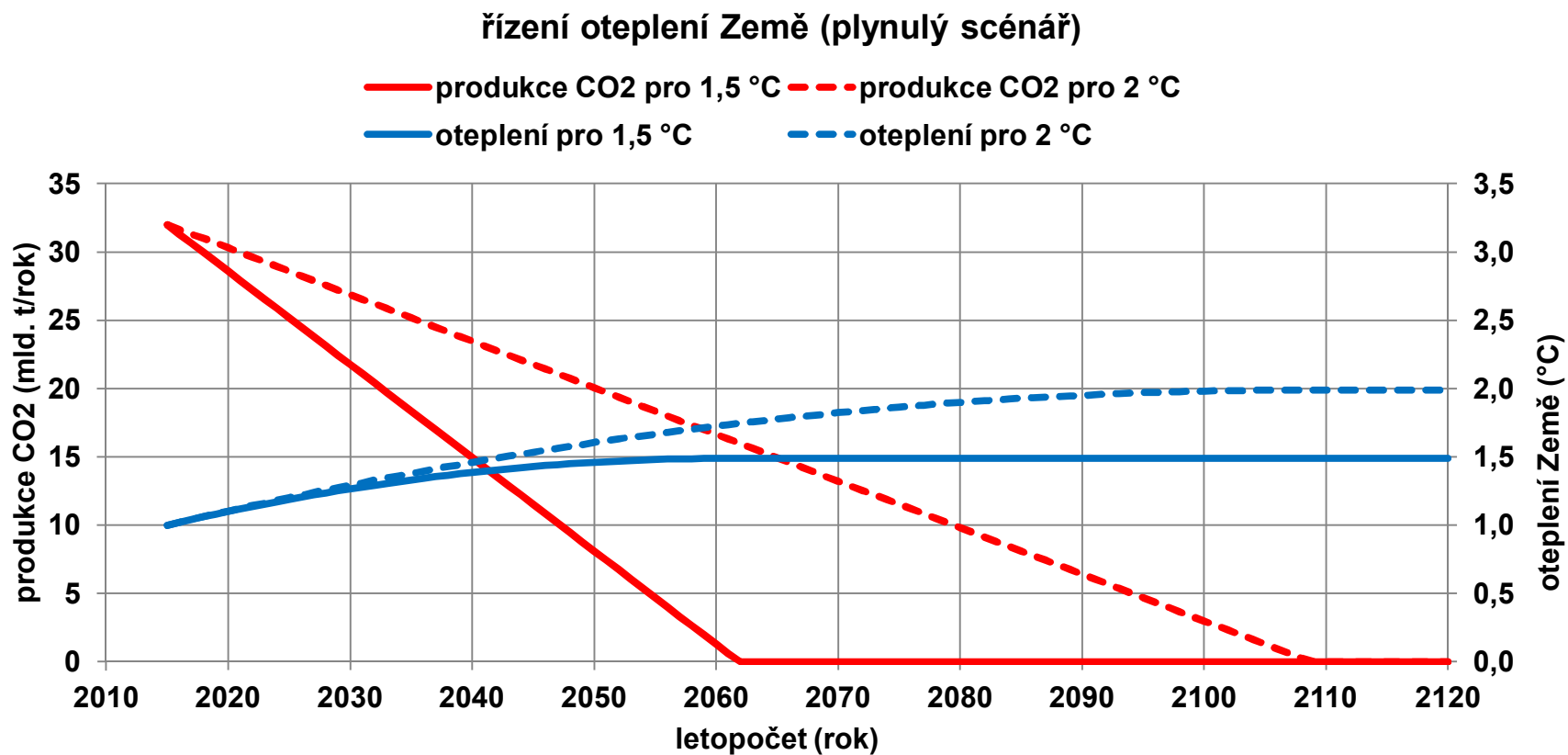


# Možné scénáře ukončení spotřeby fosilních paliv: skokový a plynulý



Při pokračování spotřeby fosilních paliv na úrovni roku 2015 dosáhne oteplení Země mezní hodnoty 1,5 °C, respektive 2 °C, za 23 let, respektive za 47 let.

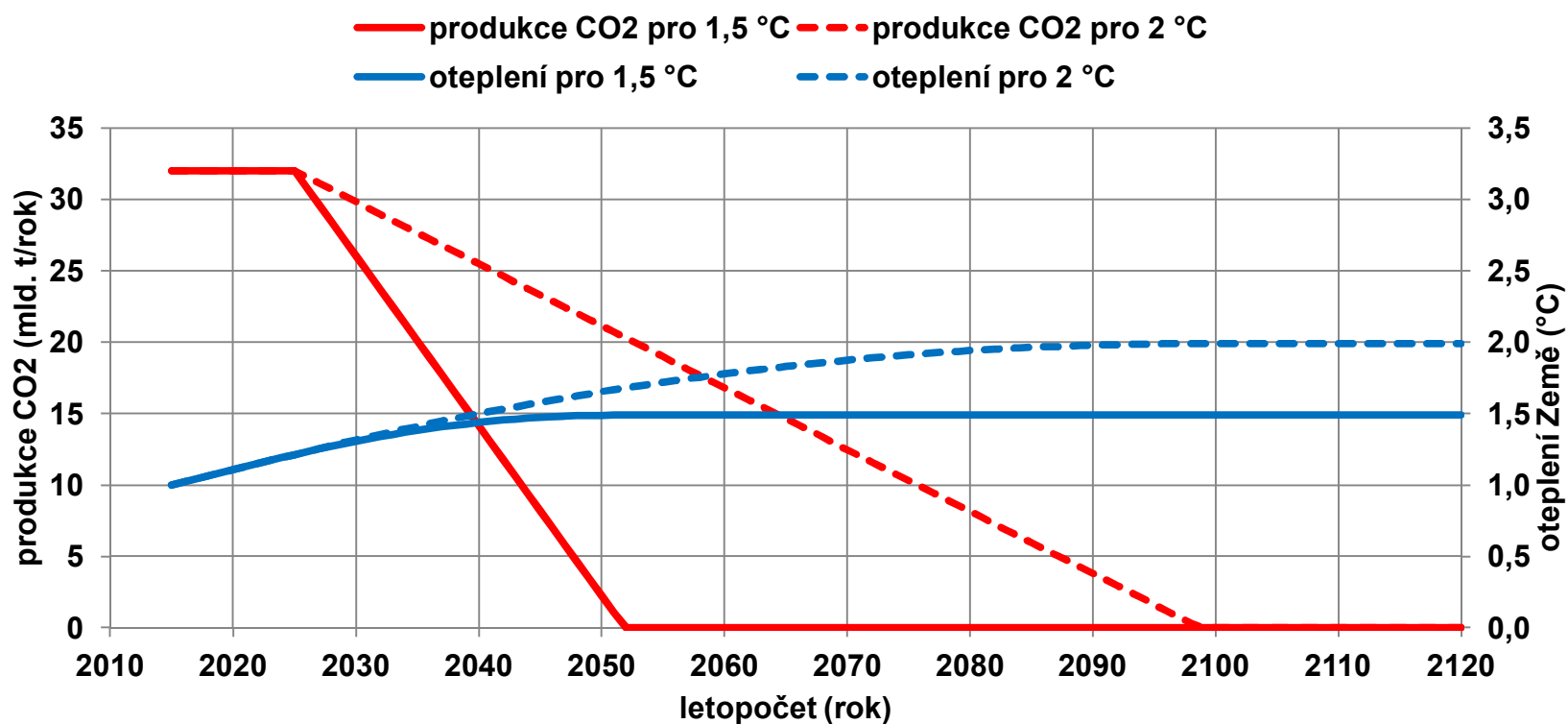
# Možné scénáře ukončení spotřeby fosilních paliv: skokový a plynulý



**Plynulý pokles prodlouží dobu používání fosilních paliv na dvojnásobek.  
Ovšem za podmínky bezodkladného zahájení poklesu.**

# Možné scénáře ukončení spotřeby fosilních paliv: skokový a plynulý

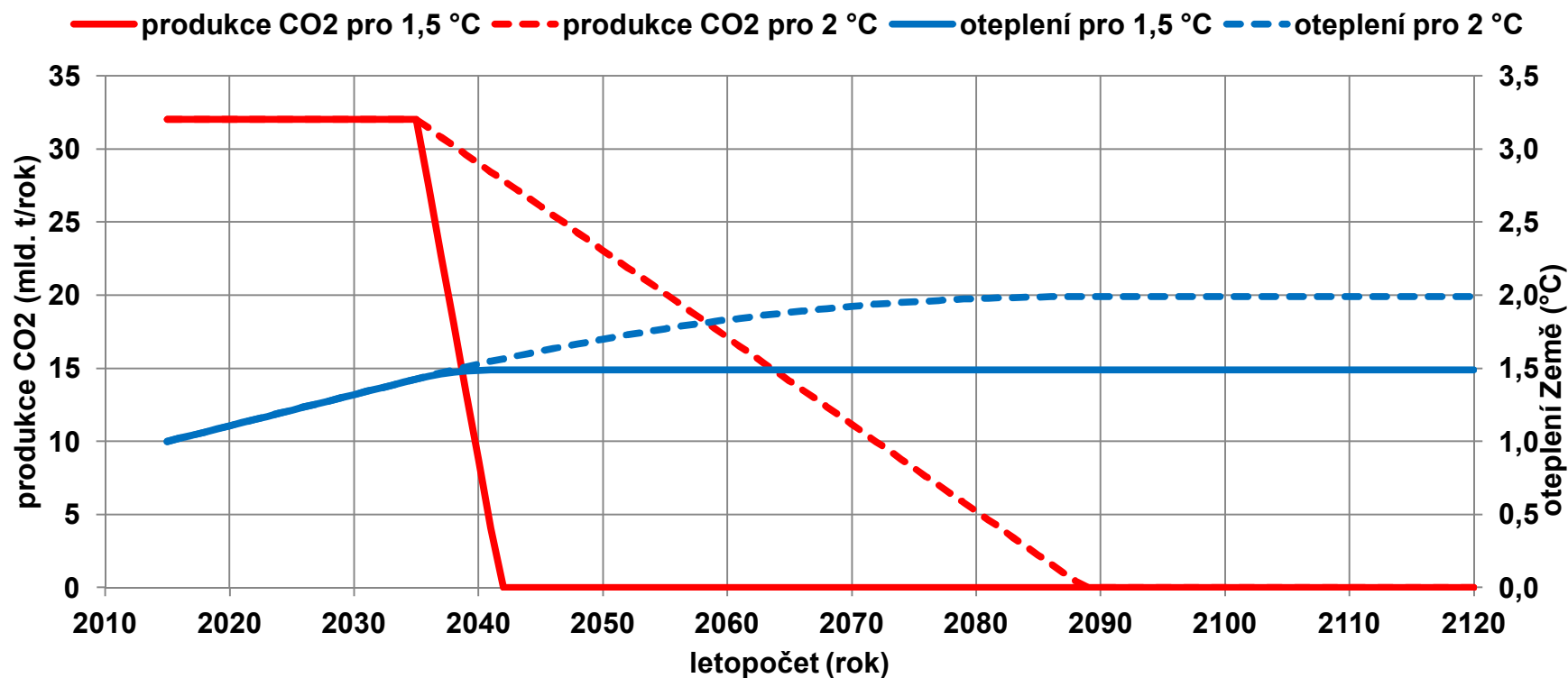
řízení oteplení Země (plynulý scénář s odkladem 10 let)



**Odklad o deset let zkrátí dobu poklesu spotřeby o dvacet let.**

## Možné scénáře ukončení spotřeby fosilních paliv: skokový a plynulý

řízení oteplení Země (plynulý scénář s odkladem 20 let)



Odklad o dvacet let zkrátí dobu poklesu spotřeby o čtyřicet let.

## **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 zvrát – 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,**
- **nyň, 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 rozsáhlejších 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 ( $F_a = 0,5 \cdot \rho \cdot C_x \cdot S \cdot v^2$ ),

- účinnosti pohonů ( $\eta$ ):

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

# 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

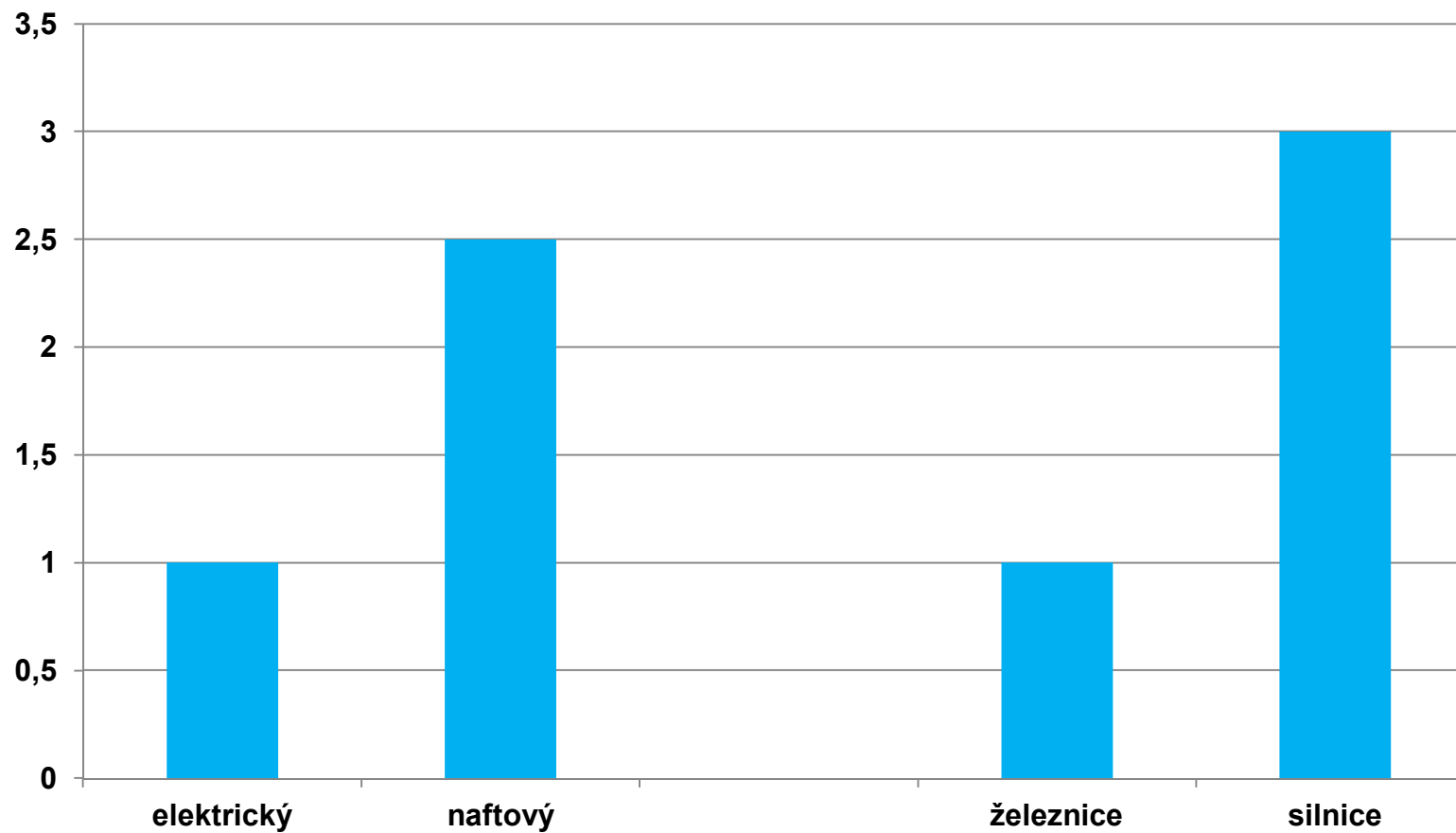
### Ideální vozidlo:

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

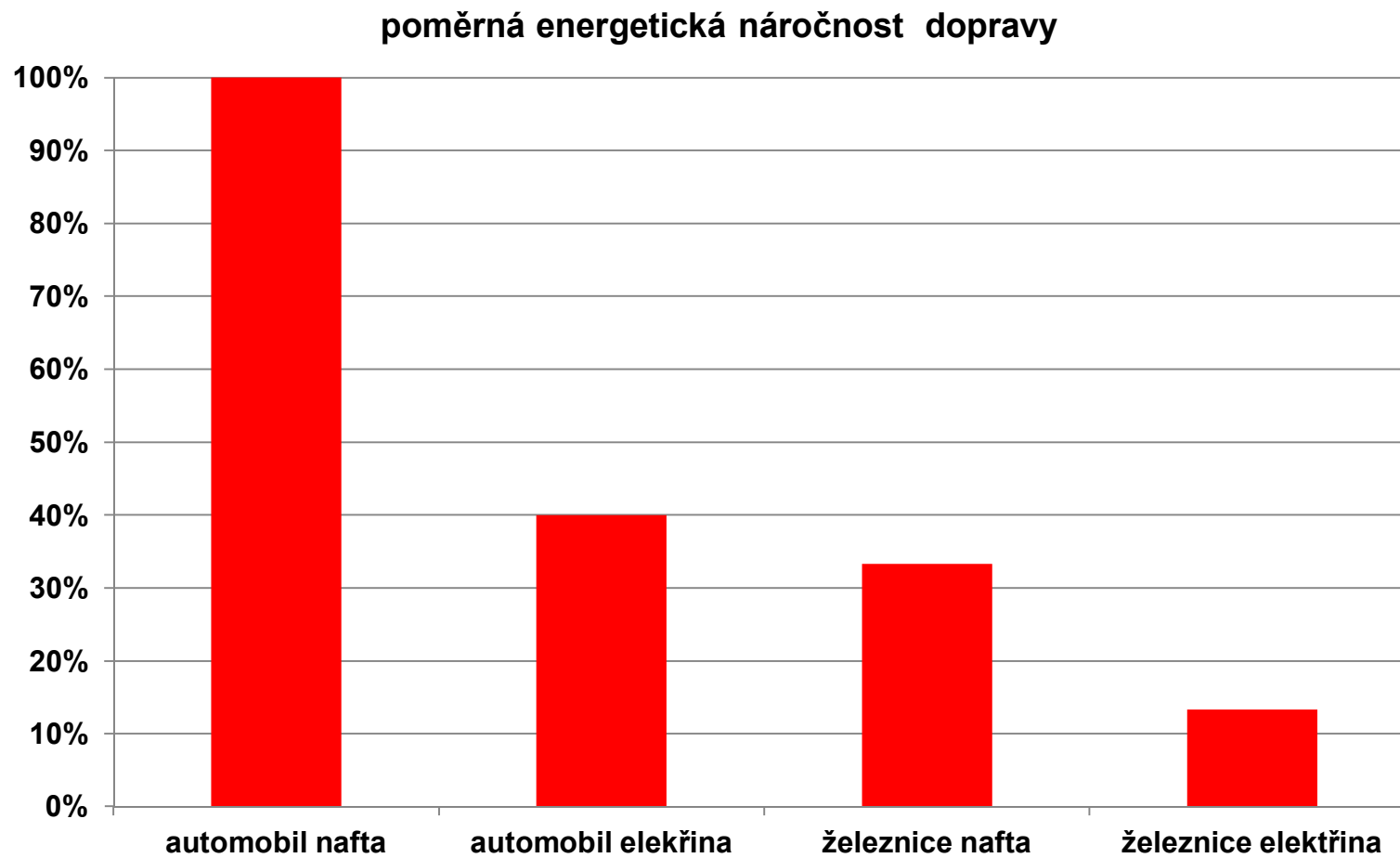


# Energetická náročnost mobility

poměrná energetická náročnost dopravy



# Energetická náročnost mobility



## 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



**Kvalitní přepravní produkty jsou nástrojem ke konverzi cestujících ze silnic a dálnic na železnice a tím i k úsporám energie**



## 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



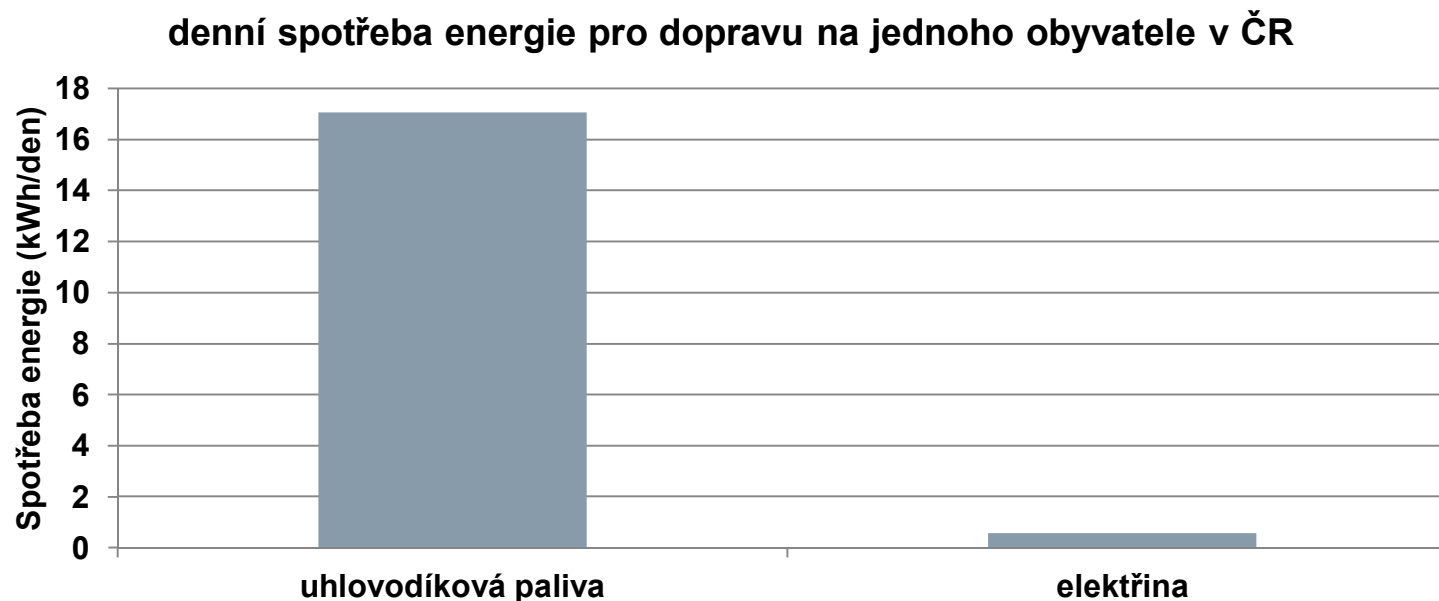
## Energetická bilance dopravy v ČR

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 % (18 kWh/os./den),  
Podíl elektřiny na energiích po dopravu je jen 3 % (0,6 kWh/os./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.

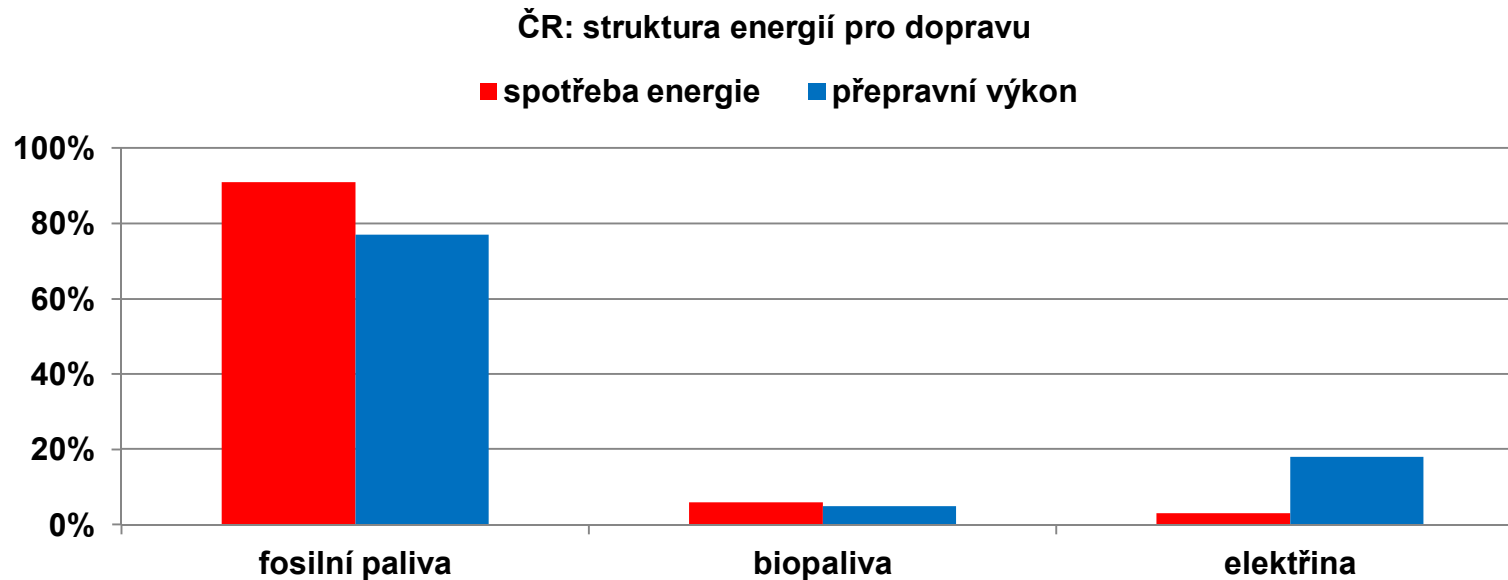
## Energie pro dopravu

Konečná spotřeba energie činí v ČR 83 kWh/obyvatele/den.

Z toho 21 % je podíl dopravy se spotřebou 18 kWh/obyvatele/den.

Struktura spotřeby energie pro dopravu :

- fosilní paliva 91 % (zajišťuje 77 % přepravních výkonů),
- biopaliva 6 % (zajišťuje 5 % přepravních výkonů) ,
- elektřina 3 % (zajišťuje 18 % přepravních výkonů).

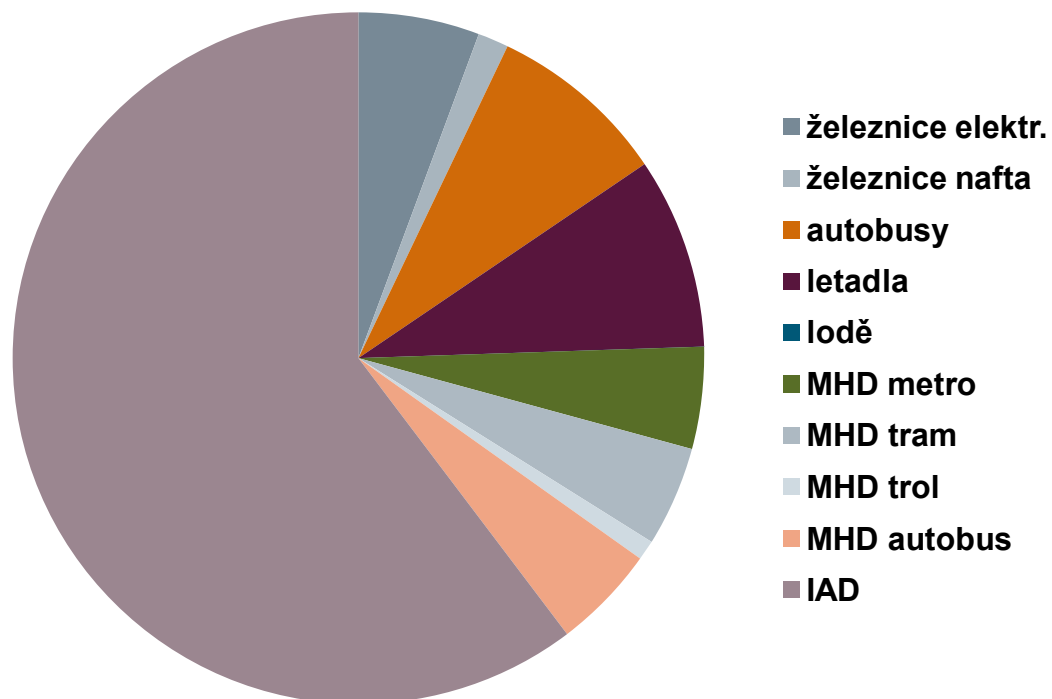


## Podíl elektrické vozby na přepravních výkonech osobní dopravy

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%

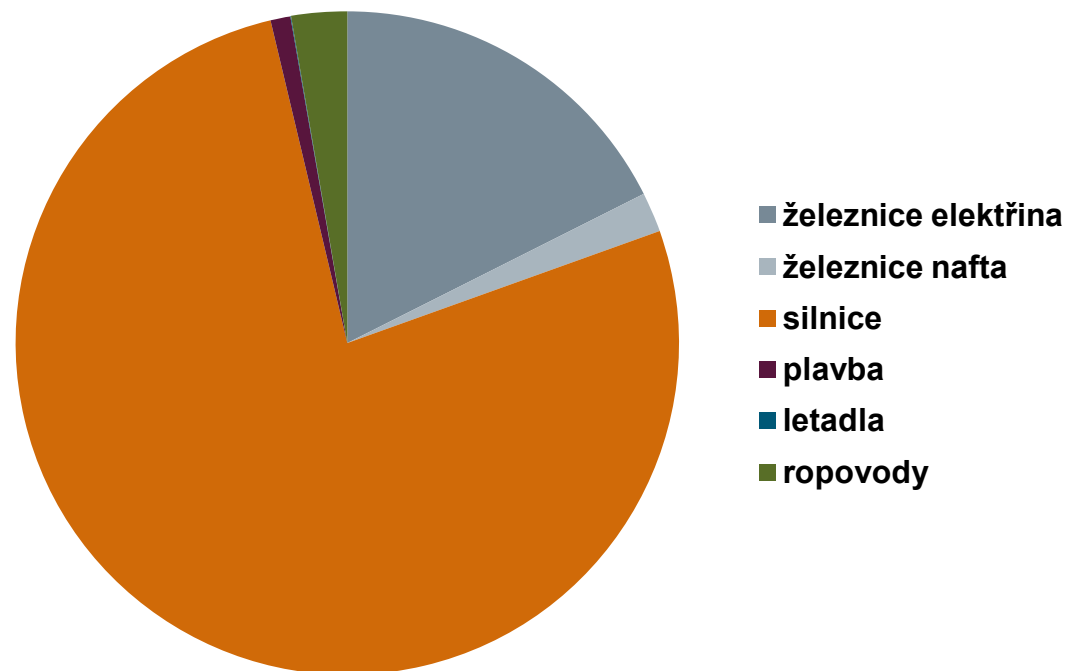


# Podíl elektrické vozby na přepravních výkonech nákladní dopravy

Struktura přepravních výkonů nákladní dopravy (ČR, 2013)

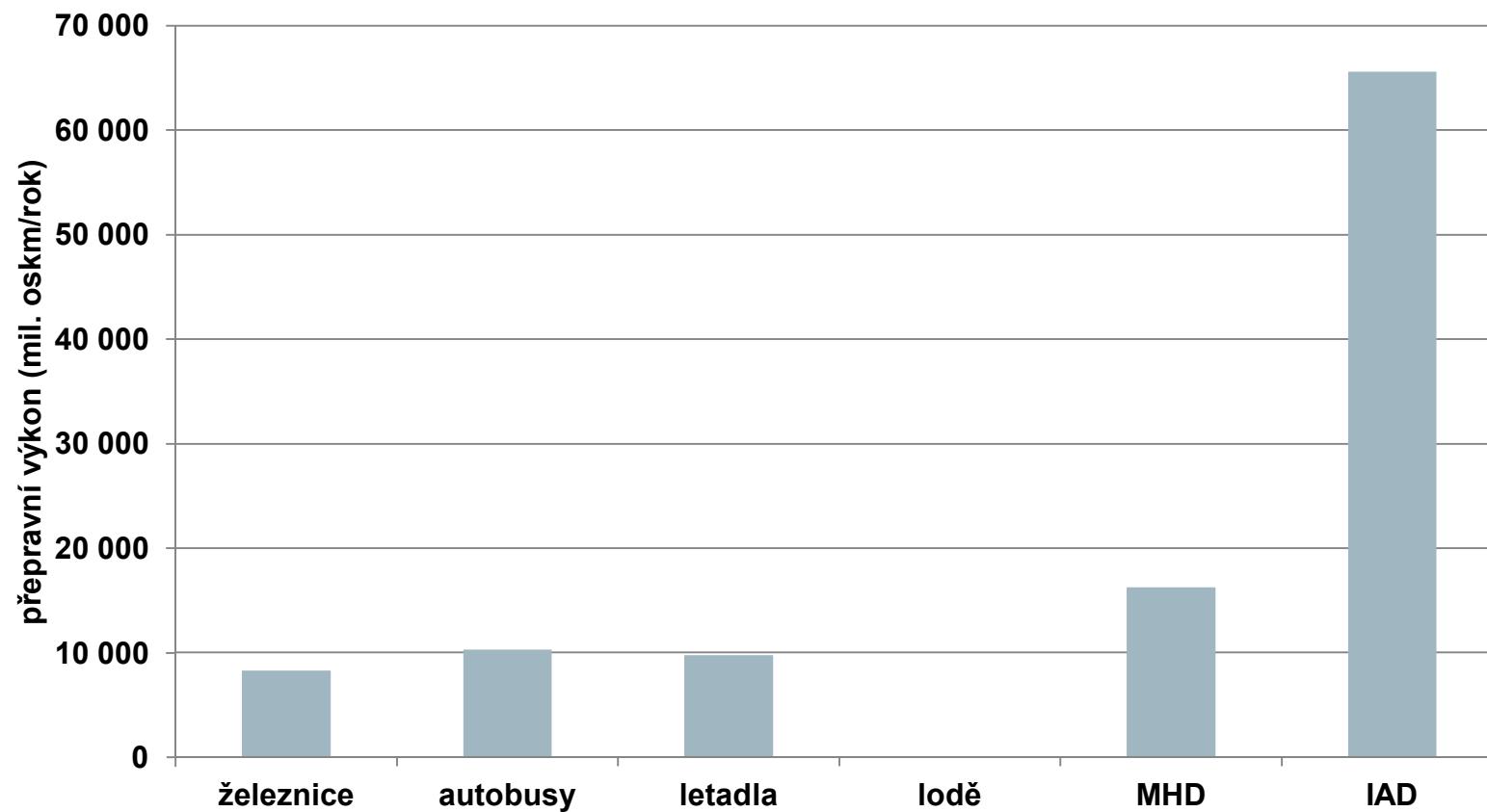
přepravní výkony (mil.tkm/rok)

železnice elektrina	12 568	17,6%
železnice nafta	1 396	2,0%
silnice	54 893	76,8%
plavba	693	1,0%
letadla	24	0,0%
ropovody	1 933	2,7%
celkem	71 509	100,0%
z toho el. trakce	14 501	20,3%



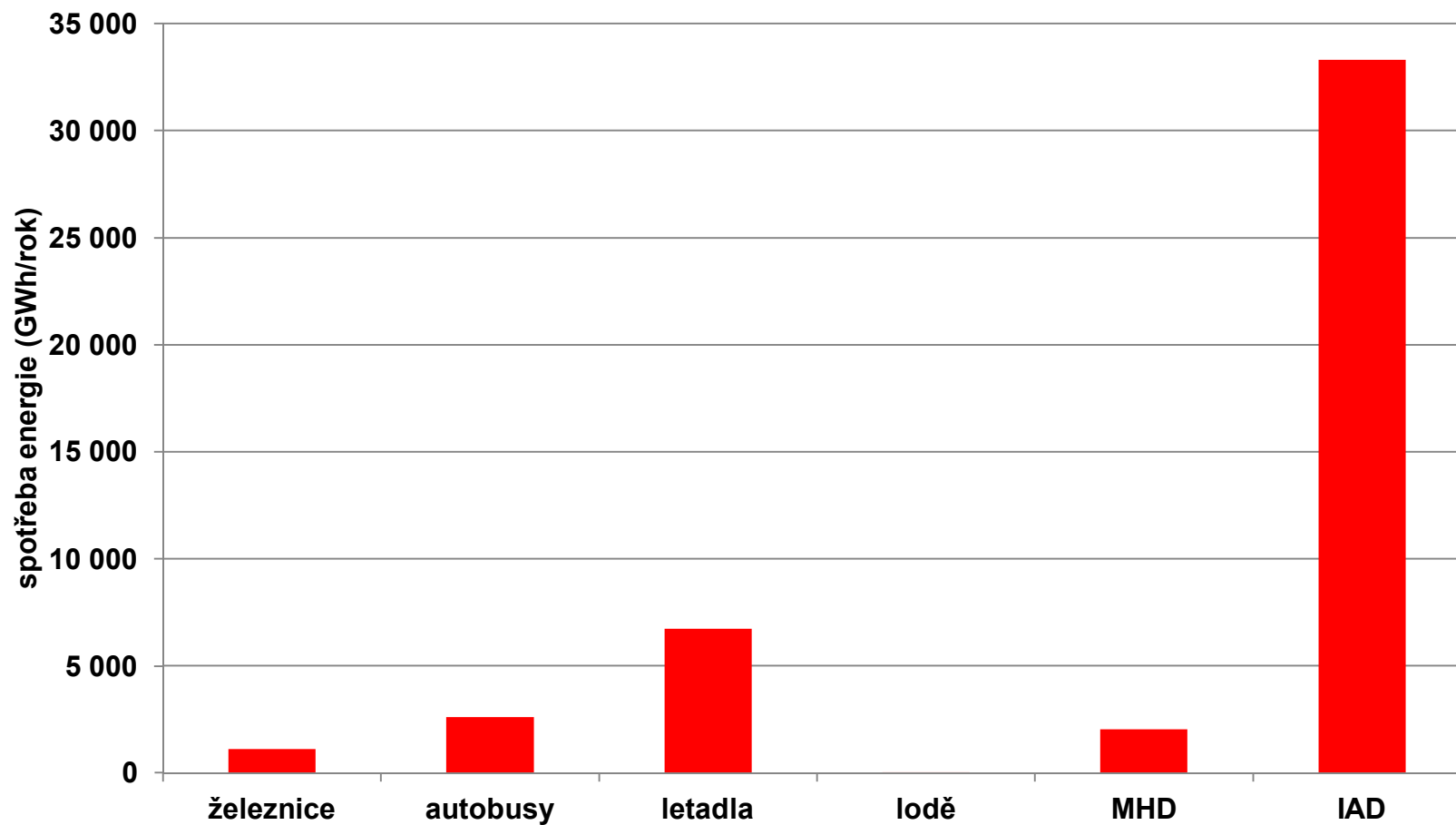
# Energetická náročnost mobility

přepravní výkony osobní dopravy v ČR



# Energetická náročnost mobility

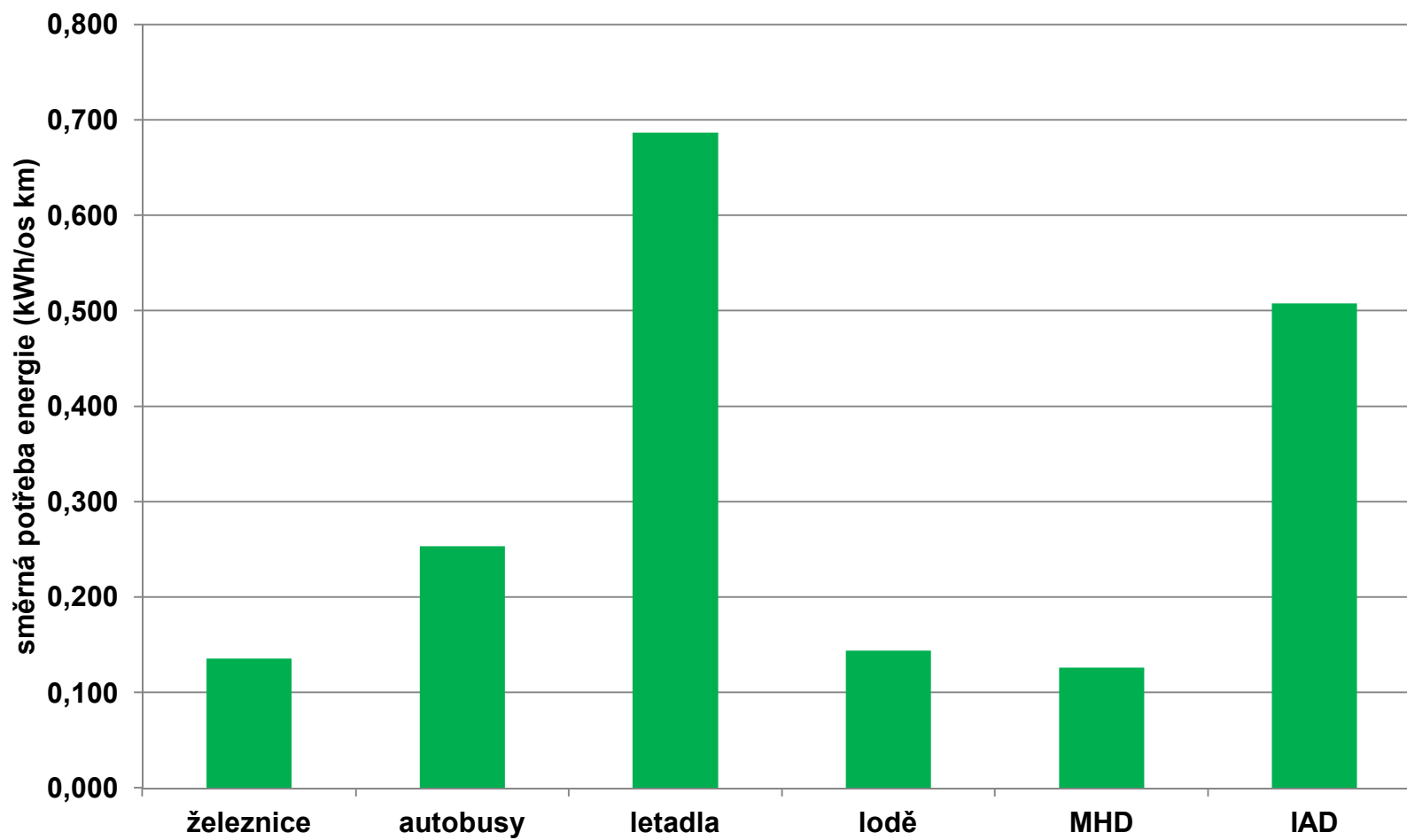
spotřeba energie osobní dopravy v ČR





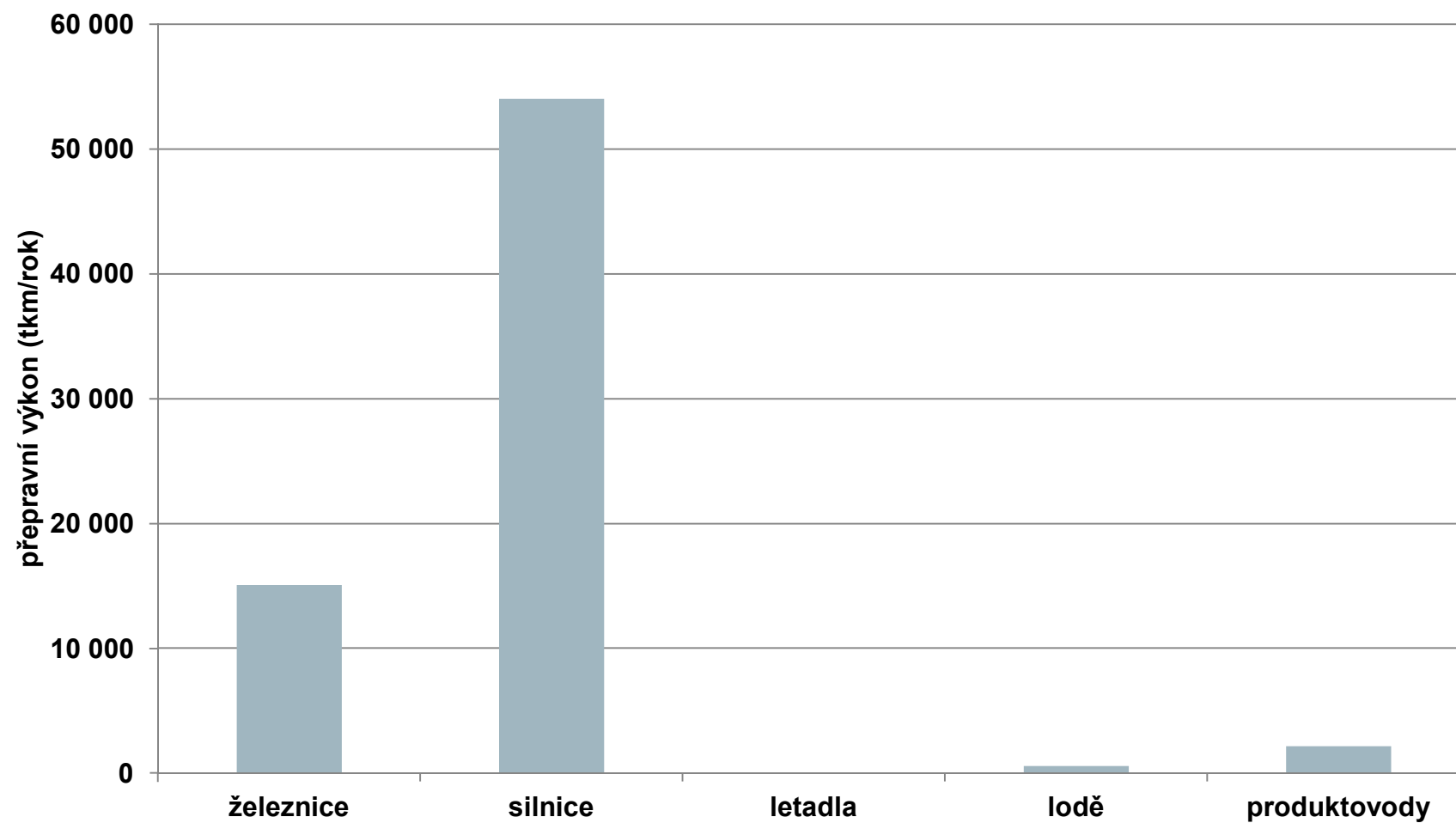
# Energetická náročnost mobility

měrná energetická náročnost osobní dopravy v ČR

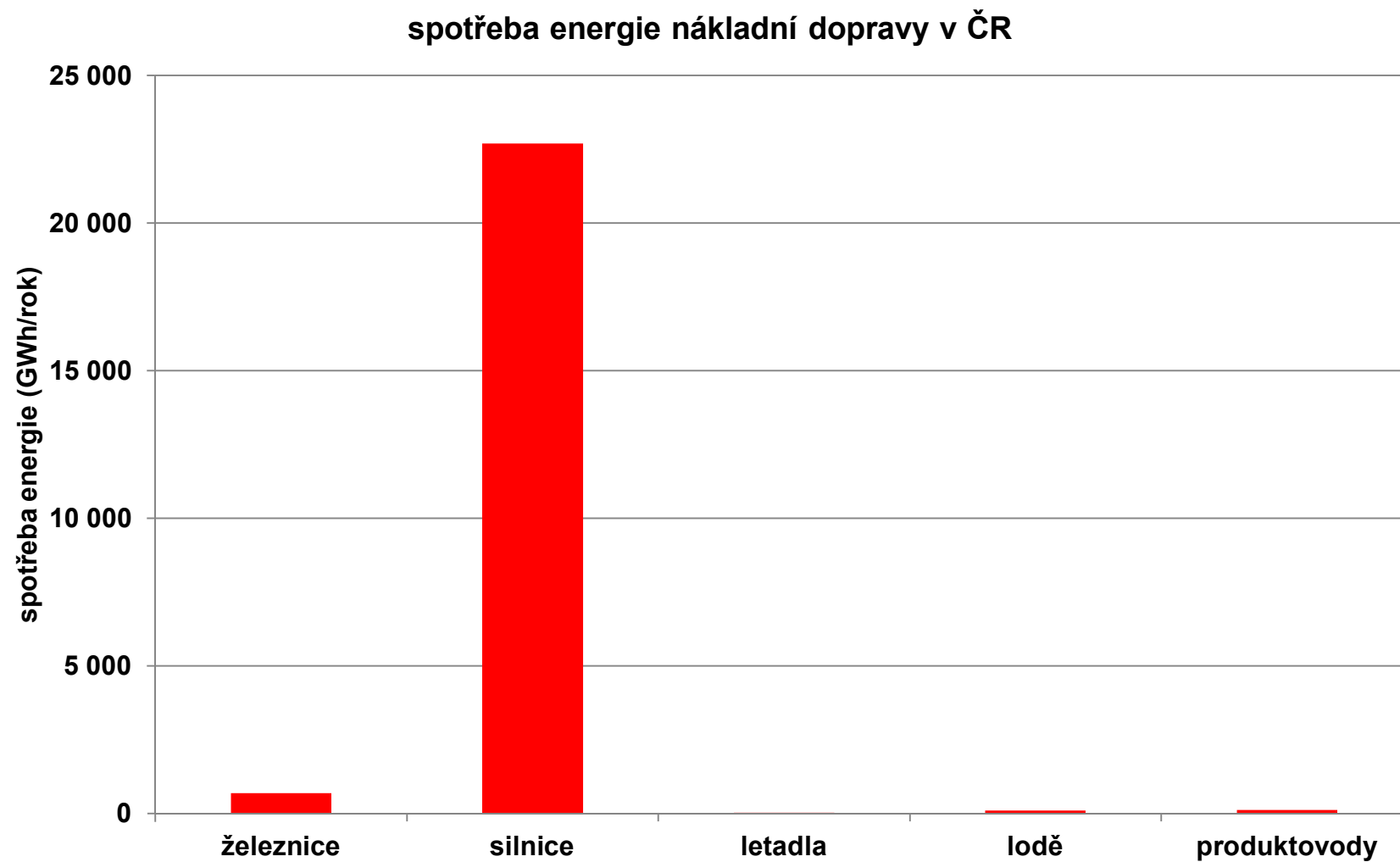


# Energetická náročnost mobility

přepravní výkony nákladní dopravy v ČR

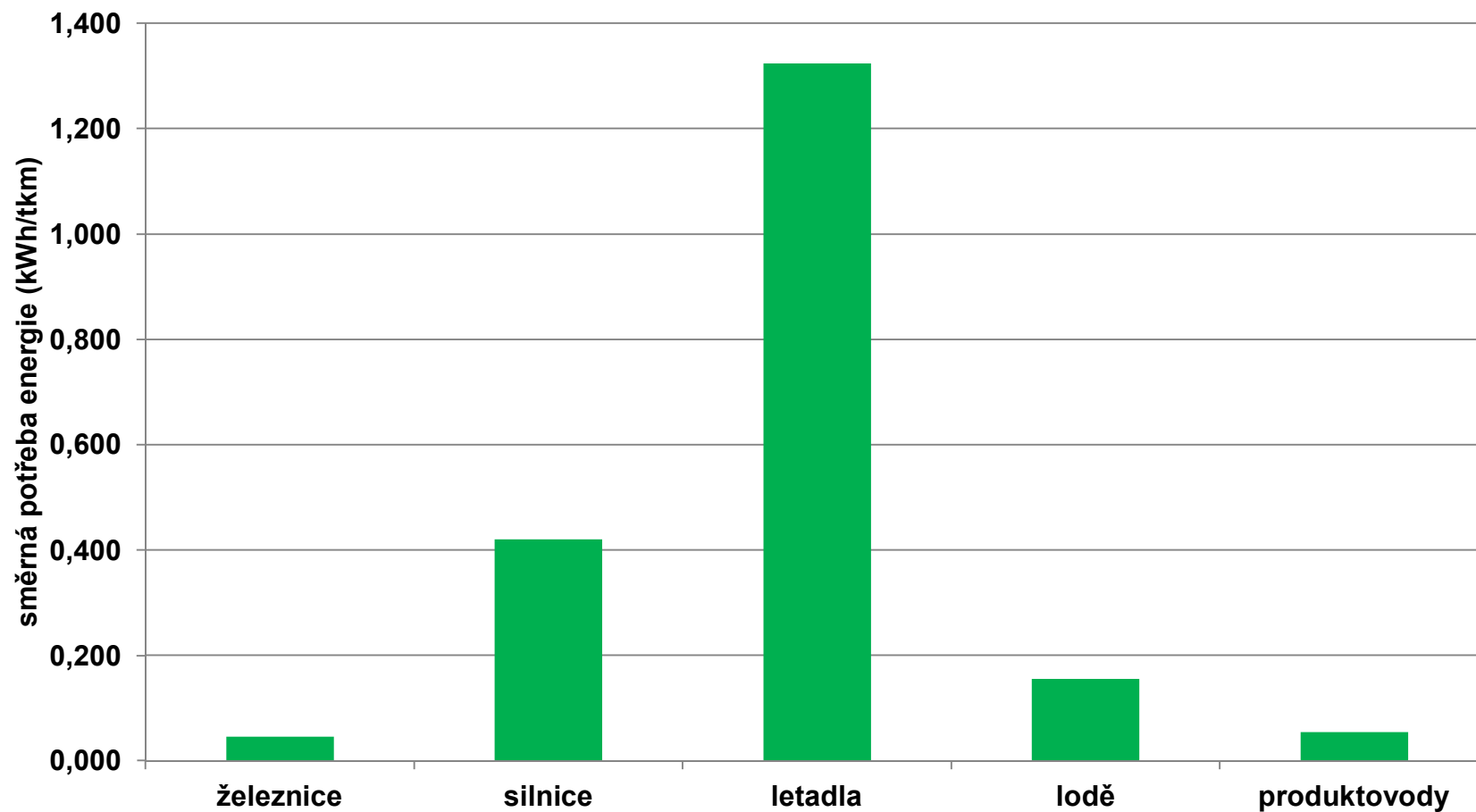


# Energetická náročnost mobility



# Energetická náročnost mobility

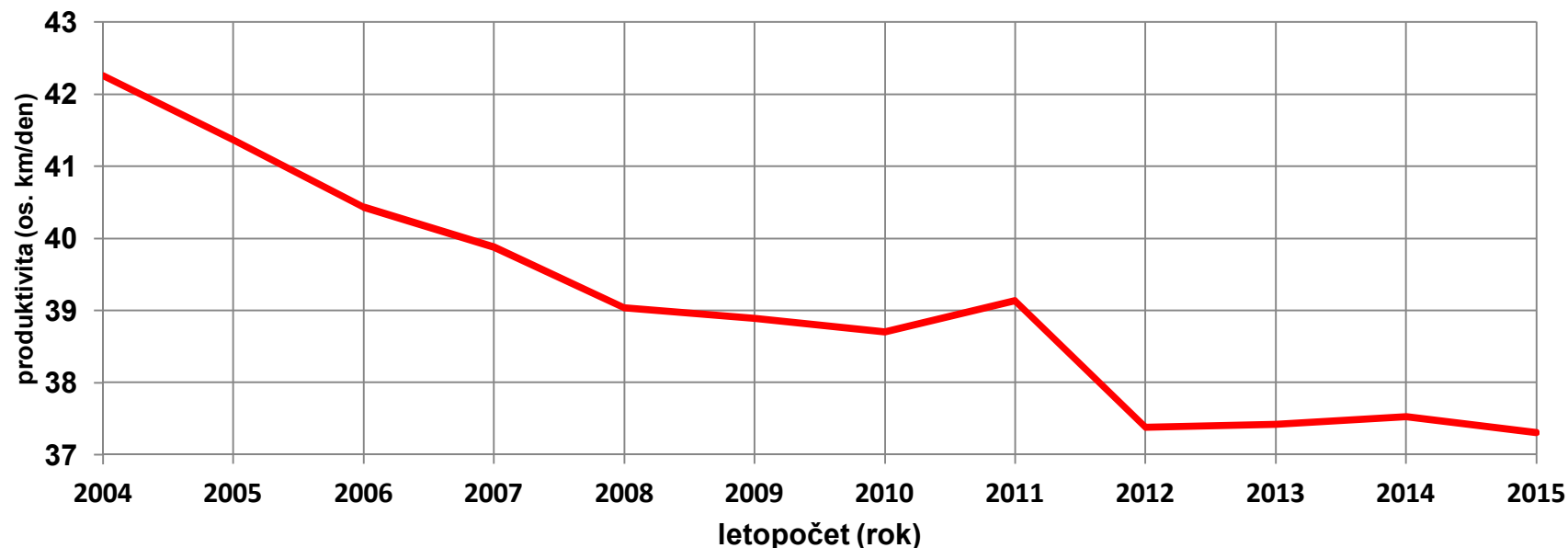
měrná energetická náročnost nákladní dopravy v ČR



## Kontinuální pokles produktivity osobních automobilů registrovaných v ČR (MD ČR: Ročenka dopravy 2015)

rok		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
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	69 705
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	5 115 316
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	37,3

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**

## **Meze použitelnosti individuální automobilové dopravy**

**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 investic vložených do dopravních prostředků (ČR: 24 minut ze 24 hodin) –
  - nevyužití (ztráta) času stráveného cestováním.
- => automobily lidem 2 % času slouží a 98 % je obtěžují**

**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**

# 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:**

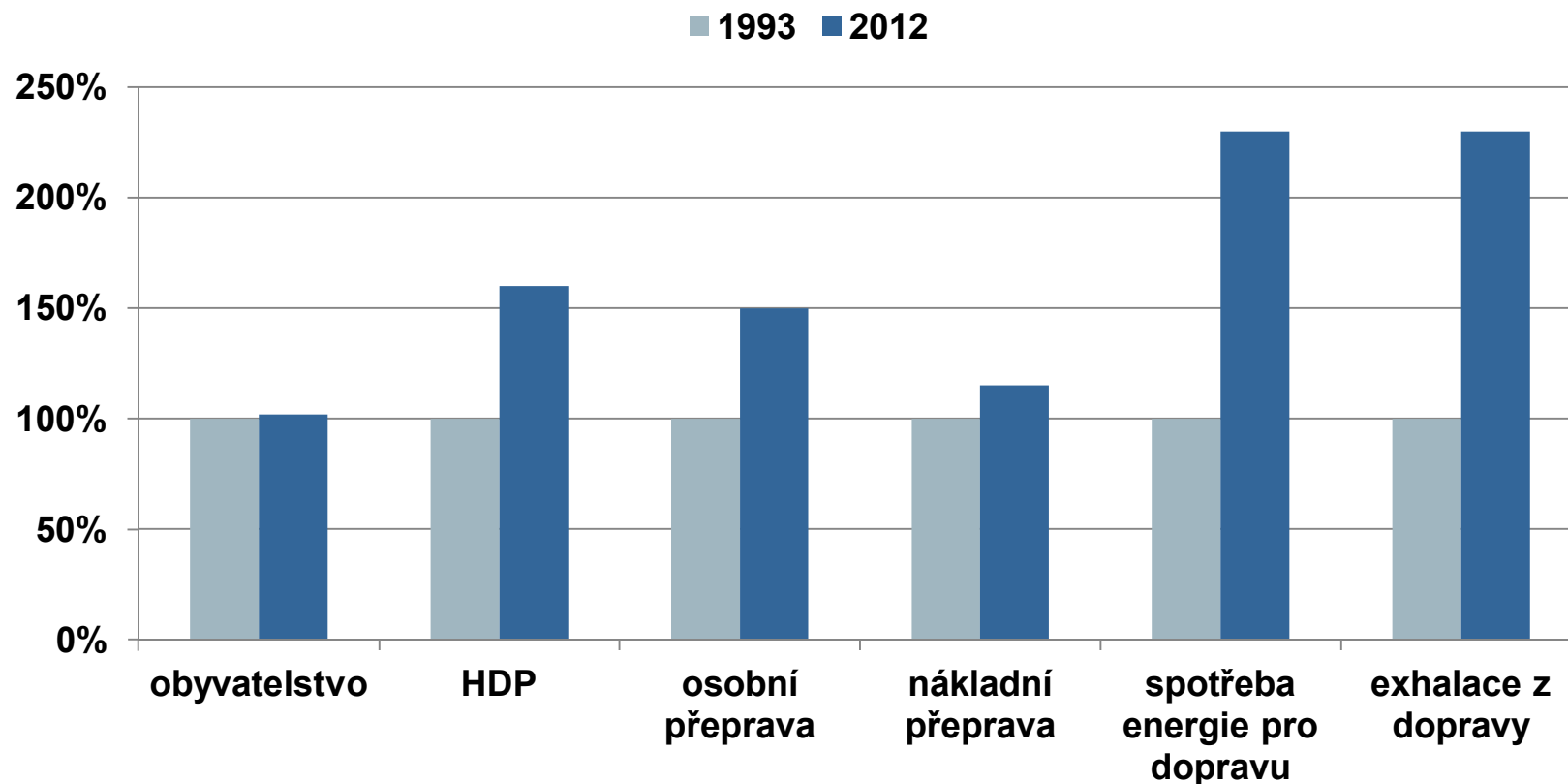
$$P = N \cdot L = 300 \cdot 800 = 240\,000 \text{ os. km/den}$$

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



# Vývoj dvaceti let v České republice

## Česká republika 1993 - 2012



**V průběhu prvních 20 let samostatné ČR došlo ke zvýšení spotřeby energie pro dopravu na 2,3 násobek i ke zvýšení exhalací produkovaných dopravou též na 2,3 násobek. Nyní je úkolem zcela opačný trend: čistá mobilita.**

**Děkuji Vám za Vaši pozornost.**



**Ing. Jiří Pohl**  
Engineer Senior  
Siemens, s.r.o. / Mobility

Siemensova 1  
155 00 Praha 13  
Česká republika

[siemens.cz/mobility](http://siemens.cz/mobility)