

Uhlíková stopa a Doprava 4.0

Úřad Vlády České republiky, 9.2.2016
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 životnímu stylu.

Bilance spotřeby fosilních paliv (Česká republika, 2015)

	energie	uhlíková stopa
palivo	kWh/obyv./den	kg CO ₂ /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 CO₂ 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 CO_2 z atmosféry odčerpává, při spalování se do atmosféry 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 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.

Důsledky spalování fosilních paliv

V současné době intenzivního spalování fosilních paliv dochází k nerovnováze, do atmosféry je spalováním předáváno více CO_2 , 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) se postupně zvyšuje, aktuálně (začátek roku 2016) již dosahuje cca 400 ppm.

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_2 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 CO₂
- spálením jednoho litru benzínu se dostává do ovzduší 2,46 kg CO₂
- spálením jednoho kg zemního plynu se dostává do ovzduší 2,79 kg CO₂

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

Jedinou cestou ke snížení antropogenní produkce CO₂ je spalovat méně fosilních paliv.

Jedinou cestou ke zamezení antropogenní produkce CO₂ je nespalovat žádná fosilních paliva.

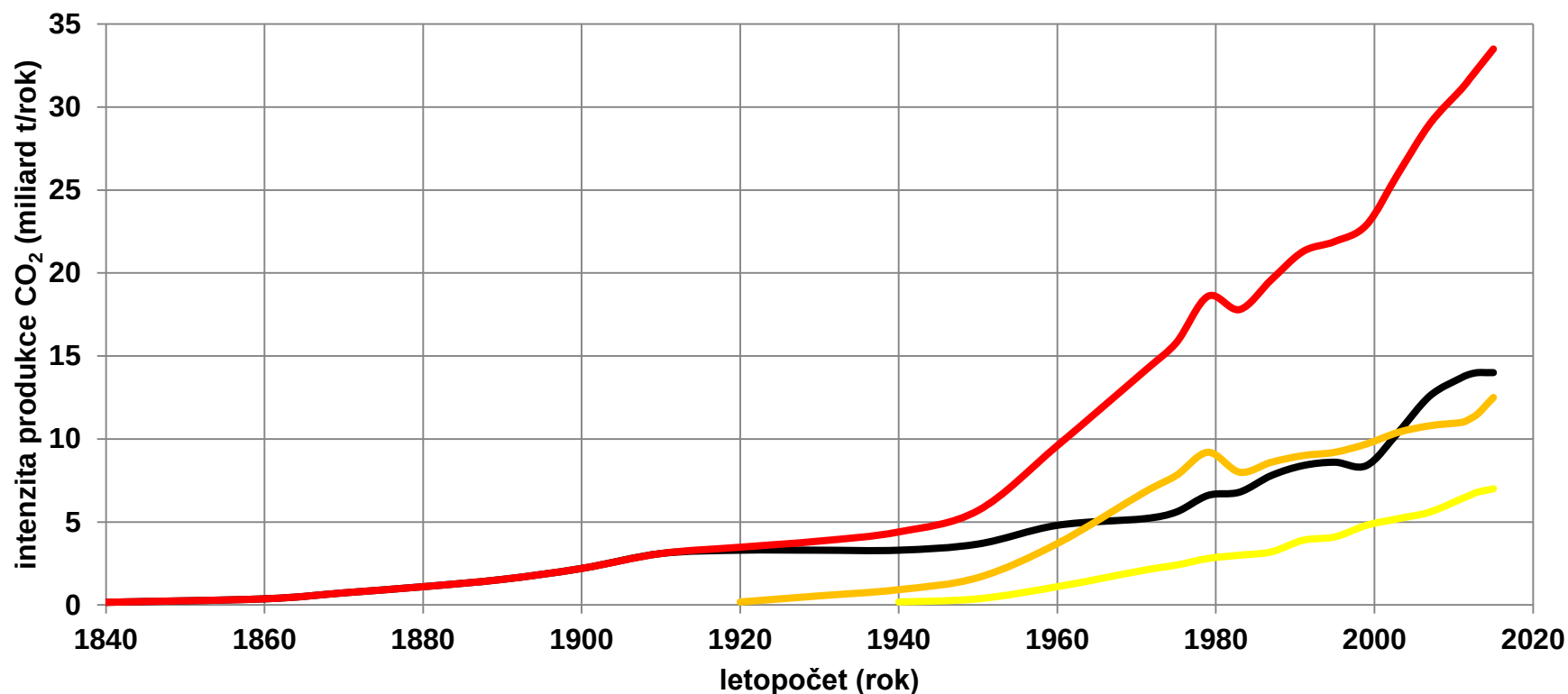
Intenzita produkce oxidu uhličitého spalováním fosilních paliv

Realita roku 2015: 7,3 miliardy lidí vyprodukovalo 33,5 miliardy tun CO₂/rok.

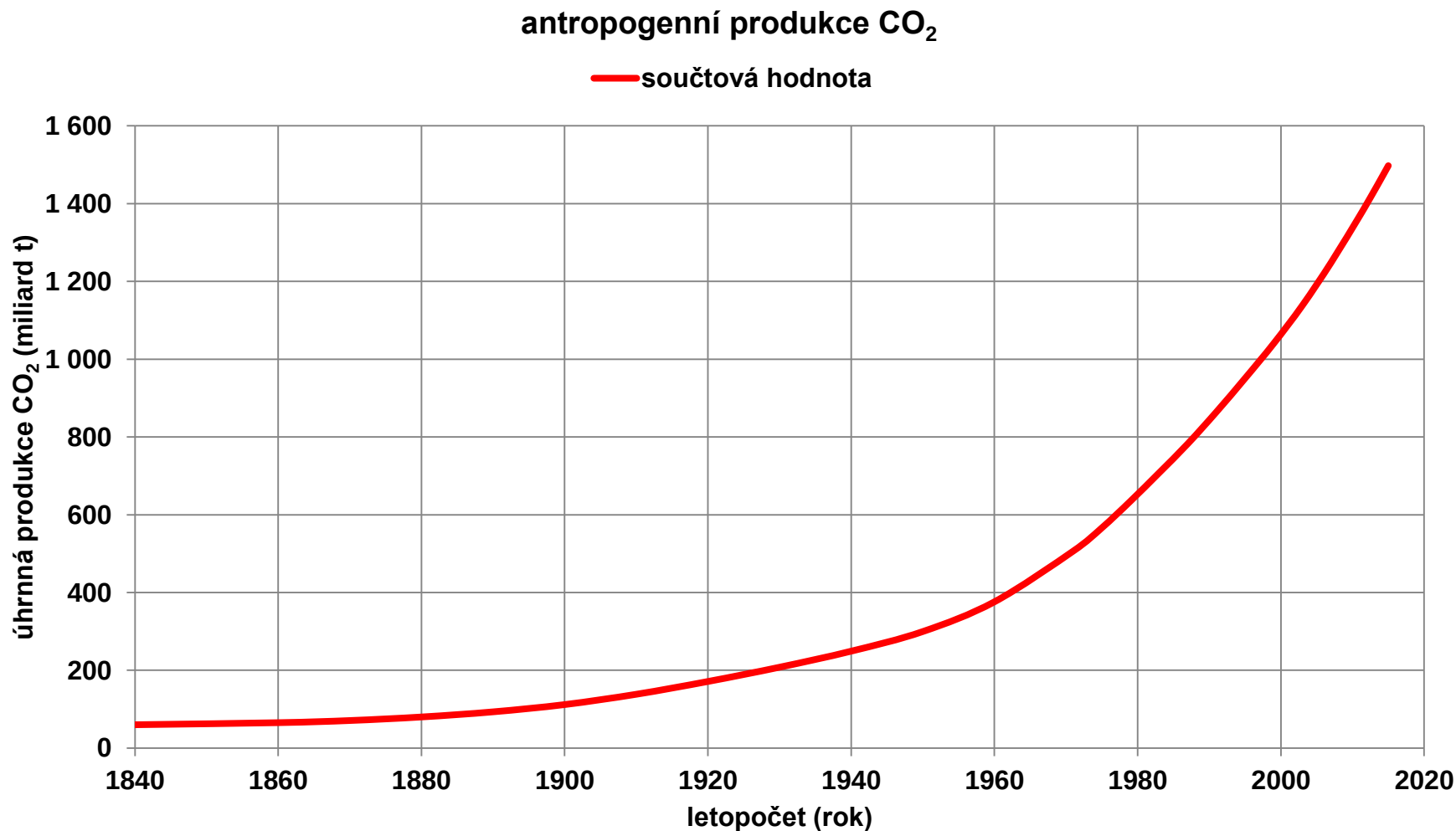
Pravidelný meziroční nárůst intenzity produkce CO₂: cca o 0,6 miliardy tun/rok.

intenzita produkce CO₂ spalováním fosilních paliv

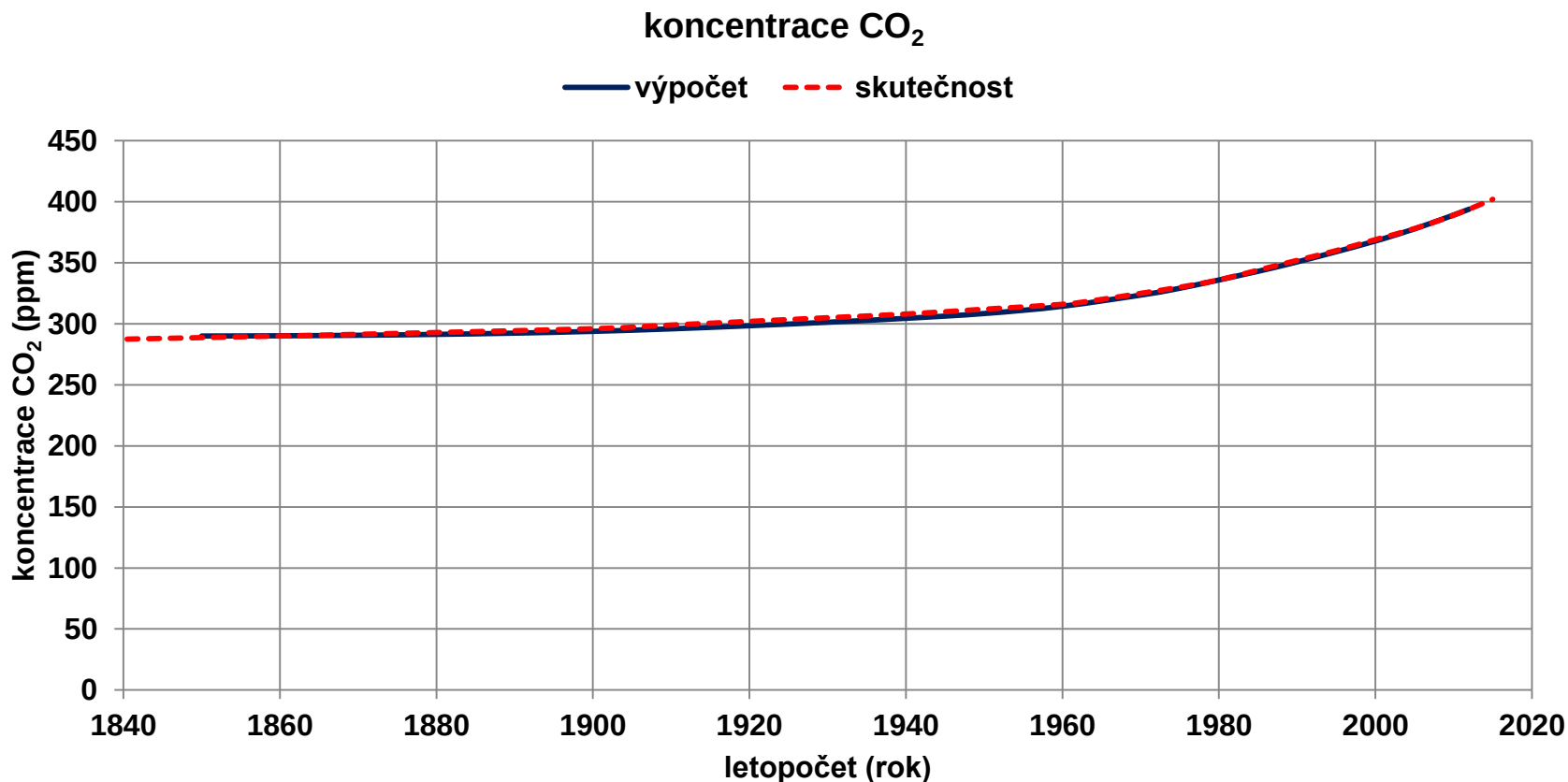
— uhlí — ropa — zemní plyn — celkem



Úhrnná hodnota produkce CO₂ spalováním fosilních paliv **SIEMENS** (do ovzduší již bylo přidáno k 3 500 mld. t dalších 1 500 mld. t CO₂)



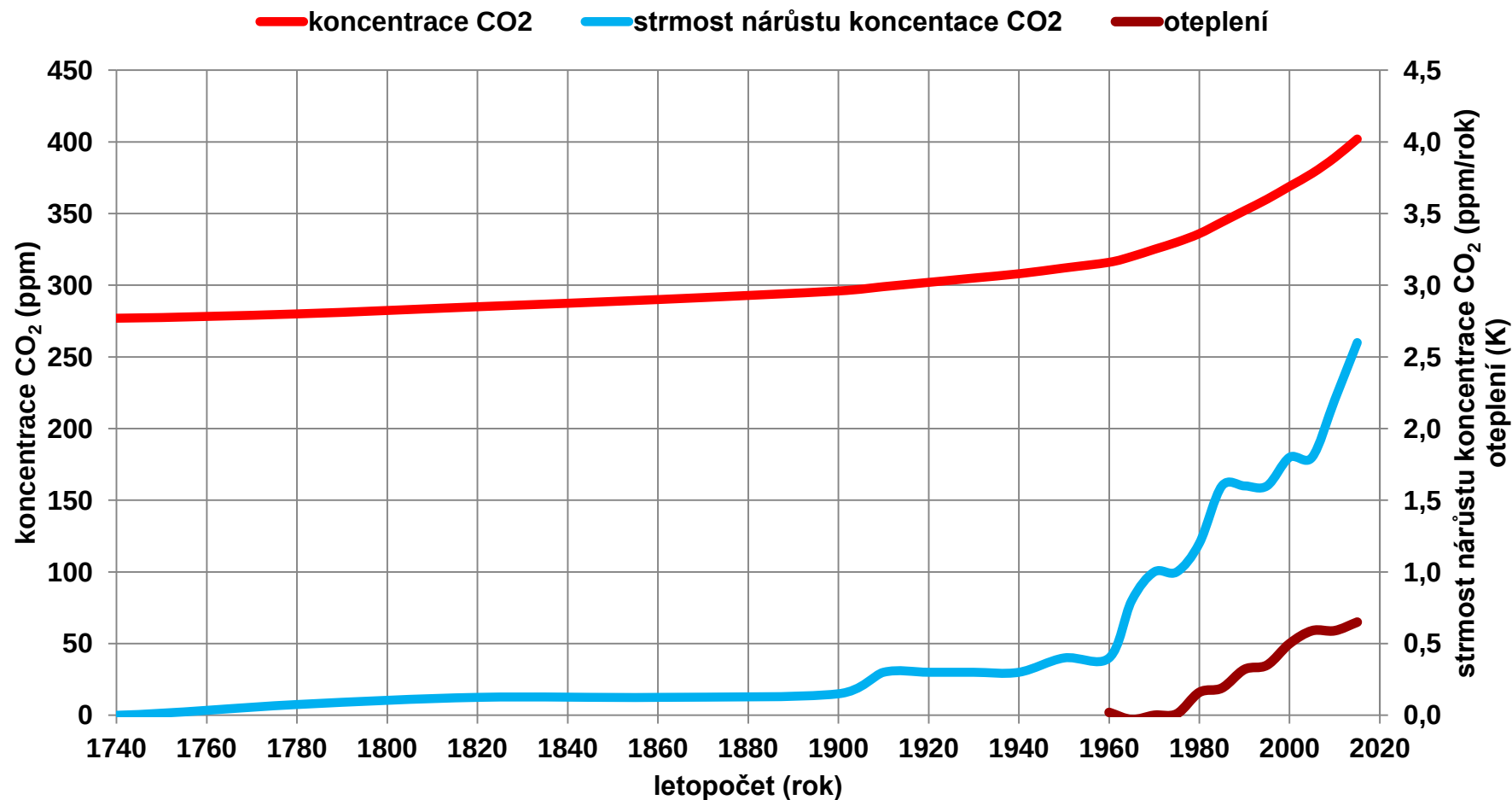
Validace: kontrola shody výpočtu koncentrace CO₂ s měřením



Zákon zachování hmoty funguje. Uhlík z veškerého vytěženého uhlí, ropy a zemního plynu je ve formě CO₂ v ovzduší nad námi. Podzemí jsme přestěhovali na oblohu.

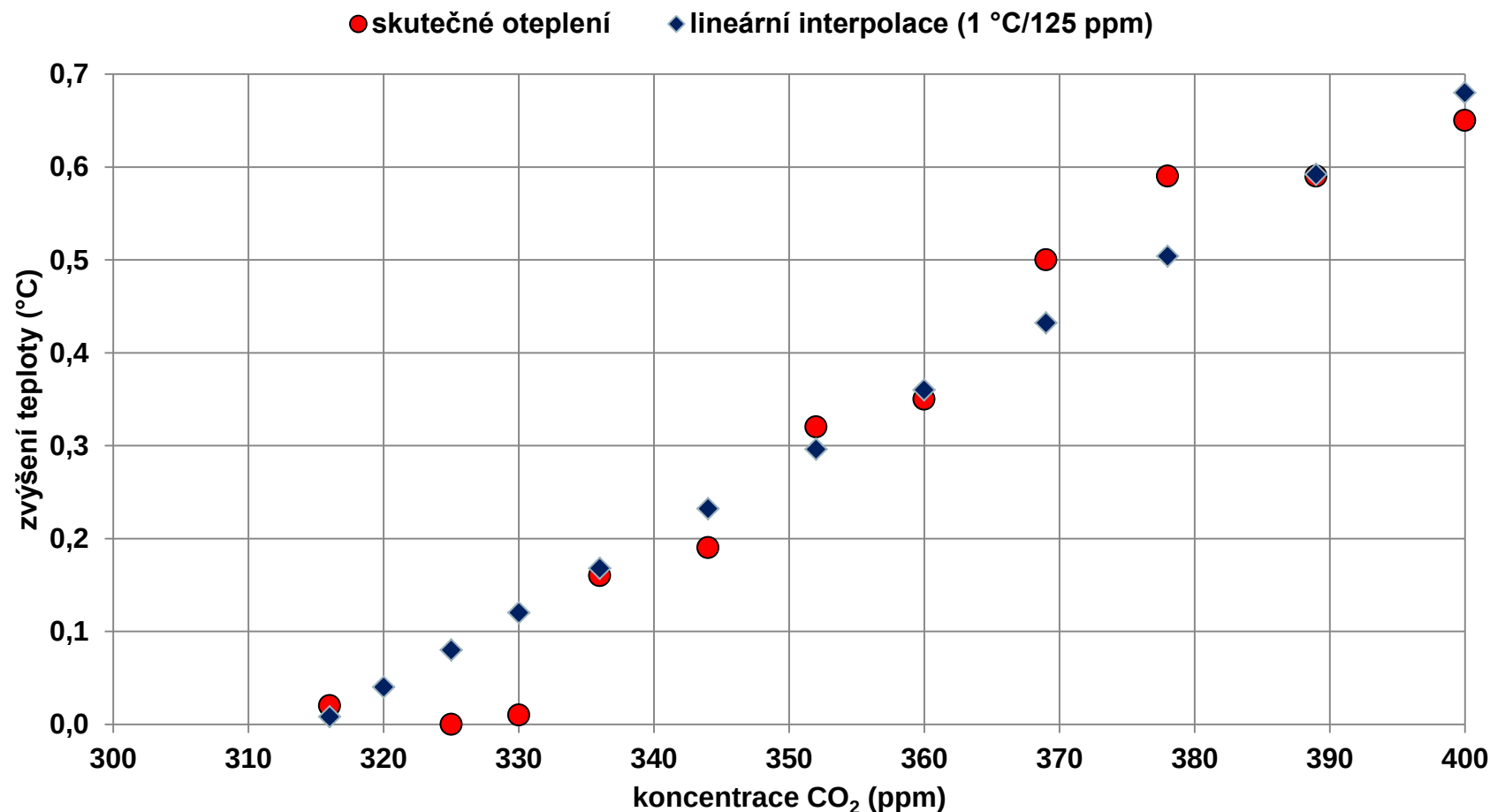
Důsledky spalování fosilních paliv (koncentrace CO₂ roste v posledních létech o 2,6 ppm/rok)

Vývoj koncentrace CO₂ v zemském obalu



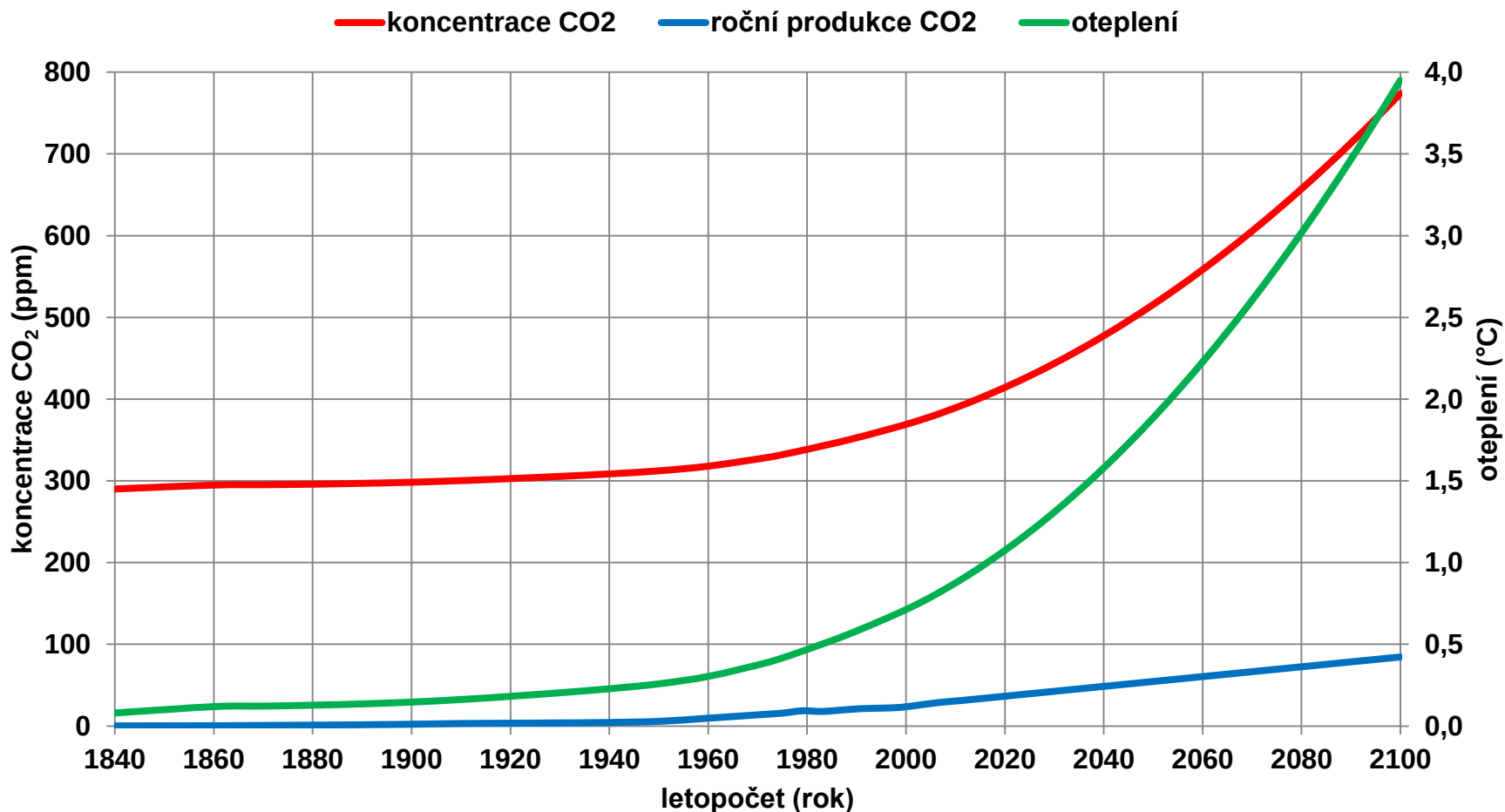
Vliv růstu koncentrace CO₂ v důsledku spalování fosilních paliv na oteplení Země (cca 1 °C na 125 ppm CO₂)

závislost zvýšení střední teploty Země na koncentraci CO₂ (1960 až 2015)



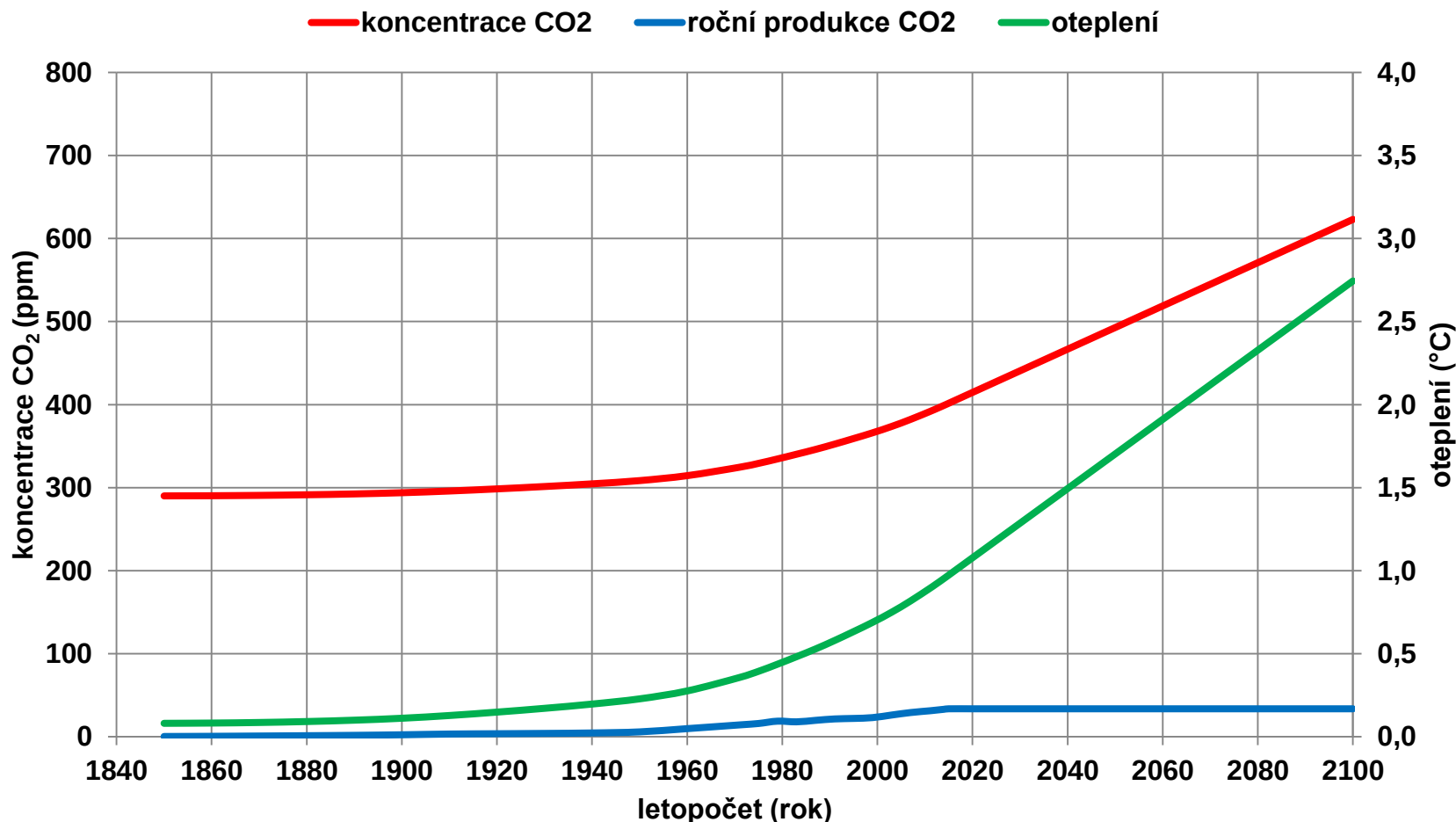
1. alternativní scénář dalšího spalování fosilních paliv: **SIEMENS** pokračování současné progrese (cílové oteplení k roku 2100: 4,0 °C)

predikce vývoje klimatu (dosavadní růst: + 0,6 miliard t CO₂/rok)



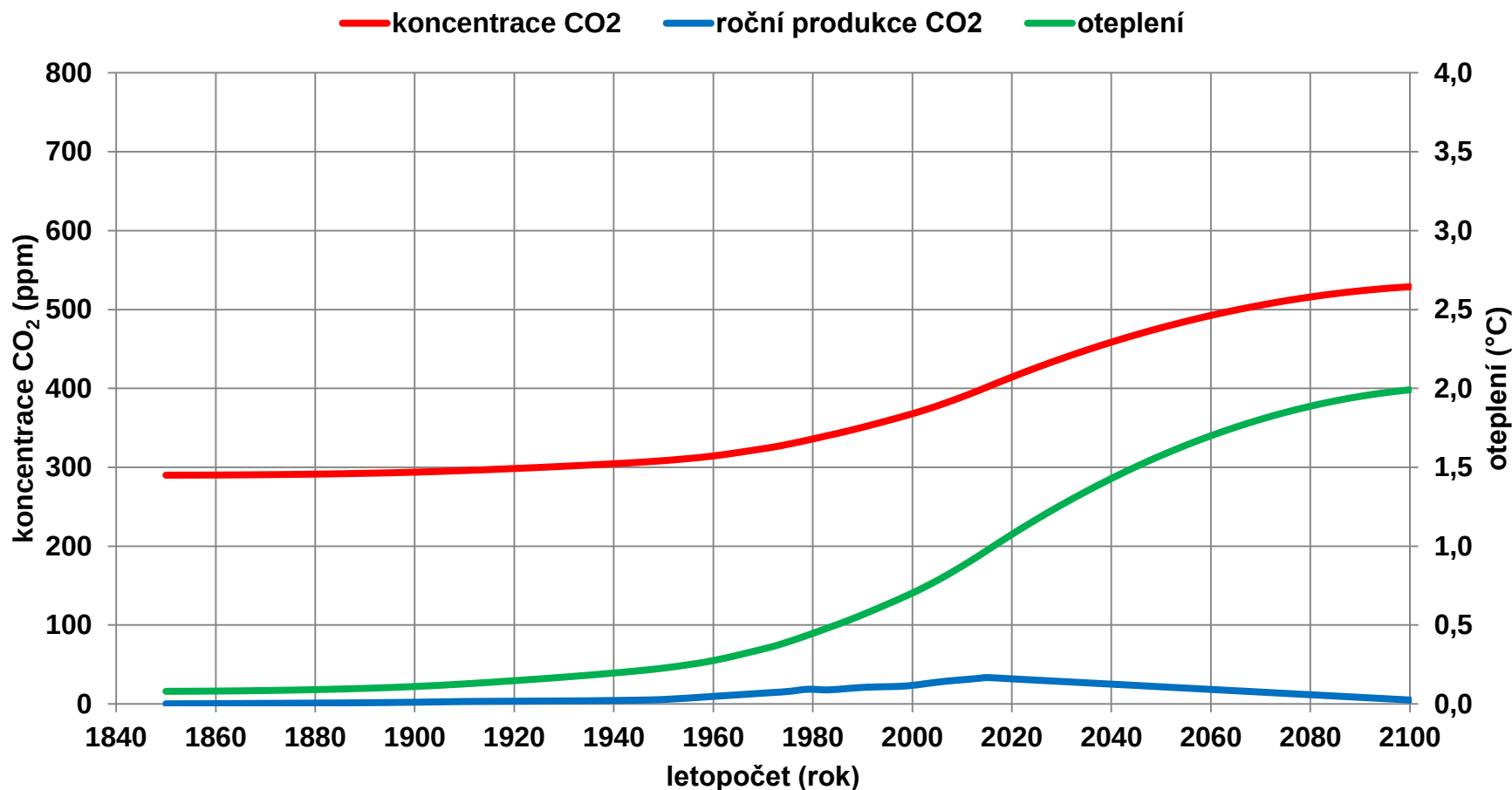
2. alternativní scénář dalšího spalování fosilních paliv: **SIEMENS** stagnace na úrovni roku 2015 (cílové oteplení k roku 2100: 2,7 °C)

predikce vývoje klimatu (stagnace na hodnotě 33,5 miliard t CO₂/rok)



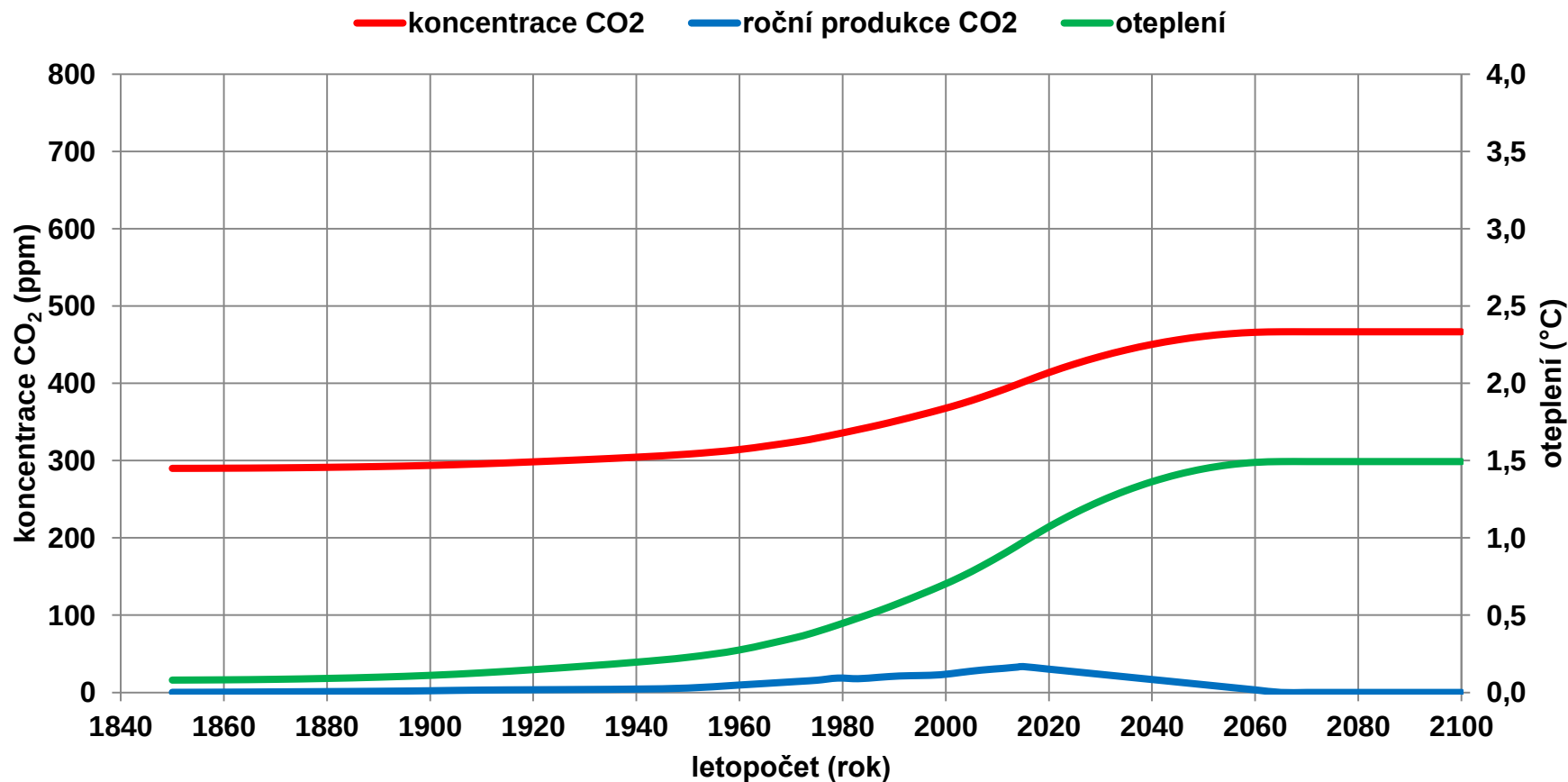
3. alternativní scénář dalšího spalování fosilních paliv: pomalý útlum (cílové oteplení k roku 2100: 2,0 °C)

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



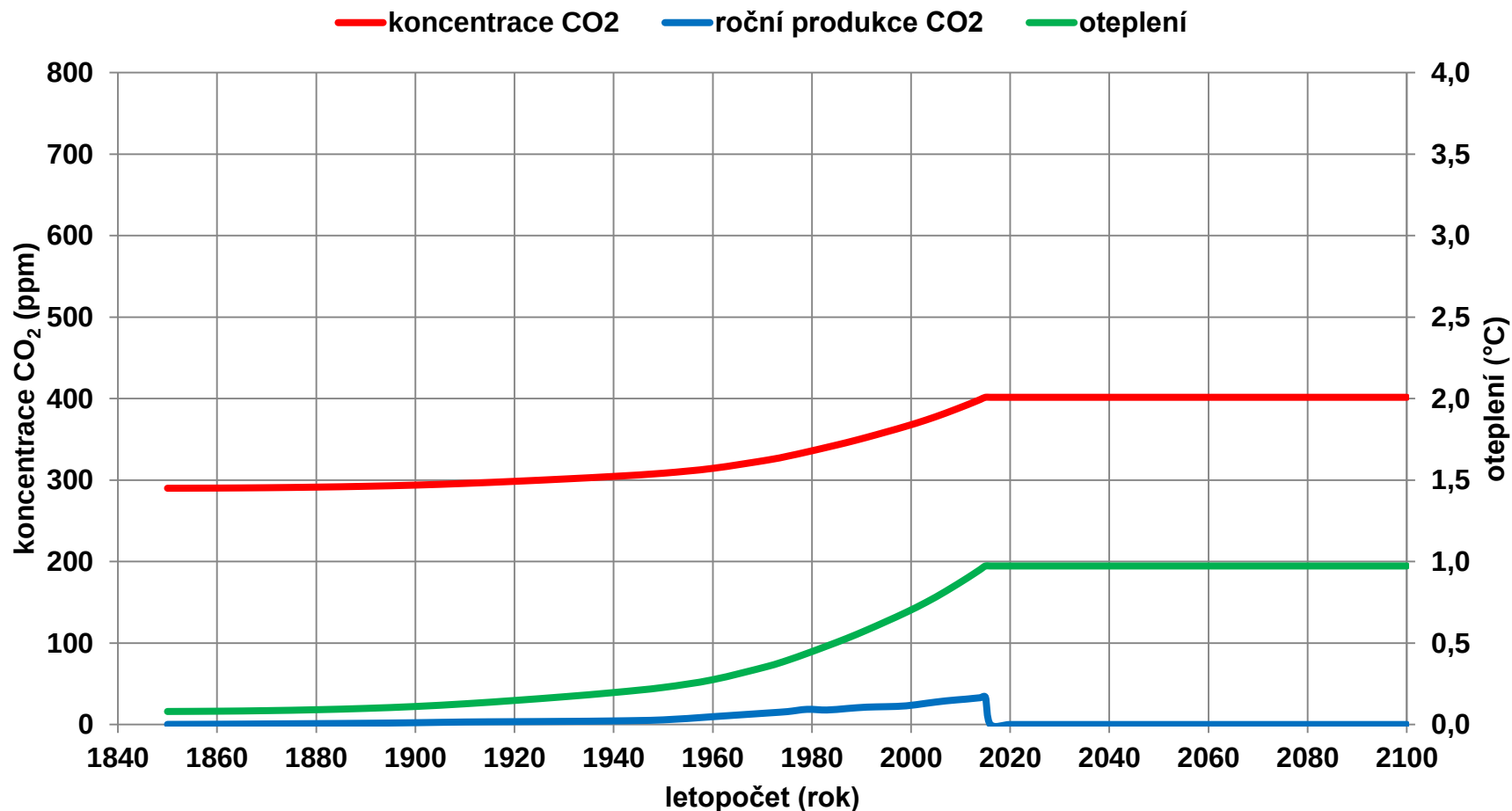
4. alternativní scénář dalšího spalování fosilních paliv: rychlejší útlum (cílové oteplení k roku 2100: 1,5 °C)

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)

	výchozí (1700)			dosud (2015)			ještě k dispozici			celkem		
palivo	produkce	koncentrace	oteplení	produkce	koncentrace	oteplení	produkce	koncentrace	oteplení	produkce	koncentrace	oteplení
	mld. t CO ₂	ppm CO ₂	°C	mld. t CO ₂	ppm CO ₂	°C	mld. t CO ₂	ppm CO ₂	°C	mld. t CO ₂	ppm CO ₂	°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 ₂	měrná prod. CO ₂
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 CO₂ než ČR,
ale Čech je větším producentem CO₂, než Číňan.

Shrnutí

Podle zákona zachování hmoty se při spalování uhlí, nafty i zemního plynu stěhuje uhlík v podobě CO₂ 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 téměř 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) 844 miliard tun CO₂ (pro oteplení o 1,5 °C),**
- b) 1 625 miliard tun CO₂ (pro oteplení o 2 °C).**

Shrnutí

V roce 2015 jsme vyprodukovali 33,5 miliard tun CO₂ (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 Čínou.

Meziroční nárůst produkce CO₂ činí v posledních letech 0,6 miliardy t ročně.

Tedy nám 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).

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

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 (η):

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

Ideální vozidlo:

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



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)**

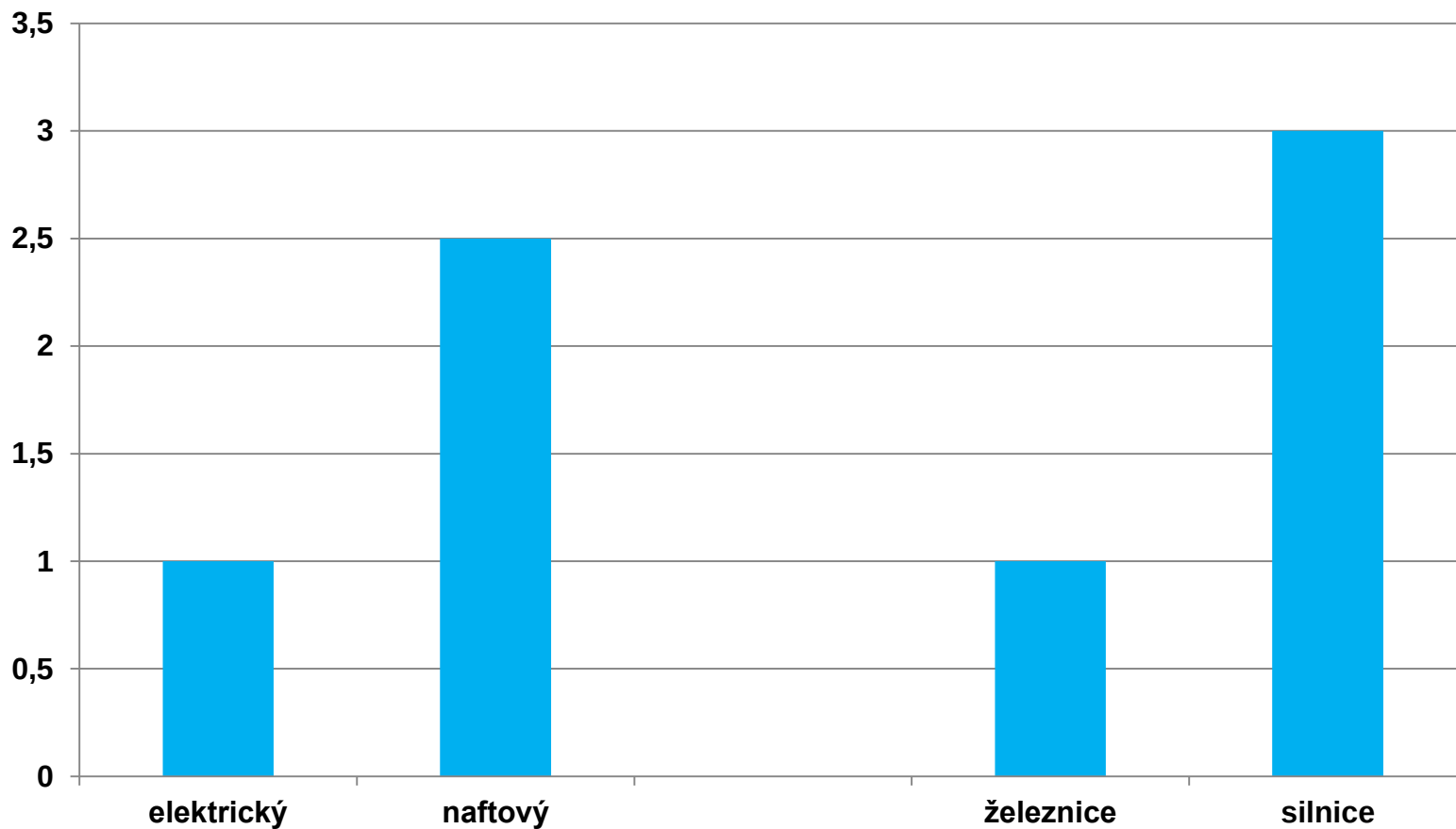
III. účinnost motoru

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)

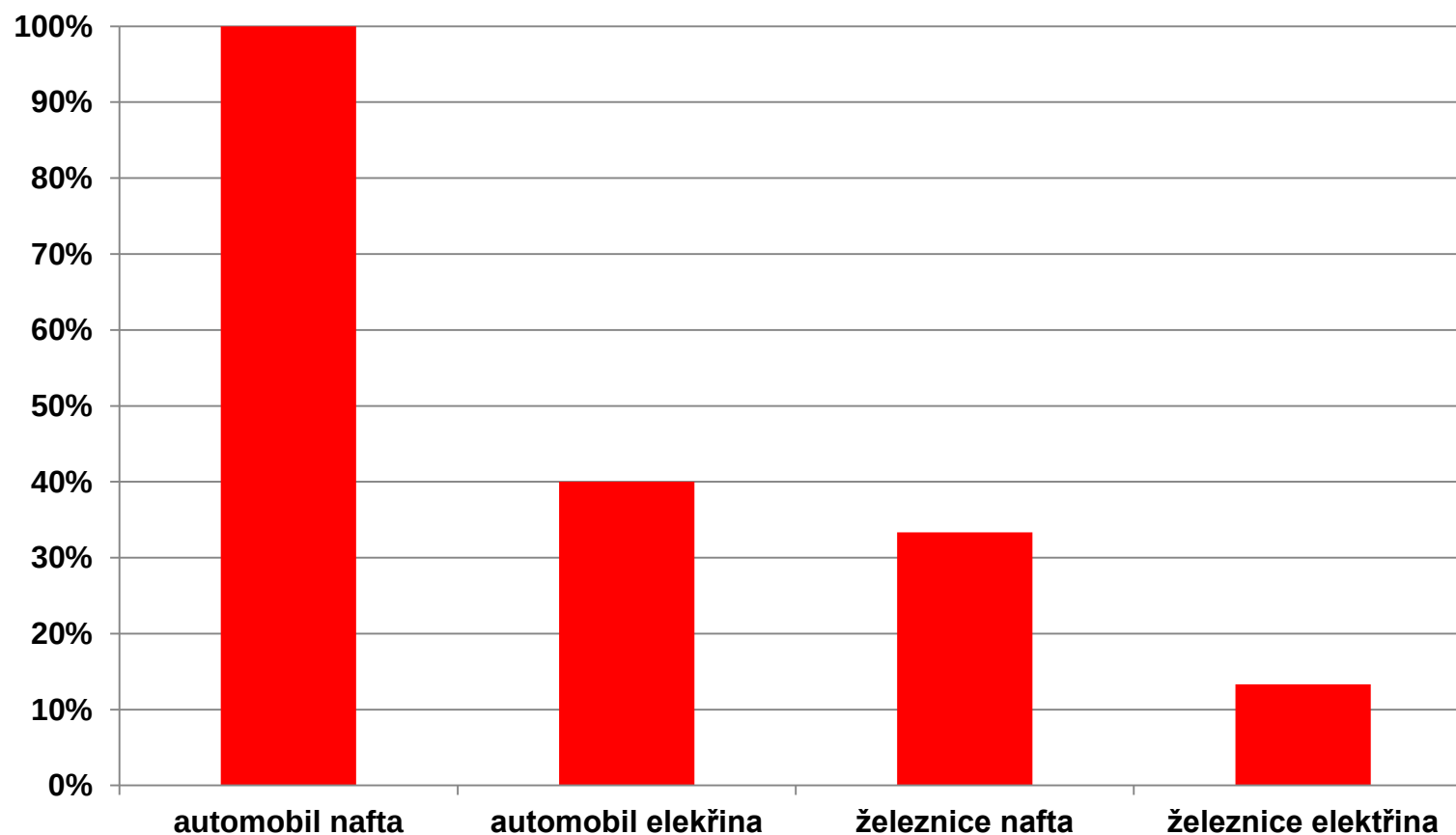
Energetická náročnost mobility

poměrná energetická náročnost dopravy

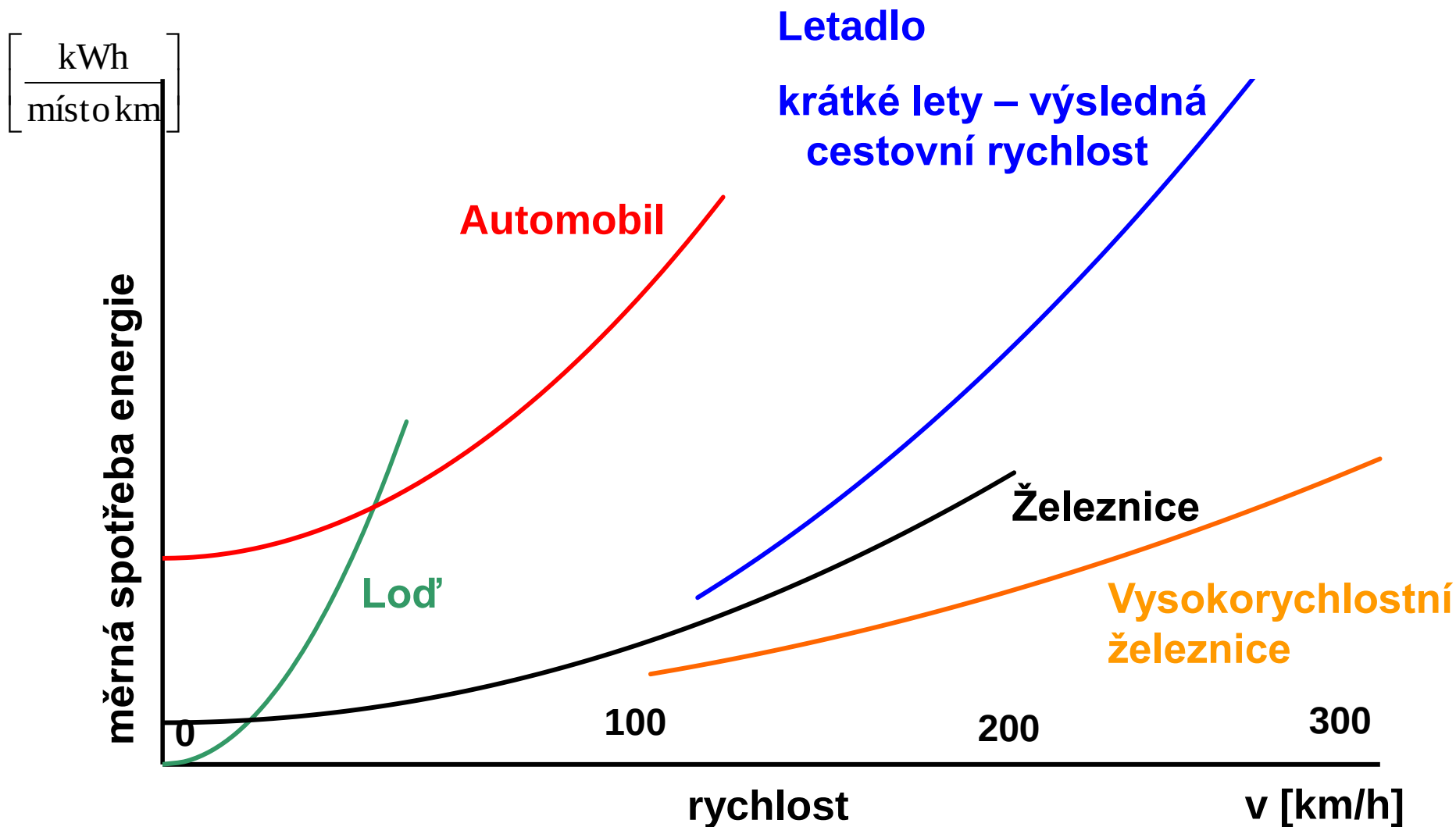


Energetická náročnost mobility

poměrná energetická náročnost dopravy



Energetická náročnost dopravy



Vývoj dopravy v České republice

Za dvacet let (1993 až 2012) došlo v ČR k:

zvýšení počtu obyvatel na 102 %,

zvýšení HDP na 160 %,

zvýšení přepravních výkonů nákladní dopravy na 115 %,

zvýšení přepravních výkonů osobní dopravy na 150 %,

zvýšení spotřeby energie v dopravě na 230 %,

zvýšení exhalací produkovaných dopravou na 230 %.

⇒dopravou se plýtvá,

⇒doprava plýtvá energiemi

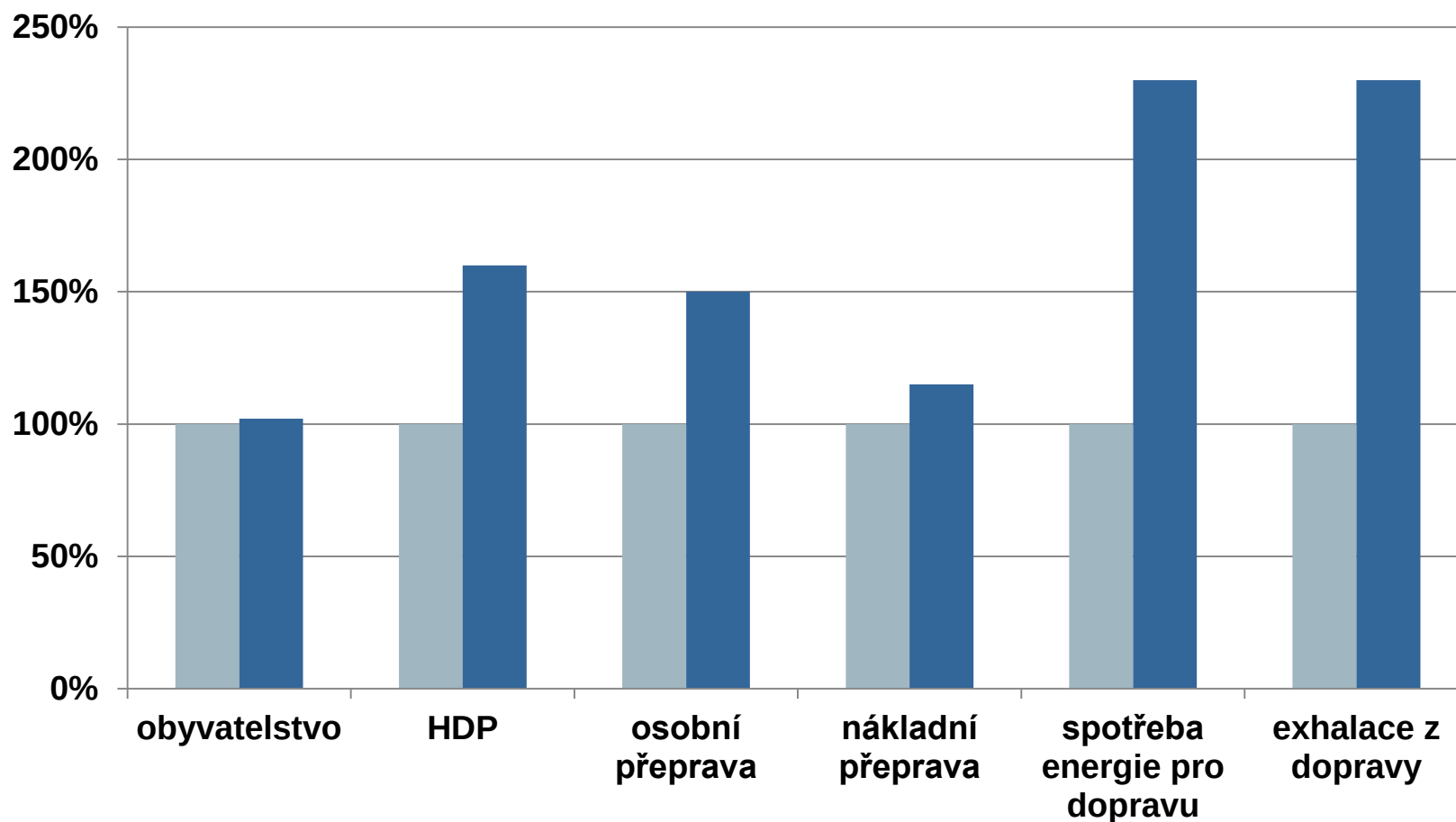
Dominantním dopravním systémem se stala energeticky vysoce náročná automobilová doprava, která aktuálně v ČR zajišťuje 60 % přepravních výkonů osobní dopravy a 77 % přepravních výkonů nákladní dopravy.

Tento trend je nezdravý a je potřebné jej změnit.

Vývoj dvaceti let v České republice

Česká republika 1993 - 2012

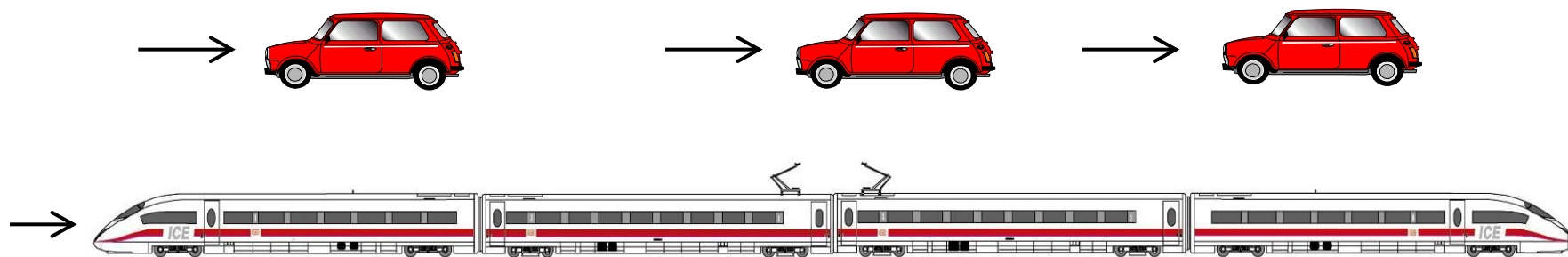
■ 1993 ■ 2012



Systémové nevýhody automobilové dopravy

Vysoká energetická náročnost automobilové dopravy, která se stala dominantní, je dána třemi skutečnostmi:

- **vysoký valivý odpor pneumatik po vozovce (8 ‰ proti 1 ‰ u železnice), který je průvodním jevem potřebné stability pneumatik,**
- **vysoký aerodynamický odpor (na rozdíl od železnice není využívána jízda vozidel v zákrytu). Význam této nevýhody se zvyšuje s rostoucí rychlostí jízdy,**



- **nízká (jen cca 35 %) účinnost přeměny energie paliva na mechanickou práci ve spalovacích motorech (65 % energie paliva se promění v tepelné ztráty).**

Energetická bilance dopravy v ČR

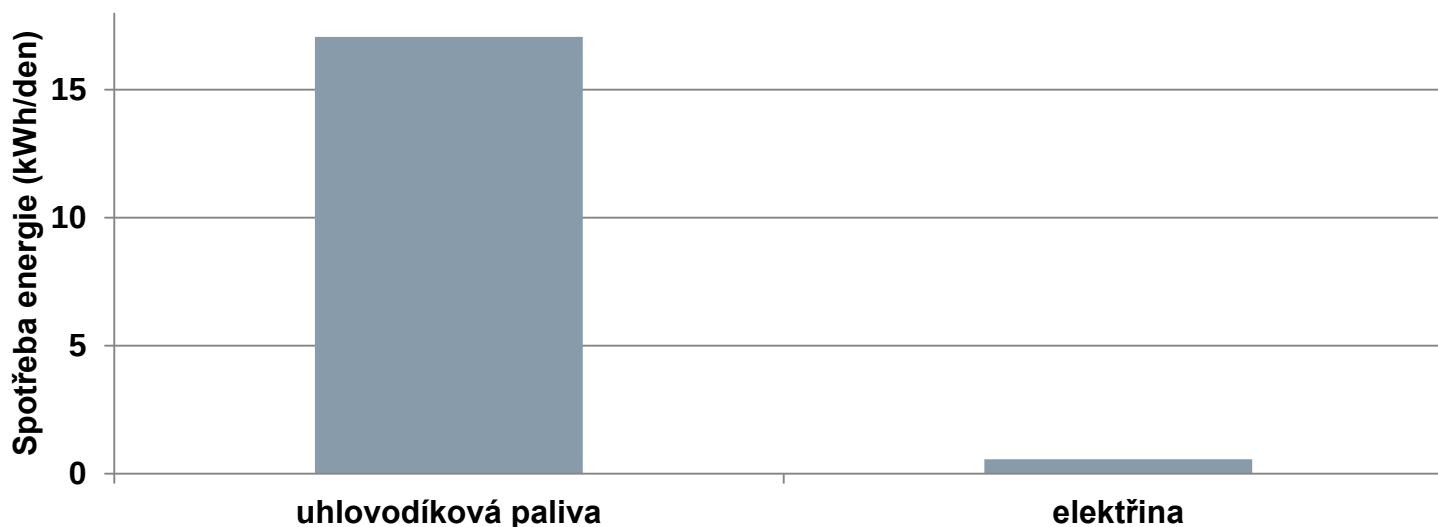
spotřeba energie (ASEK 2014)					
Česká republika, 2015					
subjekt	stát	obyvatel	obyvatel		
období	rok	rok	den		
	GWh/rok	kWh/rok	kWh/den		
primární spotřeba energie	514 528	48 770	133,6		
konečná spotřeba energie	318 472	30 187	82,7	100%	
spotřeba energie pro dopravu	70 611	6 693	18,3	22%	100%
z toho 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).**

denní spotřeba energie pro dopravu na jednoho obyvatele v ČR



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

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

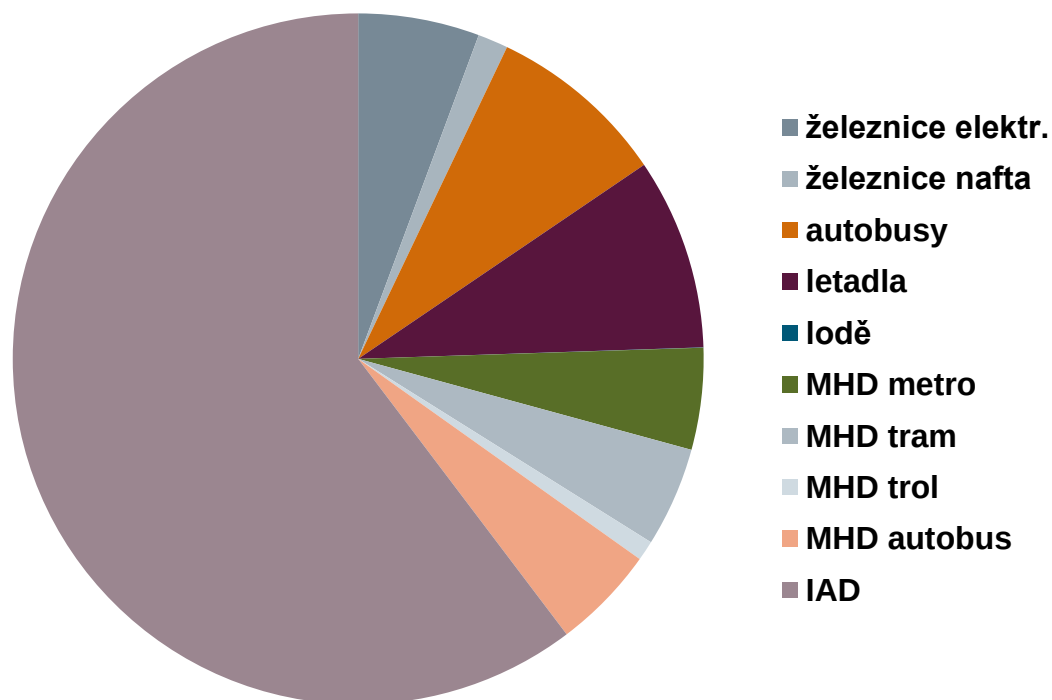
=> to dokládá vysokou efektivitu elektrické vozby, zejména kolejové.

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%

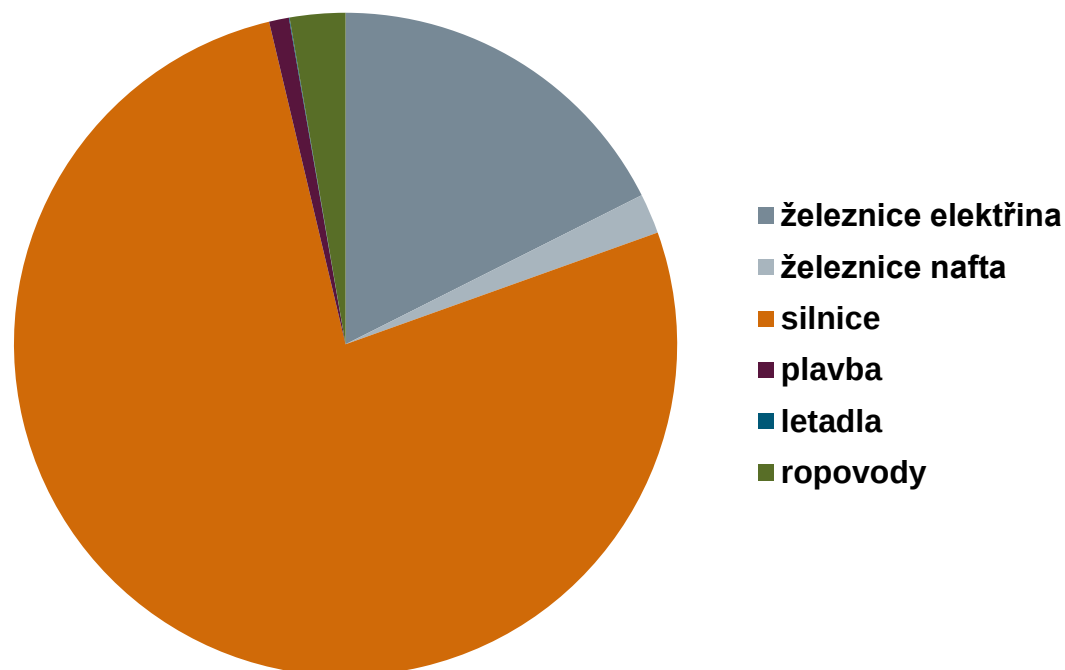


Podíl elektrické vozby na přepravních výkonech nákladní dopravy

Struktura přepravních výkonů nákladní dopravy
(ČR, 2013)

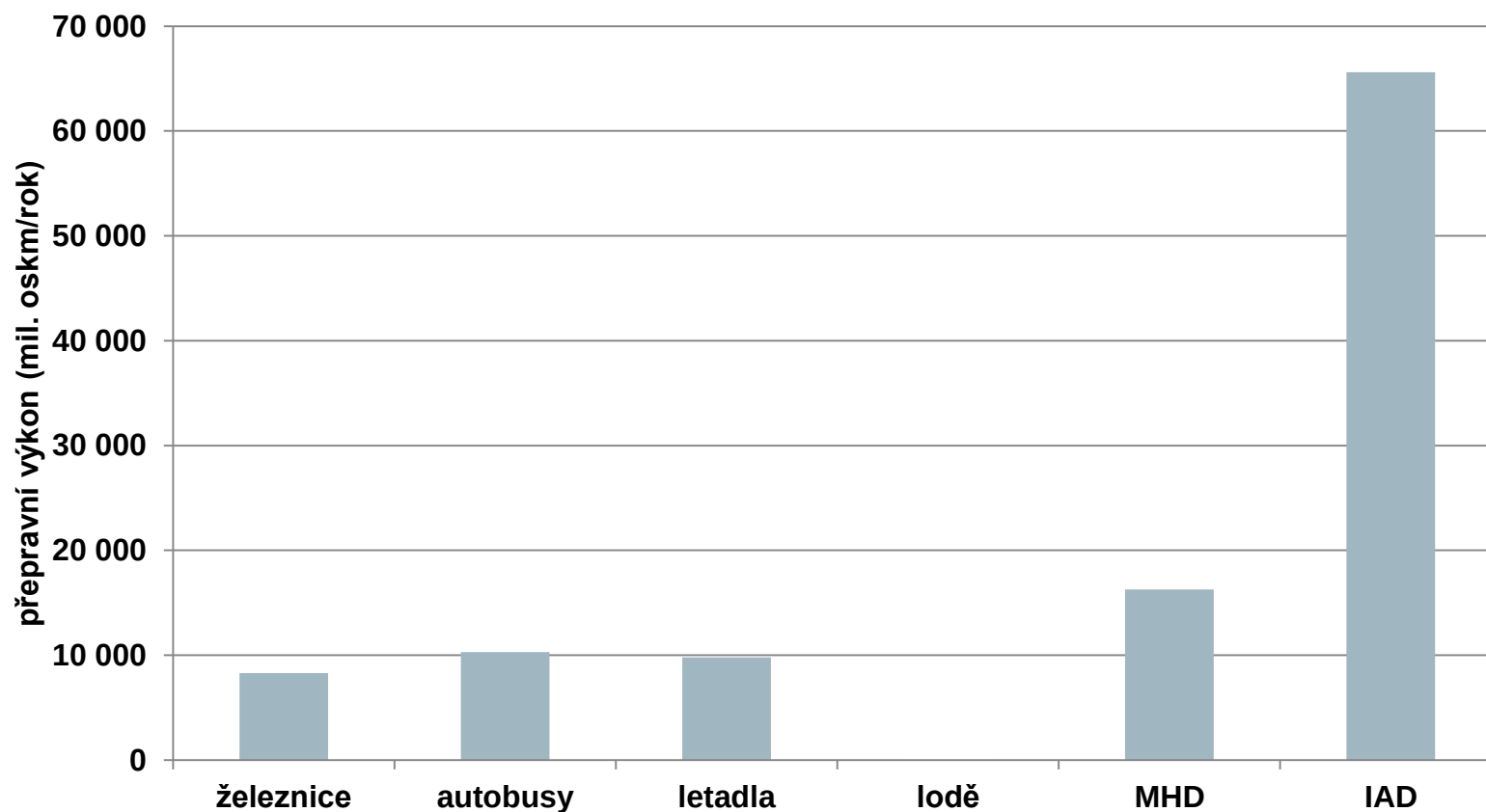
přepravní výkony (mil.tkm/rok)

železnice elektřina	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%



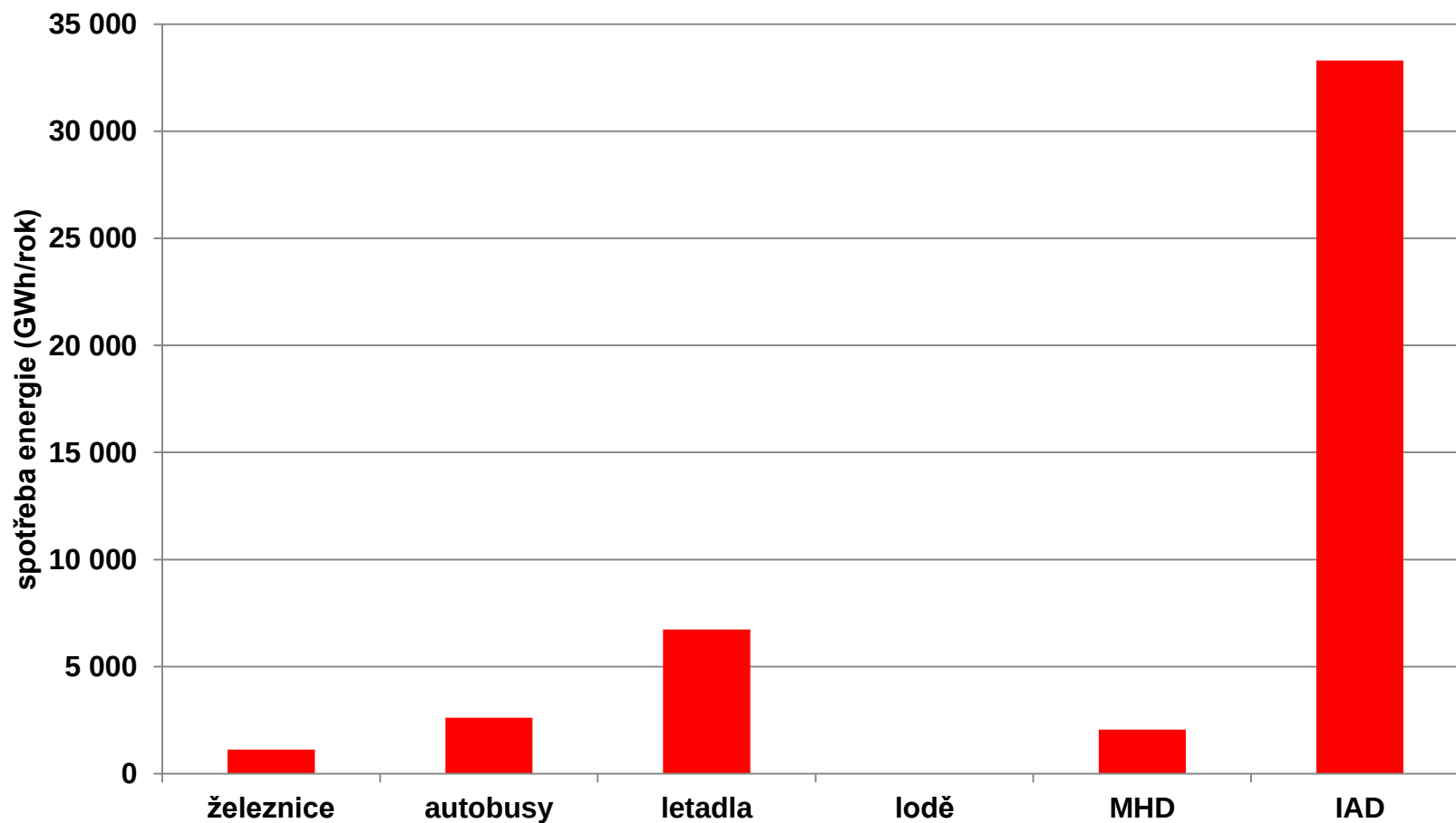
Energetická náročnost mobility

přepravní výkony osobní dopravy v ČR



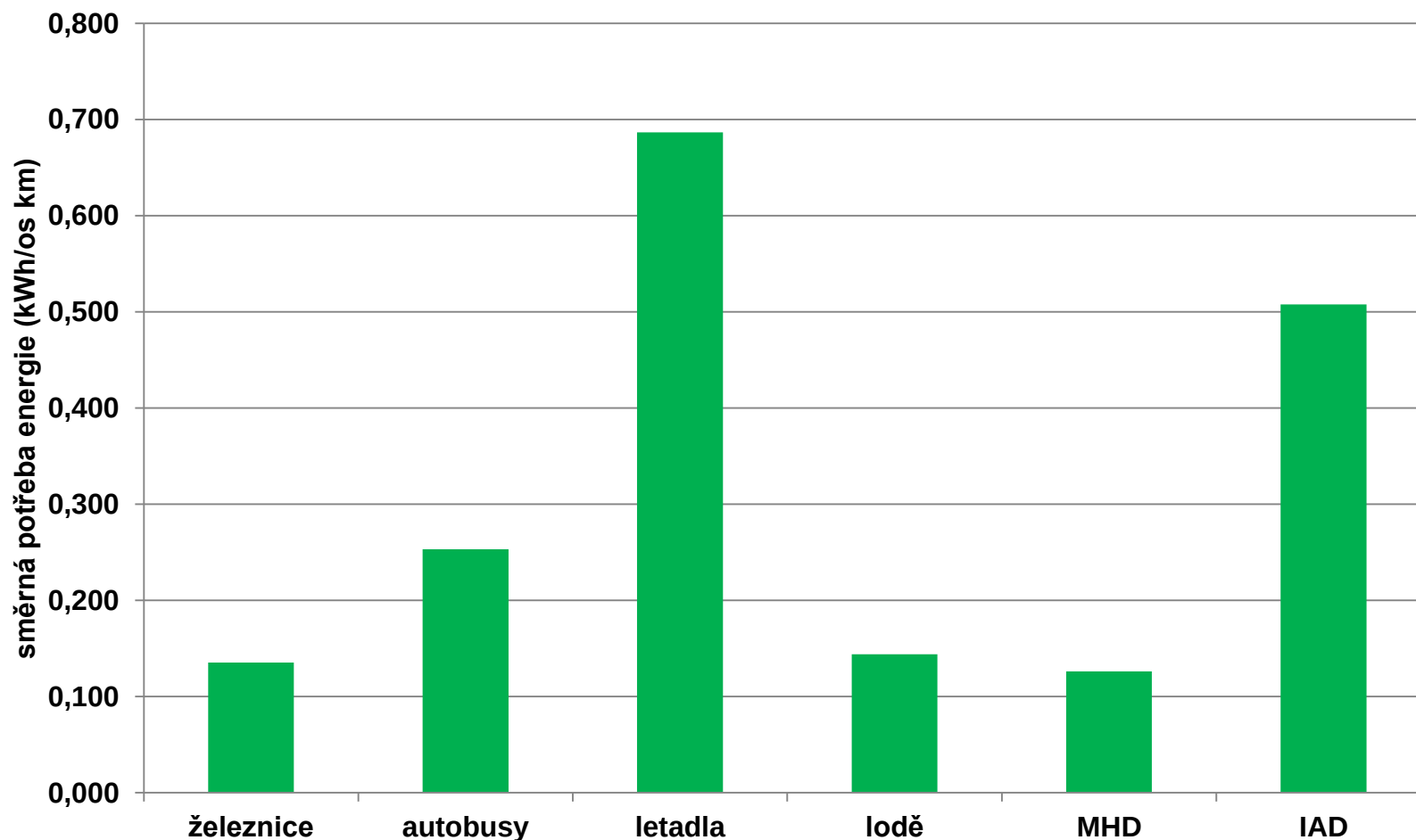
Energetická náročnost mobility

spotřeba energie osobní dopravy v ČR



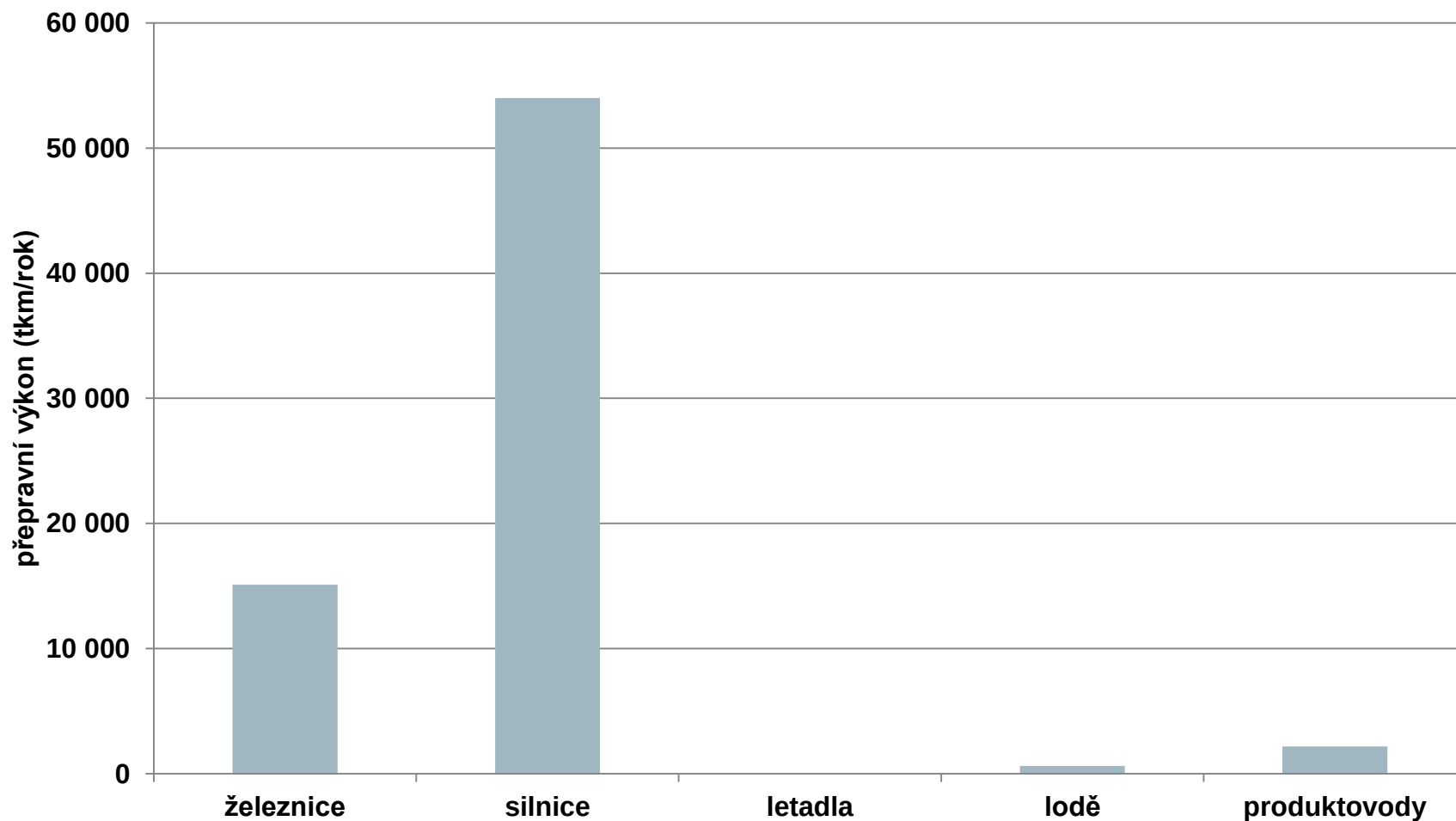
Energetická náročnost mobility

měrná energetická náročnost osobní dopravy v ČR



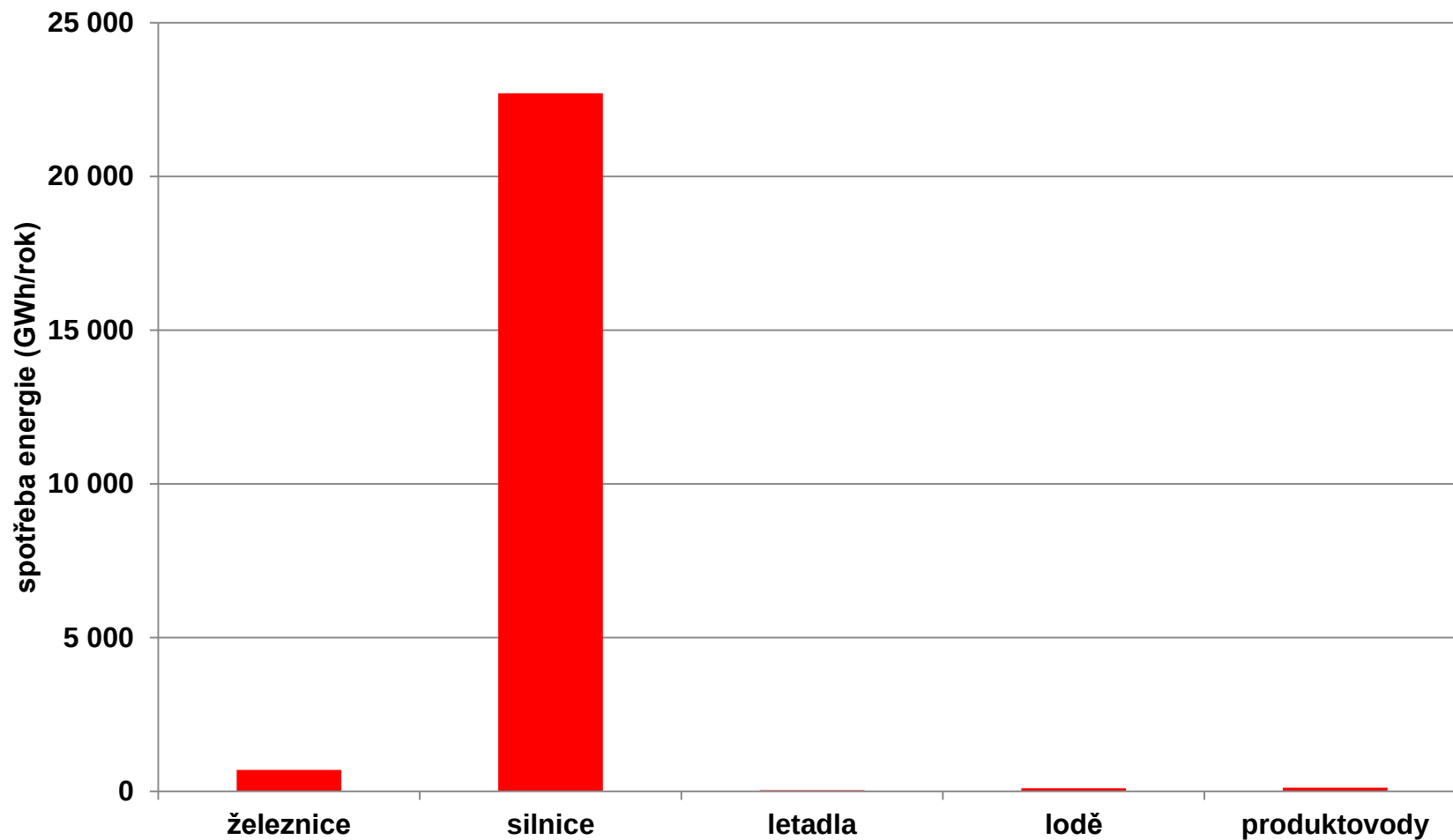
Energetická náročnost mobility

přepravní výkony nákladní dopravy v ČR



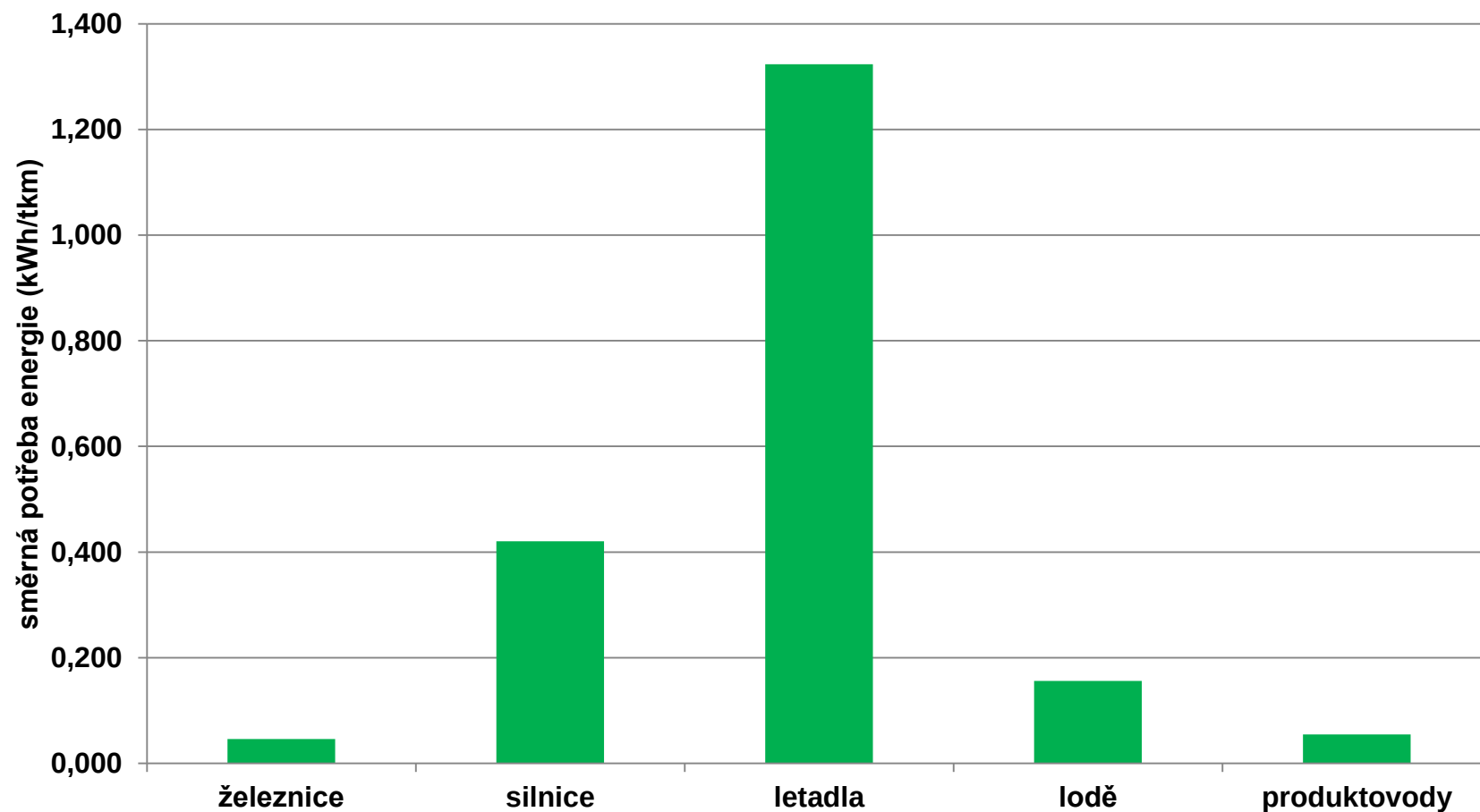
Energetická náročnost mobility

spotřeba energie nákladní dopravy v ČR



Energetická náročnost mobility

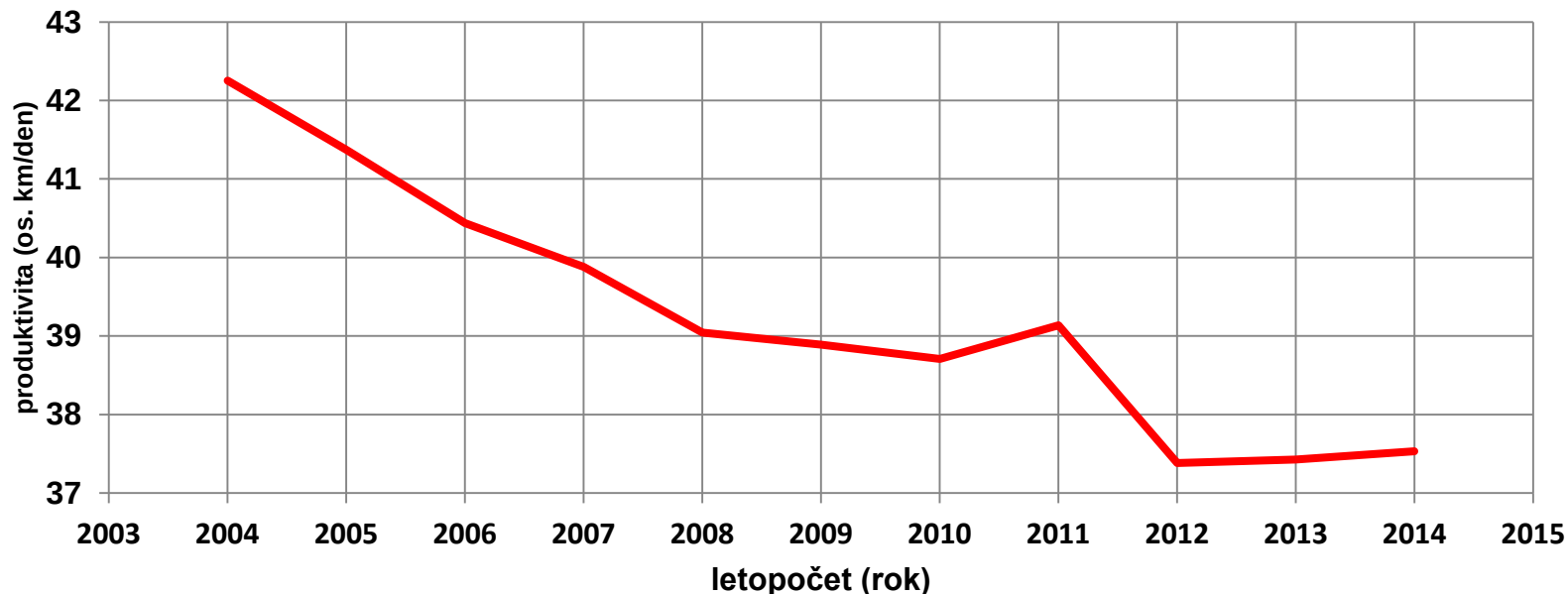
měrná energetická náročnost nákladní dopravy v ČR



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

Vývoj přepravních výkonů individuální osobní dopravy v ČR

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

Uhlíková stopa dopravy v ČR

doprava v ČR 2015		
	spotřeba energie	uhlíková stopa
	kWh/osobu/rok	kg CO ₂ /osobu/rok
ropné produkty	5 582	1 502
biopaliva	482	0
plyn	403	83
elektrina	226	135
celkem	6 693	1 719

Prognóza uhlíkové stopy dopravy v ČR

výhled podle ASEK								
letopočet	rok	2 010	2 015	2 020	2 025	2 030	2 035	2 040
podíl dopravy na konečné spotřebě energie v ČR	%	21,8	22,2	23,1	23,3	23,0	22,5	22,1
podíl dopravy na primární spotřebě energie v ČR	%	13,3	13,7	14,6	15,3	15,2	14,5	14,5
podíl dopravy na uhlíkové stopě ČR	%	15,2	15,5	16,7	19,0	19,6	20,2	21,7

Řada hospodářských odvětví v ČR v nejbližších letech významně sníží produkci oxidu uhličitého:

- elektrárenství (náhrada uhelných elektráren bezemisními, kogenerační jednotky, ...),
- vytápění budov (zateplování staveb, inteligentní řízení, moderní kotle, ...),
- výrobní technologie (snižování energetické náročnosti výroby v rámci iniciativy Průmysl 4.0),
- osvětlení (přechod na studené světelné zdroje).

Ve srovnání s tím jsou dosud chystaná opatření na snížení uhlíkové stopy dopravy jsou málo účinná – podíl dopravy na uhlíkové stopě ČR by v dalších letech vytrvale rostl.

=> růst podílu dopravy na klimatických potížích je neakceptovatelný, systémové změny dopravy jsou nutností

Evropská rada – Summit 23. a 24. října 2014

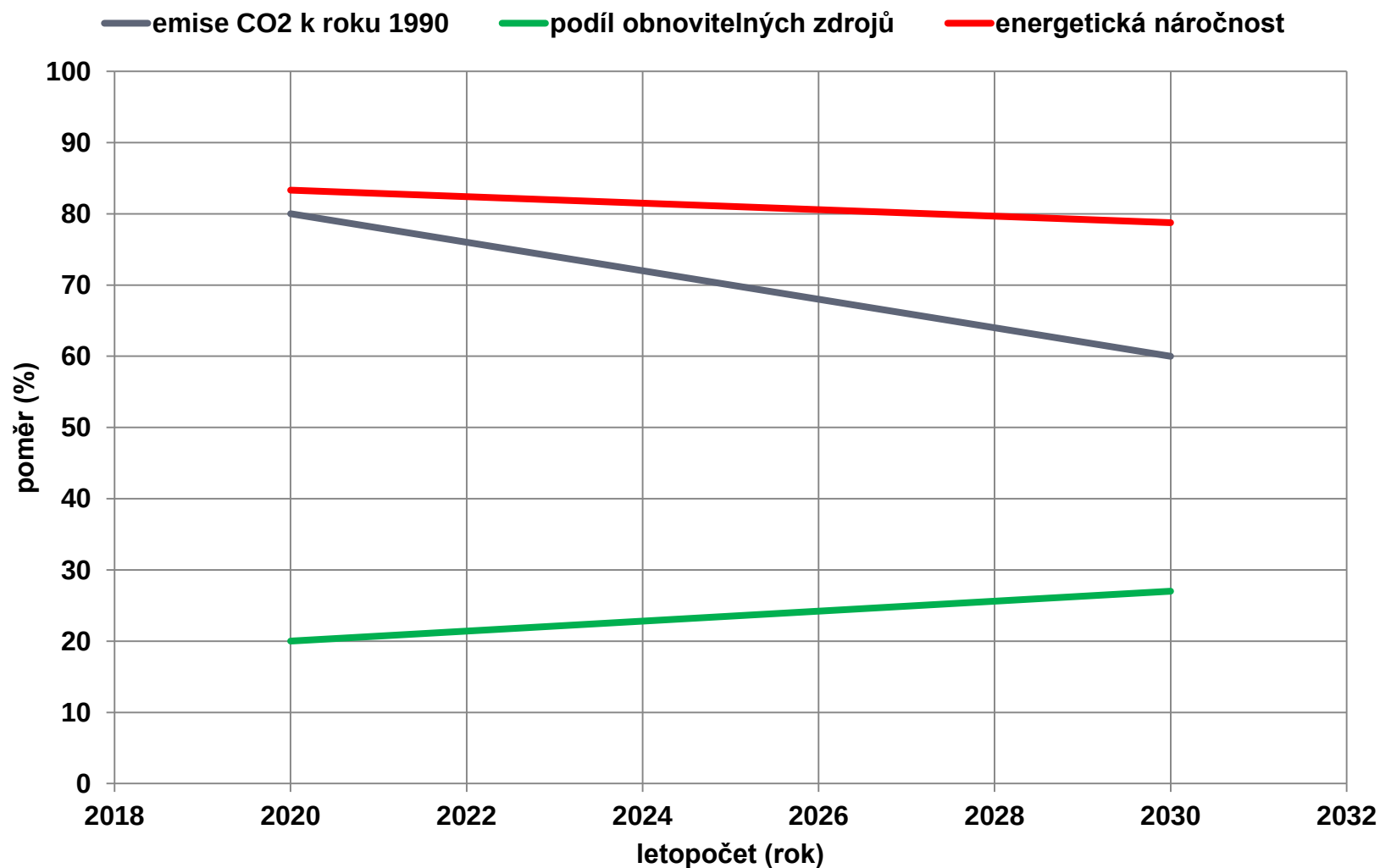
**Závěry o rámci politiky v oblasti klimatu a energetiky do roku 2030
(SN 79/14)**

Cíle:

- 1) snížit emise skleníkových plynů alespoň o 40 % oproti roku 1990,**
- 2) zvýšit podíl energie z obnovitelných zdrojů na 27 %,**
- 3) zvýšit energetickou účinnost o 27 %**

rok	2020	2030
snížení produkce CO ₂	- 20 %	- 40 %
zvýšení podílu obnovitelných zdrojů	+ 20 %	+ 27 %
zvýšení energetické účinnosti	+ 20 %	+ 27 %

Evropská rada – Summit 23. a 24. října 2014



Vývoj mobility v EU – cíle

Programový dokument EU „Bílá kniha o dopravě“ EU KOM (2011) 144 (březen 2011) má tři základní a kvantifikovatelné cíle:

- a) neomezovat, naopak rozvíjet mobilitu, neboť ta je součástí hospodářského, společenského i rodinného života,**
- b) zbavit mobilitu závislosti na kapalných uhlovodíkových palivech (zejména na ropě), která v současnosti pokrývají 96 % energie pro dopravu v EU, neboť jde o perspektivně nedostatkové, drahé a do EU importované zboží (v roce 2010 dovezla EU ropu za 210 miliard EUR),**
- b) zásadním způsobem snížit produkci CO₂ dopravou, a to ve srovnání s výchozí úrovní roku 2008 o 20 % do roku 2030 a o 70 % do roku 2050**

„Pokud se nebudeme závislostí na ropě zabývat, mohla by být schopnost občanů cestovat, jakož i naše ekonomická bezpečnost značně ohrožena a to by mohlo mít nedožrnné následky na inflaci, obchodní bilanci a celkovou konkurenceschopnost ekonomiky EU.“ EU KOM (2011) 144

Vývoj mobility v EU – nástroje

Ve snaze neomezovat mobilitu ani po eskalaci cen ropy je preferována doprava v elektrické trakci:

- **z městské dopravy postupně vyloučit automobily se spalovacími motory (prioritní orientace na hromadnou dopravu s elektrickou trakcí)**
- **nákladní dopravu nad 300 km převést ze silnic a dálnic na železnici**
- **příměstskou dopravu převést ze silnice na železnici**
- **meziměstskou silniční dopravu nahradit železníci (osobním automobilům a autobusům zůstane operativní a venkovská doprava)**
- **leteckou dopravu nad pevninou nahradit železníci (letadla zůstanou lety přes oceán)**

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

demografický vývoj v ČR



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,

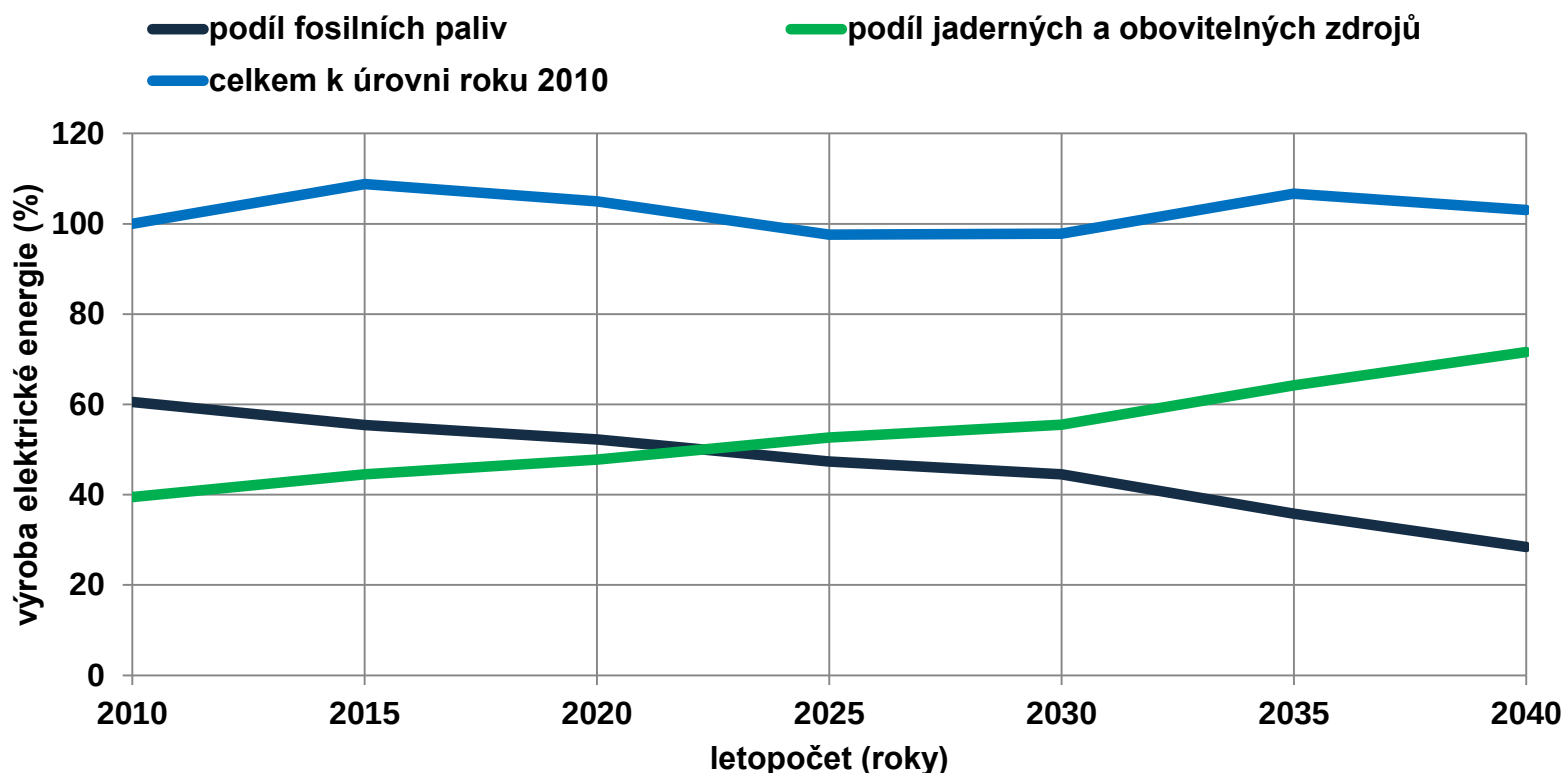
⇒ **náhrada části importované ropy elektrickou energií**
(pokles jejího podílu na konečné spotřebě ze 30 % na 23 %),

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 CO₂ na výrobu 1 kWh elektrické energie (uhlíková stopa) o více než 50 %.

Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR

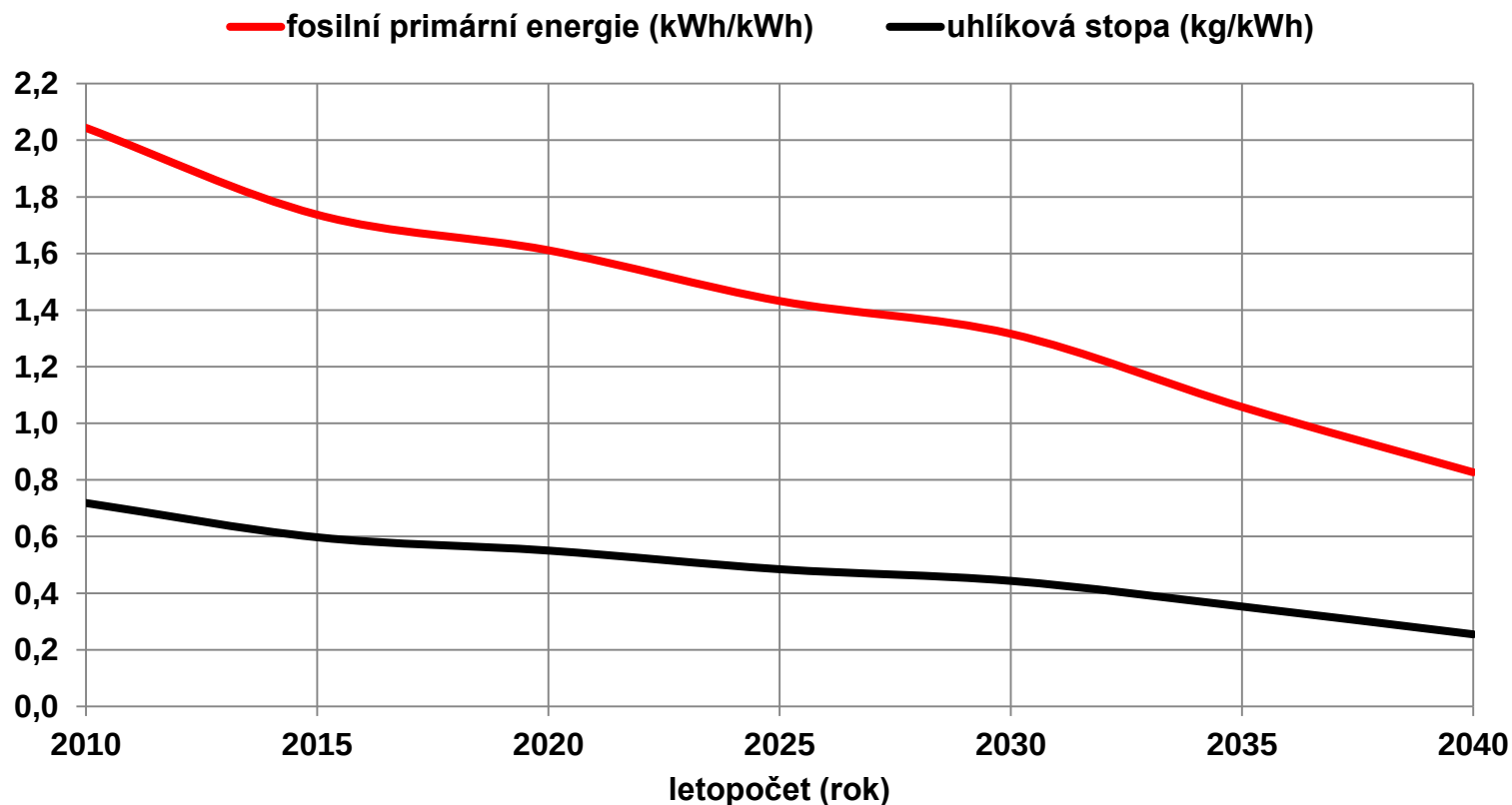
Výroba elektrické energie v ČR



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.

výroba elektřiny v ČR

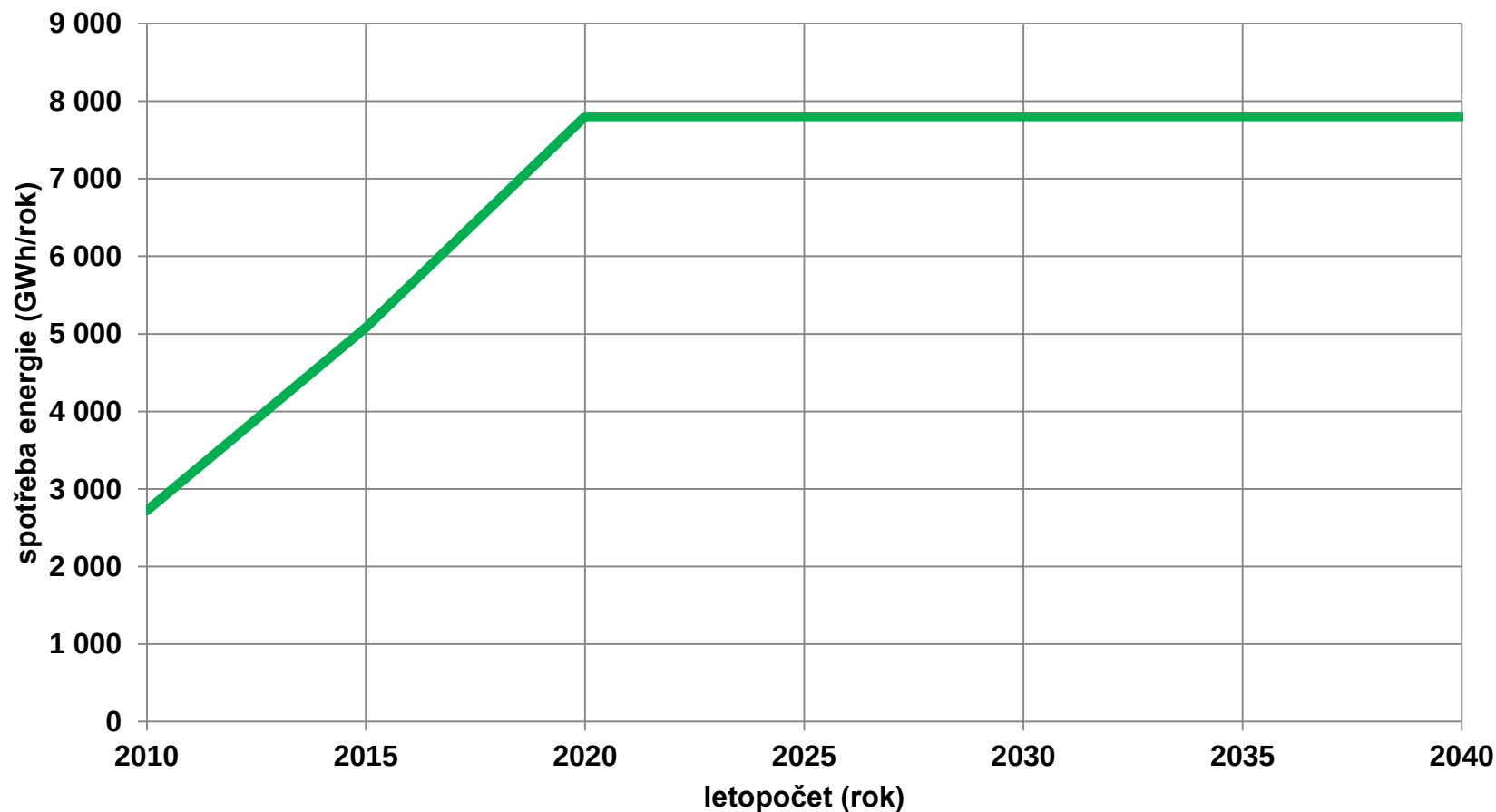


Podle aktualizované státní energetické koncepce ČR bude trvale klesat měrná spotřeba fosilních paliv potřebných k výrobě elektrické energie a spolu s tím i uhlíková stopa elektrické energie.

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

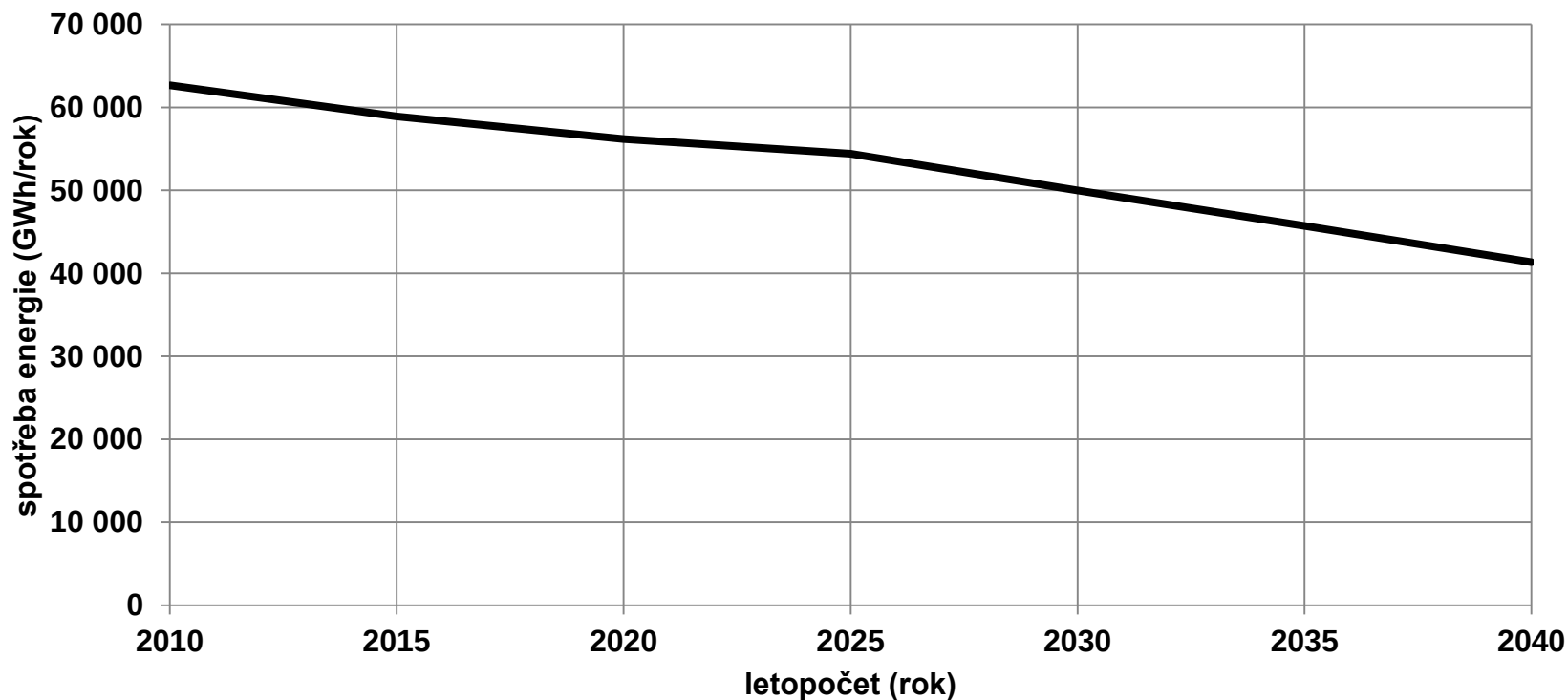
SIEMENS

Roční spotřeba biopaliv v dopravě v ČR



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

Roční spotřeba ropných produktů v dopravě v ČR

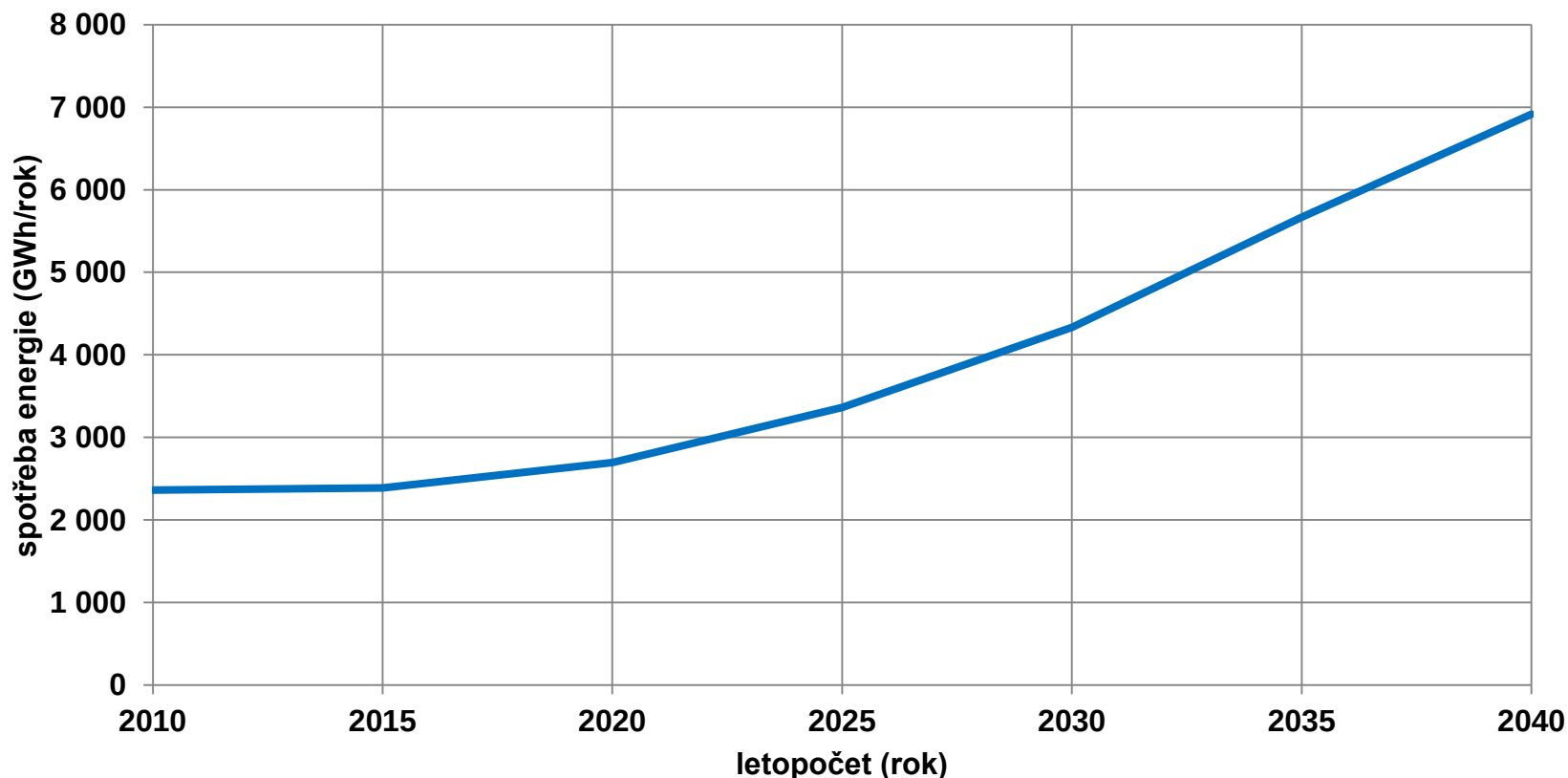


Úkol pro dopravu: snížit do roku 2030 spotřebu ropných paliv o 9 miliard kWh/rok

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

SIEMENS

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

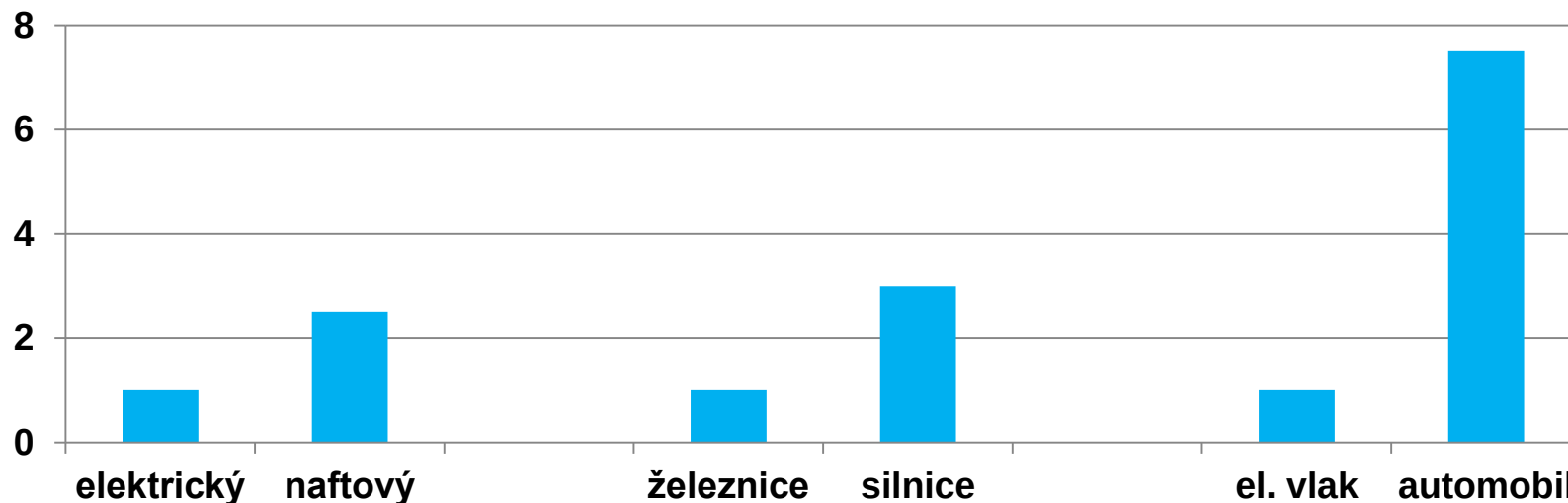
SIEMENS

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)

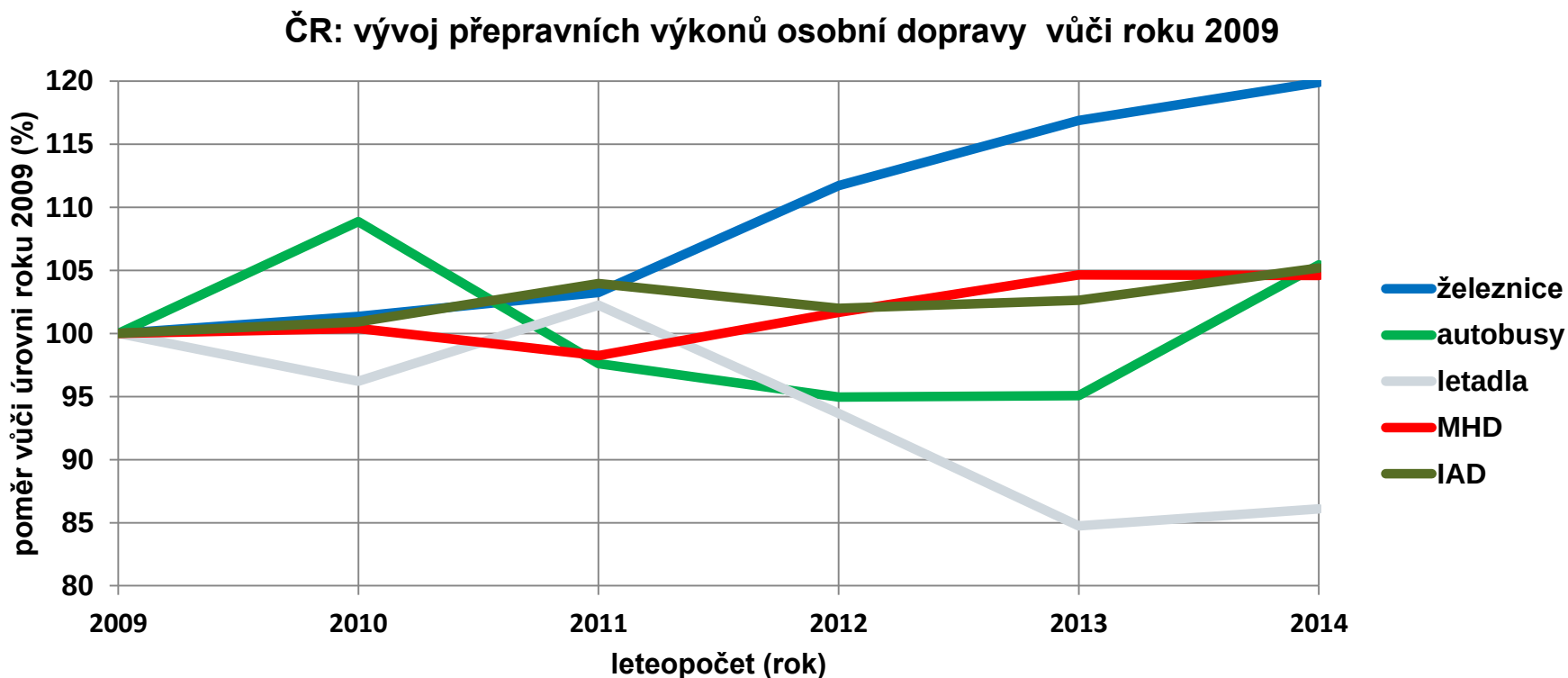
Poměrná energetická náročnost dopravy



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

Trendy v osobní dopravě v ČR

Vývoj posledních čtyř let



podíl železnice na přepravních výkonech trvale roste

podíl MHD na přepravních výkonech roste

=> Obyvatelstvo má zájem o kvalitní veřejnou hromadnou dopravu.

Vývoj přepravních výkonů osobní dopravy v ČR (MD ČR: Ročenka dopravy 2013)

V období 2009 až 2013:

- stagnují přepravní výkony individuální automobilové dopravy,
- poklesly přepravní výkony autobusové dopravy o 5 %,
- poklesly přepravní výkony osobní letecké dopravy o 15 %,
- poklesly přepravní výkony osobní lodní dopravy o 7 %,
- vzrostly přepravní výkony městské hromadné dopravy o 5 %,
- vzrostly přepravní výkony osobní železniční dopravy o 17 %.

Investice do modernizace železničních tratí i do nákupu nových vozidel, stejně jako linkové pojetí železniční dopravy s taktovým jízdním řádem, se neminuly účinkem.

Setrvalý v průměru 4 % roční nárůst přepravní výkonů osobní železniční dopravy je toho výsledkem.

Přepravní výkony dálkové osobní železniční dopravy narůstají o 6 % ročně.

Cestující zpravidla nemotivují příznivé energetické a environmentální vlastnosti železnice, ale rychlost, kvalita a cena.

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.

Průmysl 4.0

Čtvrtá průmyslová revoluce je přirozenou reakcí průmyslu na vývoj ve společnosti (poptávka po řešeních) a vývoj v technice (nabídka řešení).

1.Průmyslová revoluce – fosilní paliva (parní stroj)

2.Průmyslová revoluce – elektrické pohony

3.Průmyslová revoluce – automatické řízení

4.Průmyslová revoluce – samočinné vykonávání opakovaných procesů

**Čtvrtá průmyslová revoluce se postupně rozšiřuje do dalších oborů lidské činnosti (Práce 4.0, Vzdělání 4.0, Ekonomika 4.0, Energetika 4.0, ...).
Dopravy se dotýká též.**

Doprava 4.0

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

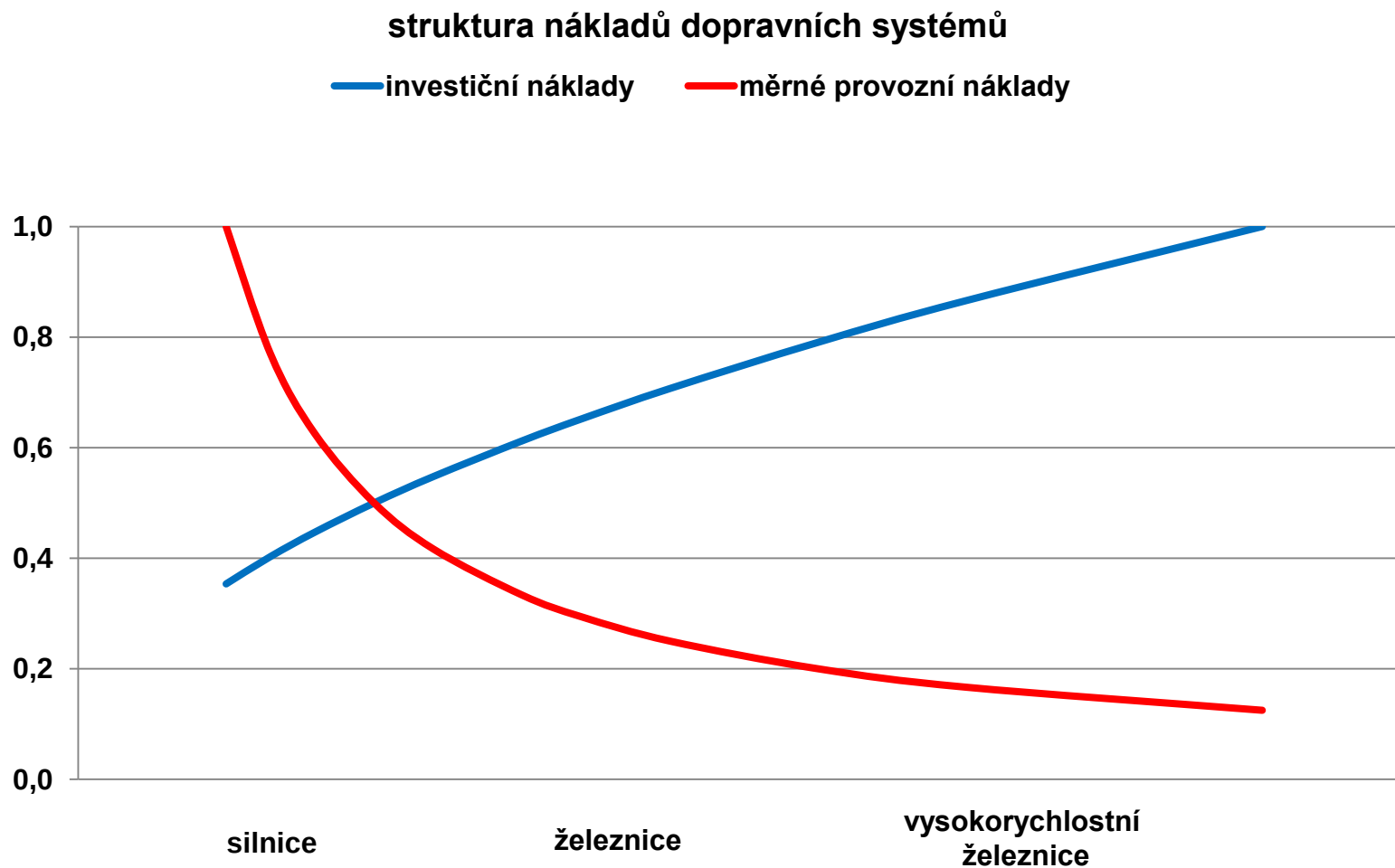
Podmínka:

- 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):

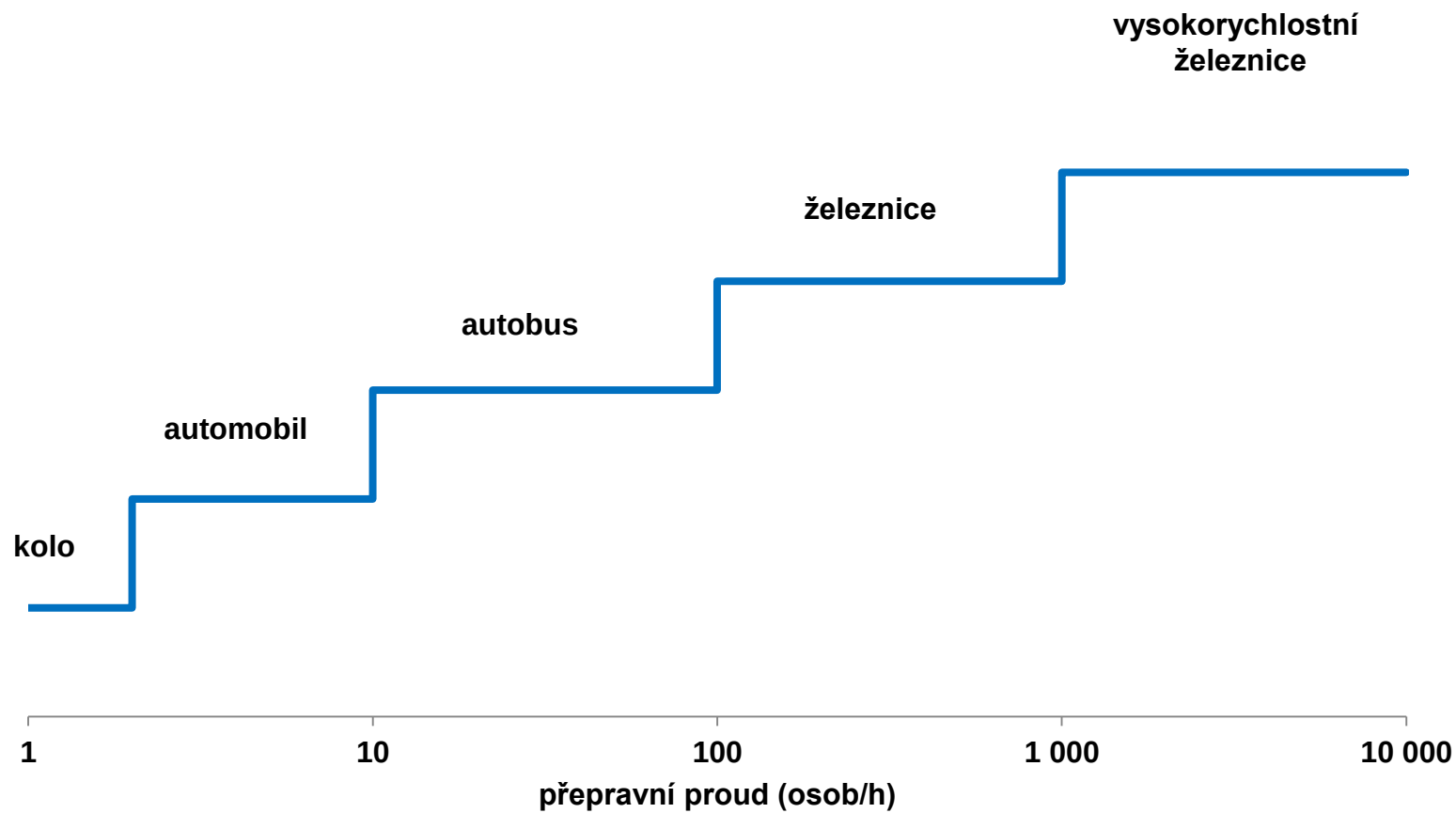
- nejsilnější přepravní proudy: elektrická železnice s liniovým napájením,
- silné přepravní proudy: akumulátorová železnice,
- slabší přepravní proudy: elektrobusy,
- slabé přepravní proudy: elektromobily,
- nejslabší přepravní proudy: pěší chůze, jízdní kolo.

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 hromadné dopravě (autobusy),
- nadměrný podíl individuální dopravy

Cílový stav:

100 % elektrizace městské hromadné dopravy

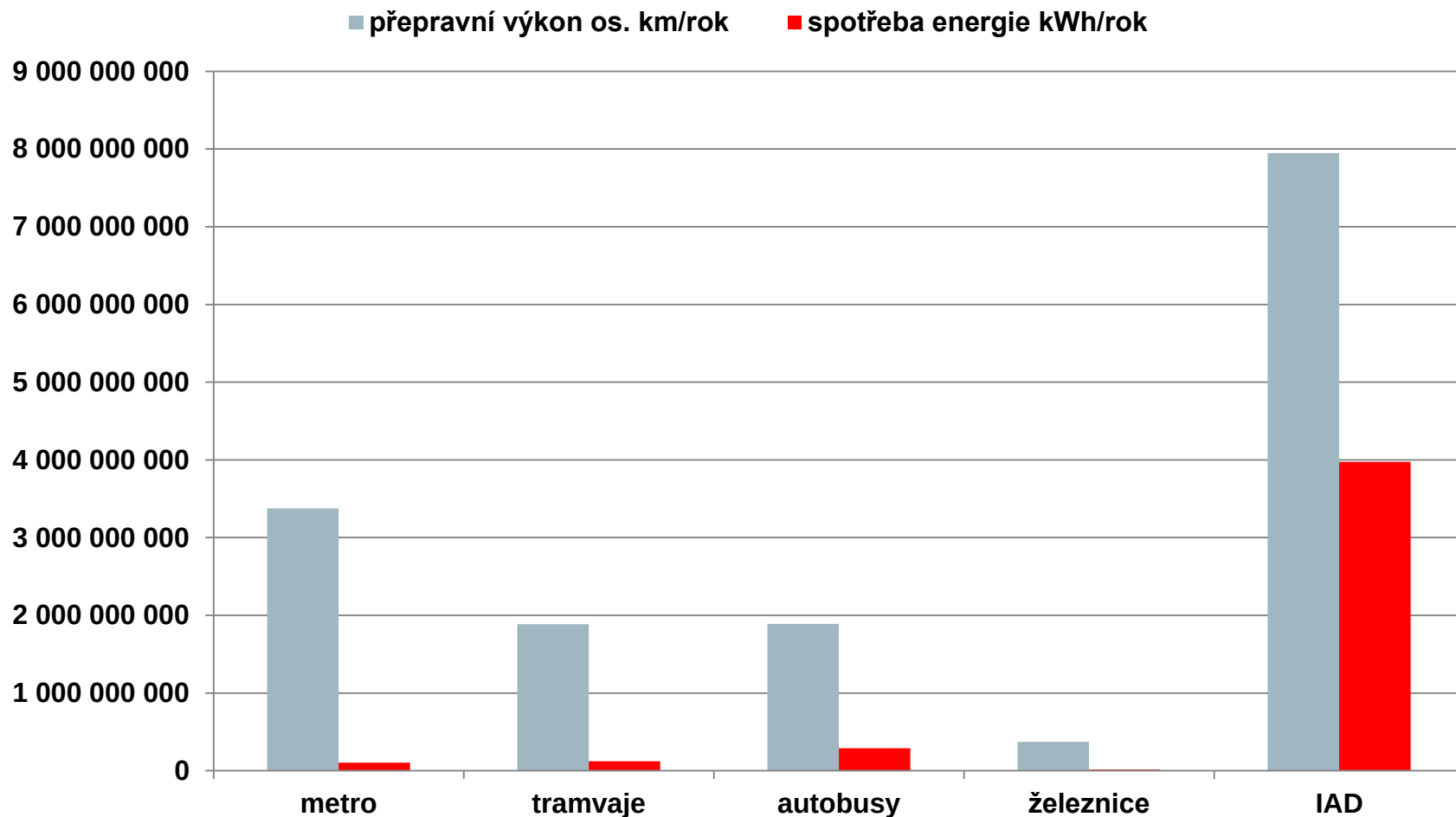
Systémově propojená kombinace:

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

Průběžné statické i dynamické nabíjení využívající pevná trakční zařízení liniových drah

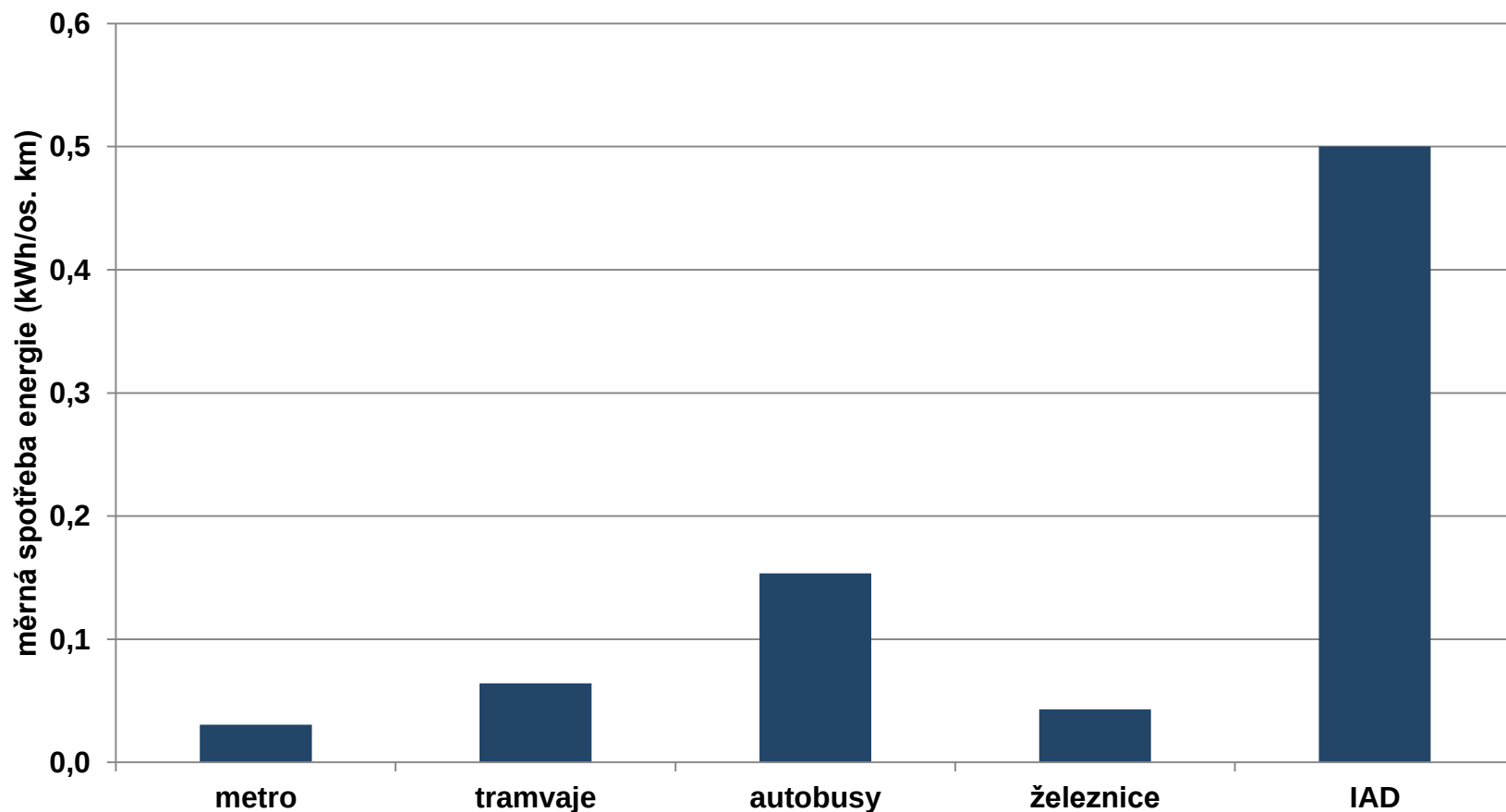
Doprava osob v Praze (přibližné hodnoty podle statistik TSK a DP)

doprava osob v Praze



Doprava osob v Praze (přibližné hodnoty podle statistik TSK a DP)

energetická náročnost městské dopravy

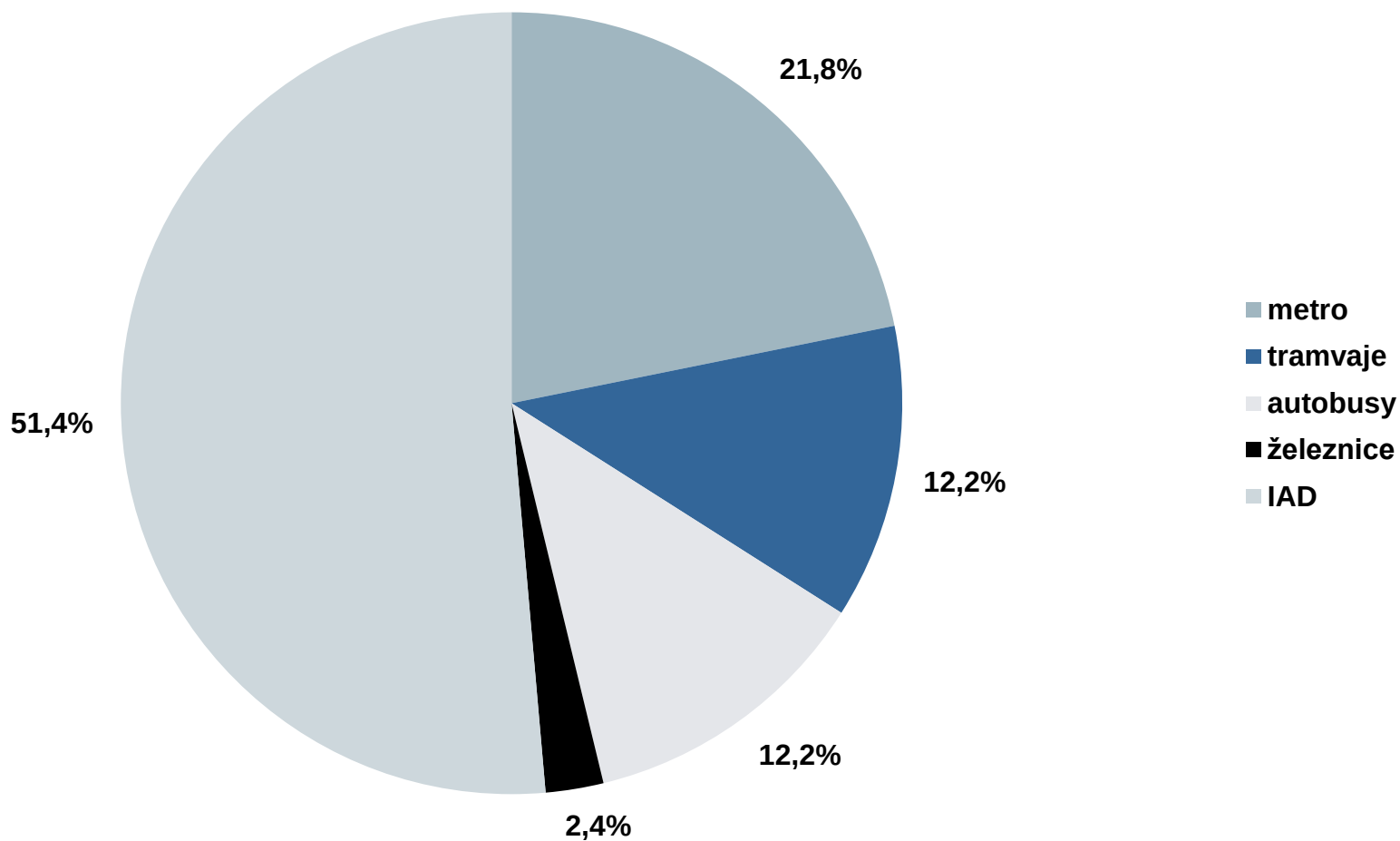


Doprava osob v Praze (přibližné hodnoty podle statistik TSK a DP)

system	metro	tramvaje	autobusy	železnice	IAD
podíl na přepravních výkonech	21,8%	12,2%	12,2%	2,4%	51,4%
podíl na spotřebě energie	2,3%	2,7%	6,4%	0,4%	88,2%

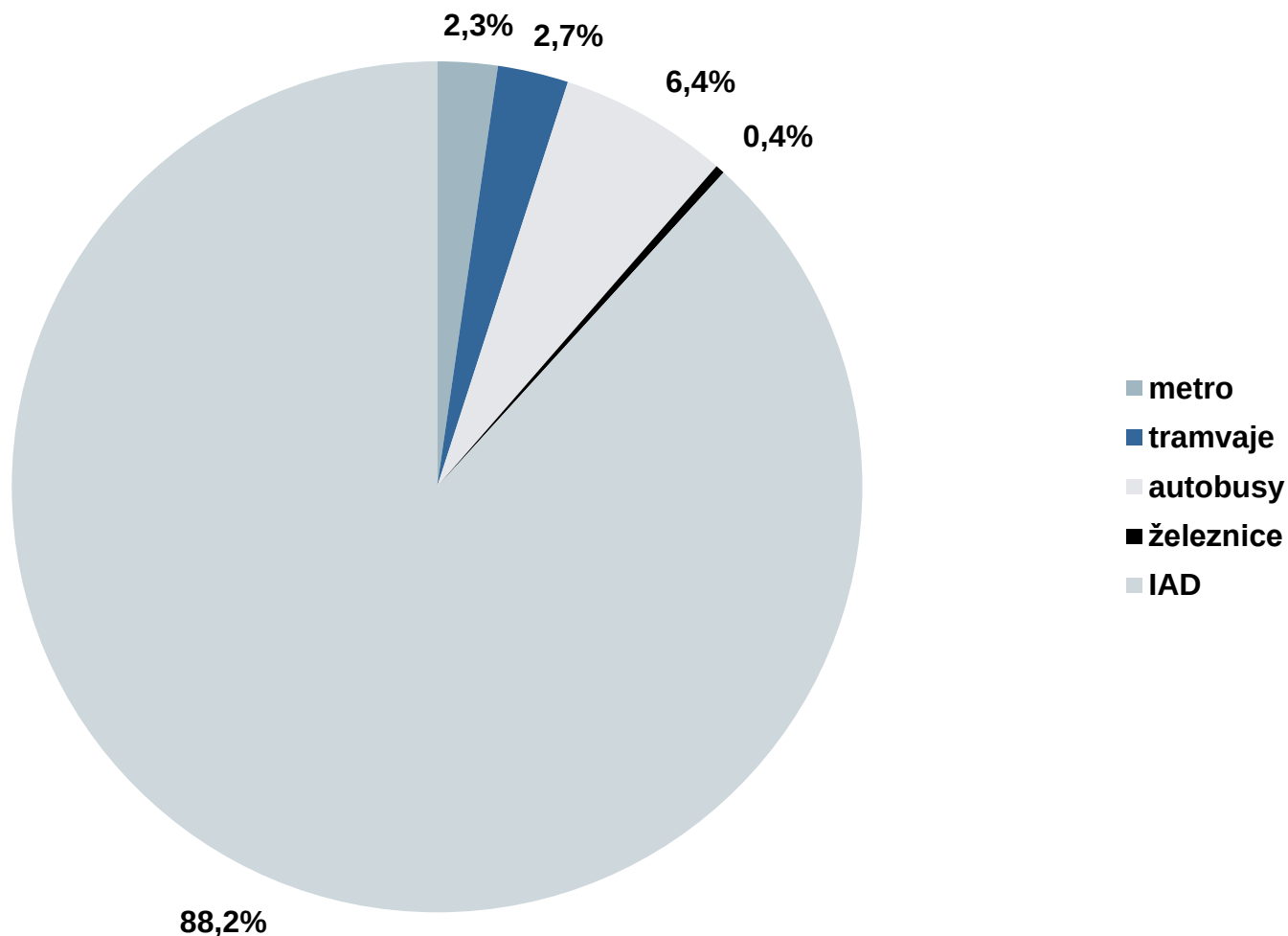
Doprava osob v Praze (přibližné hodnoty podle statistik TSK a DP)

podíl na přepravních výkonech



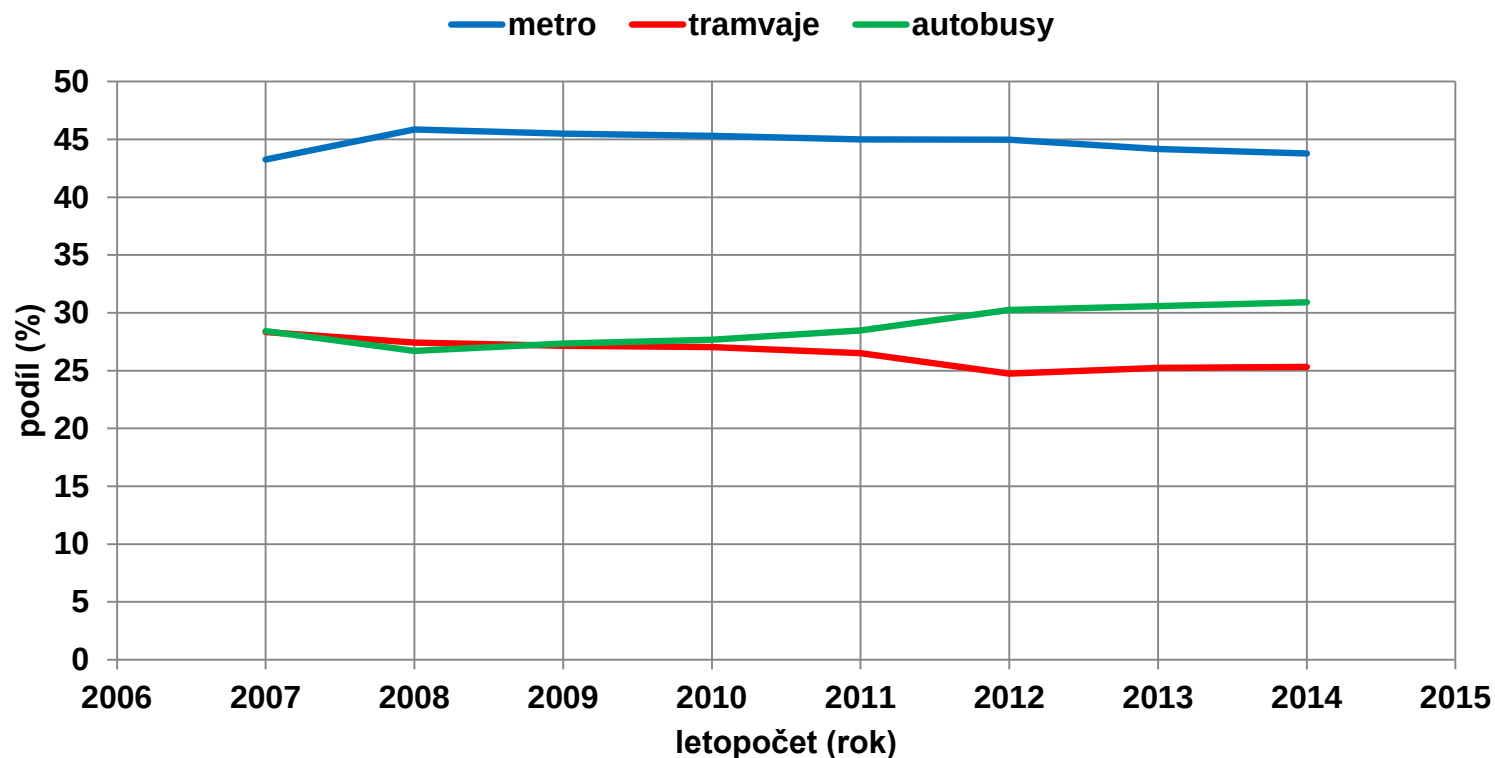
Doprava osob v Praze (přibližné hodnoty podle statistik TSK a DP)

podíl na spotřebě energie



Vývoj struktury přepravy v Praze (jen město - bez vnějších pásem, všichni dopravci)

podíl jednotlivých druhů dopravy na počtu přepravených osob (%)



- v roce 2009 připadlo na 1 cestujícího v tramvaji 1,01 cestujících v autobuse
- v roce 2012 připadlo na 1 cestujícího v tramvaji 1,22 cestujících v autobuse

Vývoj městské hromadné mobility

Navzdory všeobecně respektovaným strategickým dopravním a energetickým cílům EU a ČR dochází v řadě měst v ČR k nežádoucímu nárůstu autobusové dopravy a to i na úkor elektrické vozby.

Příčiny tohoto stavu jsou zákonité a trvalé i do budoucích let:

1) odklon od bydlení v mnohapodlažních domech na sídlištích k bydlení v menších domcích se zahrádkami vede k významnému snížení plošné koncentrace obyvatelstva – do řídce obydlených oblastí se nevyplatí budovat dopravní systémy s drahou infrastrukturou, byť právě tam je tichá a čistá doprava potřebná,

2) mohutnými investicemi systematicky budovaná síť kvalitních městských silničních komunikací s mimoúrovňovým křížením a s tunely, primárně určená potřebám individuální automobilové dopravy, činí historické trasy linek tramvají či trolejbusů, vedené úzkými uličkami a křižovatkami nekonkurenceschopnými.

Role autobusové dopravy v DP Praha

V přepravních výkonech DP Praha zajišťuje elektrická vozba (metro a tramvaje) 74 % přepravní nabídky.

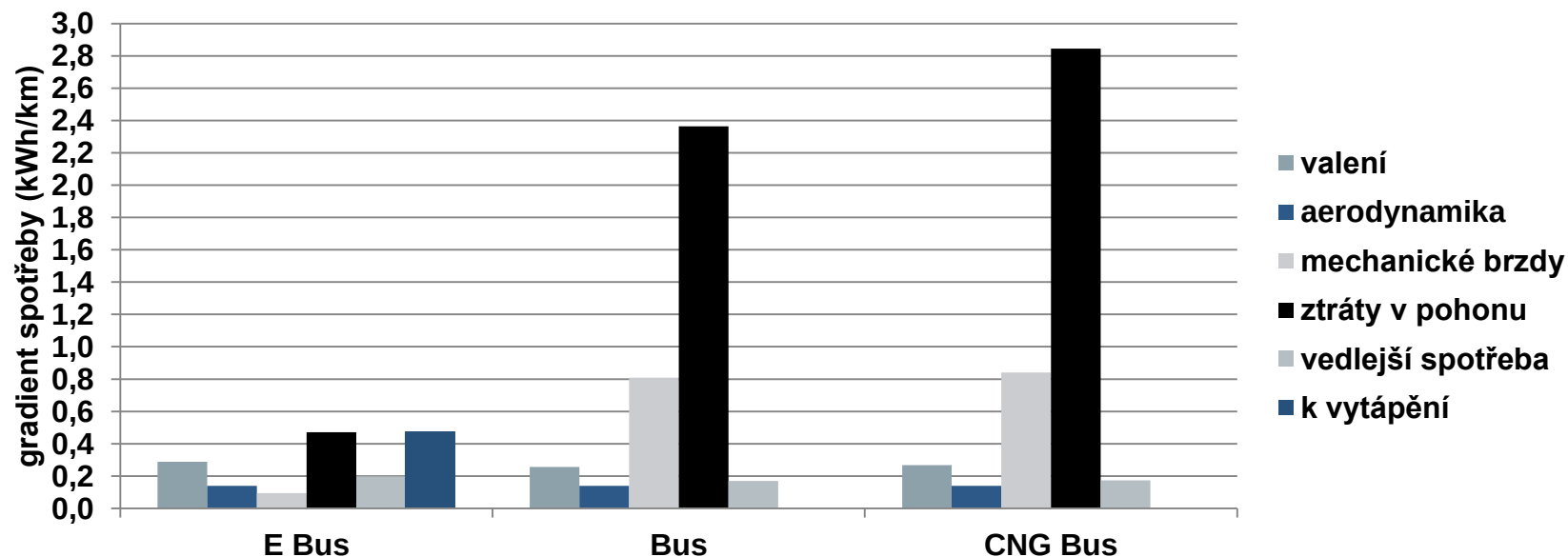
Zbývajících 26 % přepravní nabídky zabezpečují autobusy (rok 2014):

přepravní nabídka	5 400 000 000	místových km
dopravní výkon	64 300 000	vozových km
počet vozidel	1 255	vozů
spotřeba nafty	30 000 000	litrů/rok
náklady na naftu	830 000 000	Kč/rok
produkce CO ₂	79 000 000	kg/rok

Trendy v rozvoji Prahy (vývoj urbanizace území, výstavba silniční sítě, zejména tangent) přirozeně vedou ke zvyšování kvality, respektive atraktivity, a tedy i kvantity, autobusové dopravy. Výše uvedená čísla mají do budoucna růstový trend. Nebo musí přijít systémová změna.

vozidlo		E Bus	Bus	CNG Bus
valení	kWh/km	0,29	0,26	0,27
aerodynamika	kWh/km	0,14	0,14	0,14
mechanické brzdy	kWh/km	0,09	0,81	0,84
ztráty v pohonu	kWh/km	0,47	2,36	2,84
vedlejší spotřeba	kWh/km	0,20	0,17	0,17
k vytápění	kWh/km	0,47		
celkem	kWh/km	1,66	3,74	4,27

struktura spotřeby energie



Náhrada nafty zemním plynem:

- vyšší spotřeba energie (zážehový motor místo vznětového, vyšší hmotnost),
- vyšší spotřeba fosilních paliv (nafta je směsná, plyn nikoliv),
- stejná produkce CO₂, (výhodnější poměr vodíku a uhlíku versus vyšší spotřeba),
- stejné místní exhalace (EURO VI)

Vliv aplikace paliv na jejich výsledné parametry (ČR, 2015)

palivo	výhřevnost	obsah uhlíku	podíl bio paliv	spotřeba el. energie na stlačování	spotřeba fosilních paliv k výrobě el. en.	uhlíková stopa el. energie	zvýšení trakční práce vyšší hmotností	zvýšení spotřeby nižší účinností motoru	výsledná spotřeba energie	spotřeba fosilních paliv	korigovaná měrná uhlíková stopa	poměrná uhlíková stopa
	kWh/kg	%	%	kWh/kWh	kWh/kWh	kg CO ₂ /kWh	%	%	kWh/kWh	kWh/kWh	kg CO ₂ /kWh	%
směsná motorová nafta	11,86	87	8	0			0	0	1,00	0,92	0,247	100
ropná motorová nafta	11,86	87	0	0			0	0	1,00	1,00	0,269	109
zemní plyn	13,61	76	0	0			0	0	1,00	1,00	0,205	83
zemní plyn včetně vlivu stlačování	13,61	76	0	0,02	1,74	0,60	0	0	1,02	1,03	0,217	88
zemní plyn včetně vlivu stlačování a hmotnosti vozidla	13,61	76	0	0,02	1,74	0,60	6	0	1,08	1,10	0,230	93
zemní plyn včetně vlivu stlačování, hmotnosti vozidla a účinnosti motoru	13,61	76	0	0,02	1,74	0,60	6	8	1,16	1,18	0,247	100

Porovnání provozu autobusů MHD

	výhřevnost	měrná hmotnost	gradient spotřeby paliva	gradient spotřeby paliva	gradient spotřeby energie	poměr
palivo	kWh/kg	kg/dm ³	dm ³ /100km	kg/100 km	kWh/km	%
motorová nafta	11,86	0,83	42,32		4,17	100
stlačený zemní plyn	13,61			35,02	4,77	114

Průběžně dobíjené elektrobusy

Současný stav techniky (lithiové akumulátory s měrnou energií 100 kWh/t) neumožňuje vytvořit bezemisní elektrobusy s dojezdem kolem 300 km, potřebným pro náhradu běžných linkových autobusů MHD.

Řešením jsou průběžně nabíjené elektrobusy:

- a) nabíjené na zastávkách (s kondenzátorovými zásobníky energie),**
- b) nabíjené na konečné (s elektrochemickými akumulátory),**
- c) dynamické nabíjení (v průběhu jízdy pod trakčním vedením).**

Nabíjení na zastávkách je vhodné pro nově budované dopravní systémy (elektrické napájení nabíjecích bodů je zřízeno v průběhu výstavby komunikace) – viz například tramvaje Katar

Nabíjení na konečných je vhodné zejména pro již existující dopravní systémy (náhrada tradičních autobusů), u kterých není finančně reálné budovat nabíjecí body na jednotlivých zastávkách.

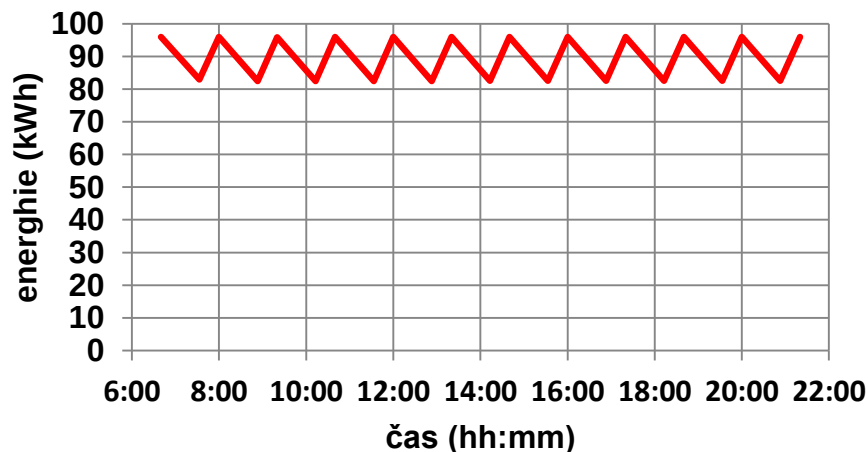
Nabíjení v průběhu jízdy – stačí vybudovat trakční vedení na hlavních komunikacích

Elektrobus s průběžným nabíjením

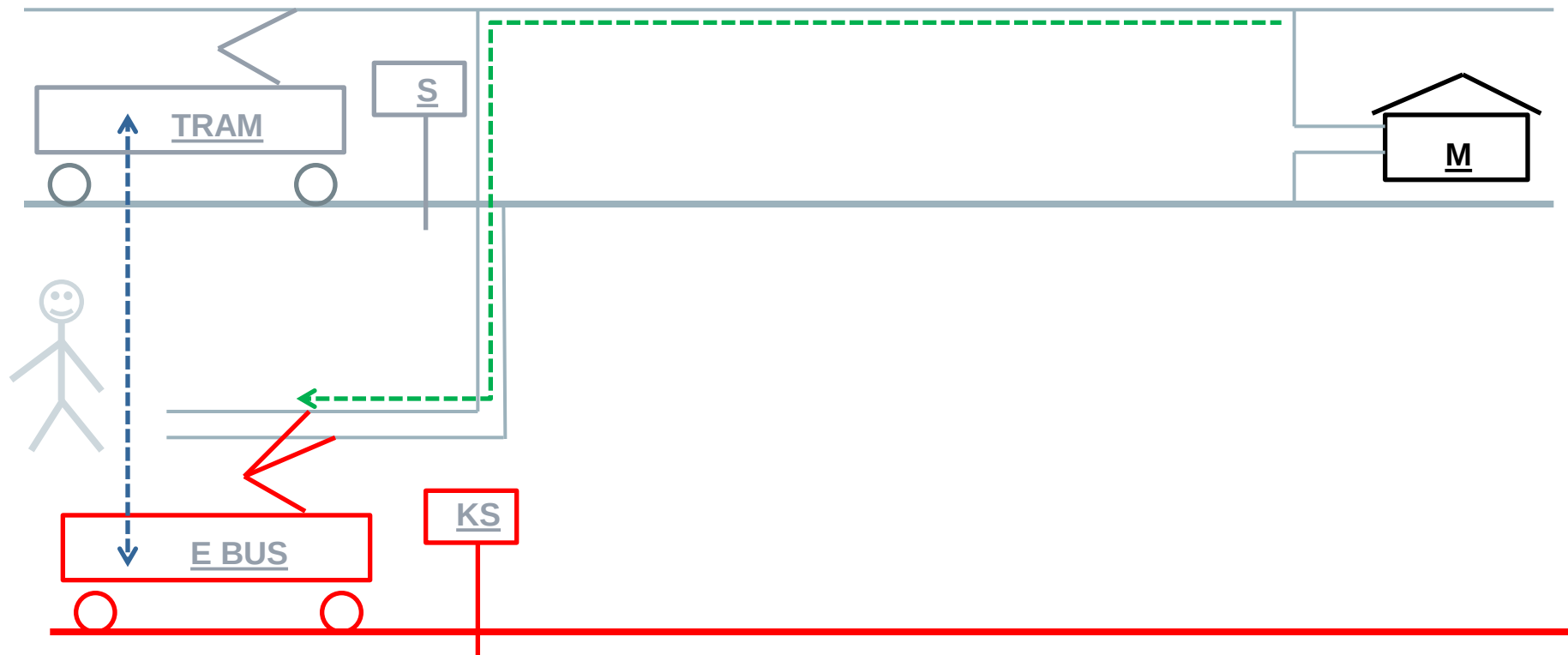
Typická aplikace:

- linka délky cca 5 až 10 km,
- vůz délky 8 m až 12 m,
- alespoň jedna konečná poblíž linky tramvaje či metra (přestupní bod),
- nepřetržitý celodenní provoz v režimu cca 10 až 15 minut nabíjení z jednohodinového jízdního cyklu

energie akumulátoru



Propojení dopravních a energetických sítí v přestupních bodech



Náhrada autobusů se spalovacími motory elektrobusesy

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 ₂	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 elektrobusesy 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 ₂
	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).

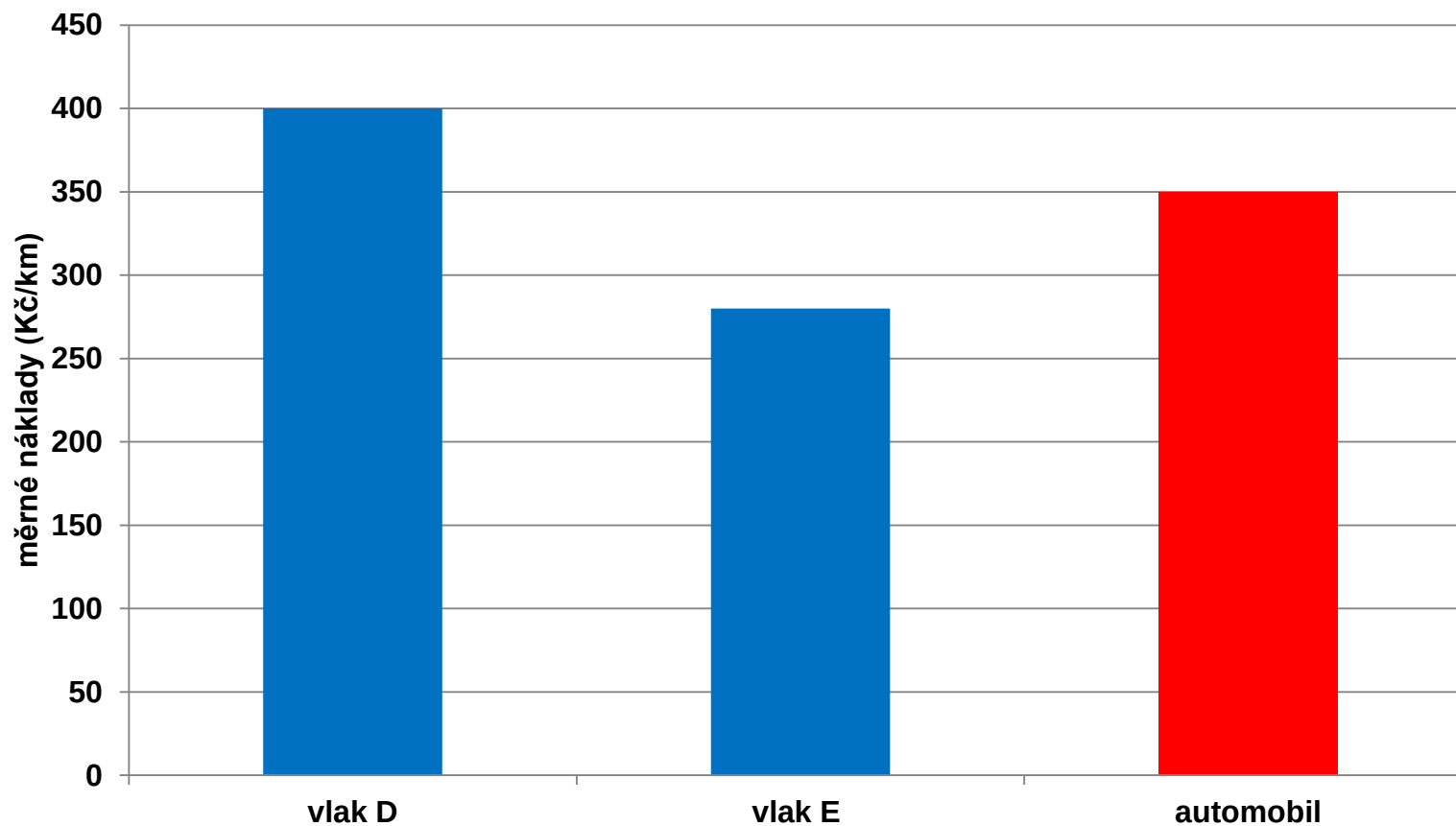
Cílem je převedení nákladní dopravy na vzdálenost nad 300 km ze silnice na železnici – viz EU KOM (2011) 144. Součástí je elektrizace tratí důležitých pro nákladní dopravu – též nástroj ke snížení provozních nákladů

Odlehčení silnic a dálnic od těžké nákladní dopravy, s výraznou úsporou energie a s produkce CO₂.

dopravní mod	energetická náročnost	přepravní výkon	spotřeba energie	fos. paliv. náročnost	spotřeba fos. paliv	uhlíková stopa	produkce CO ₂
	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

Příznivý vliv elektrizace železnic na ekonomiku nákladní dopravy

měrné náklady vlakové dopravy



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

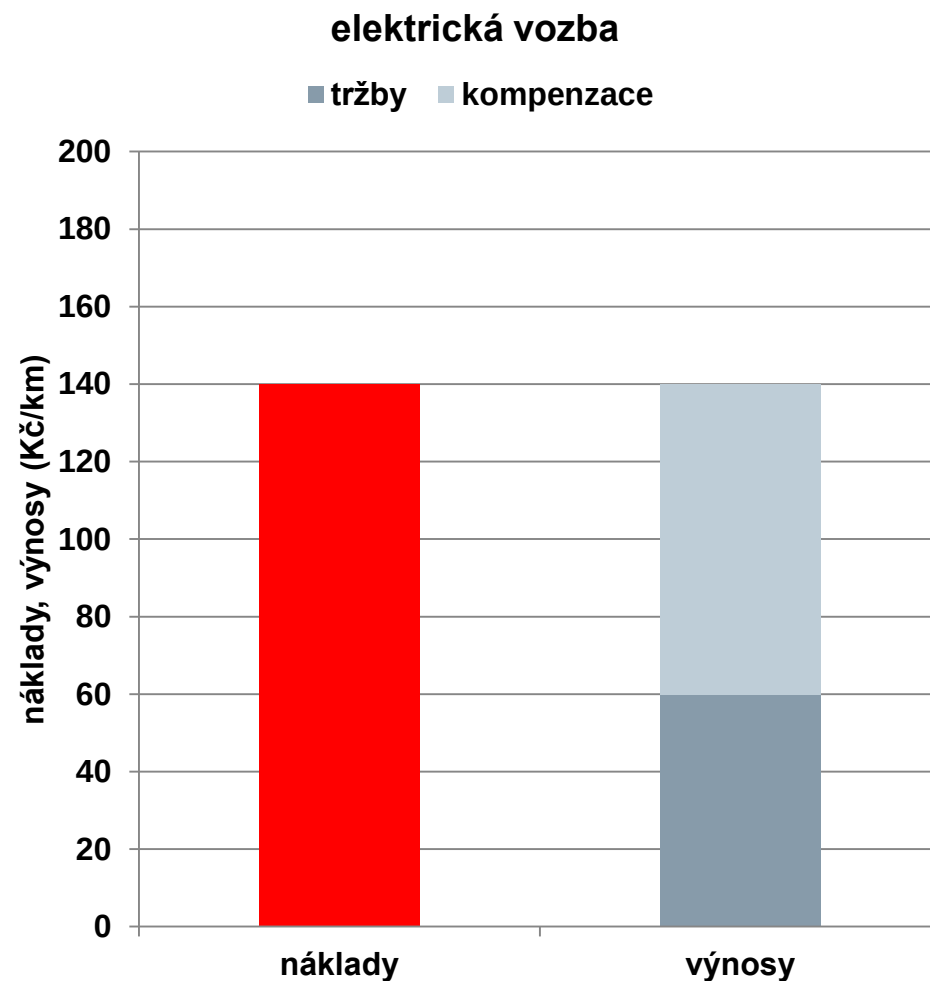
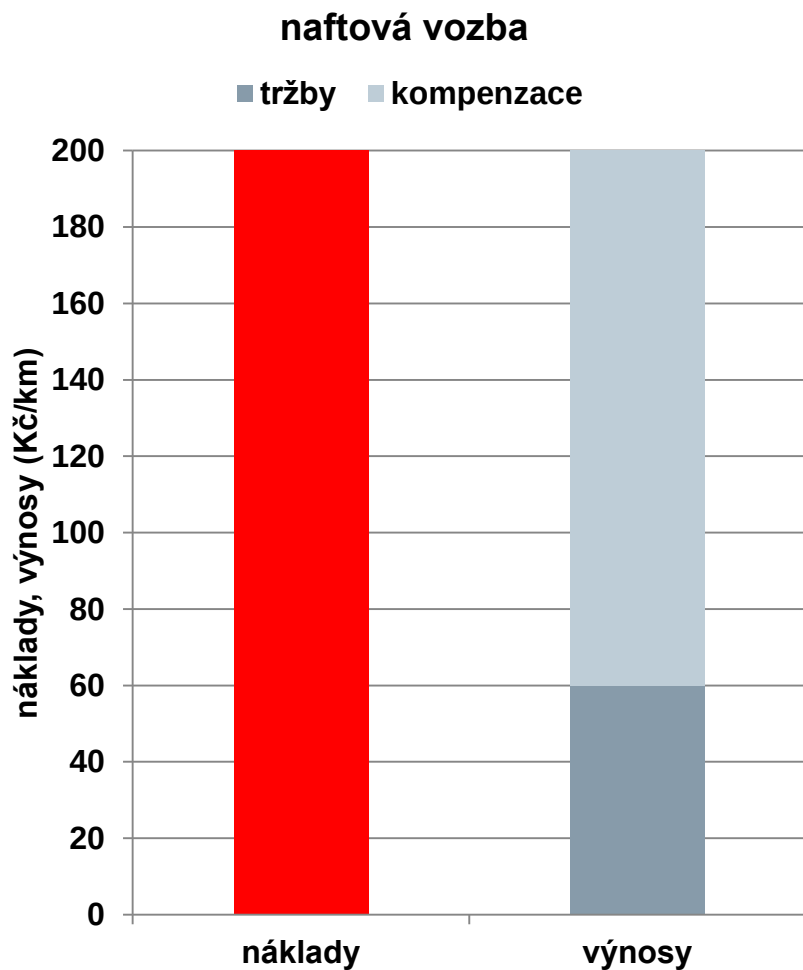
a) tratě ekonomicky vhodné k elektrizaci (dalších cca 2 000 km)

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 ₂
	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

Příznivý vliv elektrizace na výdaje objednatele veřejné osobní dopravy



Motivace k rozvoji elektrizace železnic

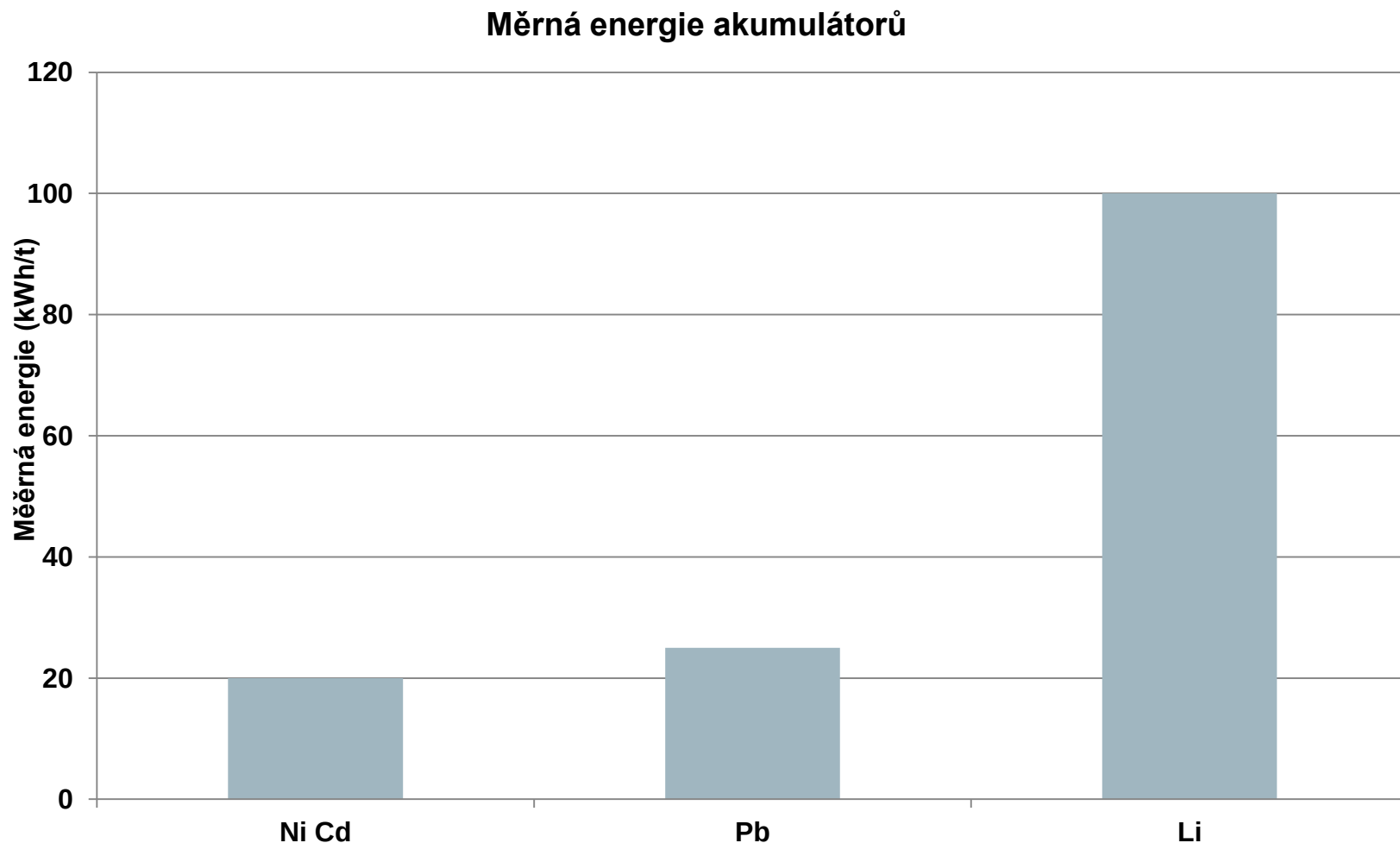
- je smysluplné elektrifikovat tratě, na kterých MD ČR objednává intenzivní dálkovou dopravu – v opačném případě si z výběrových řízení vzešlí dopravci pořídí vozidla na naftu a na dalších 30 let bude konzervován současný stav motorového provozu (Plzeň - Domažlice, Jaroměř – Trutnov, Praha – Turnov, 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

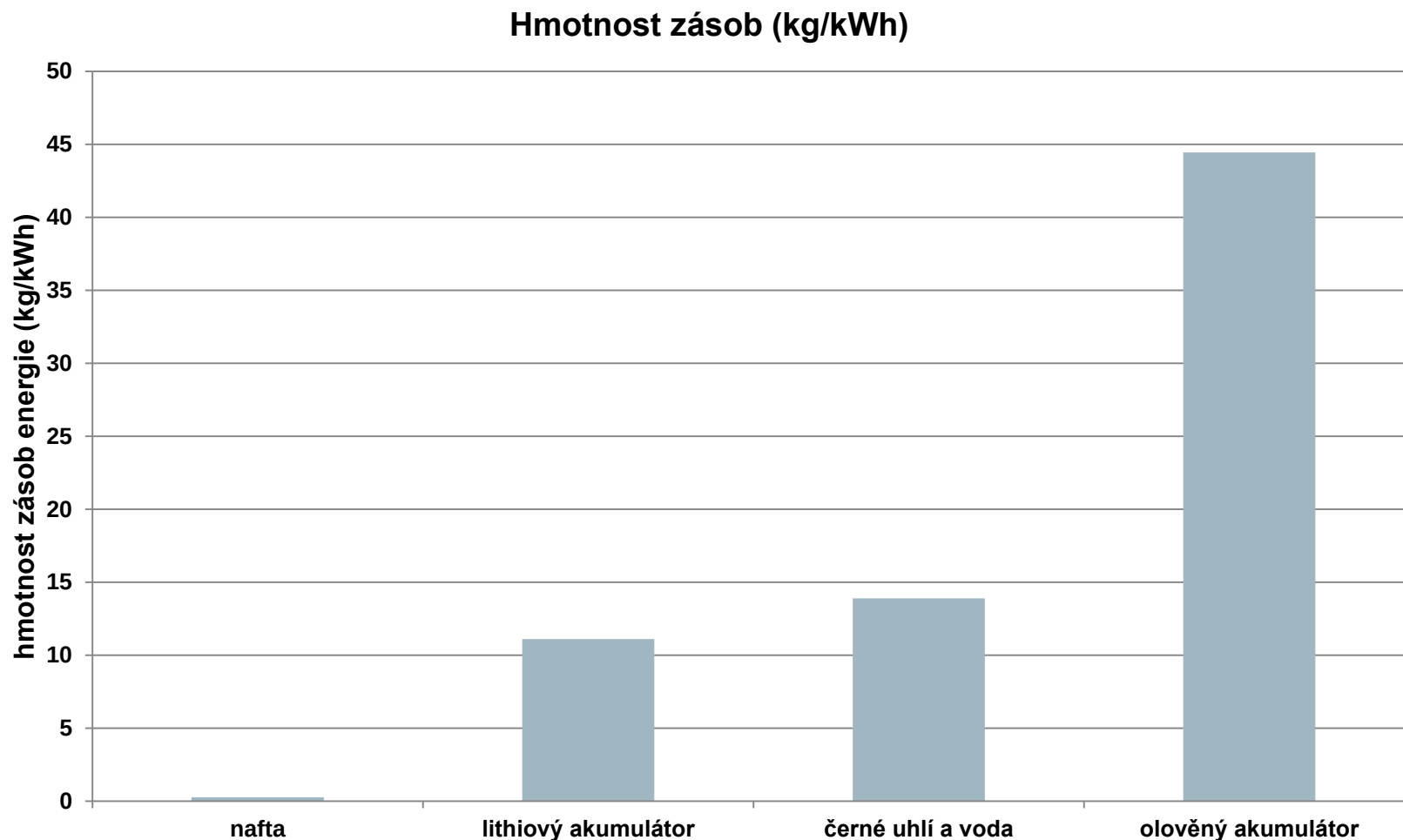
Železniční vozidla mají ve srovnání s automobily pro aplikaci zásobníků energie výhodné technické a ekonomické předpoklady:

- 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 zbývajících (neelektrizovaných) částech 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.**

**Pokrok v oblasti zásobníků energie:
Lithiové akumulátory mají čtyřnásobně větší měrnou energii, než olověné**



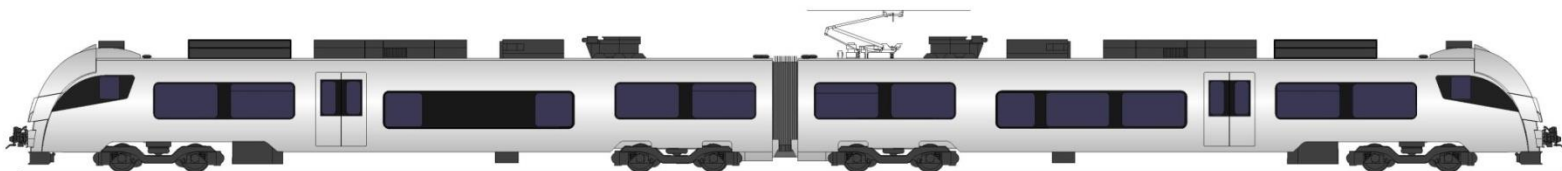
Lithiové akumulátory již jsou lehčí, než zásoby uhlí a vody pro parní stroj



Nové pojetí polozávislých vozidel (BEMU)

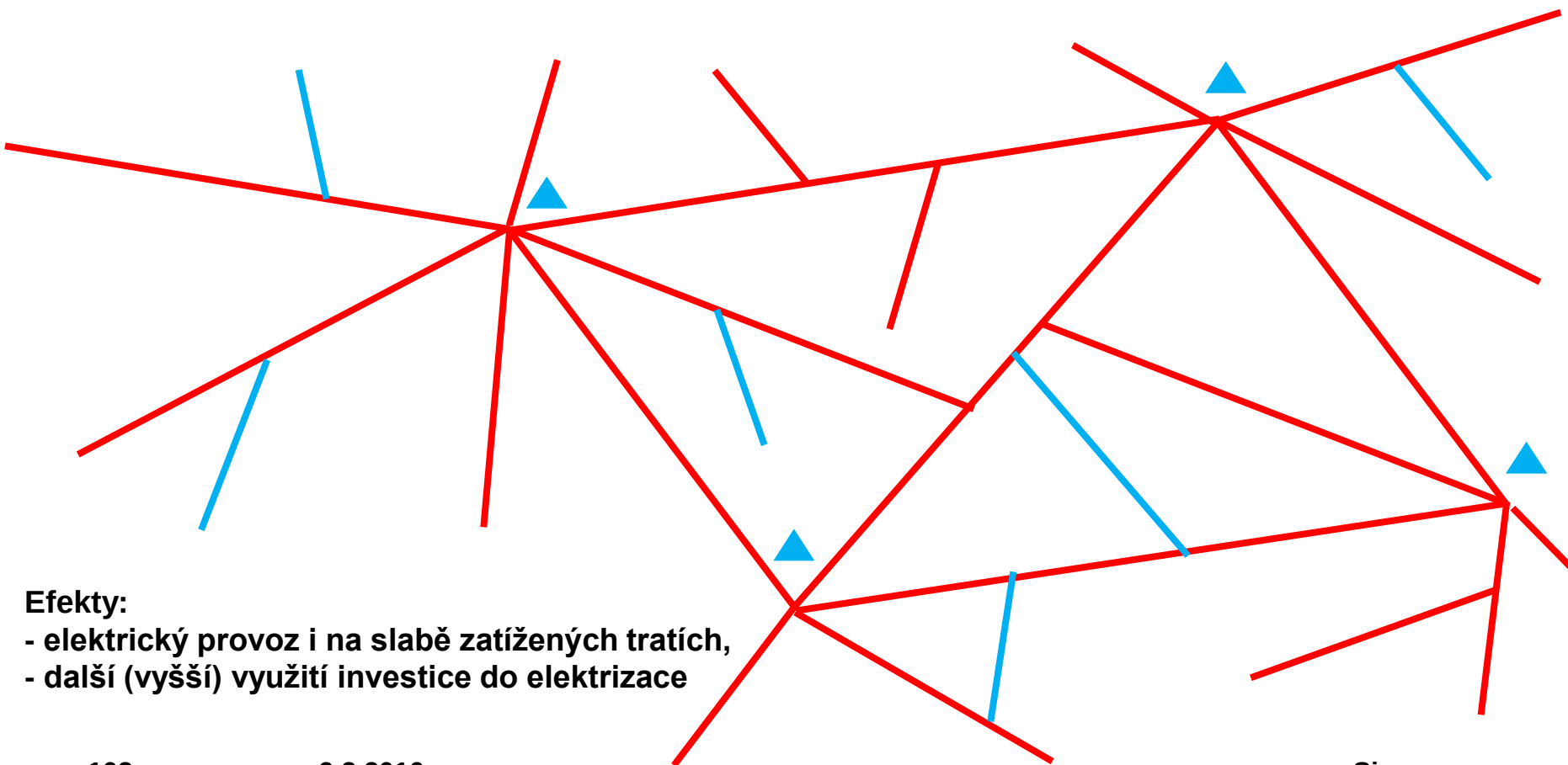
- moderní zásobník energie s vysokou měrnou energií (100 kWh/t),
- moderní zásobník energie s vysokým měrným výkonem (150 kW/t),
- moderní zásobník energie schopný rychlého nabíjení (2 hodiny),
- snížení spotřeby energie rekuperací brzdové energie,
- nabíjení z trakčního vedení přes sběrač (v klidu i 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

Bezemisní železnice – regionální osobní doprava

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.

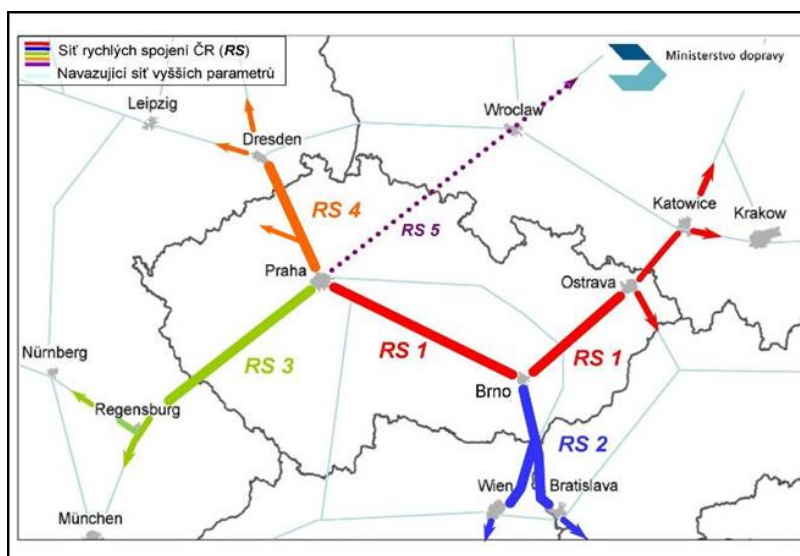
Síť elektrifikovaných železnici použít nejen pro napájení vozidel na ni provozovaných, ale i nabíjení akumulátorů vozidla provozovaných na okolních tratích bez liniového trakčního vedení.

dopravní mod	energetická náročnost	přepravní výkon	spotřeba energie	fos. paliv. náročnost	spotřeba fos. paliv	uhlíková stopa	produkce CO ₂
	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)

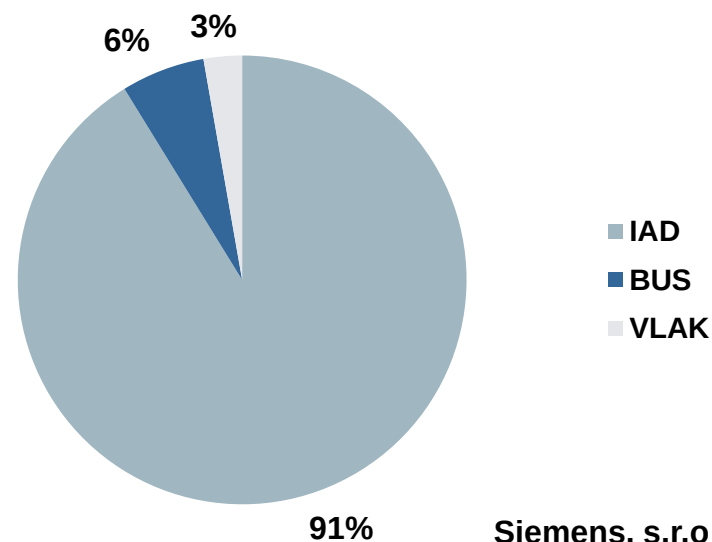


dopravní mod	energetická náročnost	přepravní výkon	spotřeba energie	fos. paliv. náročnost	spotřeba fos. paliv	uhlíková stopa	produkce CO ₂
	kWh/os. km	mil. os.km/rok	GWh/rok	kWh/os. km	GWh/rok	kg/os. km	tis. t/rok
silnice	0,570	4 000	2 280	0,52	2 099	0,14	565
železnice	0,076	4 000	303	0,09	344	0,03	134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

Praha – Brno: přepravní průzkum KORDIS JMK – struktura přepravy

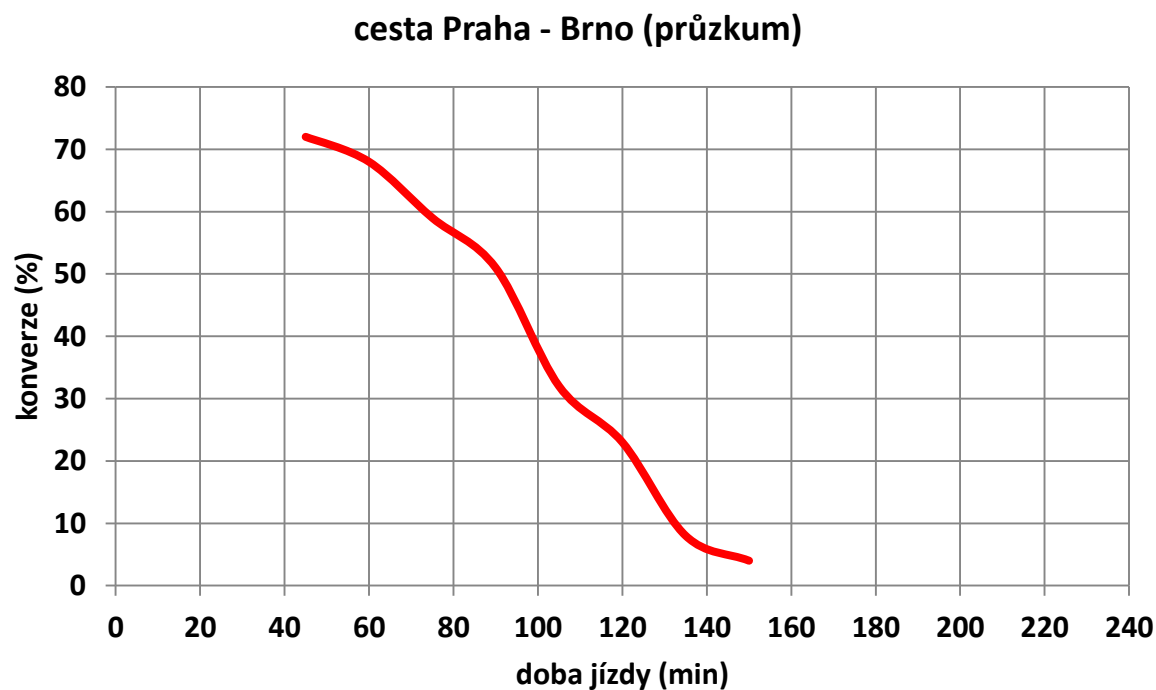
Praha - Brno		Průzkum Kordis 2013				
Denně v součtu obou směrů						
					hh:mm	min
IAD	91%		47 844	91,2%	2:00	120
BUS	6%	69%	3 161	6,0%	2:30	150
VLAK	3%	31%	1 450	2,8%	2:42	162
hromadná	9%	100%	4 611	8,8%		
celkem	100%		52 455	100,0%		

osobní přeprava mezi Prahou a
Brnem



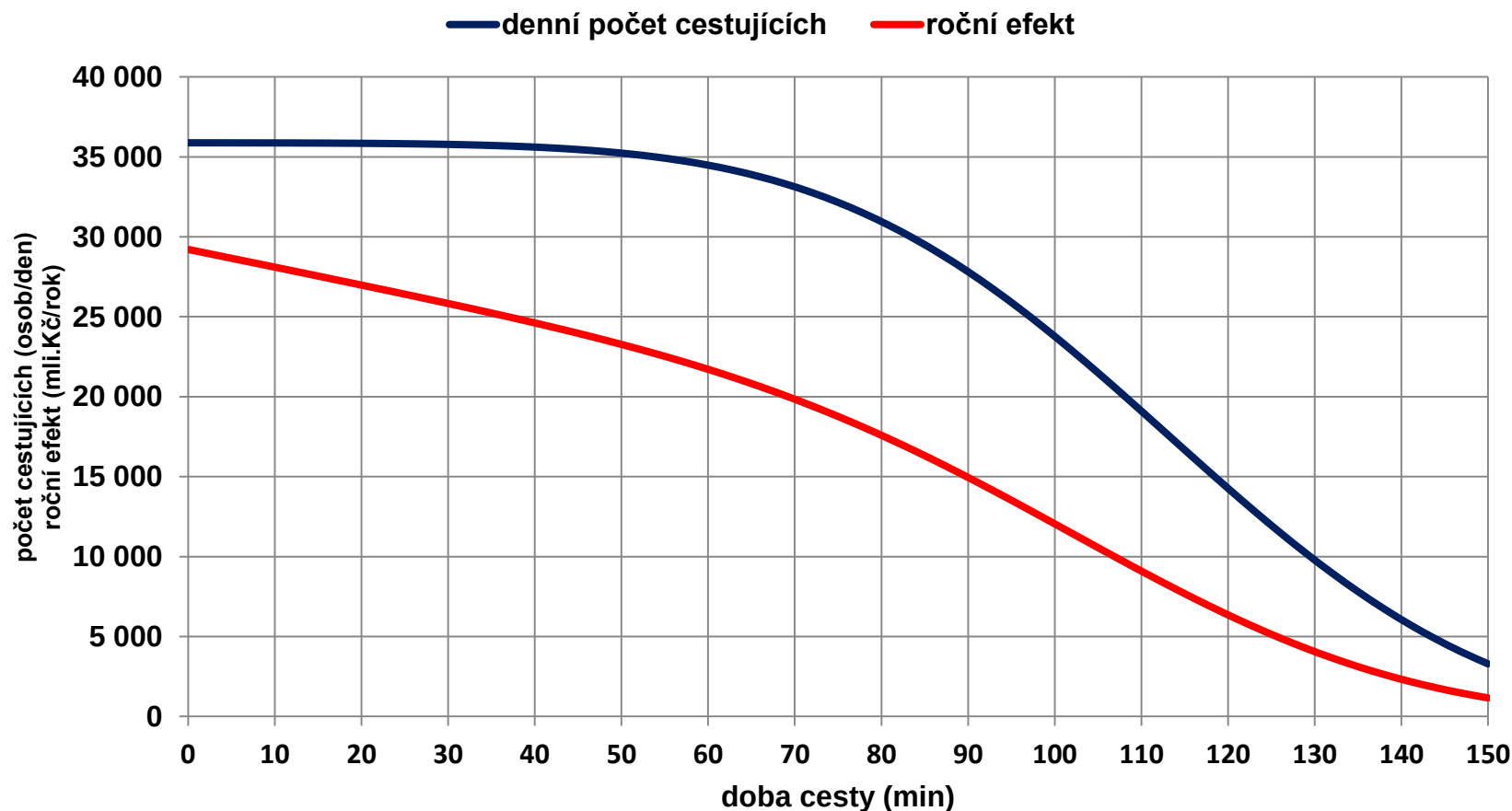
Praha – Brno: přepravní průzkum KORDIS JMK podmínky konverze z IAD na vlak

Průzkum JMK	
doba cesty	konverze
min	%
0	
15	
30	
45	72
60	68
75	59
90	51
105	32
120	23
135	8
150	4



Praha – Brno: vliv doby cesty na efekty konverze z IAD na železnici - hodnocení podle Věstníku dopravy 11/2013: vnější náklady, vnitřní náklady a čas

konverze cestujících mezi Prahou a Brnem z IAD na železnici



Bezemisní železnice

Bezemisní železnice v horizontu roku 2030 je v ČR reálným a potřebným cílem. Průvodním jevem jsou výrazné úspory energie i produkce CO₂.

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 ₂						
		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 železnice

Bezemisní městská hromadná doprava

Bezemisní železnice a bezemisní městská hromadná doprava jsou v horizontu roku 2030 v ČR reálným a potřebným cílem.

Průvodním jevem jsou výrazné úspory energie i produkce CO₂.

A to jak v hromadné dopravě samotné, tak v dopravě převedené.

Jde o kroky naplňující cíle Aktualizované státní energetické koncepce ČR.

Spotřeba energie				
		železnice	MHD	celkem
nafta	GWh/rok	8 710	467	9 178
elektřina	GWh/rok	1 216	158	1 374
úspora	GWh/rok	7 494	309	7 803
Produkce CO ₂				
		železnice	MHD	celkem
nafta	tis. t/rok	2 157	116	2 273
elektřina	tis. t/rok	539	70	609
úspora	tis. t/rok	1 618	45	1 663

2. Doprava 4.0 a Energetika 4.0

Doprava a energetika

Doprava i energetika jsou významnými strategickými síťovými hospodářskými odvětvími

Vzájemné propojení energetiky a dopravy má čtyři základní hlediska:

- bilanční

je potřeba pokrýt požadavky na energii pro dopravu,

- strukturní

je potřebné sladit strukturu forem dodávané a spotřebované energie,

- síťové

je potřebné zajistit rozvod a akumulaci jednotlivých forem energie,

- bezpečnostní

energetika i doprava tvoří oblasti kritické infrastruktury, které se musí navzájem zajišťovat.

Společné řešení dopravních a energetických otázek

Náhrada elektráren na uhlí bezemisními elektrárnami je logickou nutností:

- **v zájmu odvrácení klimatických změn je potřebné snížit produkci CO₂,**
- **hnědouhelné revíry budou nevratně vyčerpány.**

Avšak pro elektroenergetiku to znamená přechod od regulovatelných zdrojů k neregulovatelným zdrojům (jaderný reaktor) a k nepredikovatelným obnovitelným zdrojům (větrné a solární elektrárny). V systému budou scházet pružné zdroje.

Řešení je možné trojí:

- **přizpůsobování okamžité spotřeby okamžité výrobě (chytré sítě – smart grids),**
- **budování zásobníků energie,**
- **budování pohotovostních elektráren s drahou, ale ihned dostupnou energií (spalovací turbíny)**

Stacionární zásobníky energie

Tradiční forma zásobníků energie jsou gravitační přečerpávací vodní elektrárny (Štěchovice, Čierný Váh, Dlouhé Stráně, ...)

1 m³ (1t) vody zdvižená do výšky 100 m má potenciální energii:

$$A = m \cdot g \cdot h / 3\,600\,000 = 1\,000 \cdot 9,81 \cdot 100 = 0,27 \text{ kWh}$$

Pro srovnání: v 1 t nafty je tepelná energie 12 000 kWh

=> gravitační přečerpávací vodní elektrárny jsou velmi prospěšným zařízením, ale jejich budování je velmi náročné investičně i z hlediska zásahu do přírody

PVE Dlouhé Stráně

Přečerpávací Dlouhé Stráně		
výška	m	511
objem	m ³	2 580 000
měrná hmotnost	t/m ³	1
hmotnost	t	2 580 000
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81
měrná potenciální energie	kWh/t	1,39
potenciální energie	kWh/t	3 592 586
průtok	m ³ /s	137
doba výtoku	h	5,23
příkon	kW	686 769
účinnost	%	90
výkon	kW	618 092
dodaná energie na jeden cykl	kWh	3 233 327
roční dodaná energie	kWh	267 000 000
počet cyklů ročně	1/rok	83
rozdíl cen energie	Kč/kWh	0,5
výnos na jeden cykl	Kč	1 616 663
roční výnos	Kč/rok	133 500 000
investice	Kč	6 500 000 000
měrná investice na výkon	Kč/kW	10 516
měrná investice na energii	Kč/kWh	2 010
návratnost	roky	49
počet cyklů za životnost		4 021
doba aktivace	s	100

Práce koňů v tramvajové dopravě byla namáhavá.

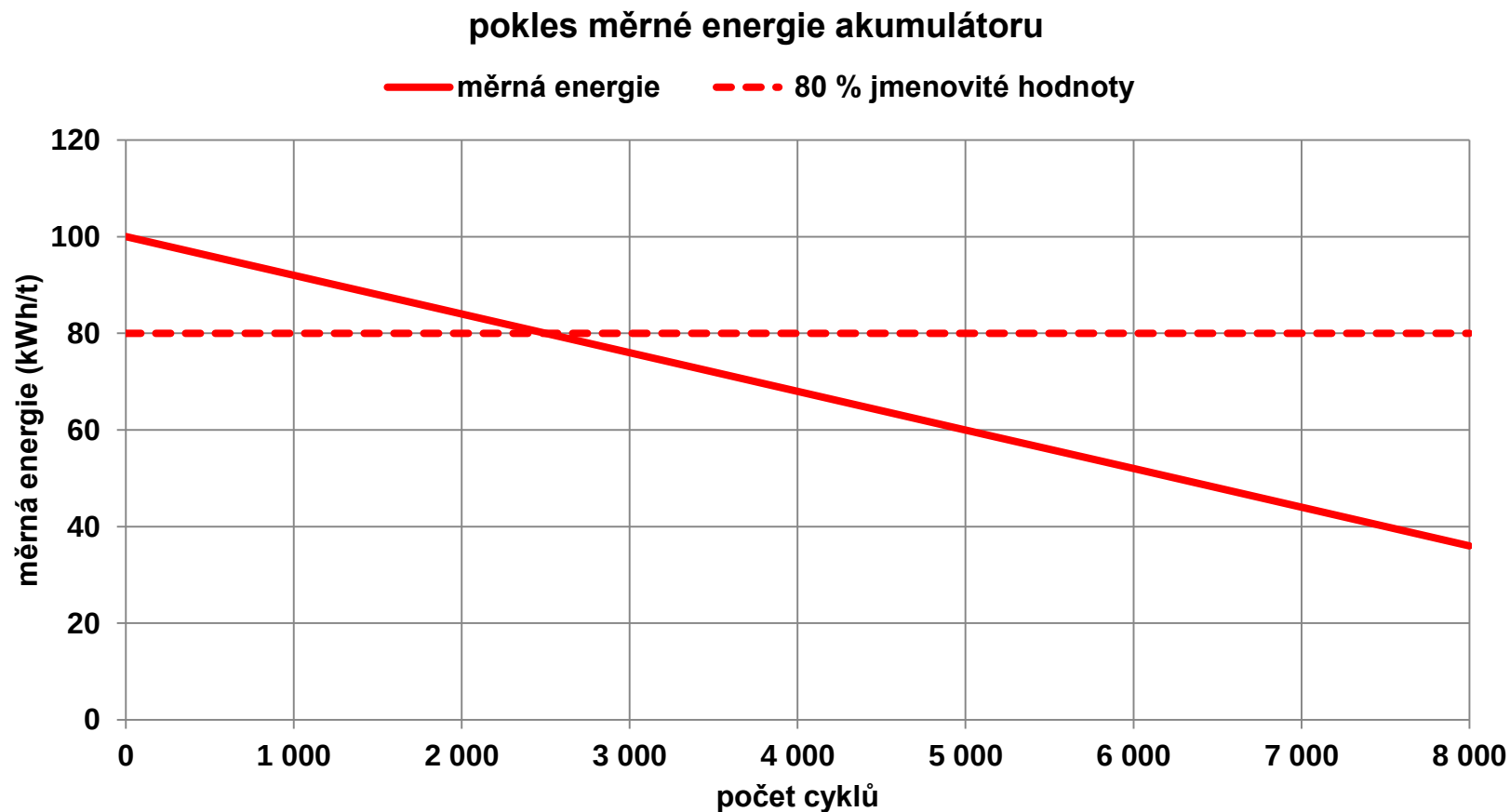
Po pár letech tahání tramvají byl vybrakovaný kůň odprodán do lehčí služby.

SIEMENS

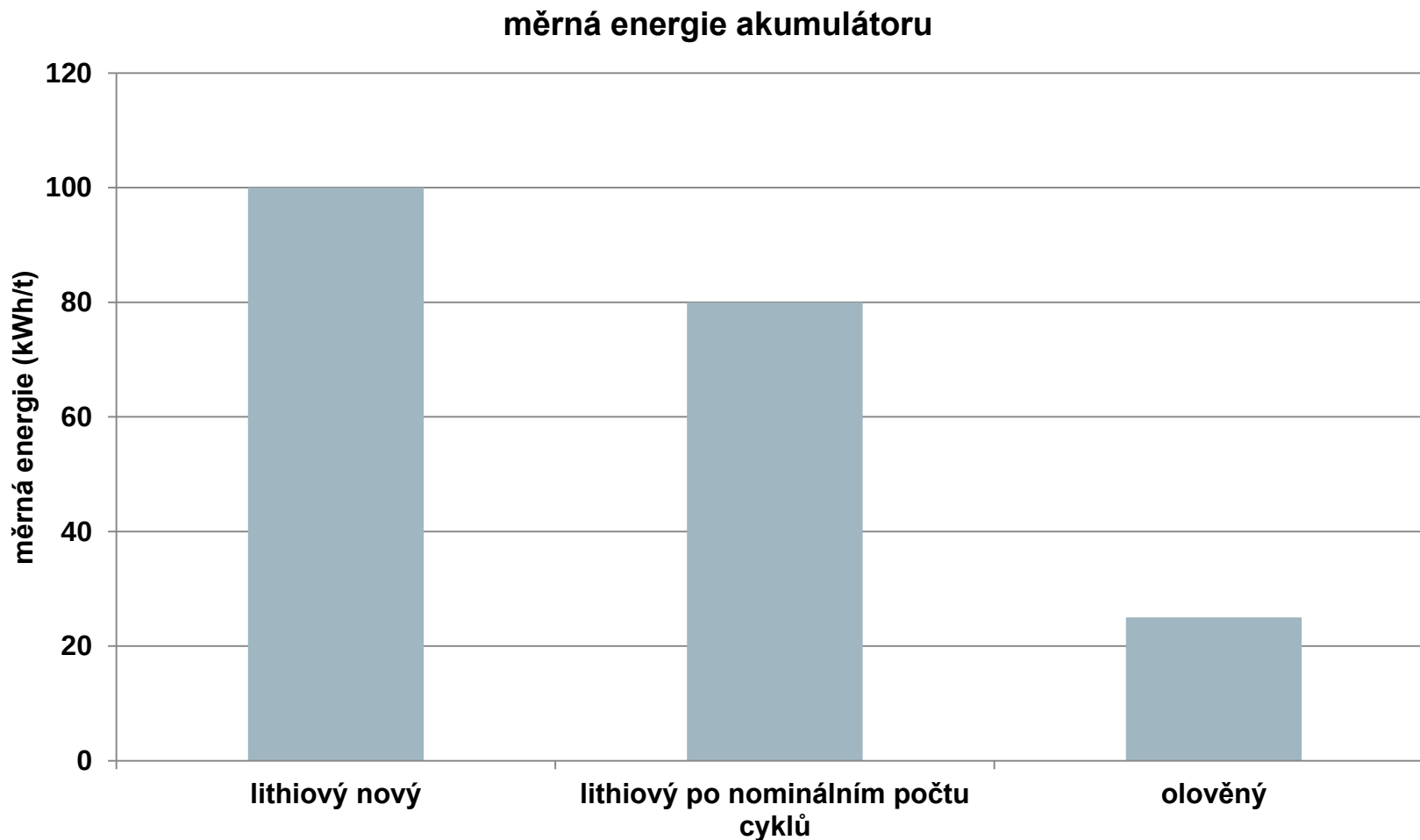


Stárnutí lithiového akumulátoru je degradační.

Životnost akumulátoru je definována počtem cyklů do poklesu kapacity o 20 %.



Po vyčerpání životnosti z vozidel vyřazený lithiový akumulátor má stále ještě třikrát větší měrnou energii, než nový olověný akumulátor



Statický zásobník energie na bázi použitých (z vozidel již vyřazených) lithiových akumulátorů

Lithiová Krátké Stráně - použité, energetický ekvivalent

dodaná energie na jeden cykl	kWh	3 233 327
účinnost	%	90
disponibilní energie akumulátoru	kWh	3 592 586
hloubka vybíjení	%	80
jmenovitá energie akumulátoru	kWh	4 490 732
měrná cena akumulátoru	Kč/kWh	1 000
cena akumulátorů	Kč	4 490 731 875
měrná energie akumulátorů	kWh/t	80
hmotnost akumulátorů	t	56 134
teoretická doba vybíjení	h	1,2
výkon akumulátoru	kW	3 742 277
výstupní výkon	kW	3 368 049
podíl ceny akumulátorů na investici	%	50
investice	Kč	8 981 463 750
měrná investice na výkon	Kč/kW	2 667
měrná investice na energii	Kč/kWh	2 778
doba aktivace	s	0,1

Lithiová Krátké Stráně - použité, výkonový ekvivalent

výkon	kW	618 092
účinnost	%	90
disponibilní výkon akumulátoru	kWh	686 769
teoretická doba vybíjení	h	1,2
jmenovitá energie akumulátoru	kWh	824 122
hloubka vybíjení	%	80
využitelná energie akumulátoru	kWh	659 298
výstupní energie	kWh	593 368
měrná cena akumulátoru	Kč/kWh	1 000
cena akumulátorů	Kč	824 122 404
měrná energie akumulátorů	kWh/t	80
hmotnost akumulátorů	t	10 302
podíl ceny akumulátorů na investici	%	50
investice	Kč	1 648 244 808
měrná investice na výkon	Kč/kW	2 667
měrná investice na energii	Kč/kWh	2 778
doba aktivace	s	0,1

Statický zásobník energie na bázi použitých (z vozidel již vyřazených) lithiových akumulátorů

Lithiová Krátké Stráně - použité, energetický ekvivalent elektrobus		
energie akumulátoru 2 oseého busu	kWh	200
zbytková energie akumulátoru	kWh	160
potřebný počet autobusů 2 osých		28 067
městských autobusů v ČR celkem		3 500
poměrný počet 3 osých	%	25
ekvivalentní počet autobusů v ČR		3 938
pokrytí potřeby	%	14
akumulátorové železniční vozidlo (BEMU)		
energie akumulátoru BEMU	kWh	800
zbytková energie akumulátoru	kWh	640
potřebný počet BEMU		7 017
potenciál počtu BEMU v ČR		500
pokrytí potřeby	%	7

Lithiová Krátké Stráně - použité, výkonový ekvivalent elektrobus		
energie akumulátoru 2 oseého busu	kWh	200
zbytková energie akumulátoru	kWh	160
potřebný počet autobusů 2 osých		5 151
městských autobusů v ČR celkem		3 500
poměrný počet 3 osých	%	25
ekvivalentní počet autobusů v ČR		3 938
pokrytí potřeby	%	76
akumulátorové železniční vozidlo (BEMU)		
energie akumulátoru BEMU	kWh	800
zbytková energie akumulátoru	kWh	640
potřebný počet BEMU		1 288
potenciál počtu BEMU v ČR		500
	%	39

Společné dopravní a energetické linky

Nařízení EU č. 1316/2013 hovoří nejen o evropských dopravních spojnících, ale i o energetických spojnících.

Evropa potřebuje vybudovat:

- rychlá dopravní spojení (vysokorychlostní železnice),**
- vysoce výkonná elektrická vedení HV DC propojující plošně nerovnoměrně rozmístěné obnovitelné zdroje elektrické energie (větrné, solární, vodní, ...).**

Budování liniových staveb (vysokorychlostních železnic i vysokonapěťových HV DC elektrických vedení) potřebuje šetrně řešit průchod územím.

Česká republika má strategickou polohu v trase přepravních i energetických toků mezi severozápadu na jihovýchod Evropy.

Je velmi racionální budovat vysokorychlostní elektrické železnice společně s HV DC elektrickými přenosovými linkami (velká přidaná hodnota pro EU i ČR). Nebránit se tranzitu elektrické energie, ale investovat a profitovat z něho.

Děkuji Vám za Vaši pozornost!