

Doprava a energetika minulost, současnost, budoucnost

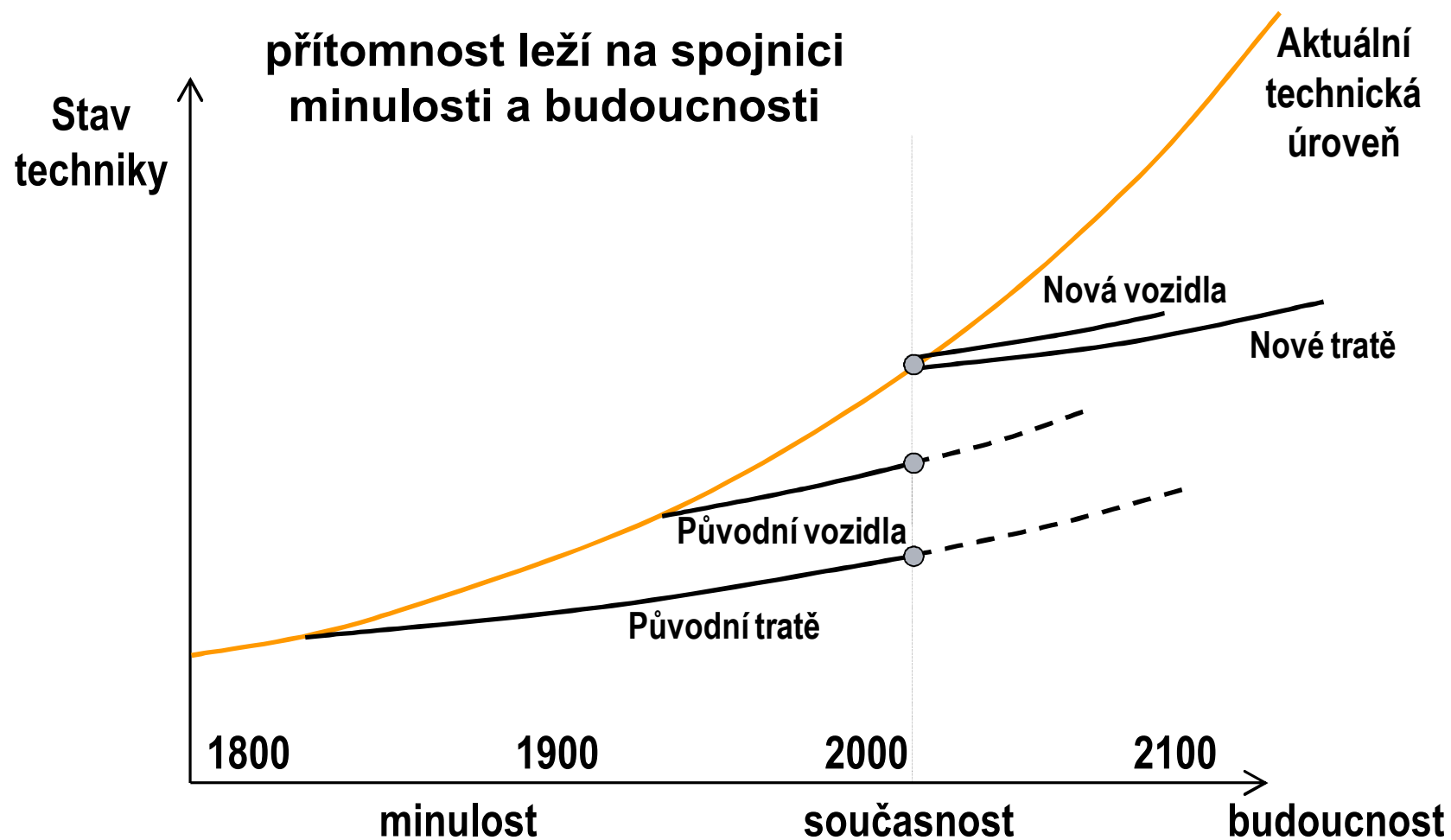
2. část

Jiří Pohl

**Praha
19.4.2017**

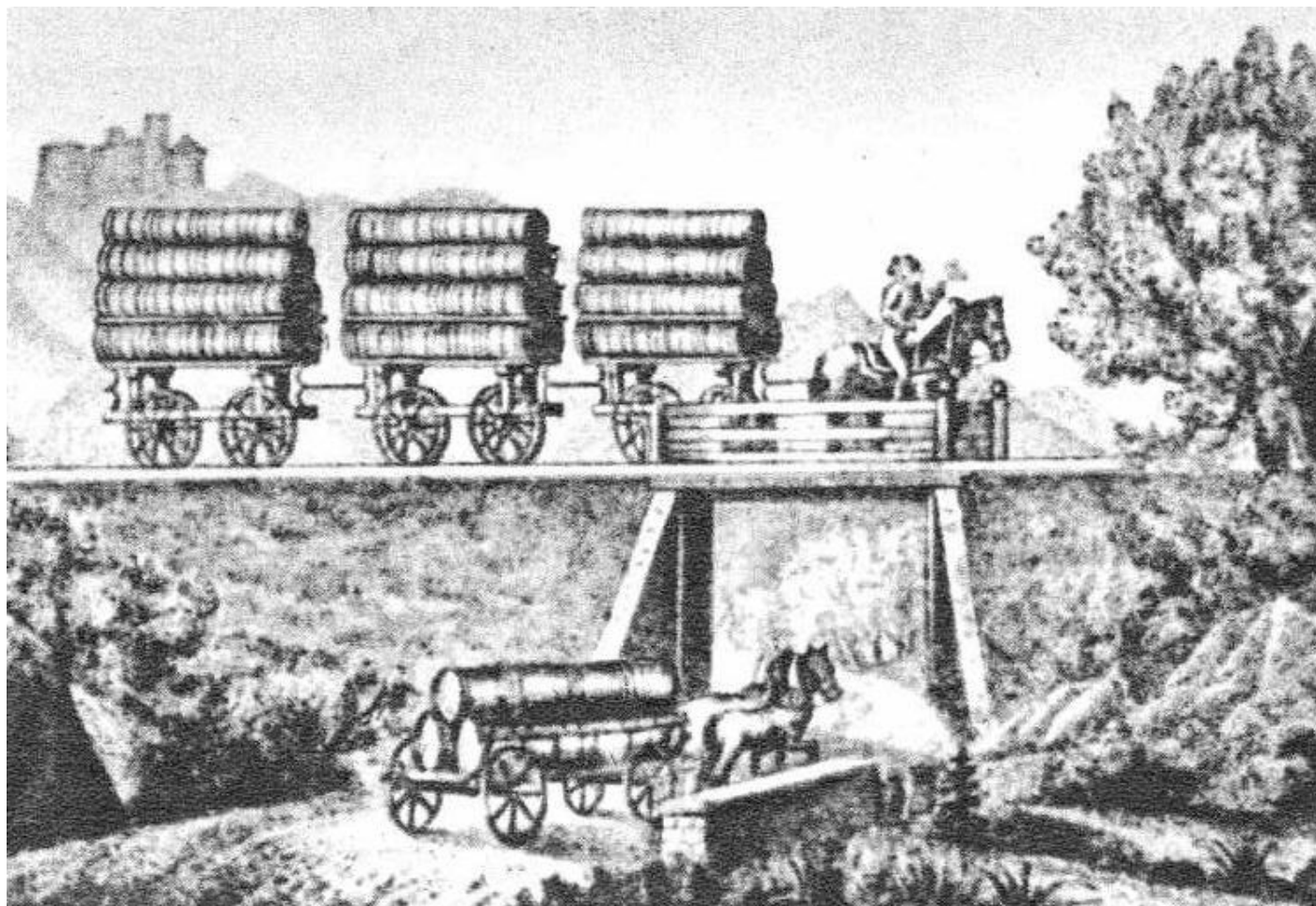
Na úvod stručné shrnutí minulé přednášky

Kontinuita vývoje kolejové dopravy



Silnice vs. železnice

prof. Alfred 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.

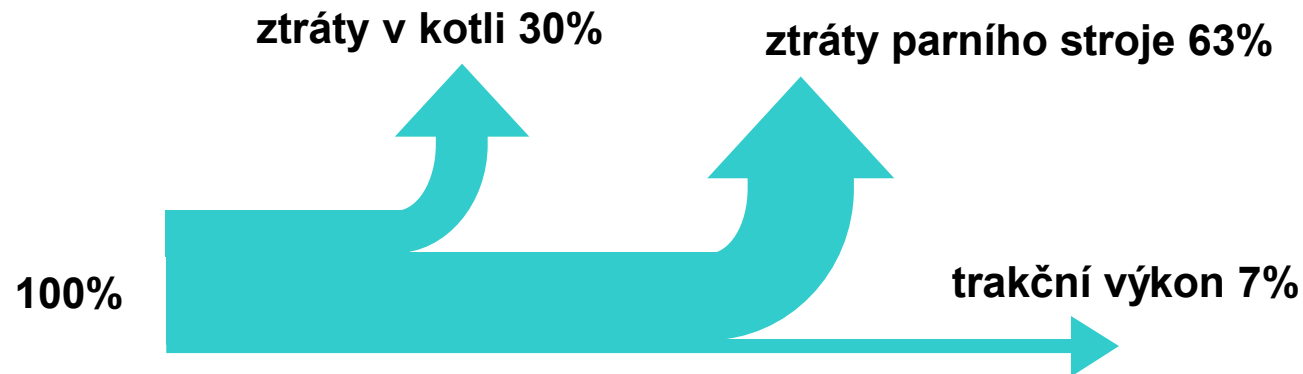
Parní lokomotiva - energetické přeměny

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

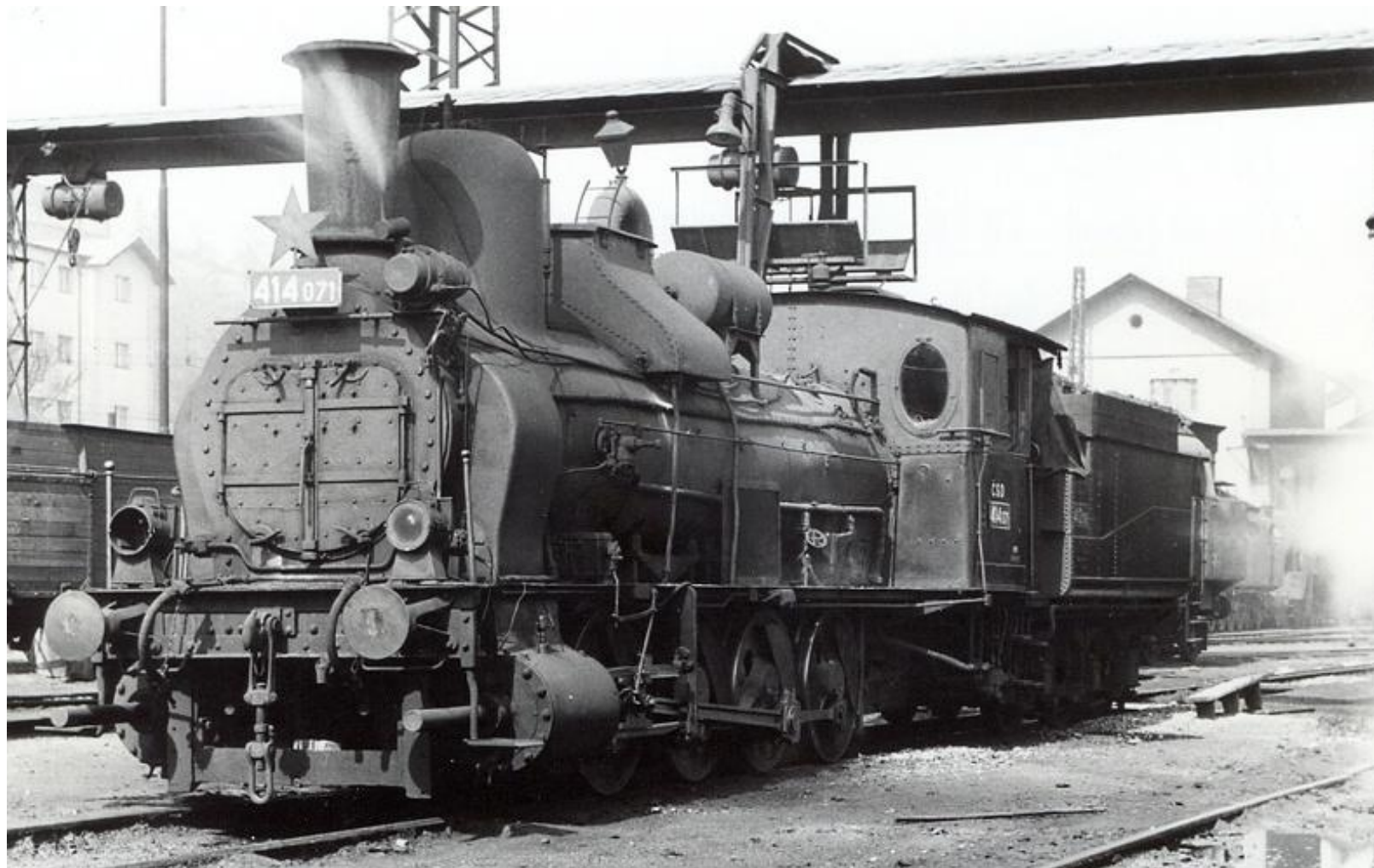
$$\eta = \frac{1}{E_p \cdot s} = \frac{1}{0,8 \cdot 12} = 0,10$$



Navíc:

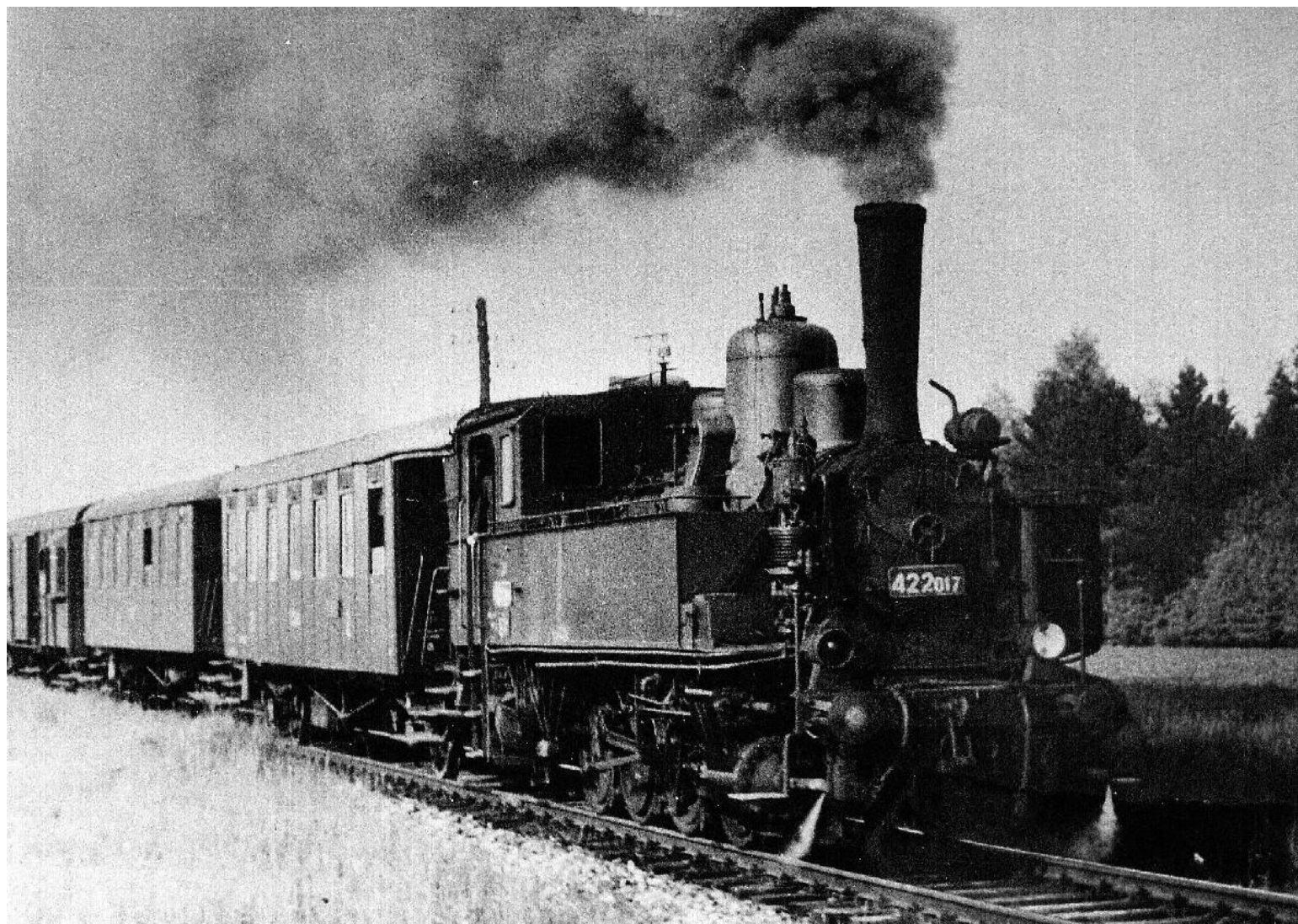
- ★ velké ztráty při „chodu naprázdno“
- ★ dlouhá doba potřebná k uvedení do provozního stavu (roztápění)
- ★ nutnost udržování v pohotovém stavu (předtápění)

**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 snížit ochlazování válců dělenou expanzí. Účinnost stroje cca 8,5 %, spotřeba páry cca 15 kg/kWh



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



Energetická náročnost životního stylu

	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)

Důsledky spalování fosilních paliv

V současné době intenzivního spalování fosilních paliv dochází k nerovnováze, do atmosféry je spalováním předáváno více CO₂, 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 CO₂, se postupně zvyšuje.

Aktuálně (začátek roku 2016) již dosahuje cca 400 ppm 5 000 miliard tun CO₂).

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 CO₂ 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:

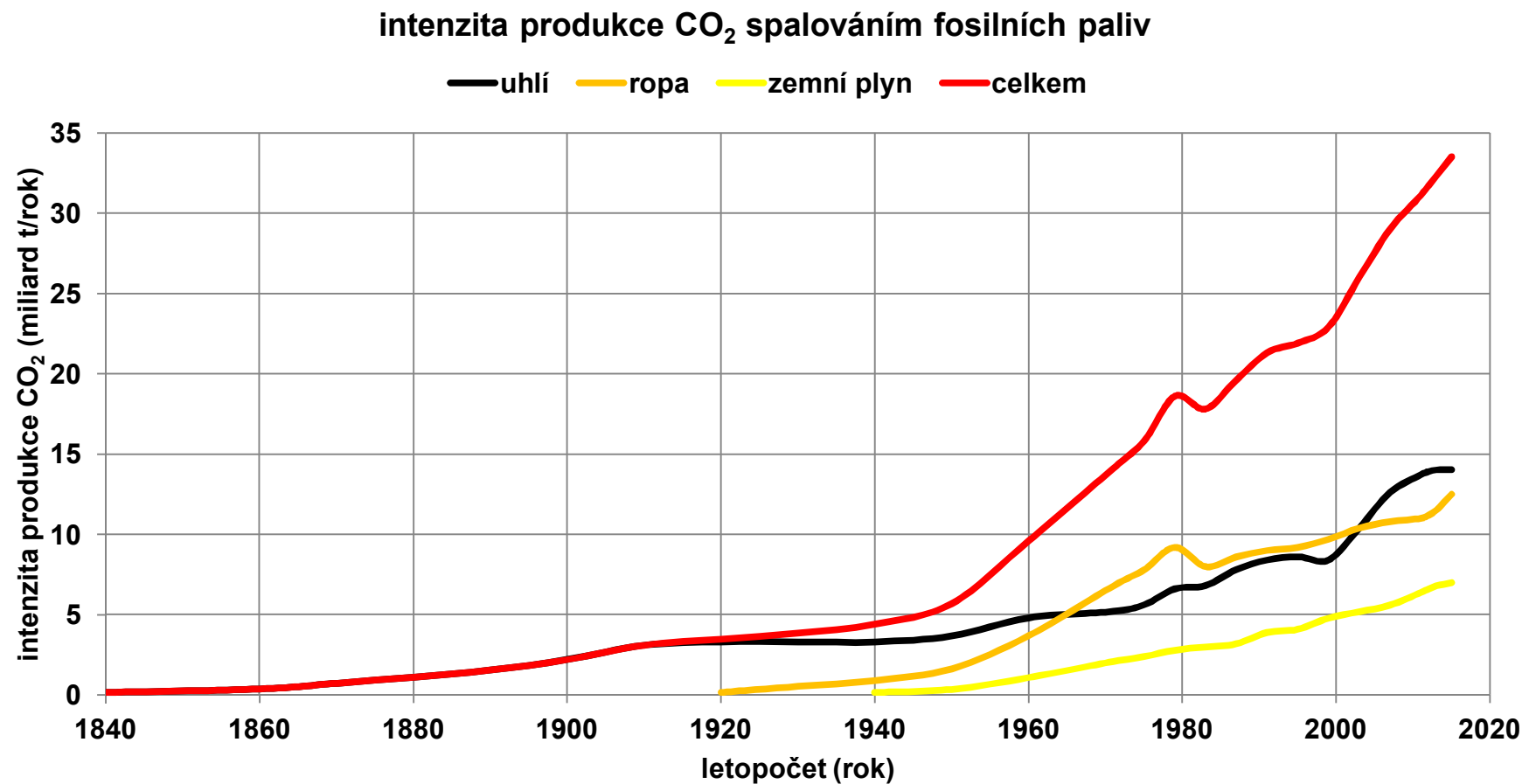
- spálením jednoho litru nafty se dostává do ovzduší 2,65 kg CO₂
- spálením jednoho litru benzínu se dostává do ovzduší 2,46 kg CO₂
- spálením jednoho kg zemního plynu se dostává do ovzduší 2,79 kg CO₂

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

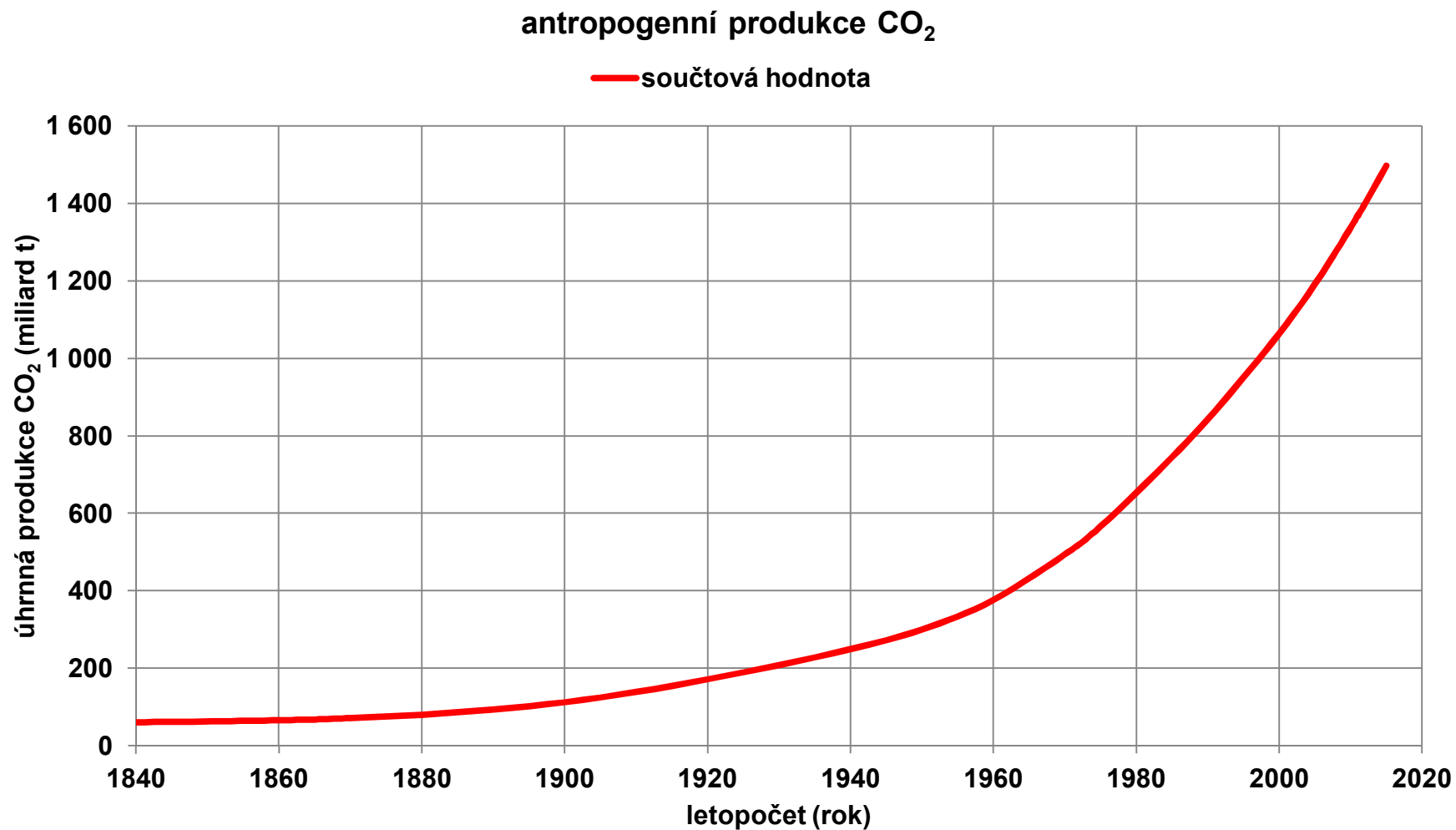
Jedinou cestou ke snížení antropogenní produkce CO₂ je spalovat méně fosilních paliv.

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 32 miliardy tun CO₂/rok.
Minulé roky nárůst intenzity produkce CO₂: cca o 0,6 miliardy tun/rok.



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



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 cca 1 ° C.

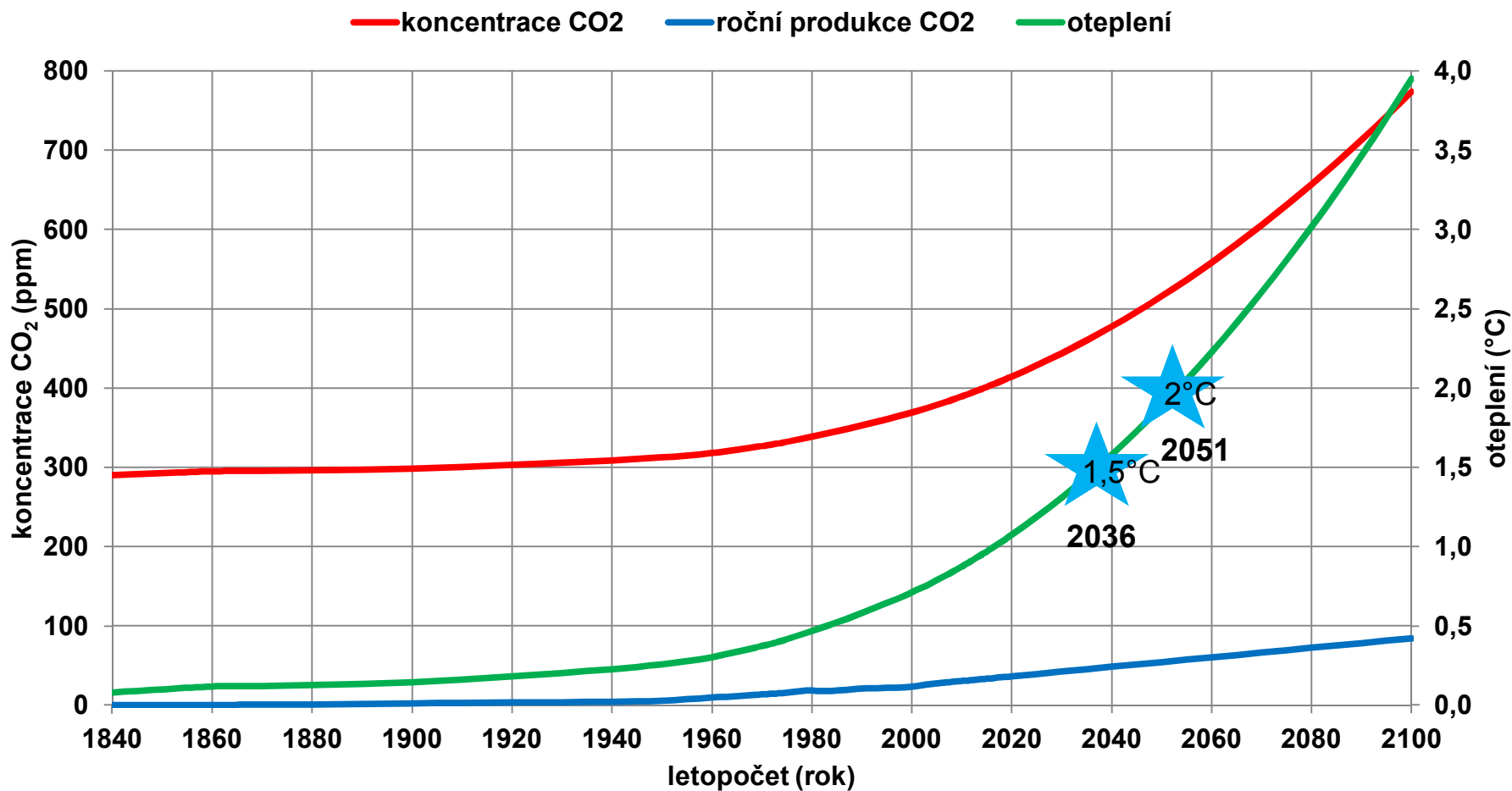
V prosinci 2015 se 147 státníků a reprezentantů ze 196 zemí na CPP 21 v Paříži dohodlo, že by oteplení nemělo přesáhnout 1,5 až 2 stupně.

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

- a) 750 miliard tun CO₂ (pro oteplení o 1,5 °C),**
- b) 1 500 miliard tun CO₂ (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 CO₂/rok)



Podíl obyvatele ČR na produkci oxidu uhličitého

Obyvatelstvo a exhalace (odhad úrovně roku 2015)			
	počet obyvatel	produkce CO₂	měrná prod. CO₂
objekt	mil. osob	mil. t/rok	t/osobu/rok
svět	7 300	32 100	4,4
podíl světa	100%	100%	100%
ČR	10,6	117	11,1
podíl ČR	0,14%	0,36%	252%
EU	503	3 700	7,4
podíl EU	7%	12%	167%
Čína	1 300	8 000	6,2
podíl Číny	18%	25%	140%

**Čína je větším producentem CO₂ než ČR,
ale Čech je větším producentem CO₂, 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 CO₂.

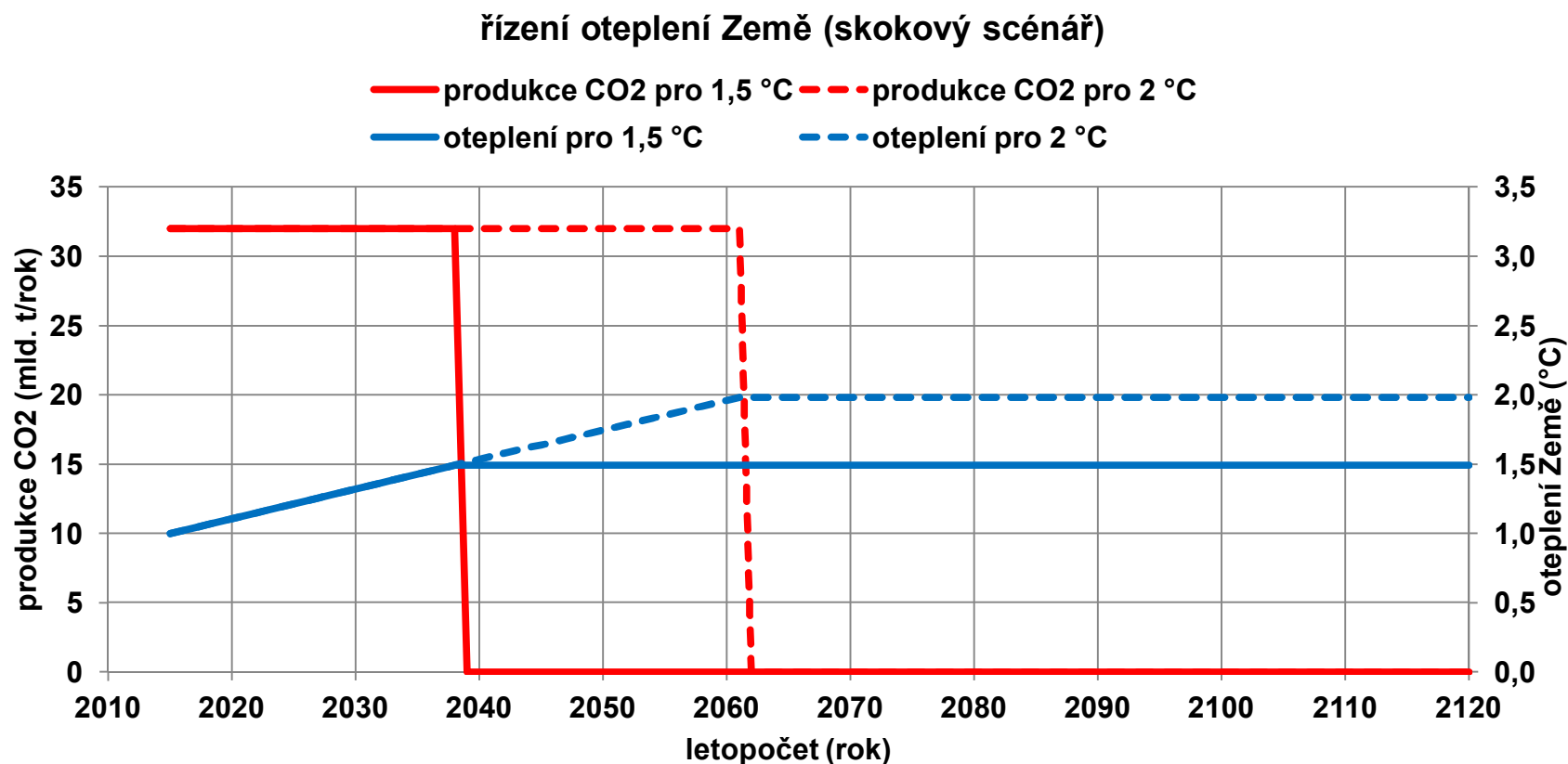
Přitom v roce 2015 bylo spalováním fosilních paliv vytvořeno 32 miliard t CO₂. Jak hospodařit s posledními 750, respektive 1 500 miliard t CO₂ patří k nejzásadnějším manažerským rozhodnutím v dějinách lidstva.

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**

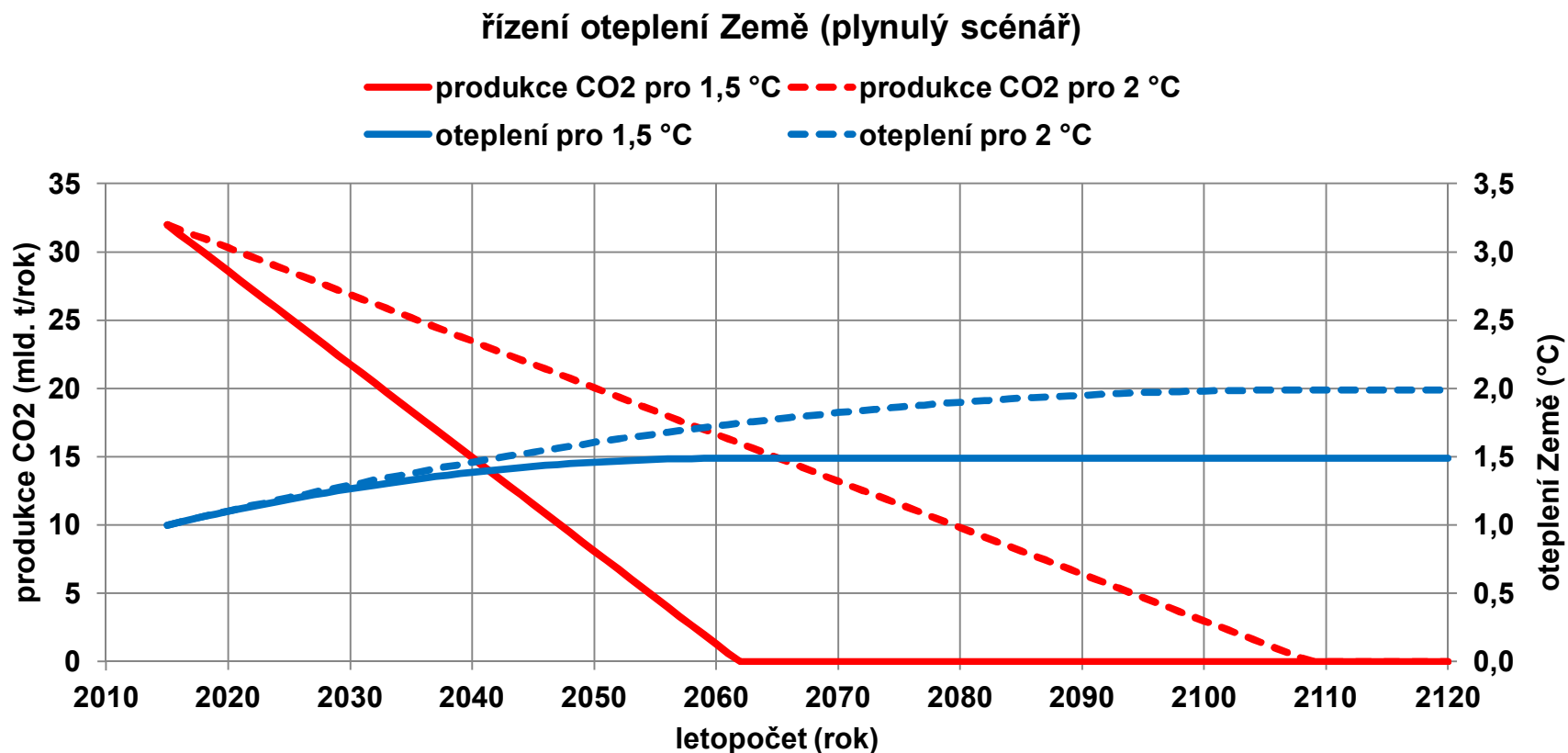
Druhý scénář je lákavý, ale zhoubný. Každý další rok neomezované spotřeby zkrátíme období snižování spotřeby o dva roky. Prudké tempo odklonu od používání fosilních paliv nebude snadné zvládnout.

Možné scénáře ukončení spotřeby fosilních paliv: skokový a plynulý



Při pokračování spotřeby fosilních paliv na úrovni roku 2015 dosáhne oteplení Země mezní hodnotu 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.

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.

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

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)

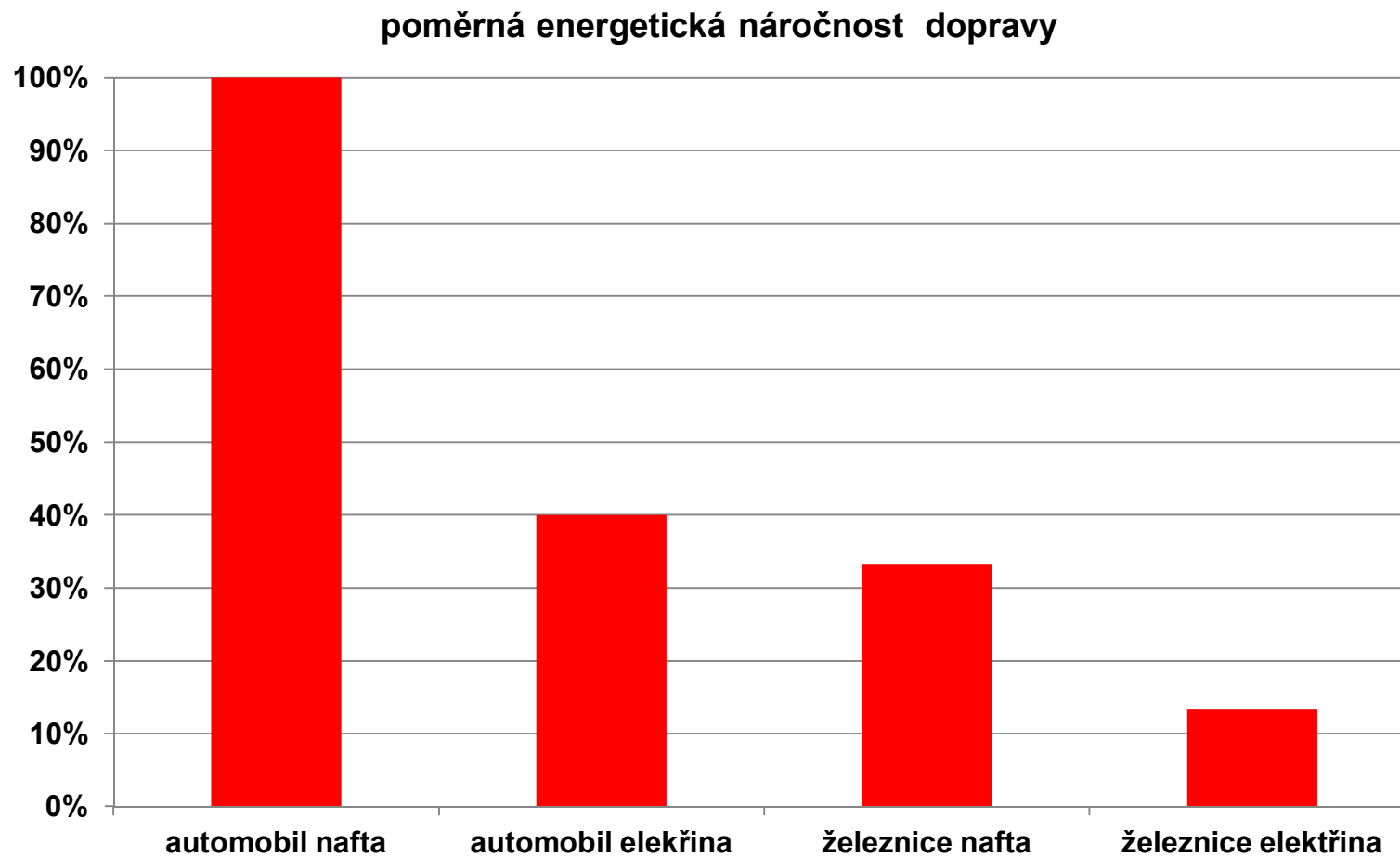
Energetická náročnost mobility

Ideální vozidlo:

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



Energetická náročnost mobility



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



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.

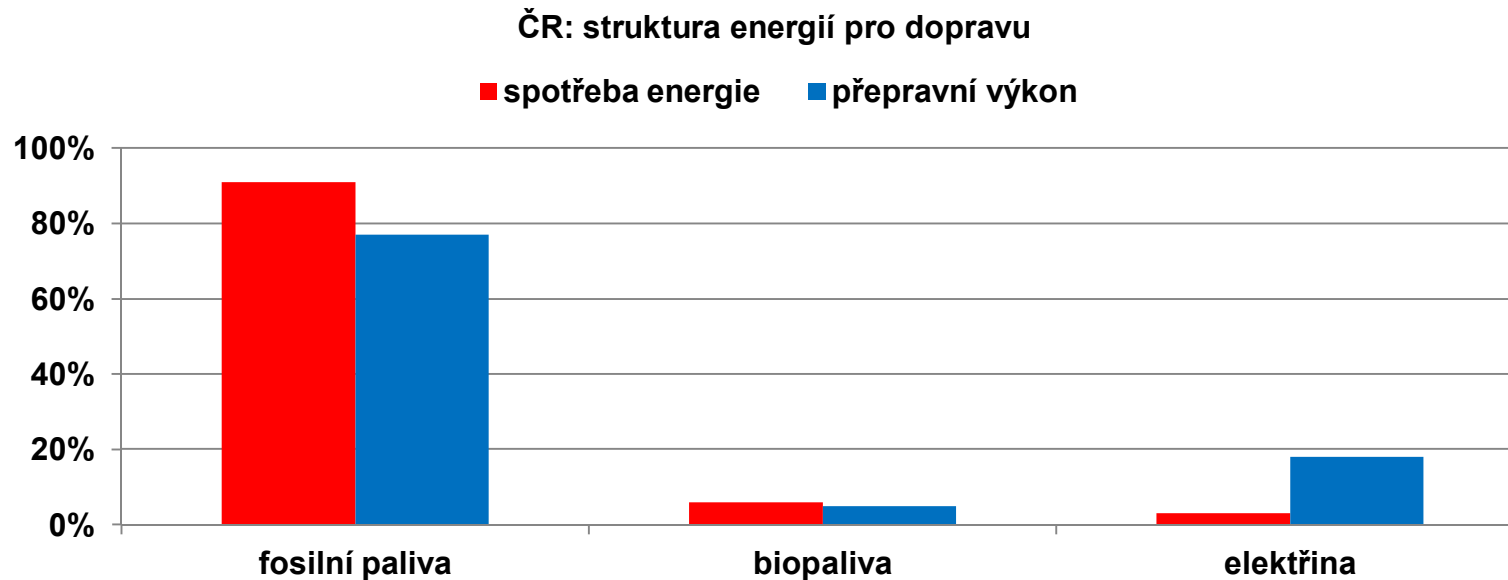
Energie pro dopravu

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 :

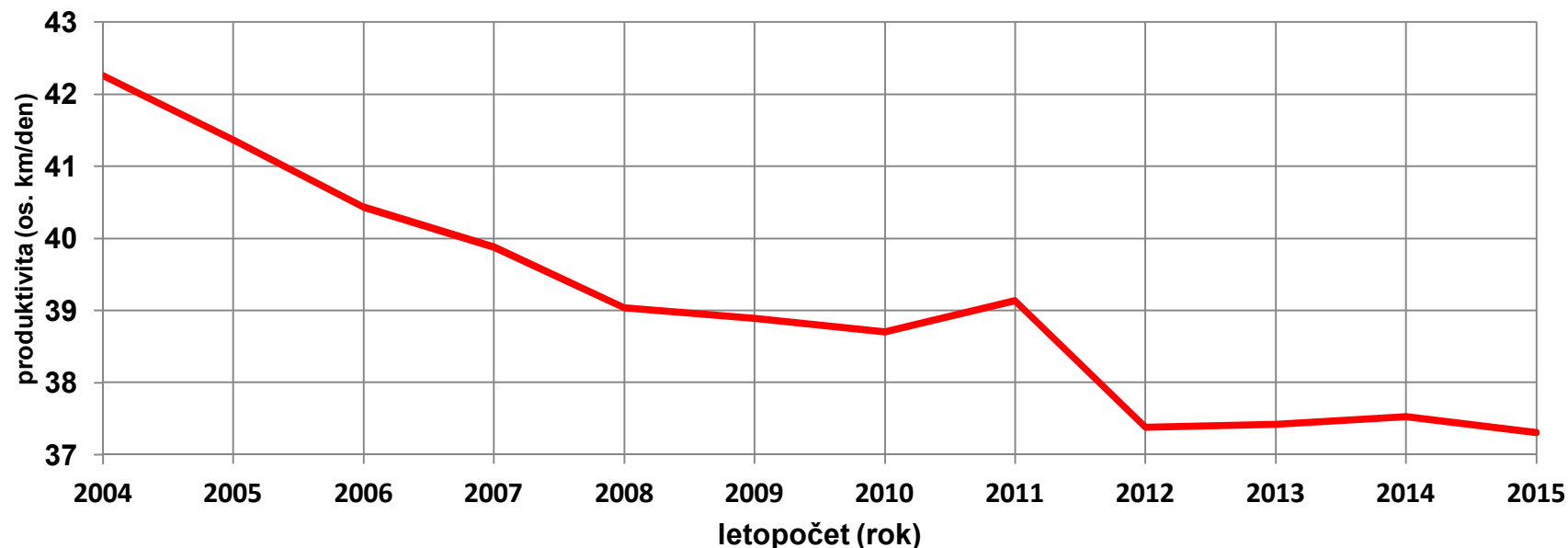
- fosilní paliva 91 % (zajišťuje 77 % přepravních výkonů),
- biopaliva 6 % (zajišťuje 5 % přepravních výkonů) ,
- elektřina 3 % (zajišťuje 18 % přepravních výkonů).



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)

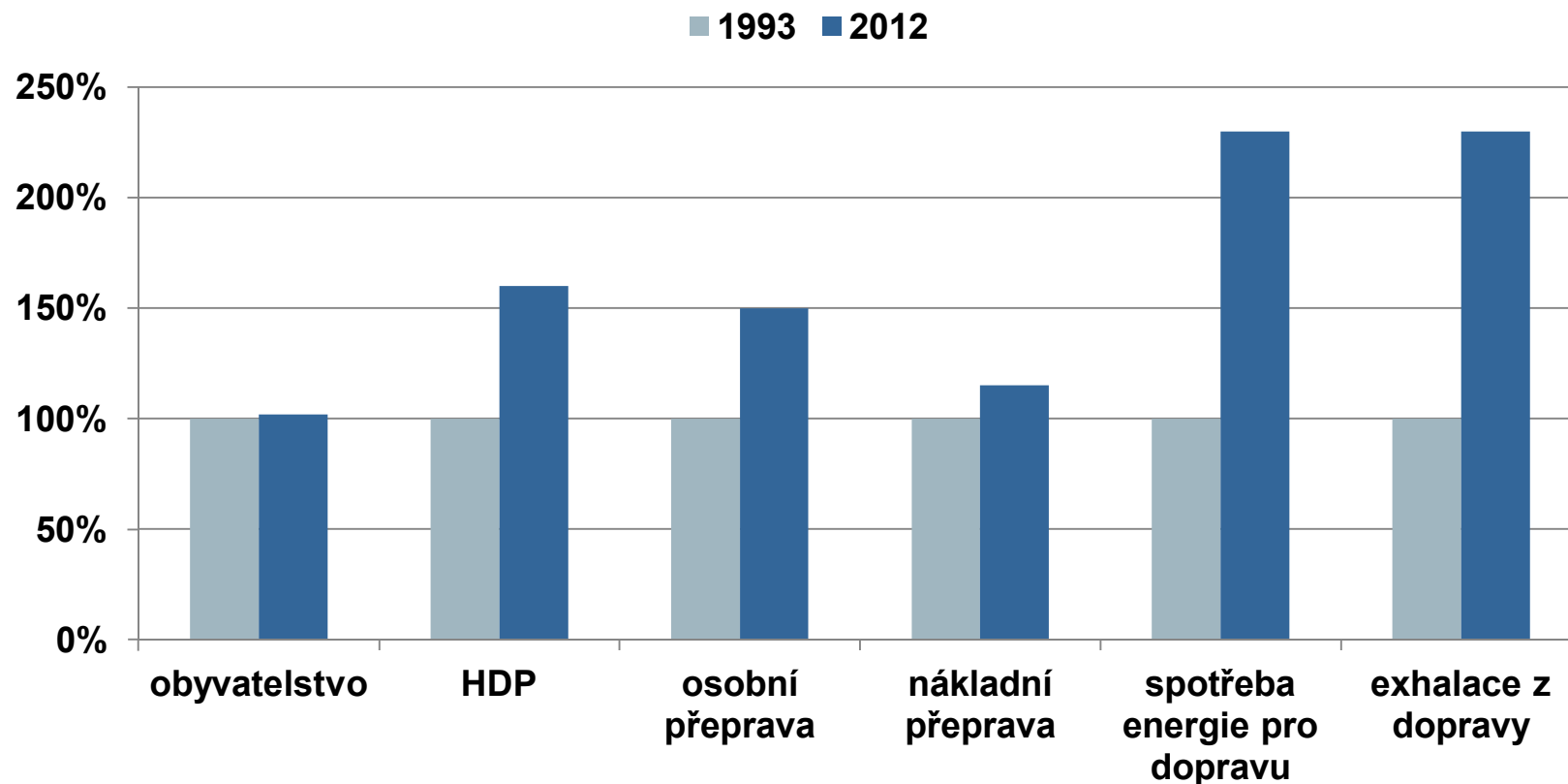
Denní přepravní výkon:

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

=> 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.

Konec shrnutí minulé přednášky

Evropská rada – Summit 23. a 24. října 2014

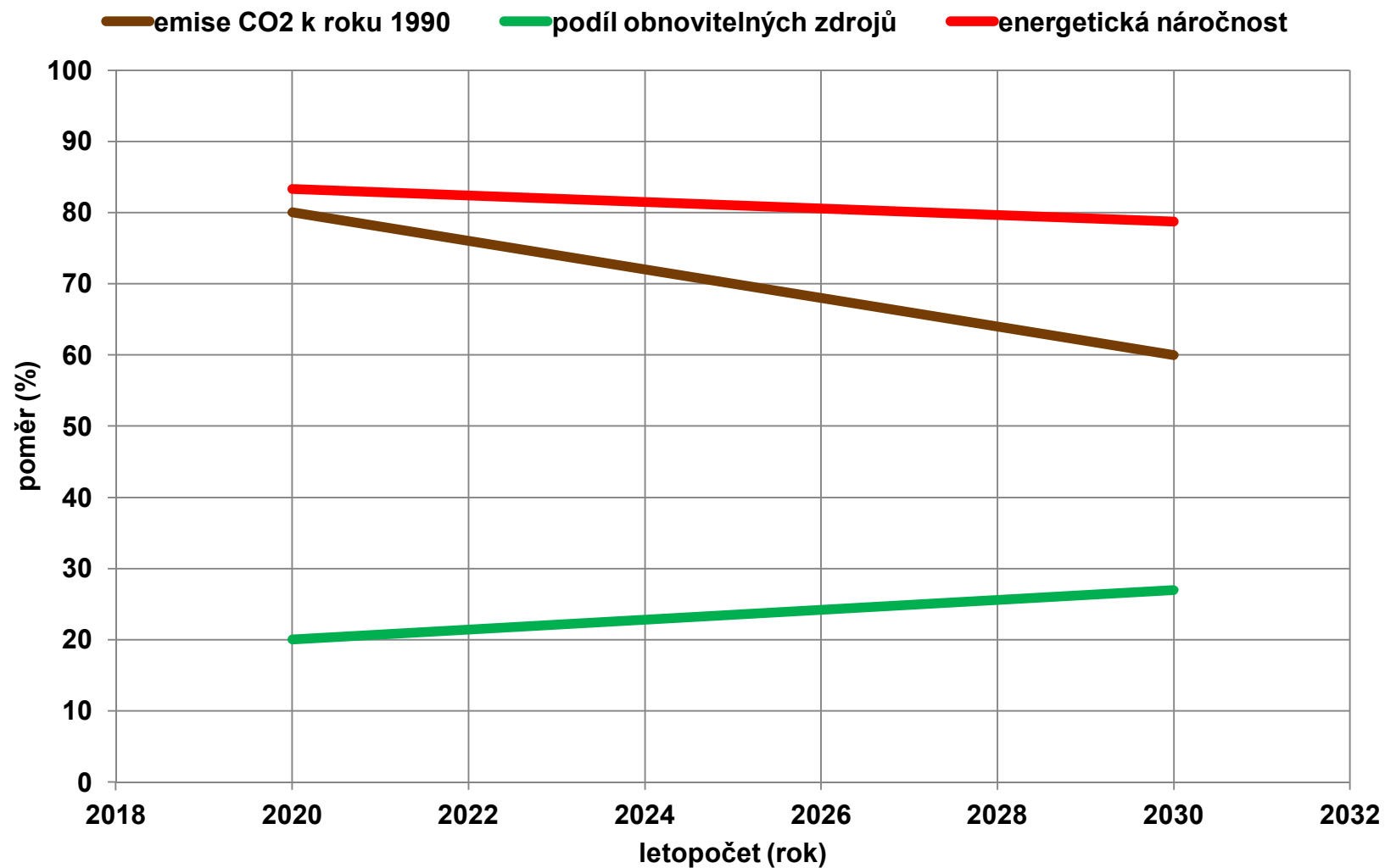
Závěry o rámci politiky v oblasti klimatu a energetiky do roku 2030 (SN 79/14)

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 (snížit spotřebu energie) o 27 %
(„Zimní energetický balíček EU“ ze 30.11.2016 : zpřísnit tento cíl na 30 %)

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



Uhlíková stopa

Vytvoření 1 kWh mechanické práce je provázeno:

- **0,64 kg CO₂ při spalování nafty ve vznětovém motoru ($\eta = 42 \%$),**
- **0,66 kg CO₂ při spalování benzínu v zážehovém motoru ($\eta = 39 \%$),**
- **0,53 kg CO₂ při spalování zemního plynu (metanu) v zážehovém motoru ($\eta = 39 \%$).**

Fosilní paliva a doprava

Závislost dopravy na fosilních palivech, v současnosti zejména na ropě, dosáhla velmi nežádoucích rozměrů.

V ČR je 97 % energie pro dopravu tvořeno kapalnými uhlovodíkovými palivy, respektive jejich náhražkami.

Tato skutečnost má řadu negativních dopadů:

- **závislost dopravy na dovozu drahých paliv,**
- **trvale rostoucí cena fosilních paliv,**
- **nízká energetická účinnost využívání těchto paliv,**
- **vyčerpitelnost zdrojů (konečnost zásob) fosilních paliv,**
- **lokální znečištění ovzduší (spaliny),**
- **globální znečištění ovzduší (oxid uhličitý).**

Fosilní paliva

Fosilní uhlovodíková paliva se v přírodě vyskytují ve třech skupenstvích:

- **pevné (uhlí),**
- **kapalné (ropa),**
- **plynné (zemní plyn).**

Společné znaky:

- **omezené zdroje, neopakovatelně spotřebovávané – jen jednou v dějinách lidstva,**
- **teritoriálně nerovnoměrně rozložené (dovozní náročnost),**
- **cena řízena trhem (nabídka – poptávka, respektive těžba - spotřeba),**
- **při spalování vznikají zdraví škodlivé exhalace,**
- **spalování způsobuje trvalou změnu klimatu,**
- **přeměna na mechanickou práci či elektrickou energii se děje s účinností 30 až 40 %, tedy 60 až 70 % se změní ve ztrátové teplo.**

Alternativní paliva

Stlačený zemní plyn

Zemní plyn je směsí plynných uhlovodíků, obsahuje zejména metan. Metan (CH₄) obsahuje relativně velký podíl vodíku, proto při spalování produkuje o 24 % méně CO₂ než nafta.

Ale:

- **zemní plyn má vysokou zápalnou teplotu, proto jej není možno použít jako palivo pro vznětový (Dieselův) spalovací motor – kompresním teplem se nevznítí.**
- **pro spalování zemního plynu je nutné použít zážehový (Ottův) spalovací motor, avšak ten má nižší účinnost a tedy cca o 8 % vyšší spotřebu paliva.**
- **nádrže na stlačený zemní plyn (přetlak 20 MPa) zvyšují hmotnost silničního vozidla o cca 5 až 10 %,**
- **stlačování zemního plynu na přetlak 20 MPa zvyšuje spotřebu energie o další 2 %.**

Alternativní paliva

Stlačený zemní plyn

Výsledek náhrady spalování nafty ve vznětovém motoru spalováním zemního plynu v zážehovém motoru:

- produkce CO₂ je snížena jen o 8 %, tedy zhruba stejně, jako u směsné nafty (cíl EU: - 40 % do roku 2030),
- **zvýšení spotřeby energie** pro pohon vozidla o 18 %.

Avšak levnější palivo, což je dáno:

- z menší části nižší tržní cenou plynu vůči ropě,
- z větší části nezatížením zemního plynu spotřební daní z minerálních olejů (u nafty 11 Kč/litr)

Vozidla poháněná zemním plynem nepřispívají na údržbu a rozvoj dopravní infrastruktury (jezdí po komunikacích financovaných vozidly využívajícími zdaněná kapalná paliva).

Tudy cesta nevede!

Alternativní paliva

Břidlicový plyn

Princip těžby frakováním:

Do vrtu vedeného v břidlici hluboko v podzemí se natlačí voda s pískem.

Tím dojde k uvolnění malých částic v břidlici uzavřeného plynu.

Nevýhoda: voda vyplavuje z břidlice soli, čistá voda se mění v „mořskou“

Výhoda: další těžba navíc – konkurenční tlak na snížení ceny zemního plynu z tradičních ložisek

Musí ČR těžit břidlicový plyn?

Těžba břidlicového plynu je realizovaná především v USA.

Avšak opět jde o jednorázovou příležitost – o neobnovitelný zdroj.

Idea amerických ekonomů: I za cenu vyšších nákladů na těžbu se podařilo vyvolat na trhu převis nabídky nad poptávkou a tím se snížila tržní cena zemního plynu (snížit zisk těžebních společností z obyčejných vrtů).

Nákladově je těžba břidlicového plynu vysoká a potenciál v ČR není natolik významný na to, aby se v ČR tato těžba prováděla. Nechme nějaké zásoby příštím generacím.

Tudy cesta nevede!

Alternativní paliva

Bionafta – metylester řepkového oleje

Na 1 ha pole dopadne za rok zhruba 10 mil.kWh slunečního záření, z 1 ha pole lze ročně sklídit 3,5 t řepky a z ní vyrobit (po odečtení vlastní spotřeby) 800 dm³ bionafty s tepelným obsahem 8 000 kWh – tedy 0,8 kWh/m², výsledná účinnost je 0,08%, (fotovoltaika má 18%).

V ČR připadá na 1 obyvatele spotřeba cca 6,5 barelů ropy ročně, tedy ČR celkem spotřebuje cca 10 mld.dm³ ropy ročně. K úplné náhradě ropy řepkou by bylo potřeba v ČR pěstovat řepku na ploše 12,5 mil.ha, v ČR jsou k dispozici jen 3 mil. ha orné půdy, k pěstování řepky je potřeba čtyřikrát více.

Řepka pole velmi vysiluje, znovu lze těžce pole oset až po několika letech. Podmínkou současných vysokých výnosů řepky je aplikace fosforečných hnojiv, vyráběných z limitovaných (neobnovitelných) zdrojů surovin.

Využívání zemědělských plodin k výrobě paliv vede k propojení cen potravin s cenami pohonných hmot, což má neblahé sociální dopady.

Pole jsou v ČR schopna uživit její obyvatele, nikoliv jejich automobily.

Tudy cesta nevede!

Alternativní paliva

Vodík

Vodík je výborným nositelem energie a lze jej využít:

- k přímé výrobě elektrické energie v palivových článcích,
- jako palivo pro spalovací motory.

Vodík se však v přírodě volně nenalézá, ale je vyráběn:

- a) chemickou cestou z uhlovodíkových paliv,
- b) elektrolýzou z elektřiny.

Proto nejde o primární, ale o sekundární (přeměněný) zdroj energie.

Proces složený z výroby vodíku elektrolýzou a z jeho využitím v palivových článcích představuje akumulátor elektrické energie s otevřeným cyklem.

Poměrně drahý a s účinností kolem 40 % (65 % elektrolýza, 60 % palivový článek).

Proti již 135 let starému stavu techniky (liniové trakční vedení) zvyšuje vodíková technologie spotřebu elektrické energie pro pohon vozidel na 250 %.

Aplikace vodíkové technologie je podmíněna levnou (nadbytečnou) elektrickou energií z obnovitelných zdrojů (například větrné elektrárny), využívanou v elektrolyzérch době odběrových sedel.

S pomocí CO_2 lze vodík přeměnit na snáze použitelný metan (CH_4) – lze využít vybudované rozvody plynu.

Velký potenciál použití je u větrných elektráren na mořském pobřeží.

To však není případ ČR.

Tudy v České republice cesta nevede!

Doba hojnosti levné energie

Energie akumulovaná ve fosilních uhlovodíkových palivech umožnila nebývalý rozvoj průmyslu, dopravy i bydlení.

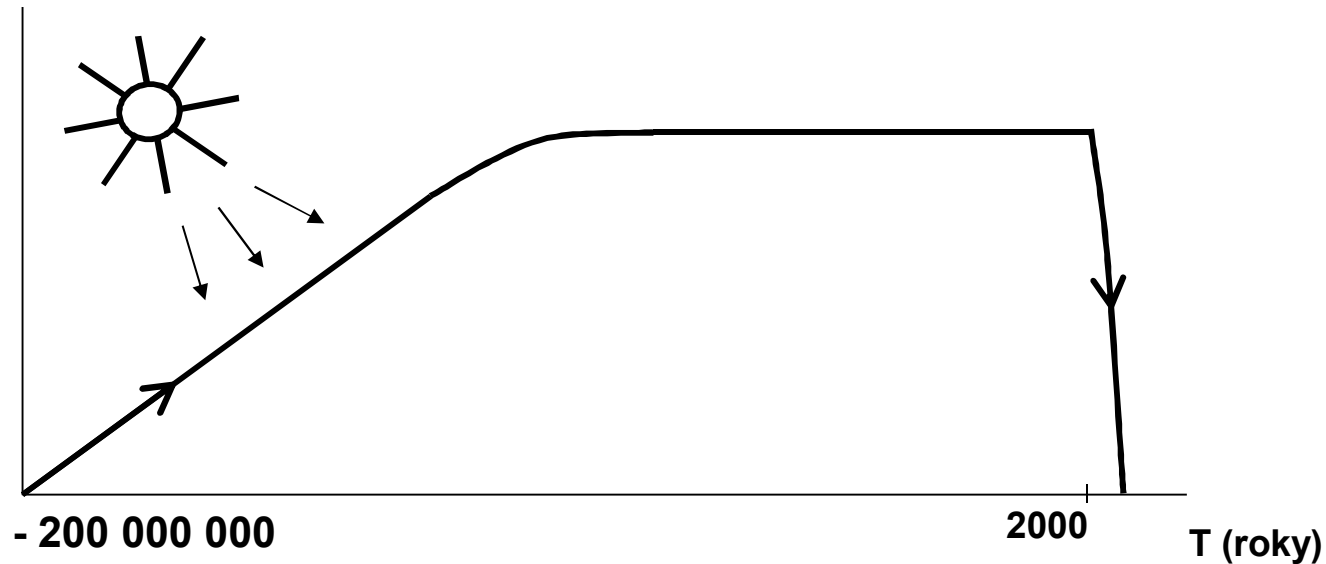
Tento dar přírody posunul hospodářský, kulturní i rodinný život lidské společnosti výrazně vpřed. Zdroje fosilních paliv jsou však konečné.

Chce-li si lidská společnost navyký životní standard (včetně mobility) zachovat, musí období hojnosti levné energie využít ke zvládnutí přechodu na trvale reprodukovatelné obnovitelné zdroje.

Řešením je větší orientace energetiky na elektřinu, kterou lze získávat i z obnovitelných zdrojů různého typu a vlastností.

A to v kombinaci s energetickou úsporností.

Fosilní paliva

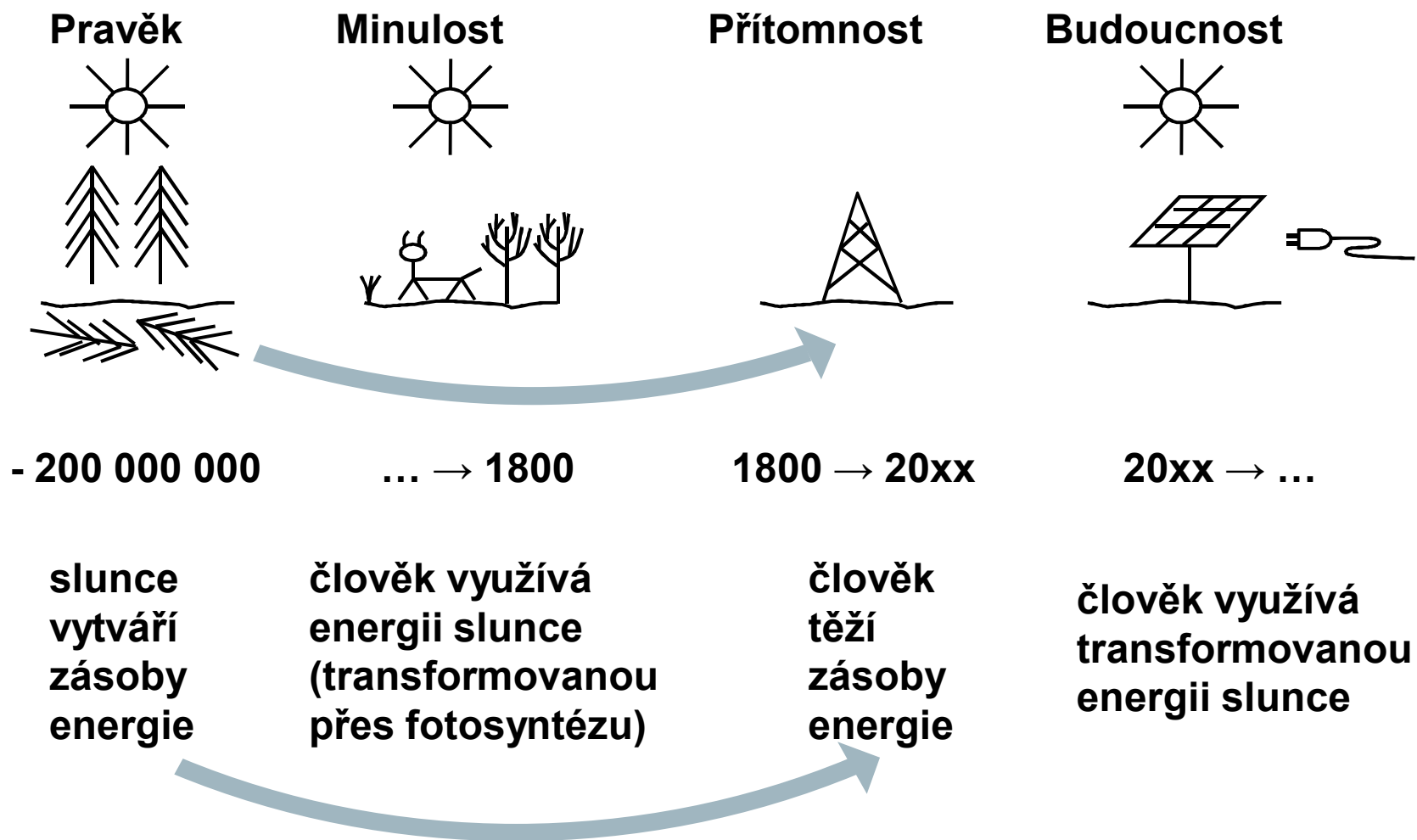


Fosilní paliva jsou v podstatě energetickou konzervou.

Vznikala zhruba 200 milionů let biologickou transformací energie slunečního záření a nyní bude zhruba v průběhu dvou století nenávratně spotřebována .

Šťastné období spotřeby fosilních paliv je nutno využít k naučení se žít i bez nich.

Budoucnost energetiky je v ve využívání nikoliv minulé, ale současné energie slunce



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

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:

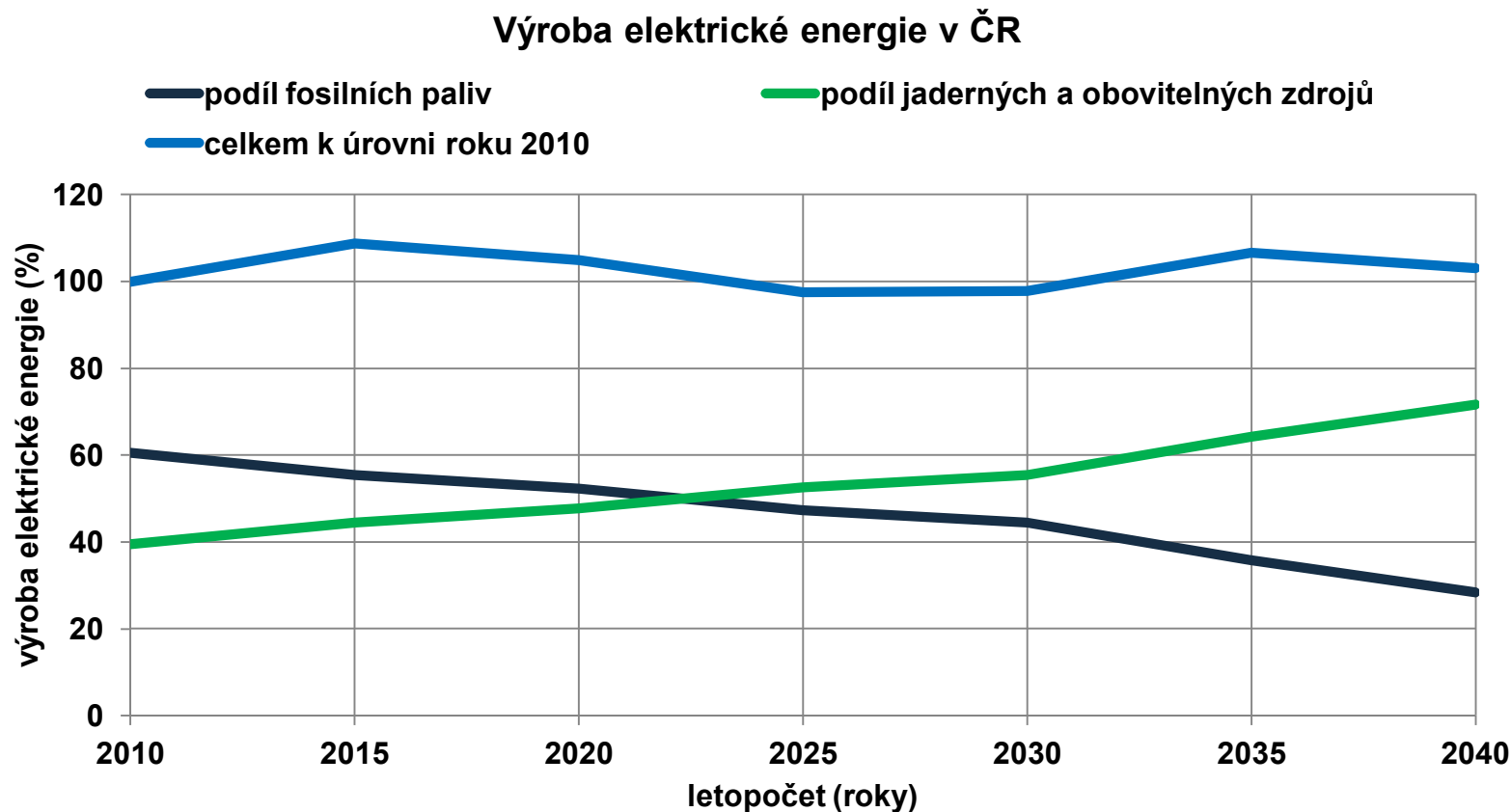
Zvýšení podílu elektřiny na celkové konečné spotřebě energií z dosavadních 18 % na 23 % v roce 2040,

⇒ **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 %.

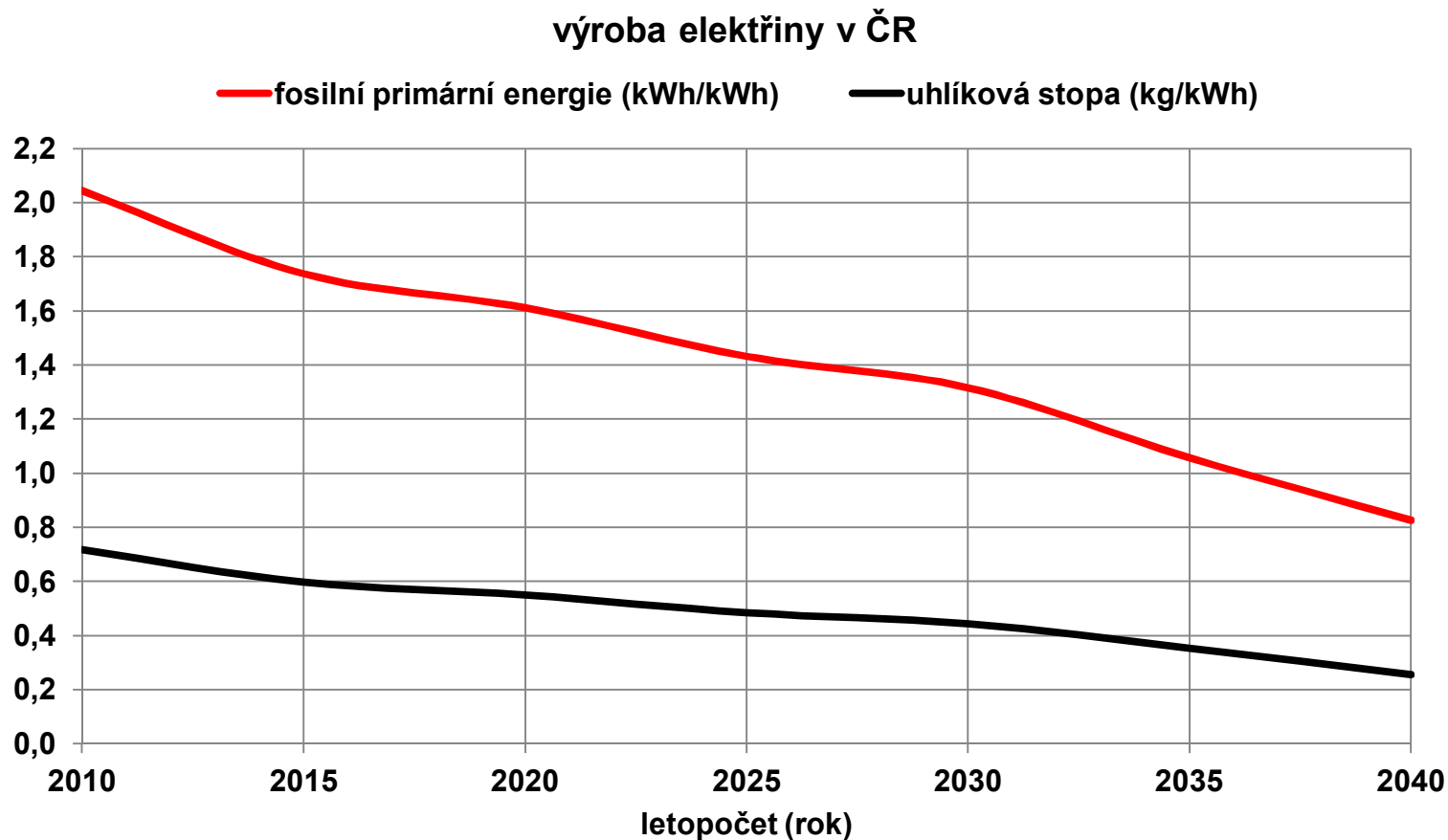
Usnesení vlády ČR č. 362/2015 Státní energetická koncepce ČR



**Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR předepisuje snížit do roku 2040 podíl fosilních paliv na výrobě elektrické energie ze 61 % na 28 %.
Tím dojde ke snížení uhlíkové stopy při výrobě elektrické energie pod polovinu.**

Usnesení vlády ČR č. 362/2015

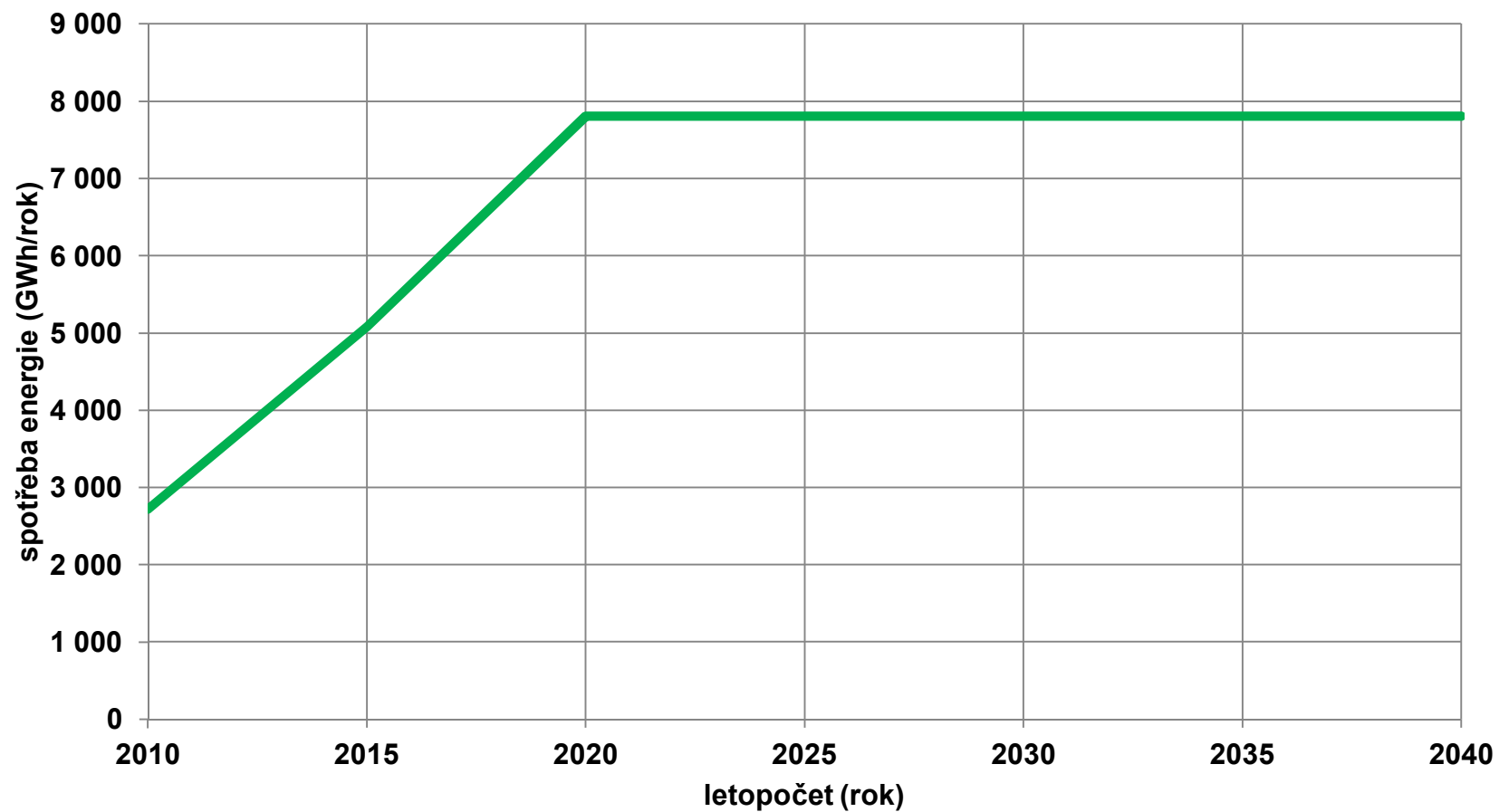
Státní energetická koncepce ČR



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

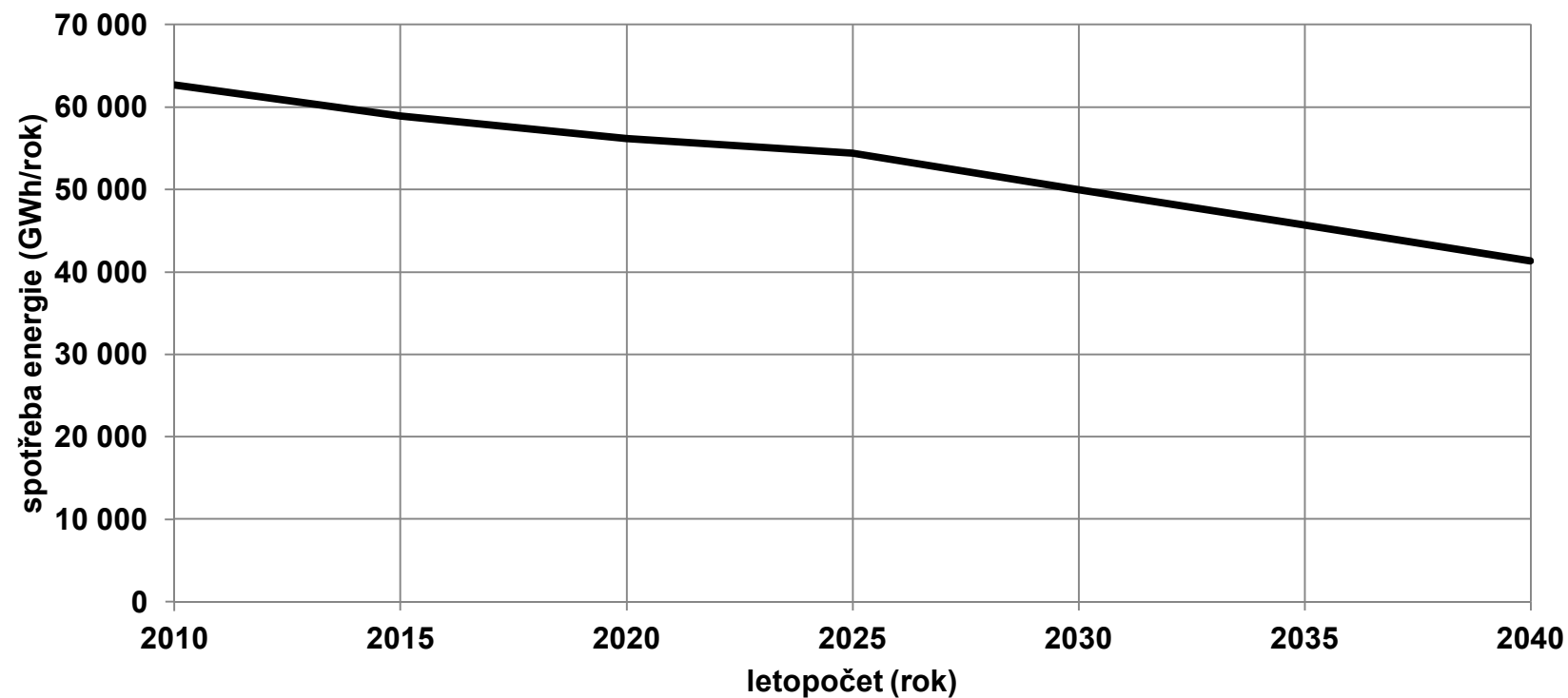
**Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR:
potenciál pěstování biopaliv již bude brzy vyčerpán (limit orné půdy)**

Roční spotřeba biopaliv v dopravě v ČR



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

Roční spotřeba ropných produktů v dopravě v ČR

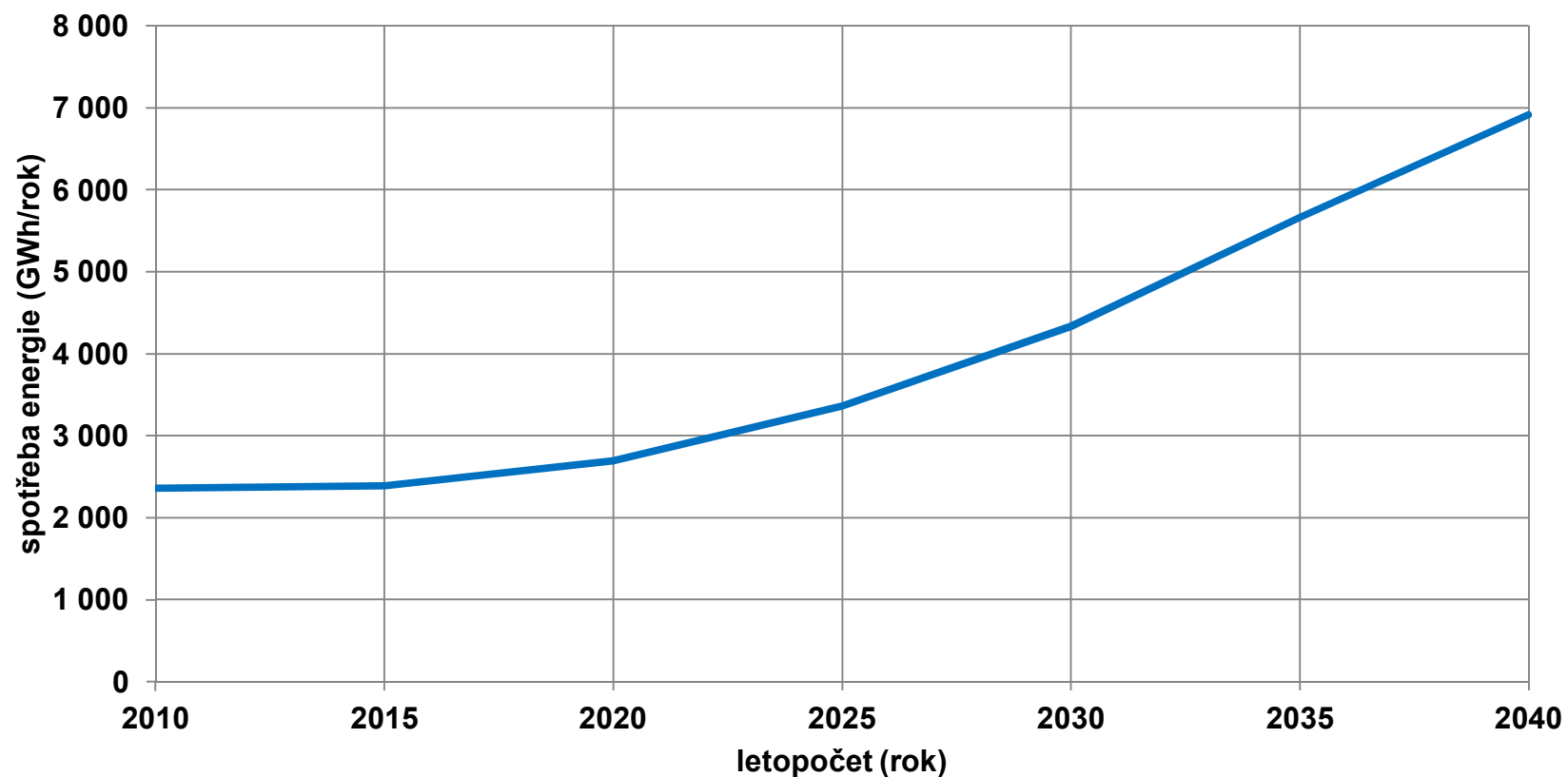


Úkol pro dopravu: snížit do roku 2030 spotřebu ropných paliv o 9 miliard kWh/rok

Usnesení vlády ČR č. 362/2015

Státní energetická koncepce ČR

ASEK 2014: elektrická energie pro dopravu v ČR



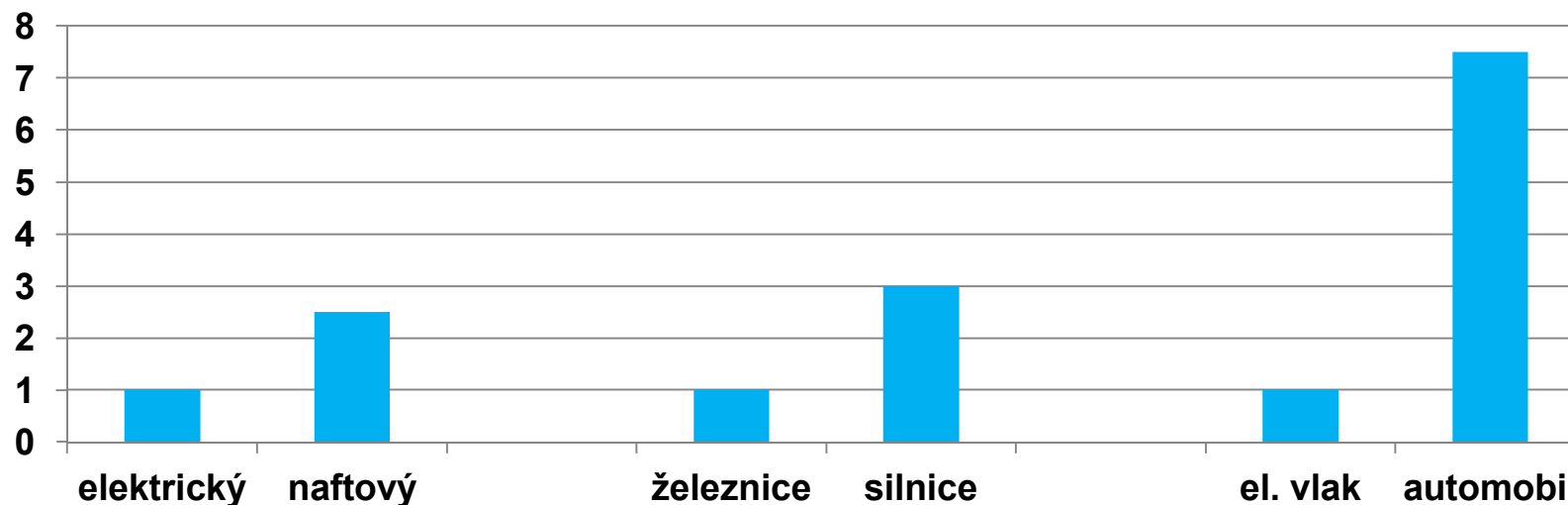
Úkol pro dopravu: do roku 2030 zvýšit uplatnění elektřiny v dopravě o 1,9 mld. kWh/rok

Železnice: nástroj ke snížení energetické náročnosti dopravy

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

- ⇒ Převedení silniční dopravy na elektrifikovanou železnici snižuje spotřebu energie pro dopravu 7,5 násobně ($3 \times 2,5 = 7,5$)
- ⇒ 1 kWh elektrické energie ze sítě nahradí 7,5 kWh energie nafty (0,75 litru)

Poměrná energetická náročnost dopravy



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

Doprava v ČR (2015)

přepravní výkon osobní dopravy 111 000 000 000 oskm/rok

přepravní výkon nákladní dopravy 77 000 000 000 tkm/rok

spotřeba energie 71 00 000 000 kWh/rok

produkce oxidu uhličitého 19 000 000 000 kg/rok

Je rozumné vnímat sedm souvislosti:

Udržitelné osídlení,

Udržitelná mobilita,

Udržitelná energetika,

Udržitelné klima,

Udržitelné životní prostředí,

Udržitelé pracovní síly,

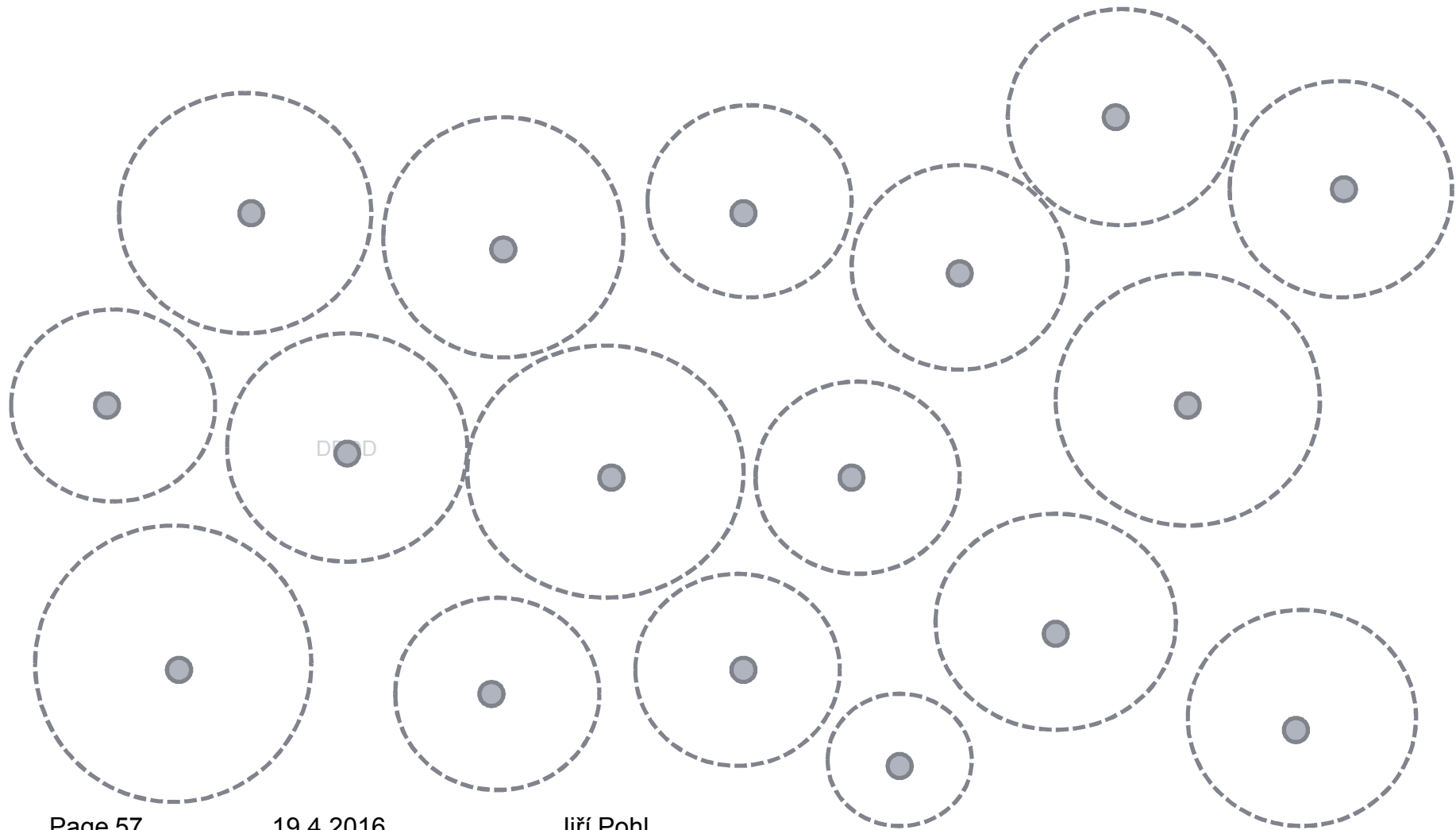
Udržitelná ekonomika.

Původní struktura rozptýleného venkovského osídlení

95 % obyvatelstva je zaměstnáno v zemědělství

Izochrona denní docházky na pole určila vzájemnou vzdálenost vesnic,

Rozloha okolních polí určila počet obyvatel vsi



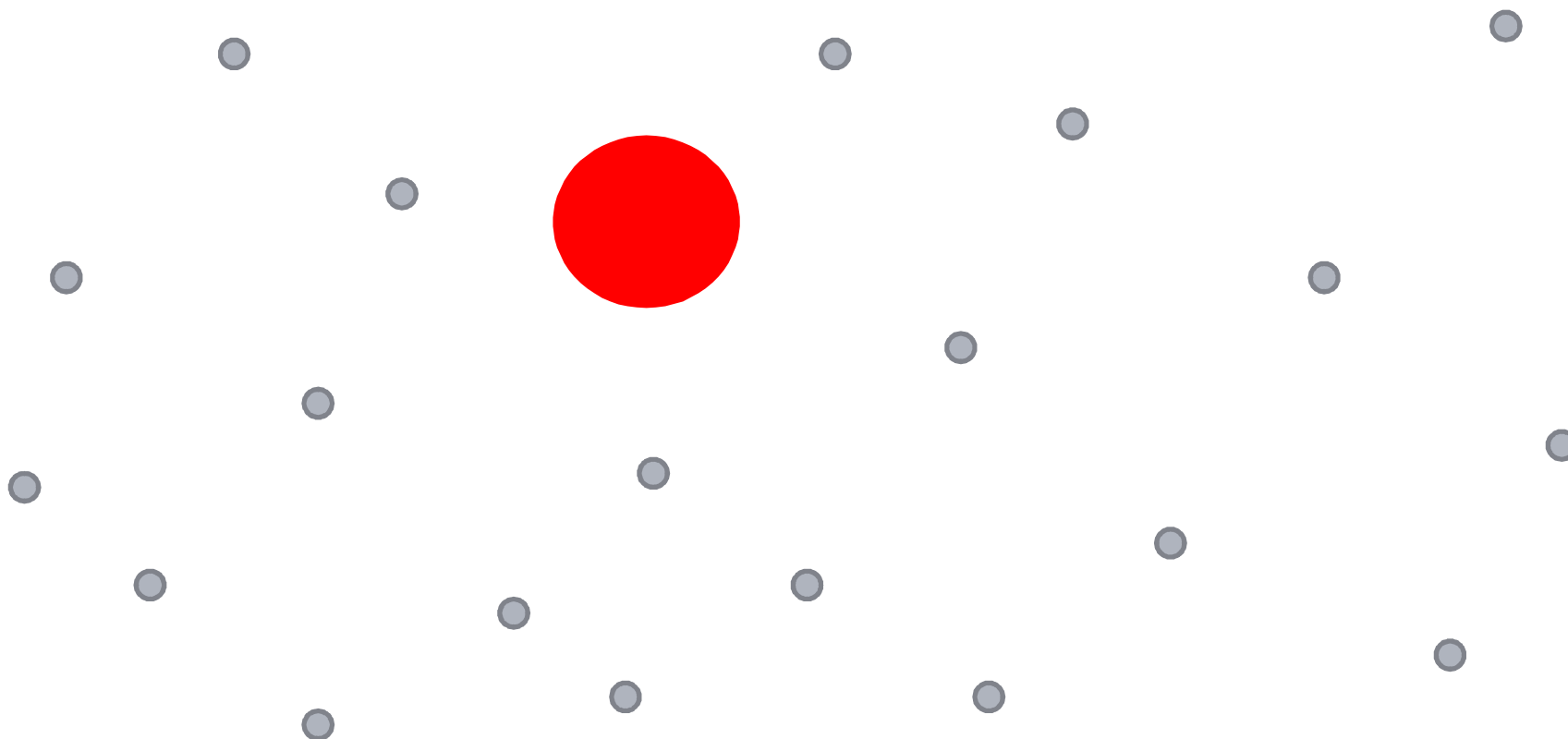
Koncentrace osídlení do velkých měst

Technika změnila zemědělství, to již zaměstnává jen 2 % obyvatelstva

Lidé odcházejí za vzděláním a za prací do velkých měst

Působením základních ekonomických principů (výhoda z rozsahu, výhoda ze struktury),

Dochází ke koncentraci lidských aktivit (vývoj, výroba, obchod, vzdělání, zdravotnictví, kultura, sport, ...)

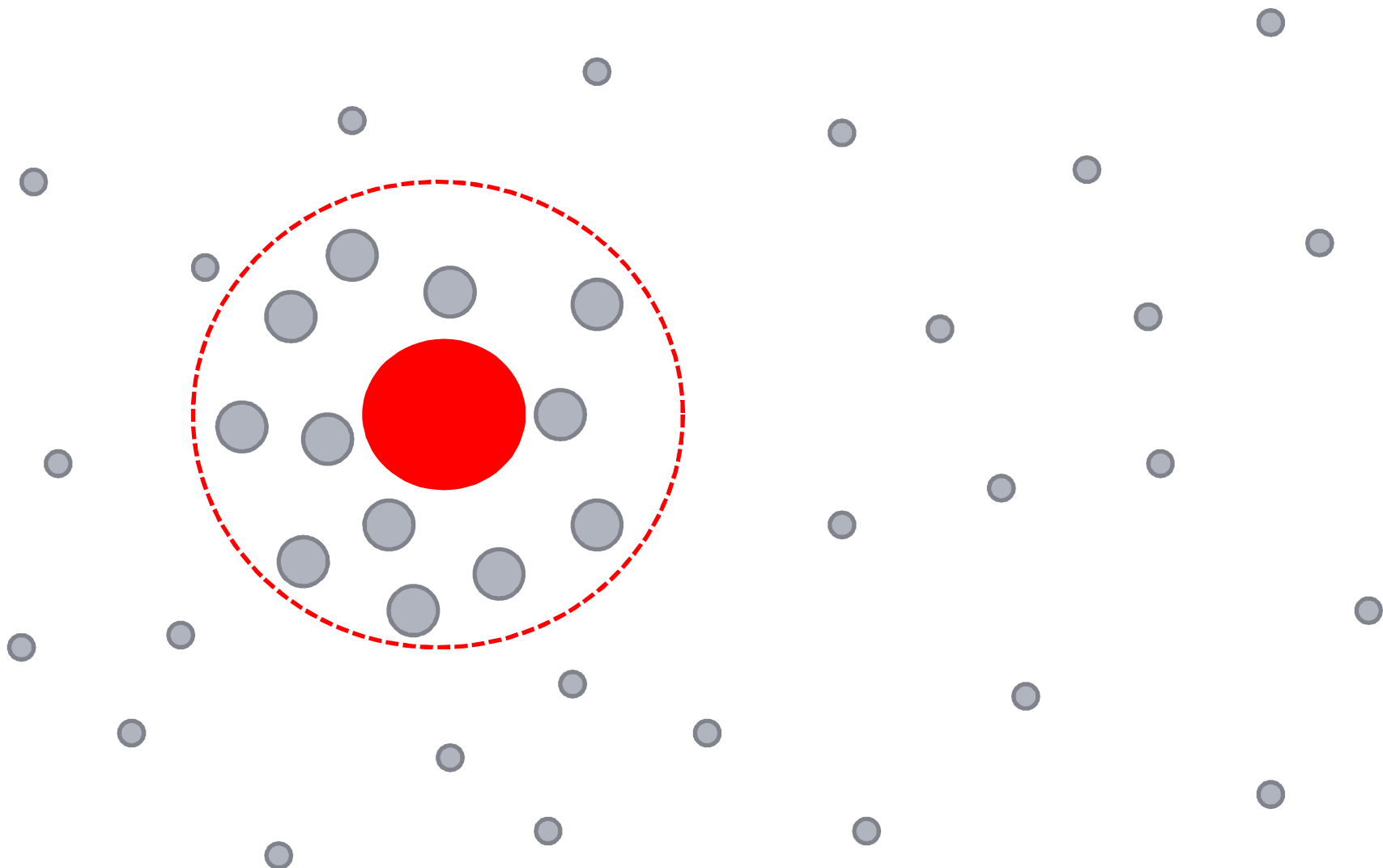


Dekonzentrace osídlení do okolí velkých měst

Růst bohatství umožňuje lidem bydlet i v okolí měst

Osídlení se polarizuje na bohatá města (a jejich okolí) a chudý odlehlý venkov

Izochrona denního dojíždění se stává hranicí blahobytu a chudoby

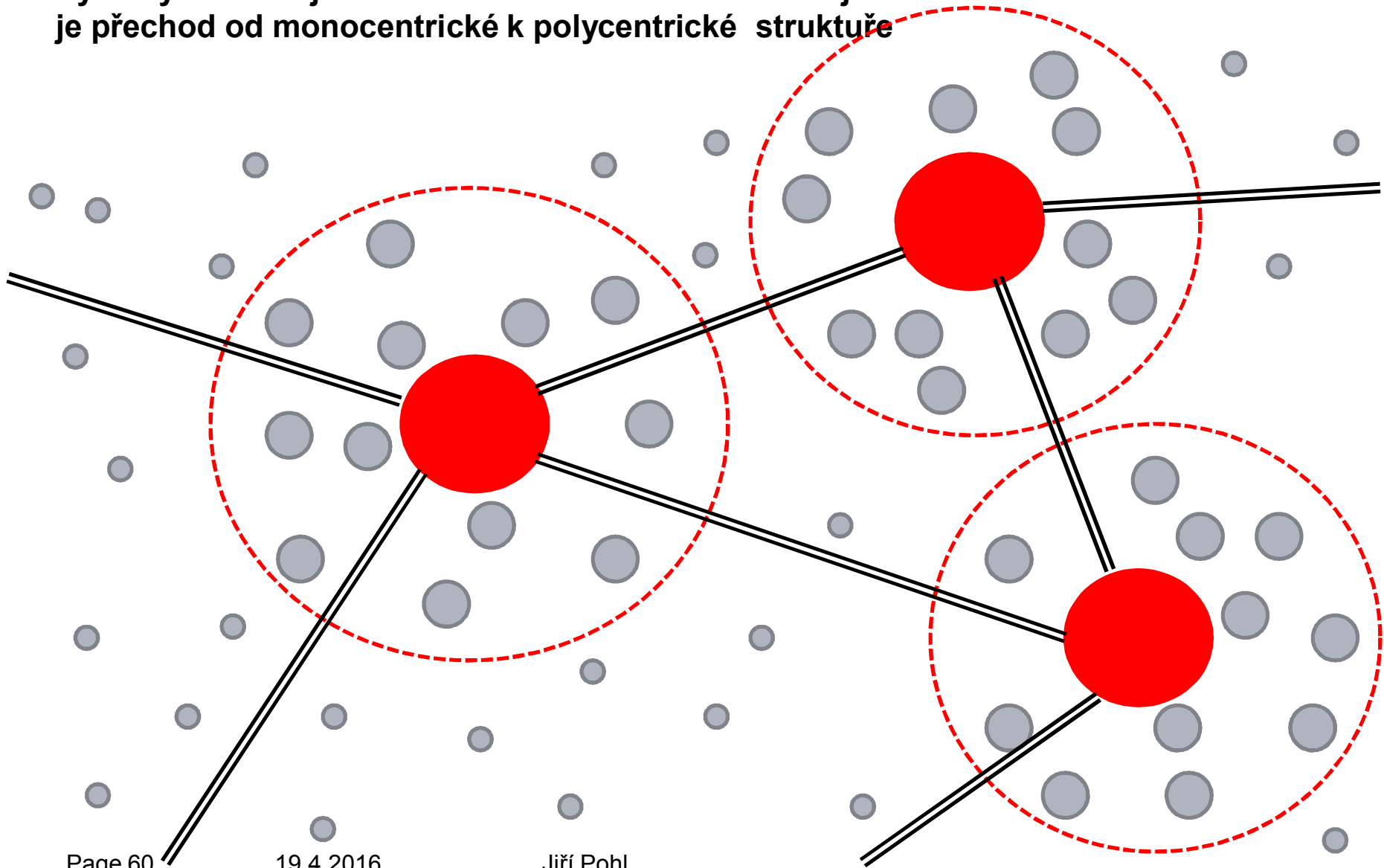


Polycentrická struktura osídlení

Cíl: zapojit celé území do systému tvorby a spotřeby hodnot

Výrazným nástrojem harmonického územního rozvoje

je přechod od monocentrické k polycentrické struktuře



Potřebnost mobility

Tři základní podmínky:

Funkčnost a velikost města jsou podmíněny existencí kvalitní (dostupné, rychlé, pohodlné, ...) městské dopravy,

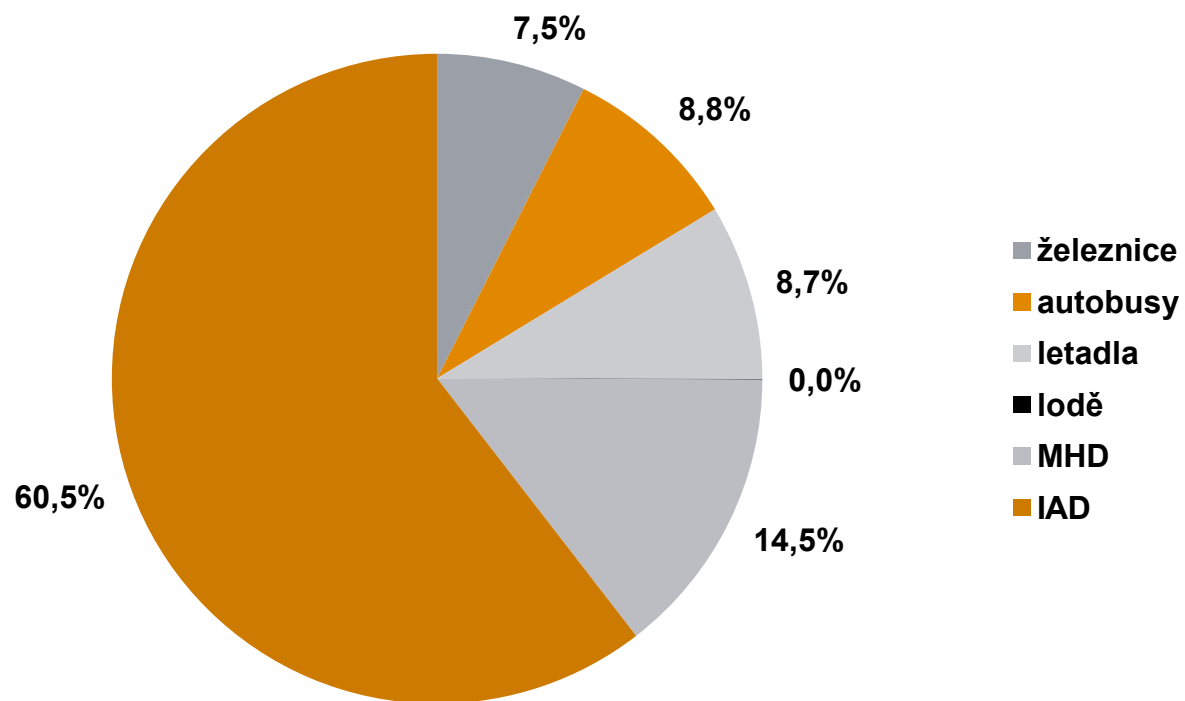
Vznik, funkčnost a velikost příměstského regionu jsou podmíněny existencí kvalitní (dostupné, rychlé, pohodlné, ...) regionální dopravy,

Vznik, funkčnost a rozlehlost polycentrické struktury jsou podmíněny existencí kvalitní (dostupné, rychlé, pohodlné, ...) meziměstské dopravy.

Struktura mobility osob v ČR

Dominantním dopravním módem v oblasti přepravy osob jsou spalovacími motory poháněné automobily

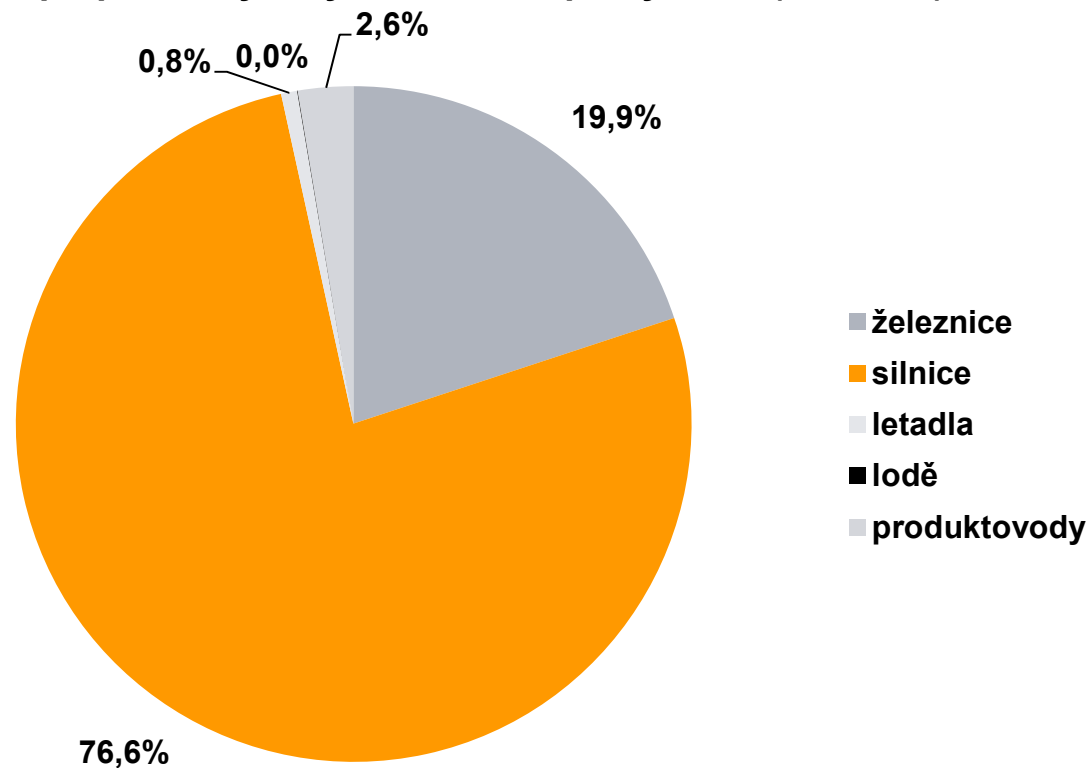
přepravní výkony osobní dopravy v ČR (MD 2015)



Struktura mobility věcí v ČR

Dominantním dopravním módem v oblasti přepravy zboží jsou spalovacími motory poháněné automobily

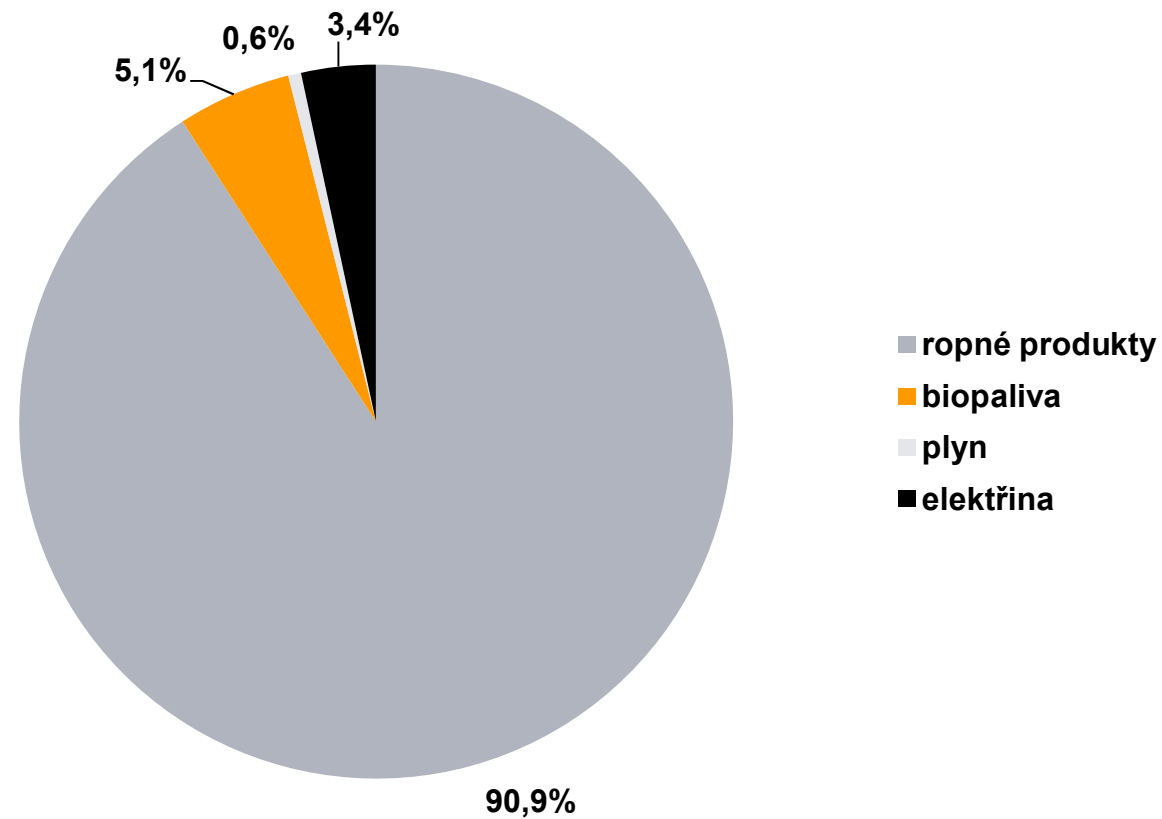
přepravní výkony nákladní dopravy v ČR (MD 2015)



Struktura energie pro dopravu v ČR

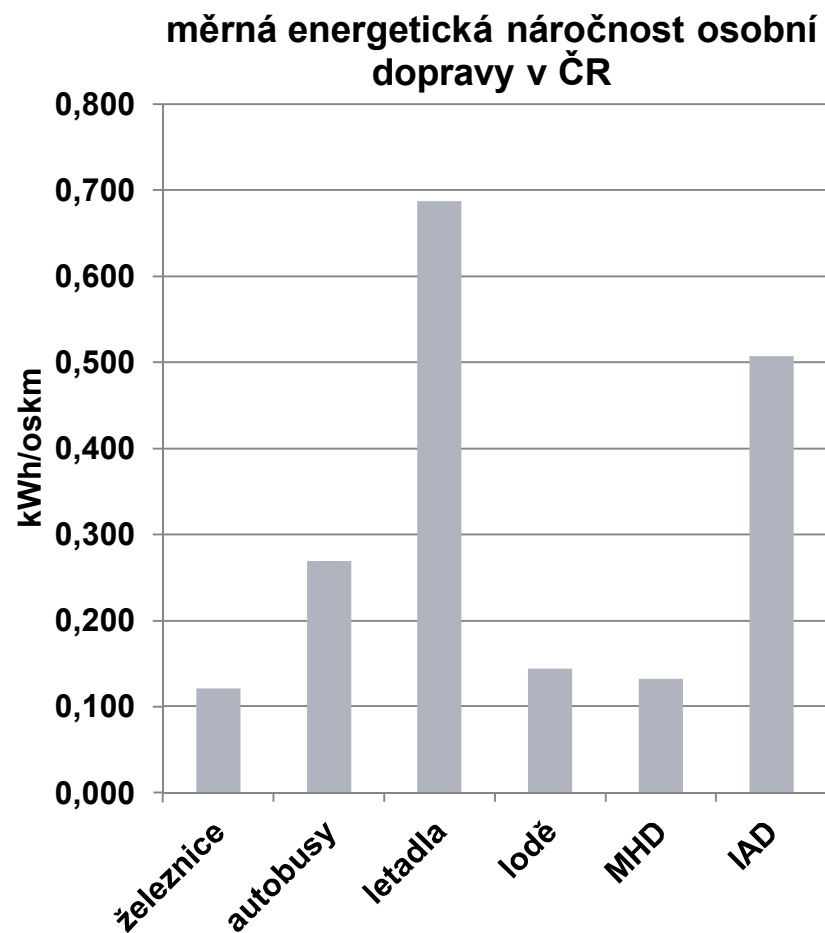
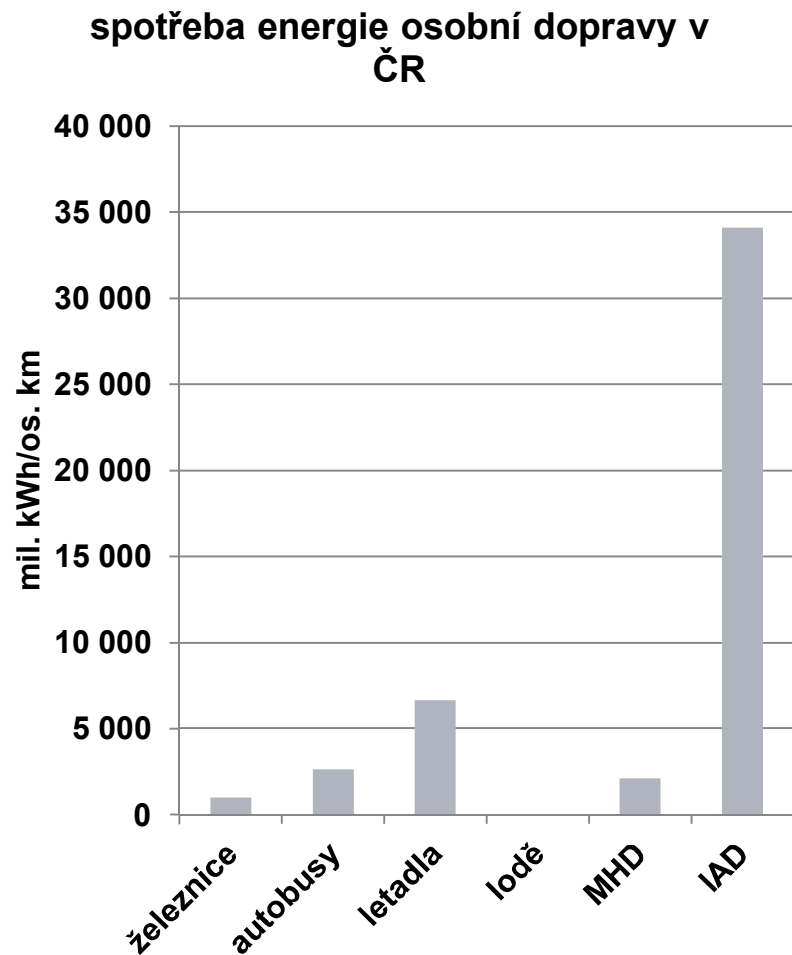
Dominantním zdrojem energie pro dopravu jsou v ČR fosilní paliva, zejména ropné produkty

struktura spotřeby energie pro dopravu v ČR (SEK, 2015)



Struktura spotřeby energie pro dopravu osob

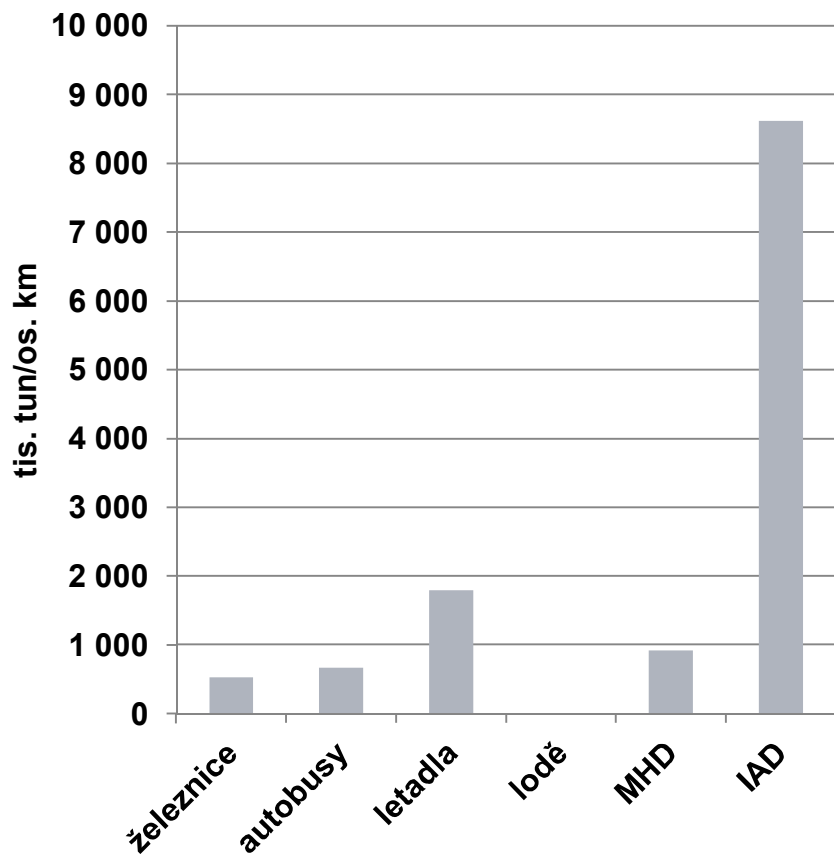
Dominantním spotřebitelem energie v osobní dopravě jsou automobily



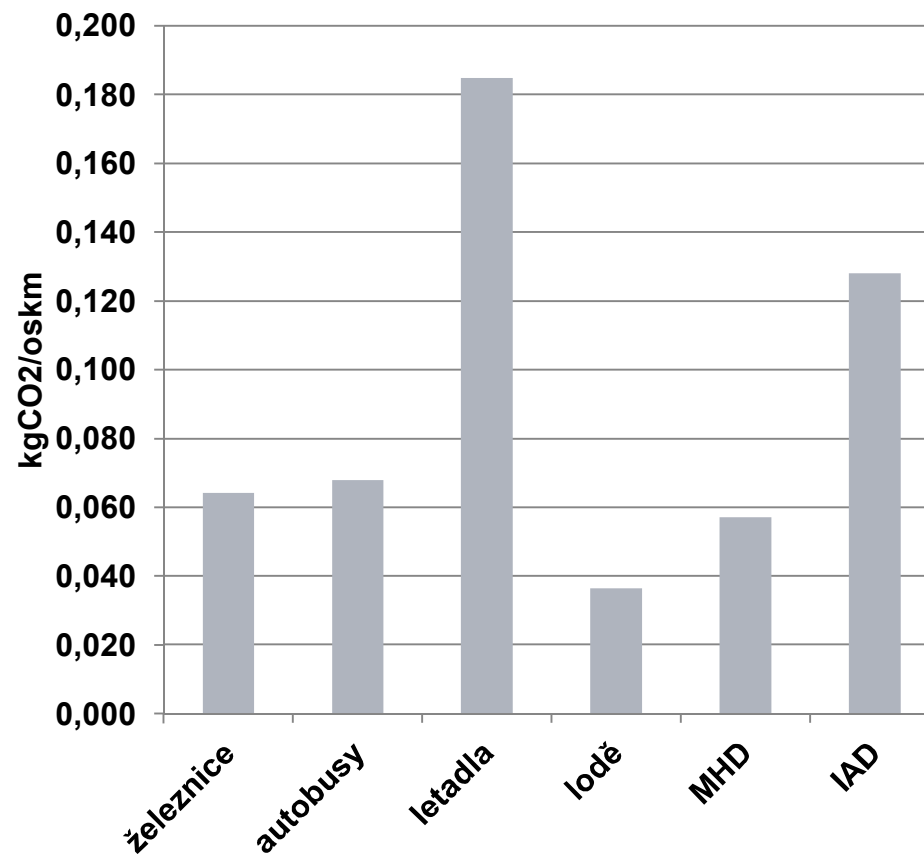
Struktura produkce CO₂ dopravou osob

Dominantním producentem CO₂ v osobní dopravě jsou automobily

produkce CO₂ osobní dopravy v ČR



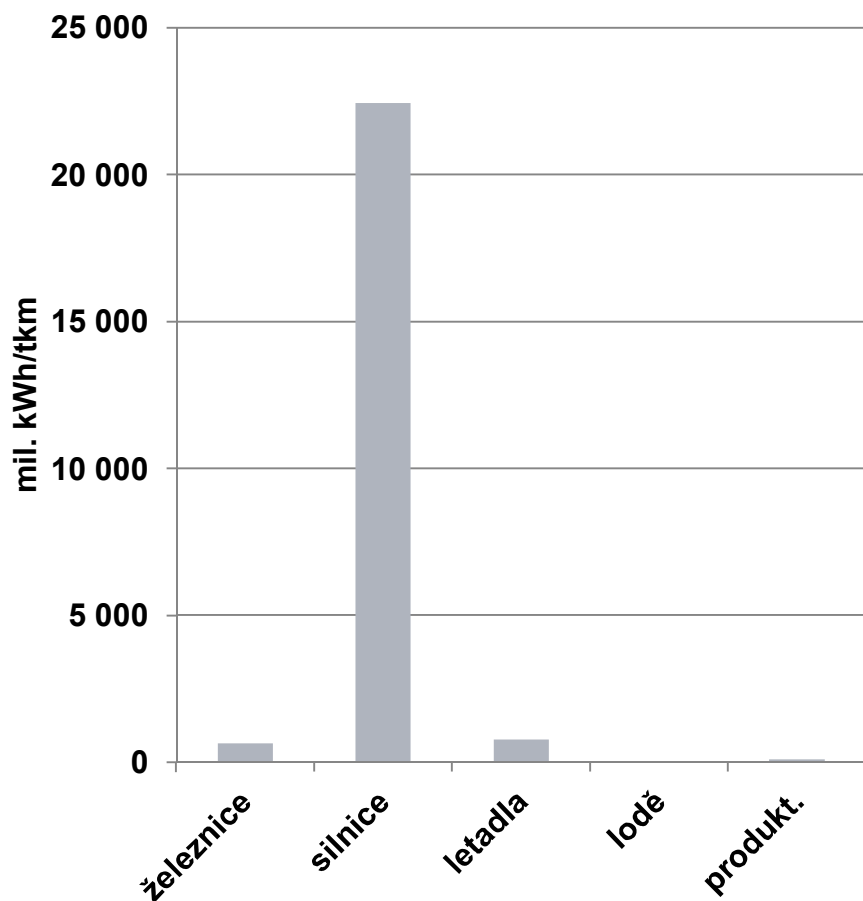
měrná produkce CO₂ osobní dopravy v ČR



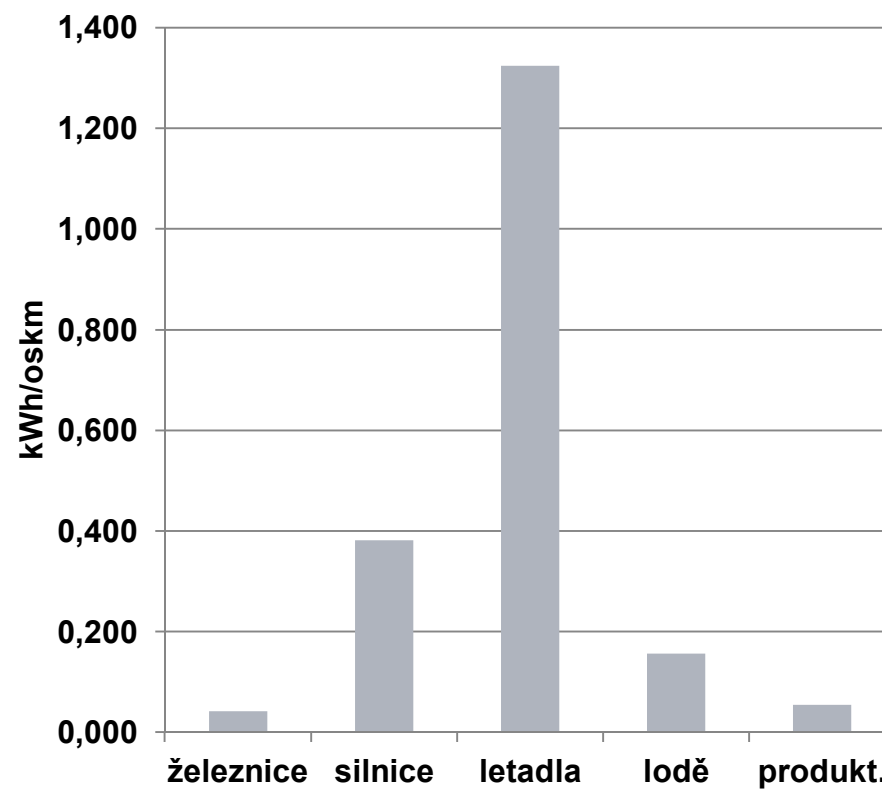
Struktura spotřeby energie pro dopravou věcí

Dominantním spotřebitelem energie v nákladní dopravě jsou automobily

spotřeba energie nákladní dopravy v ČR

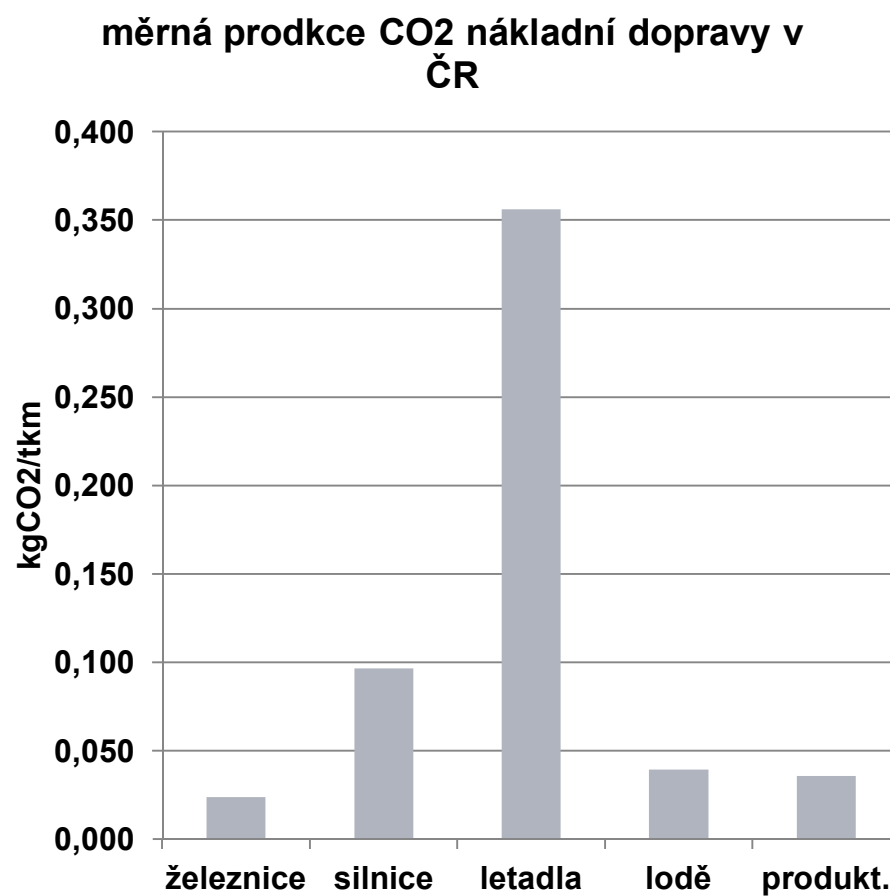
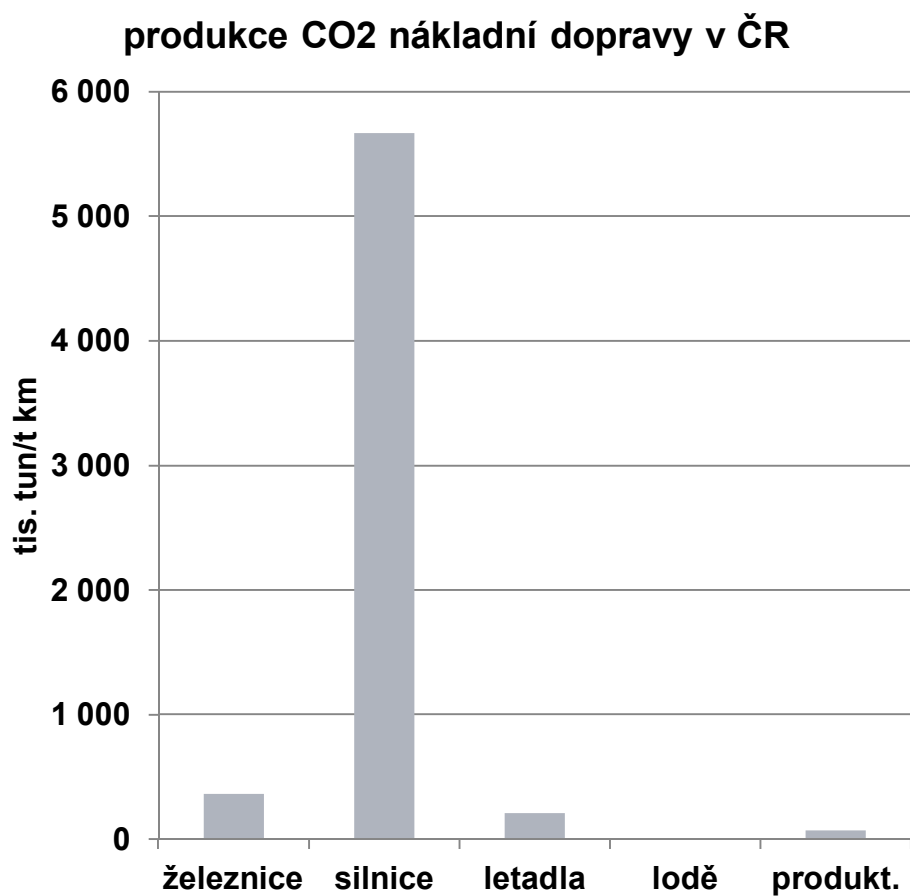


měrná energetická náročnost nákladní dopravy v ČR



Struktura produkce CO₂ pro dopravu věcí

Dominantním producentem CO₂ v nákladní dopravě jsou automobily



Energetická náročnost dopravy v ČR

Nejvíce požíváme ty druhy dopravy, které jsou energeticky nejvíc náročné a které produkují nejvíce CO₂.

Internalizace externalit

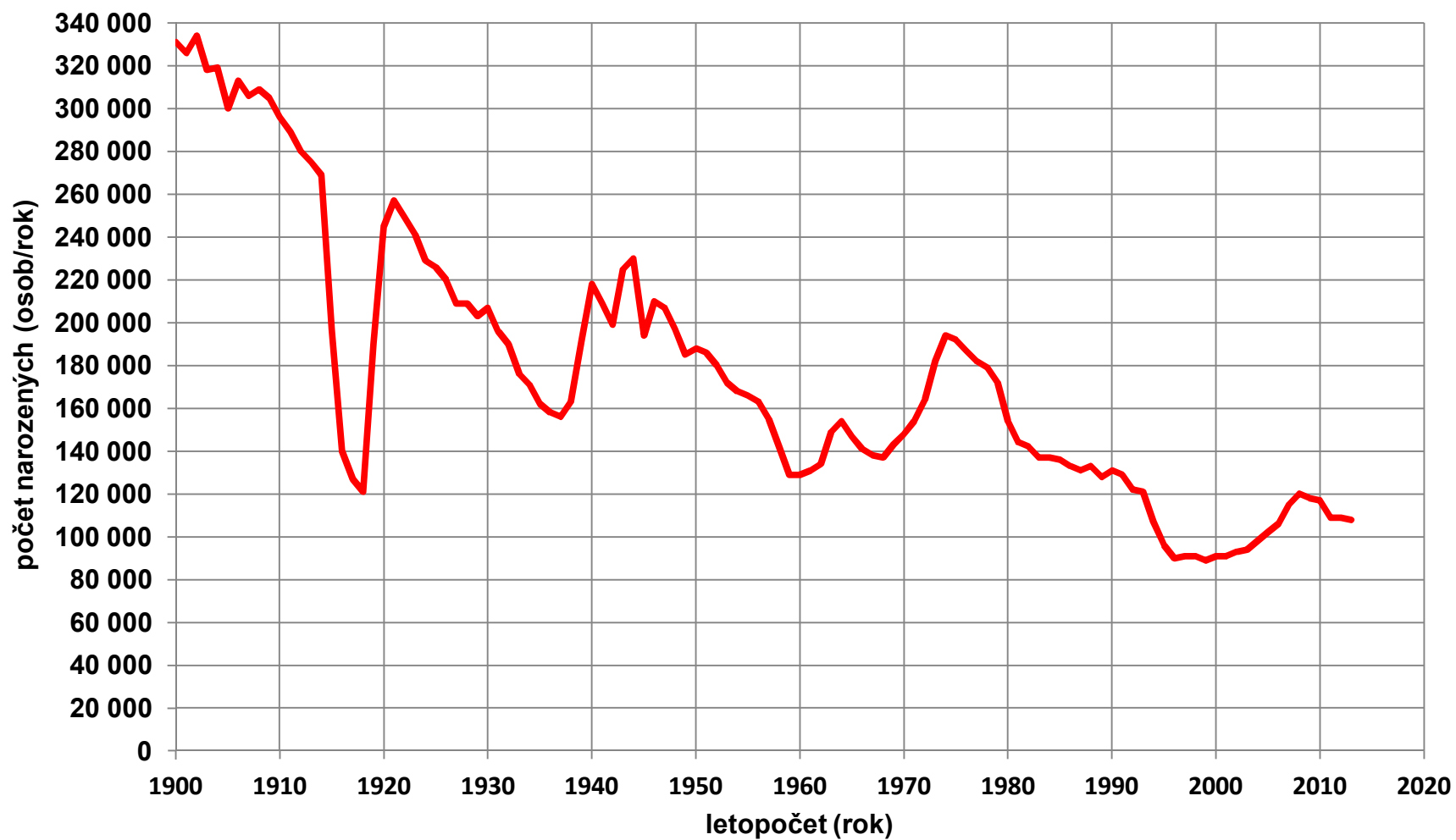
Bílá kniha - plán jednotného evropského prostoru EU KOM (2011) 144:

- uživatel platí
- znečišťovatel platí

Věstník dopravy 11/2013 MD ČR			
Extení náklady dopravy			
druh	osobní automobily	lehké nákladní automobily	těžké nákladní automobily
	Kč/oskm	Kč/tkm	Kč/tkm
nehody	1,70	4,72	0,32
hluk	0,27	1,68	0,24
znečištění ovzdší	0,82	6,18	1,53
změny klimatu	0,75	6,32	0,71
celkem	3,53	18,89	2,80

Demografický vývoj

demografický vývoj v ČR

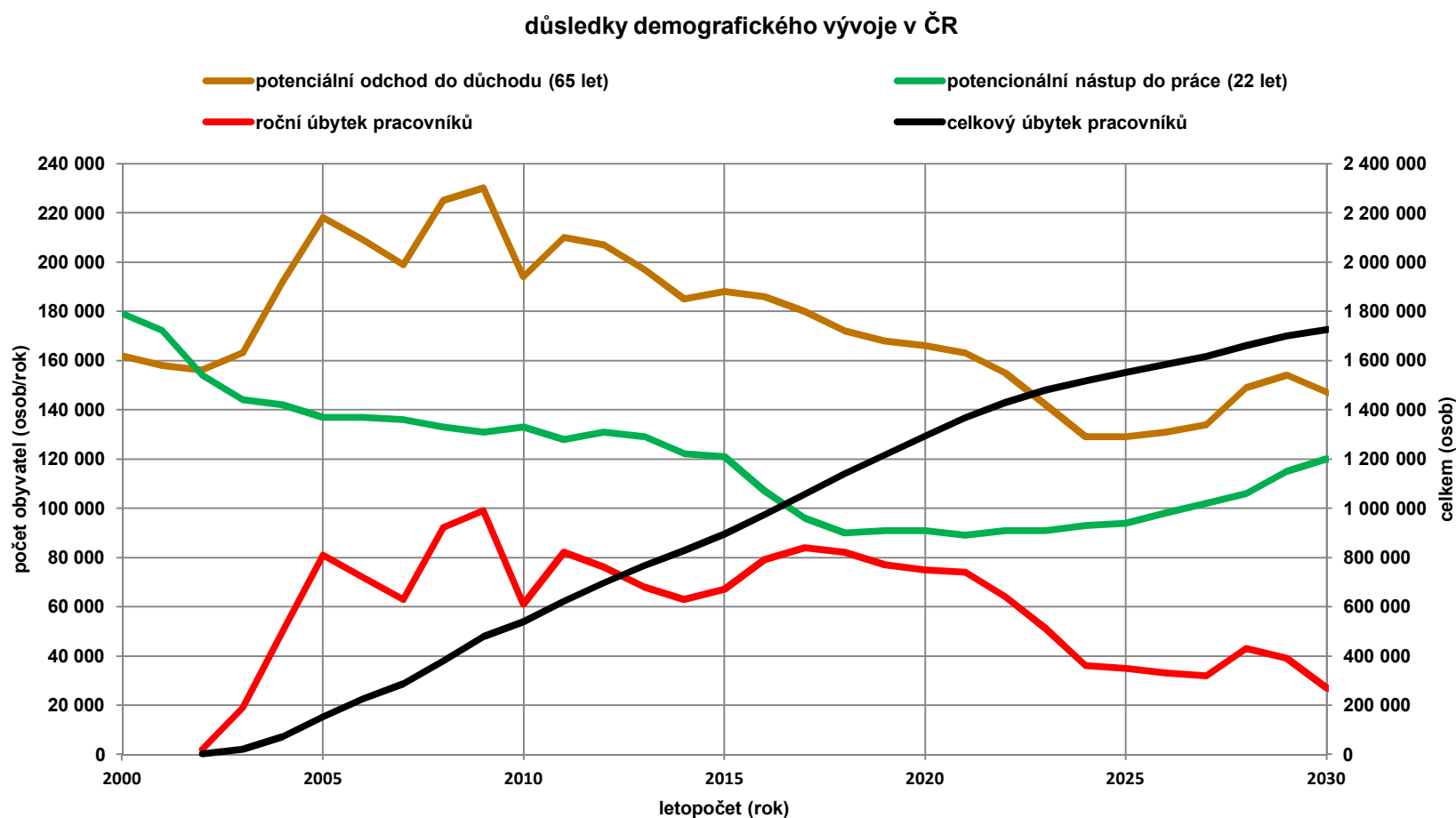


Vývoj reprodukční schopnosti obyvatelstva ČR

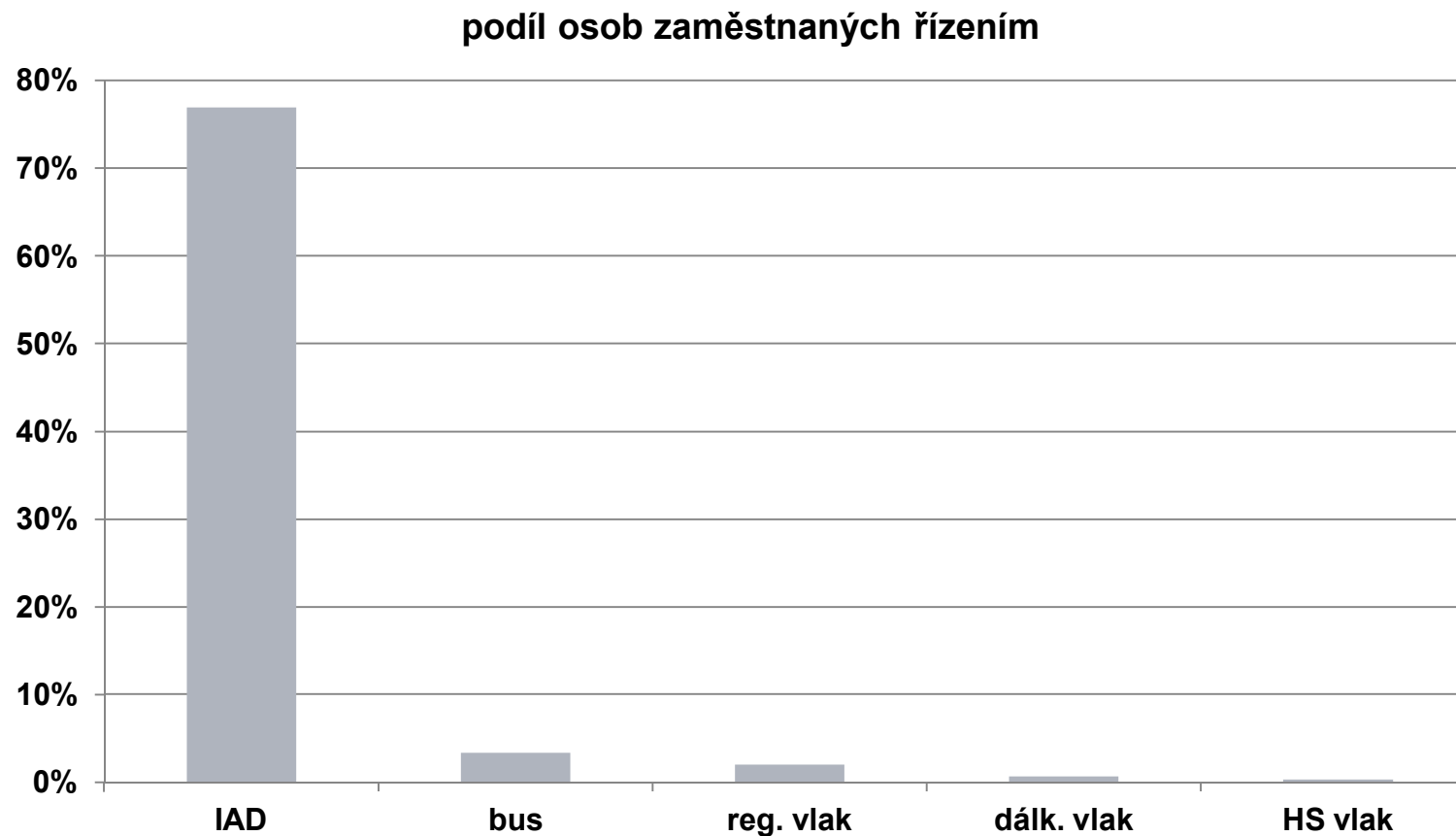
V rozmezí let 2002 až 2016 ubylo v ČR cca 1 000 000 pracovních sil.

Aktuálně se podnikům v ČR nedostává 150 000 pracovních sil.

Úbytek pracovních sil tempem zhruba mínus 70 000 / rok bude pokračovat.

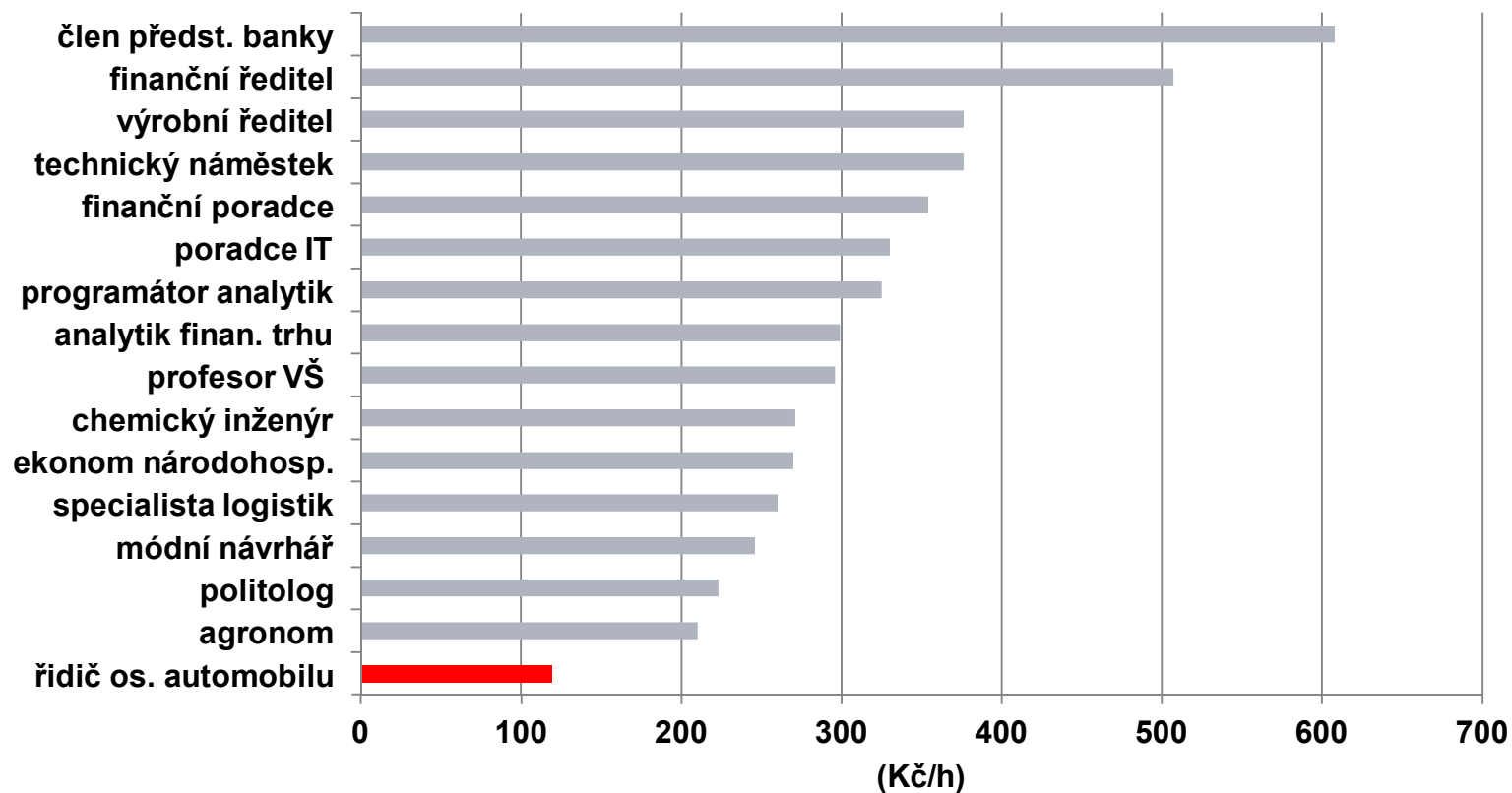


**Individuální doprava zatěžuje mnoho osob řízením.
Hromadná doprava umožňuje produktivně využít čas
strávený cestováním (Train Office).**



V individuální dopravě je plýtváno fondem pracovní doby vysoce kvalifikovaných osob.

Průměrný hodinový výdělek v ČR v roce 2016 (MPSV ČR – ISPV)



Multimodální mobilita

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

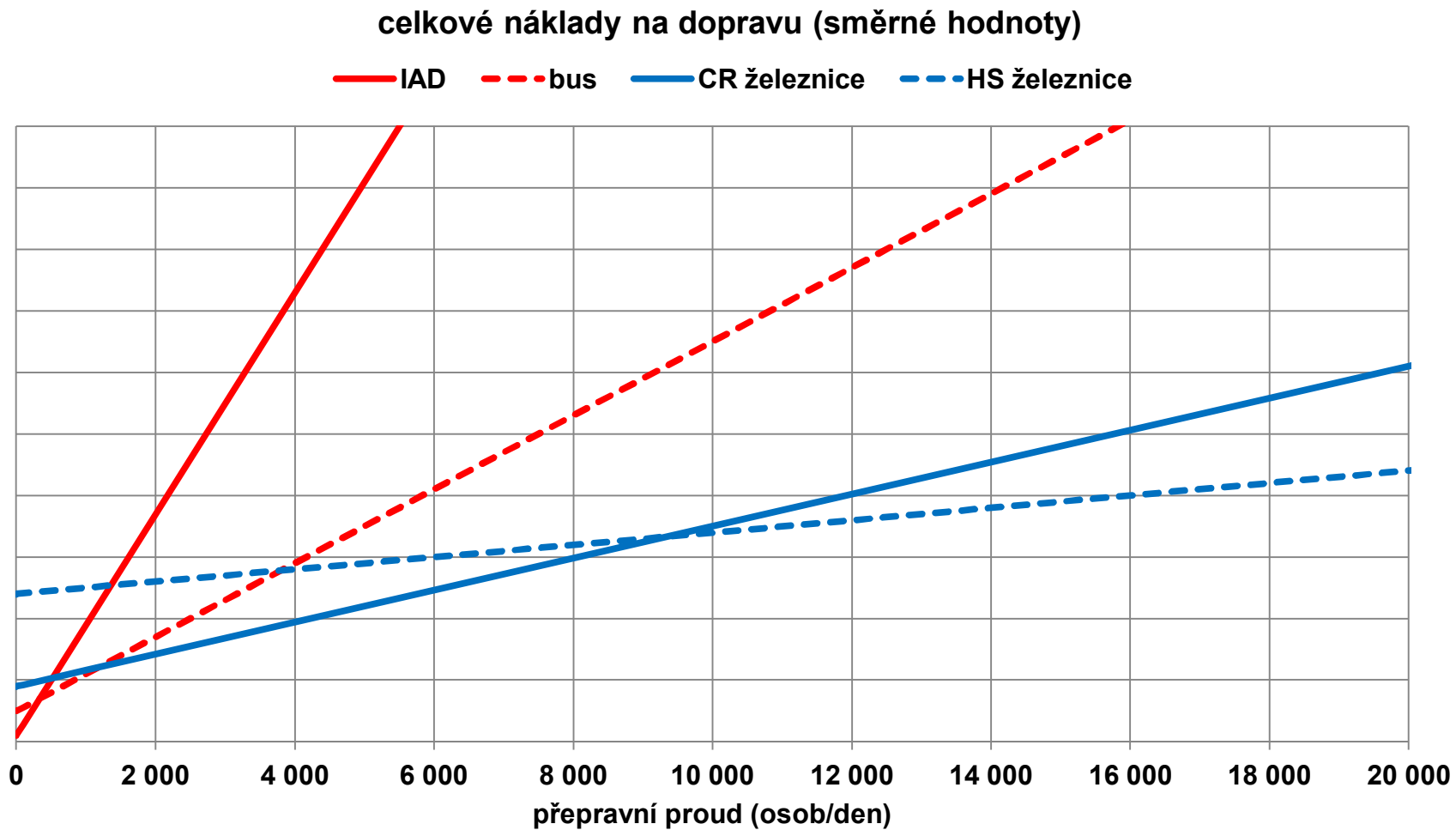
Podmínka:

- **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.**

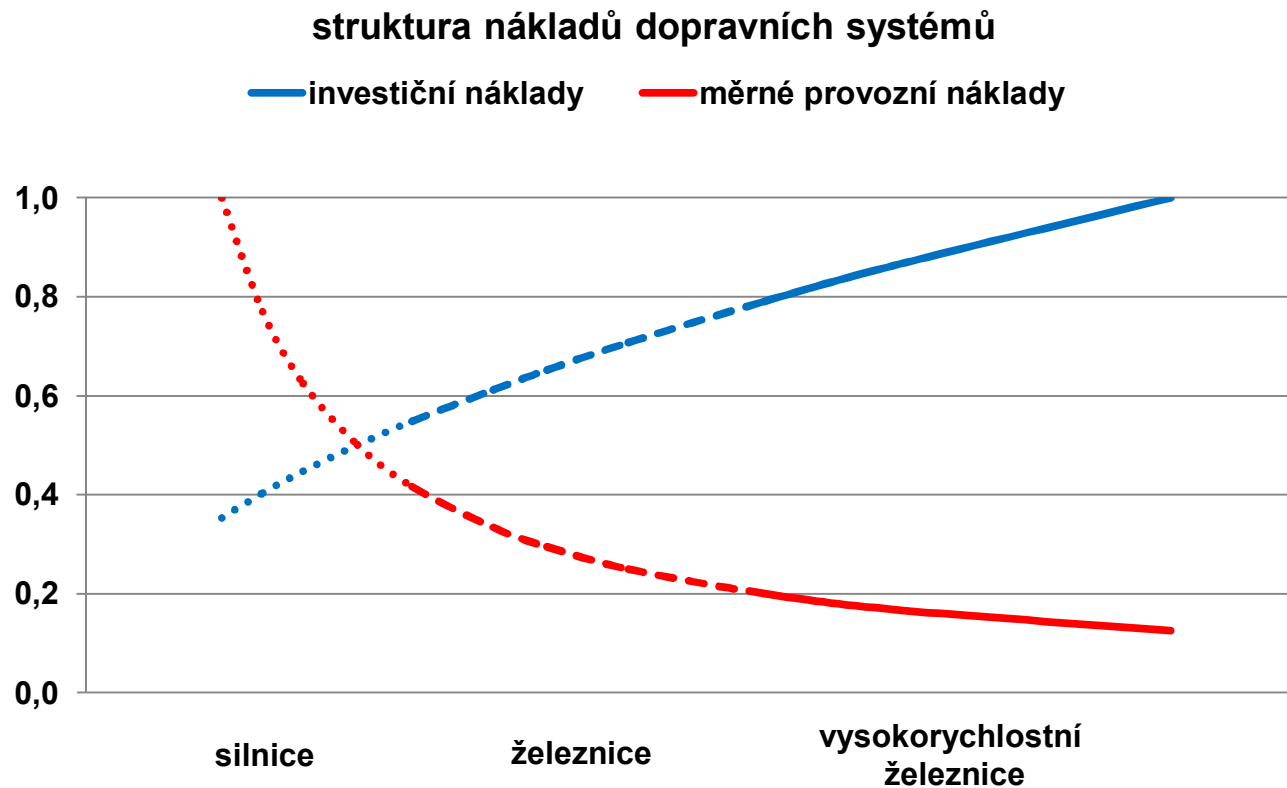
Základní princip multimodální mobility: optimální poměr fixních (investičních) a variabilních (provozních) nákladů



Řízení výběru dopravního módu intenzitou přepravy

Slabá přepravní poptávka: preference minimálních investičních nákladů (i za cenu dražšího provozu).

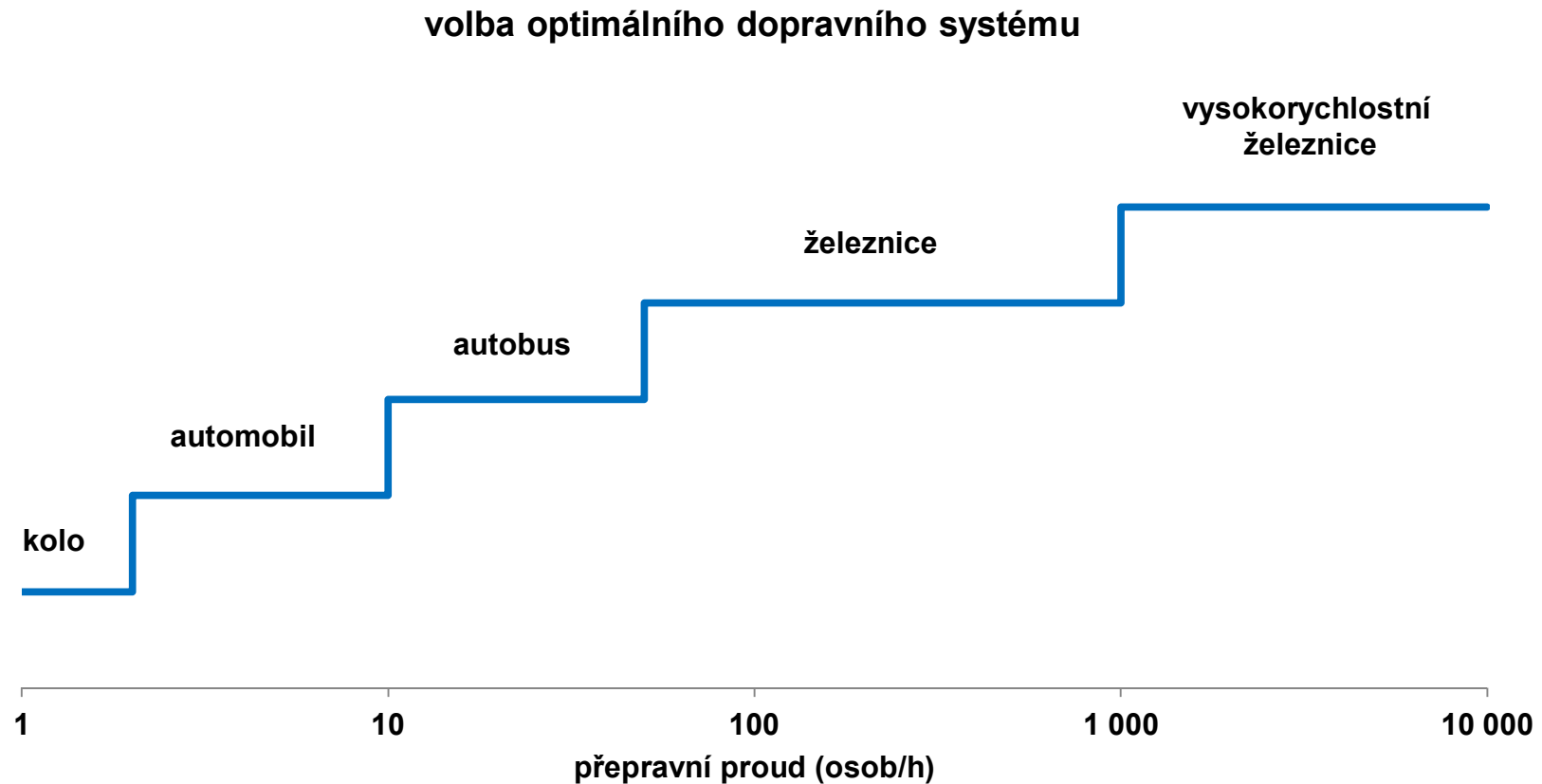
Silná přepravní poptávka: preference minimálních provozních nákladů (i za cenu dražších investic).



Nikoliv konkurence, ale kooperace dopravních módů

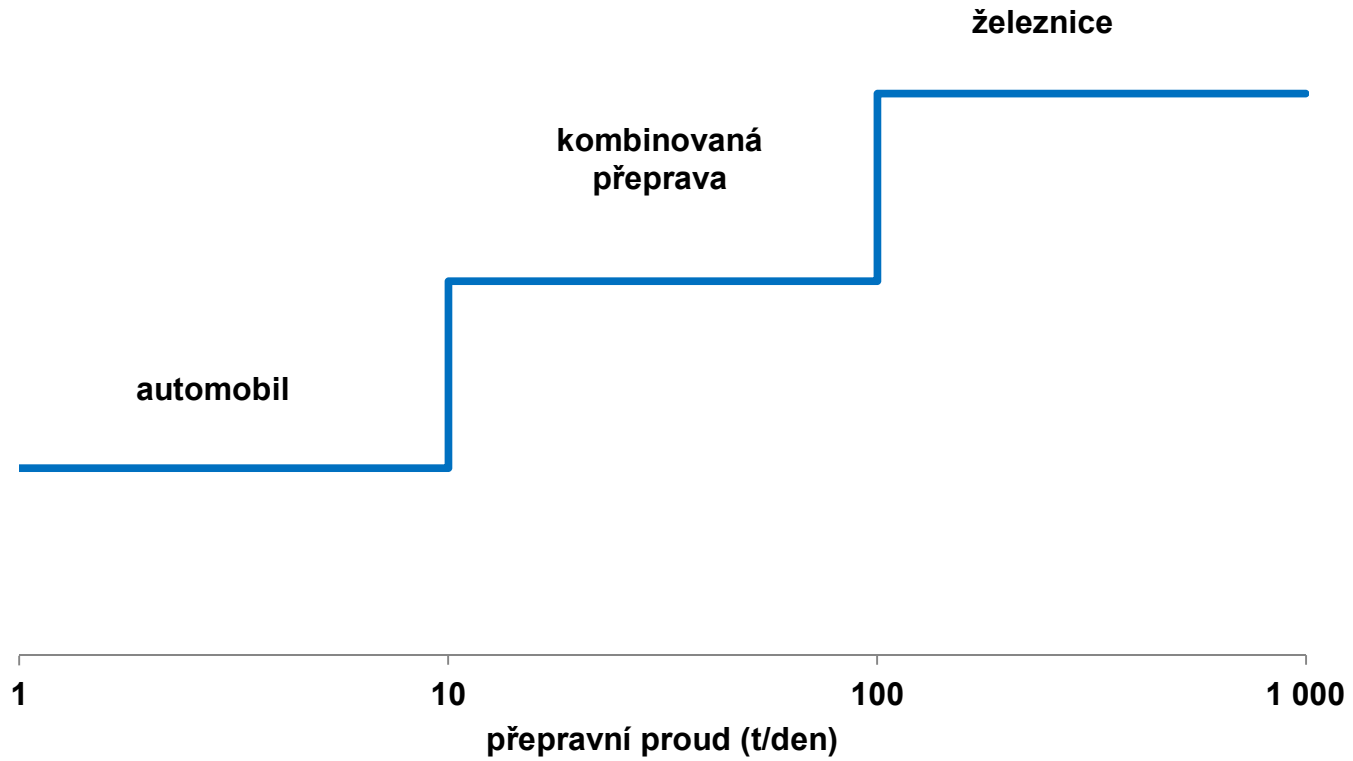
Poloprázdný autobus či vlak je vhodné nahradit automobilem.

Dálnici plnou automobilů má logiku nahradit vysokorychlostní železnicí



Volby dopravního systému podle intenzity přepravní poptávky

volba optimálního dopravního systému



Od konkurenceschopnosti ke kooperativnosti

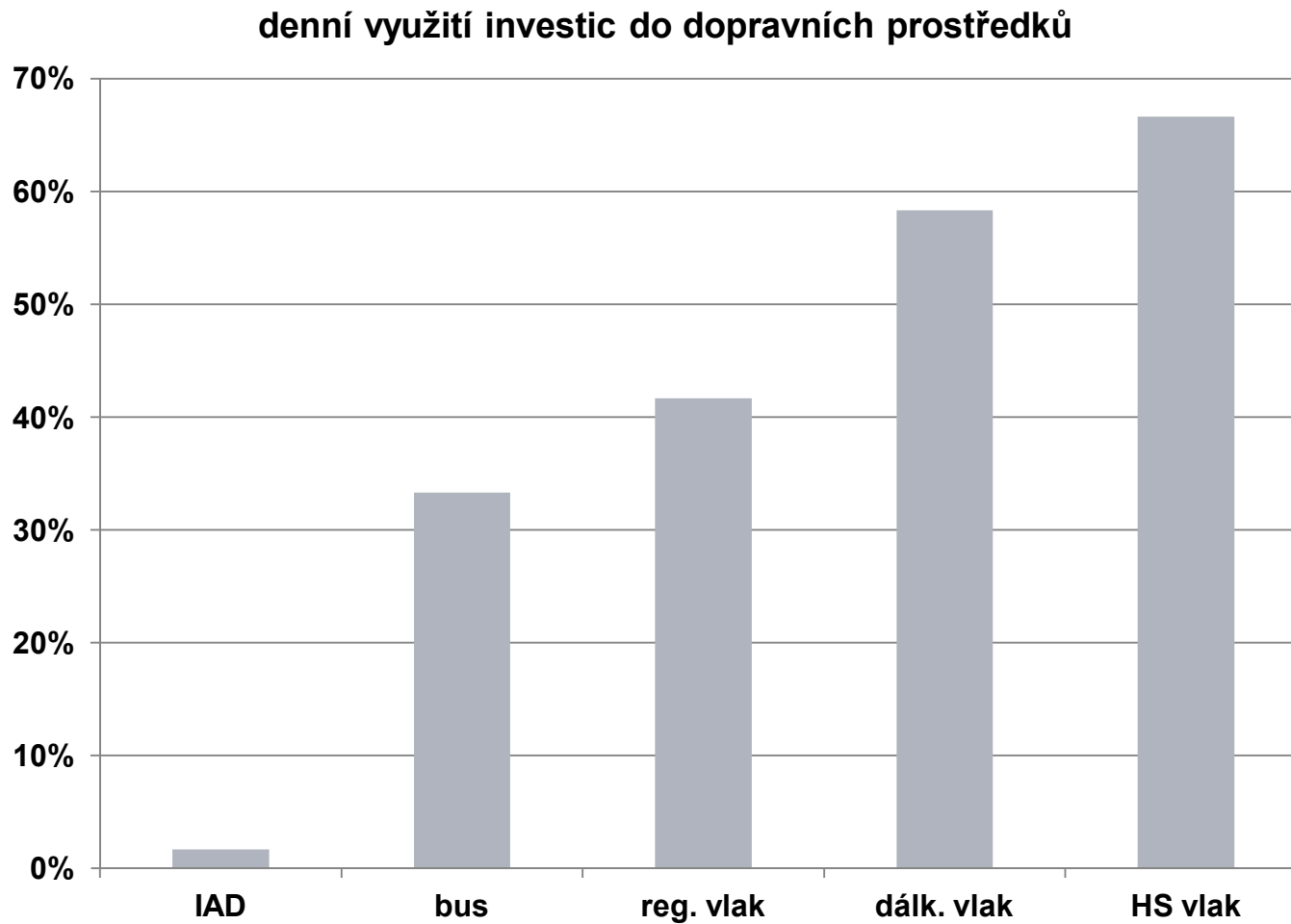
Není čas na hrdinství, svět nečeká na exhibicionismus jednotlivců.

Umění není druhého porazit, umění je spolupracovat.

Budoucnost dopravy není v soupeření dopravních módů, ale o jejich racionální koordinaci.

Optimální je pro každý dopravní mód taková aplikace, ve které vyniknou jeho přednosti a neprojeví se jeho slabé stránky.

Průměrný osobní automobil má v ČR denní běh jen 28 km. Denně je využíván pouze 24 minut, to je 1,7 % celkového času. Celých 23 hodin a 36 minut parkuje.



Dopravní chování obyvatelstva v ČR

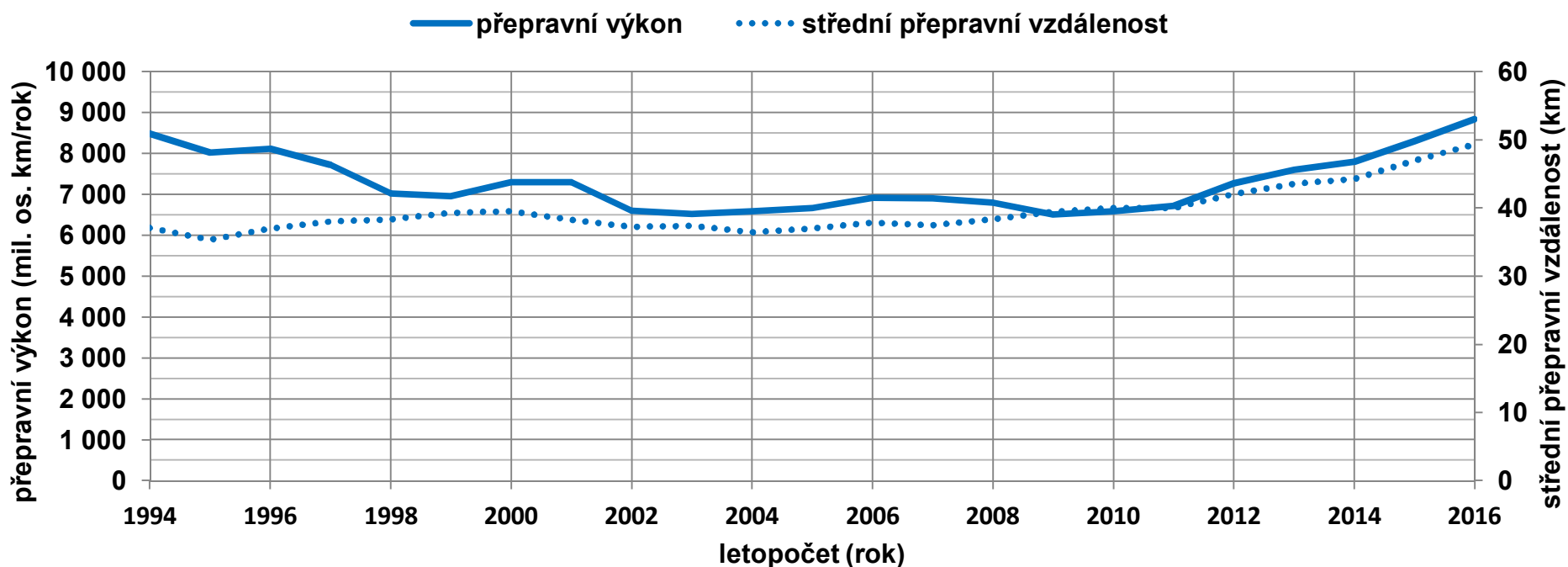
Na modernizaci železničních tratí, nová vozidla a taktový jízdní řád reaguje obyvatelstvo ČR pozitivně.

Přepravní výkony železniční osobní dopravy v ČR rostou již šest let v průměru o více než 5 % ročně.

To je 2,5 krát rychleji, než individuální automobilová doprava.

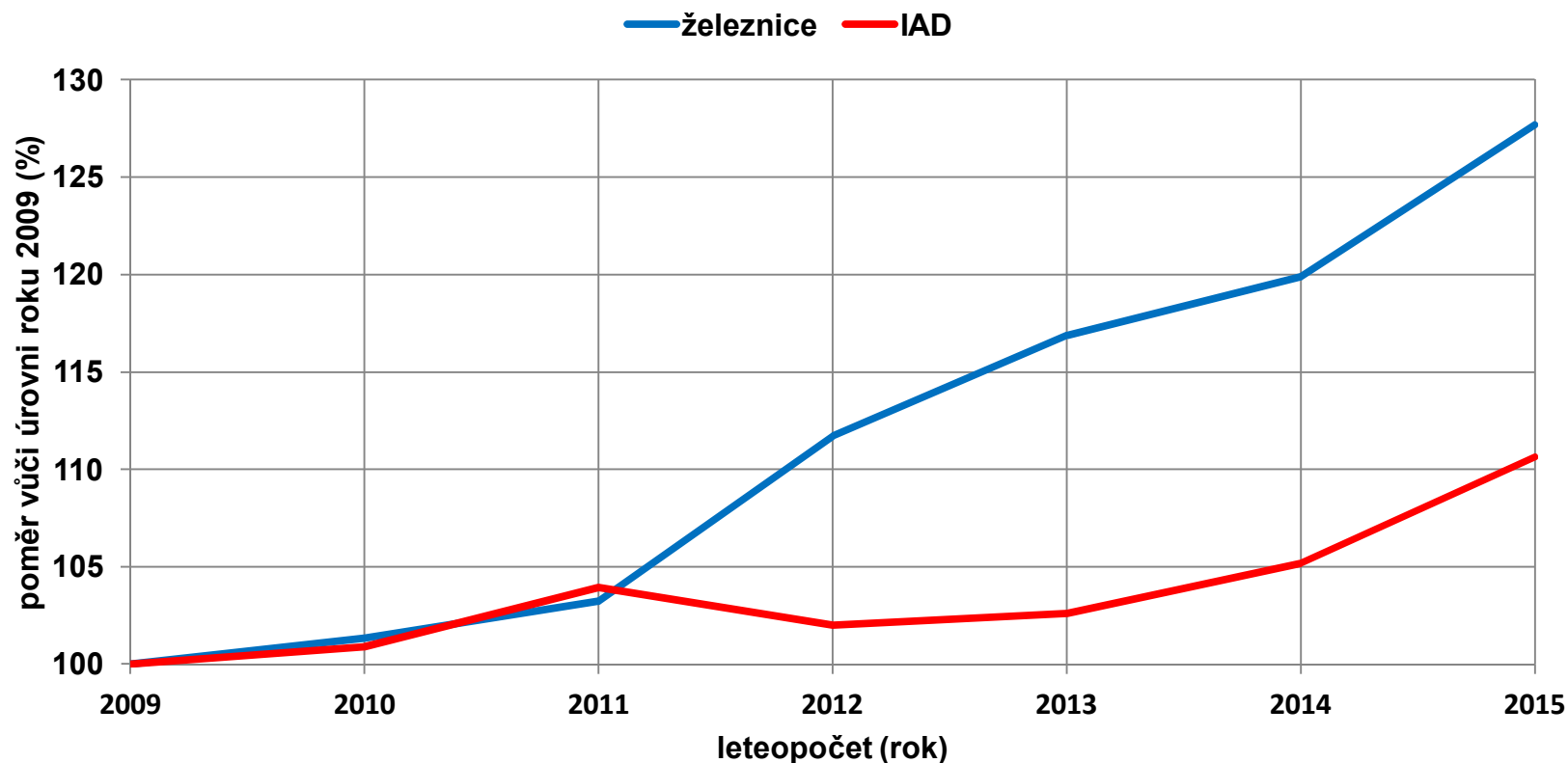
Tahounem tohoto růstu je dálková železniční doprava, ta roste v průměru cca o 9 % ročně.

Osobní železniční doprava v ČR



Odezva cestujících na zkvalitnění železnice

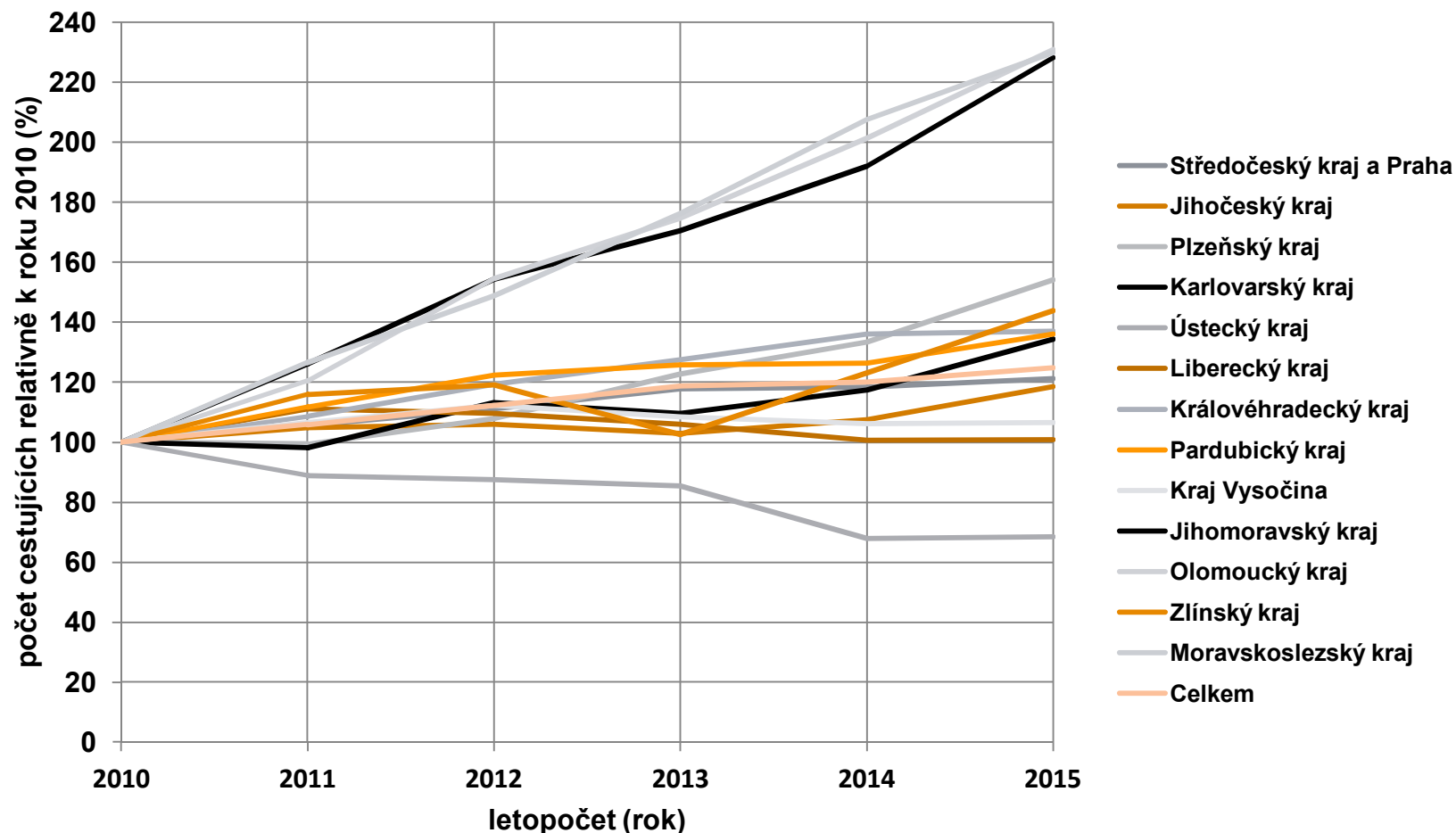
ČR: vývoj přepravních výkonů osobní dopravy (os km) vůči roku 2009



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

Odezva cestujících na zkvalitnění železnice

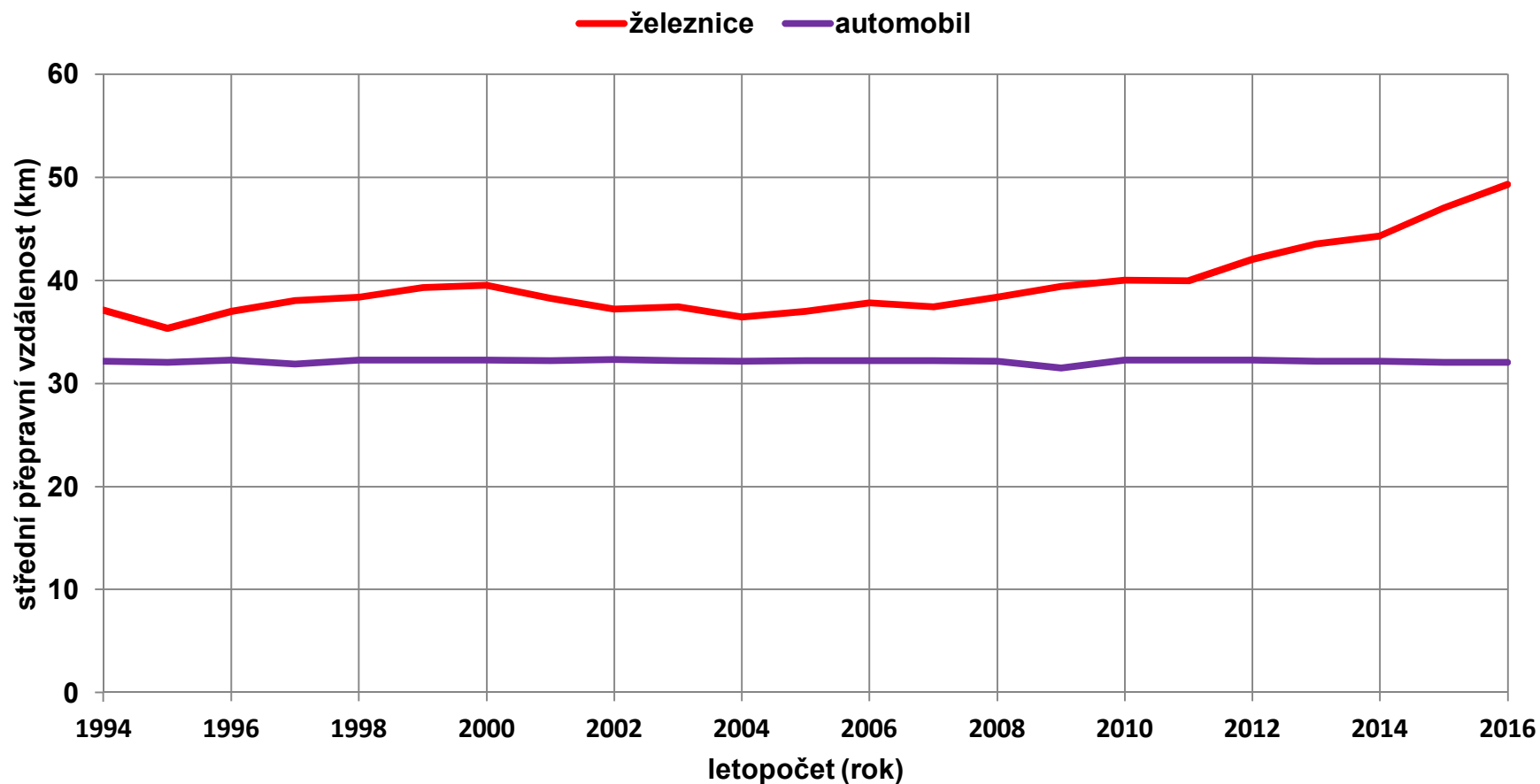
Osobní železniční doprava Praha



V relacích Praha – Ostrava, Praha – Olomouc a Praha – Brno vzrostl za posledních 5 let počet cestujících na 230 %, to je roční nárůst o 26 %

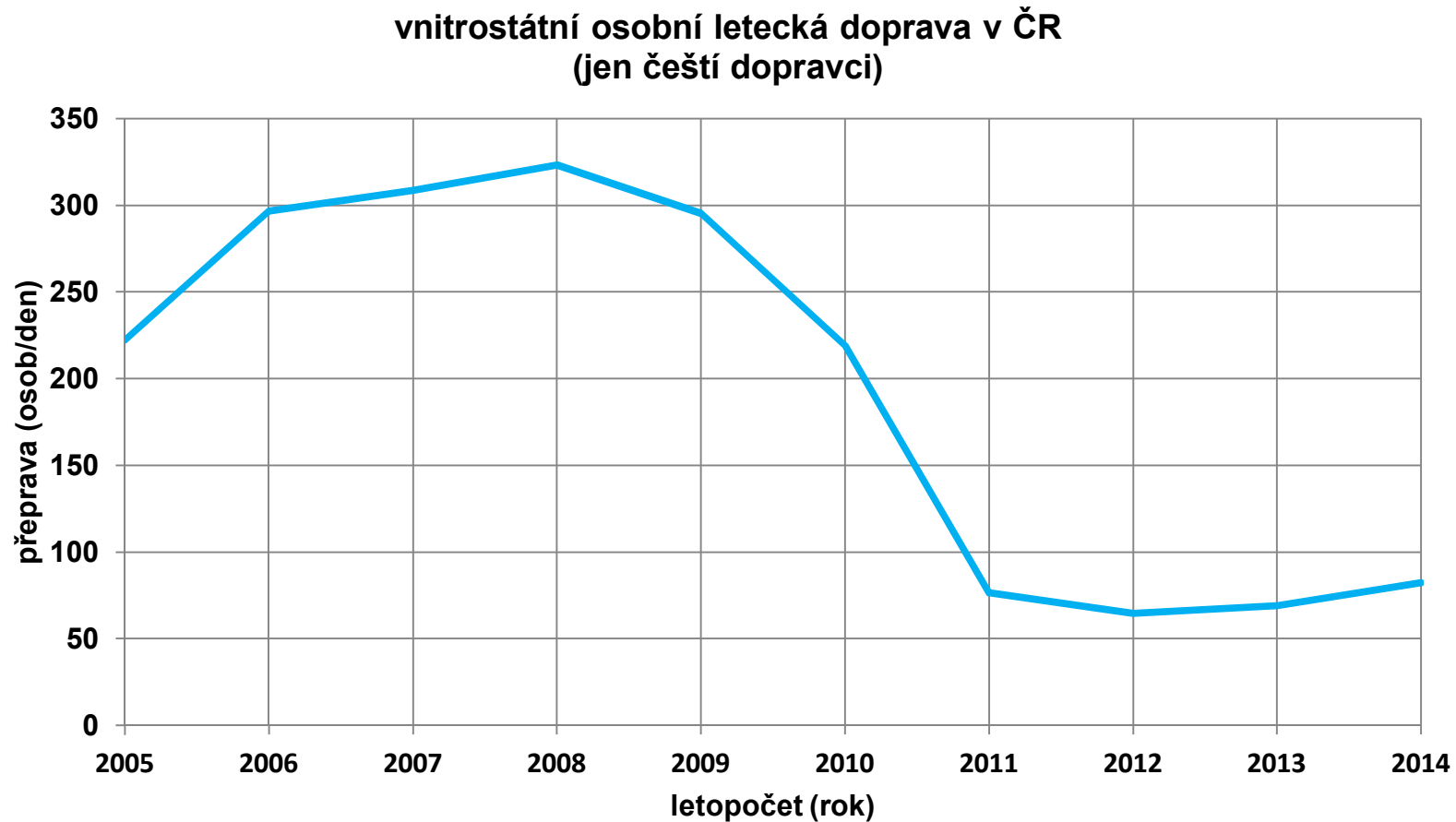
**Lidé se i v ČR naučili jezdit automobilem na vlak.
Potřebují lidé další dálnice?
Nechtějí raději více parkovišť P + R + CH?**

střední přepravní vzdálenost automobilové a osobní železniční dopravy v ČR



Příklad flexibility cestujících

Pokles vnitrostátních letů po zavedení železniční SC linky Praha - Ostrava



Cesty k čisté mobilitě

K čisté mobilitě, tedy k dopravě nezatěžující životní prostředí exhalacemi, lze dospět kombinací tří technických kroků:

1) snížení energetické náročnosti dopravy, například:

- **zvýšení účinnosti pohonu (moderní frekvenčně řízené trakční pohony),**
- **opětné využití kinetické a potenciální energie (rekuperační brzdění),**
- **snížení valivého odporu použitím kolejové dopravy,**
- **snížení aerodynamického odporu orientací na dlouhá vozidla schopná tvořit vlak**

2) přechodem od pohonu spalovacími motory k elektrické vozbě,

3) změnou elektrárenství od spalování fosilních paliv k bezemisním elektrárnám.

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,

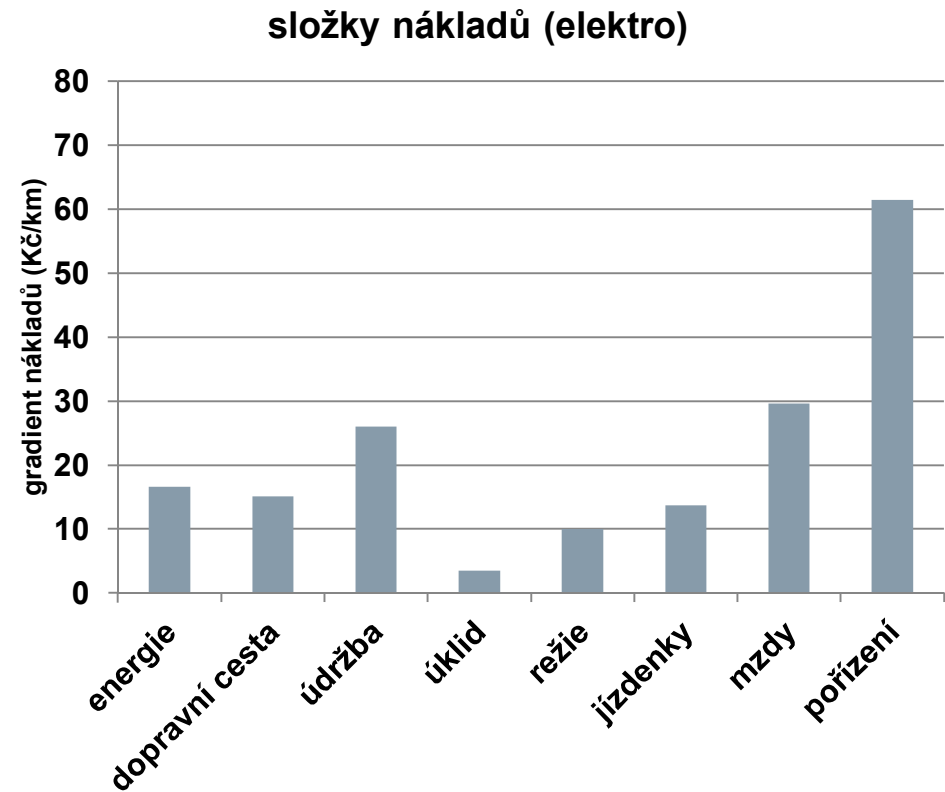
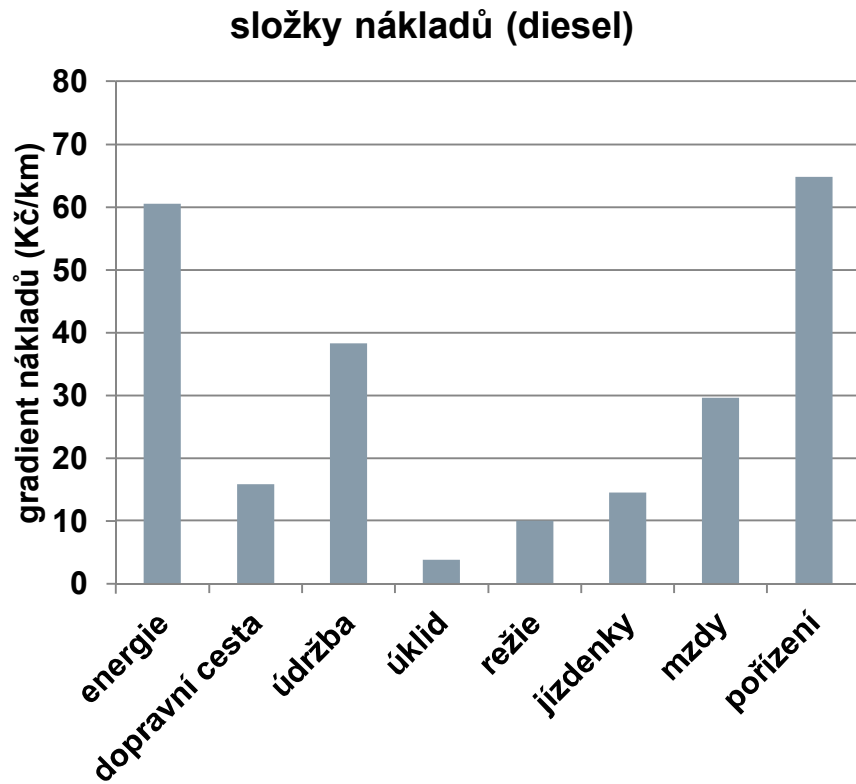
- síťové

je potřebné zajistit rozvod a akumulaci jednotlivých forem energie,

- bezpečnostní

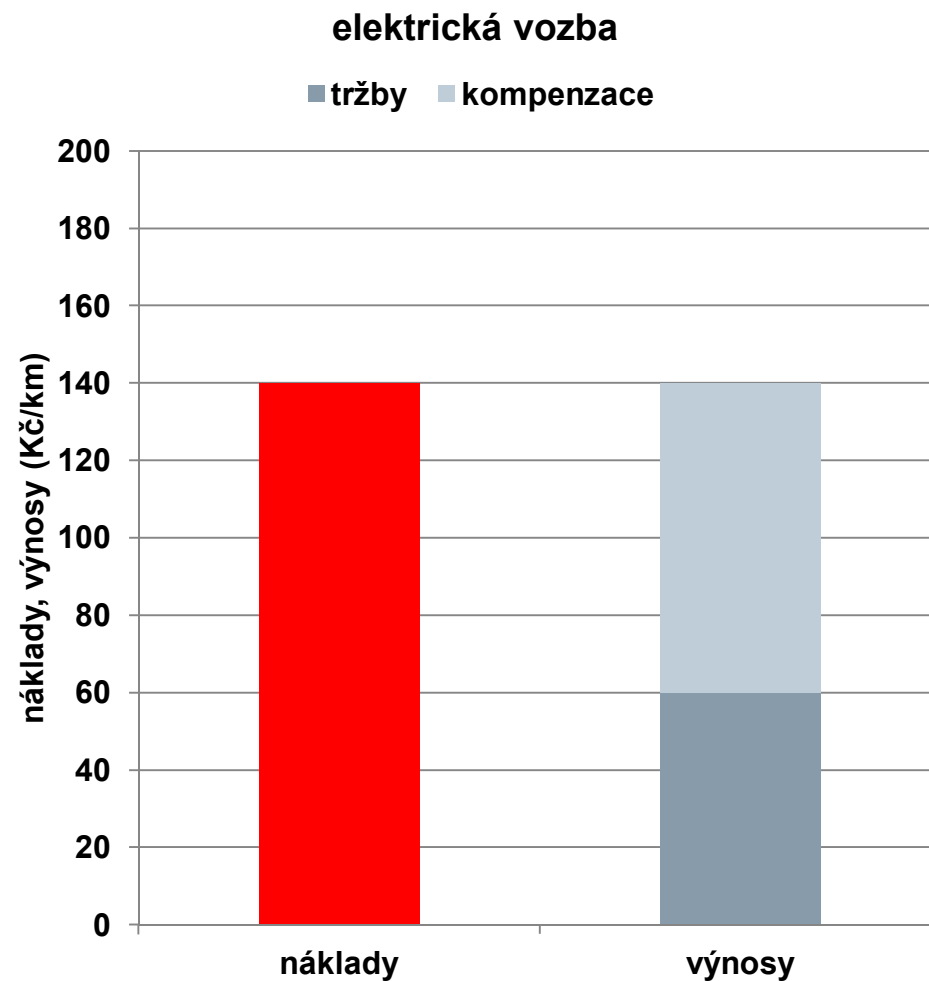
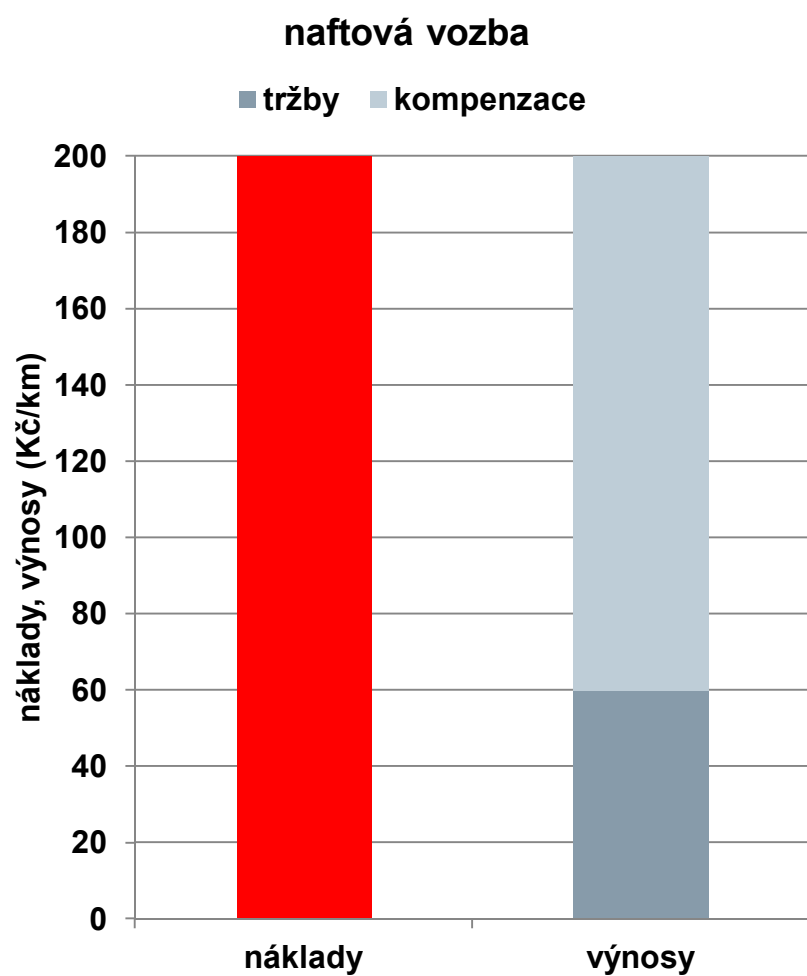
energetika i doprava tvoří oblasti kritické infrastruktury, které se musí navzájem zajišťovat.

Struktura nákladů regionální osobní železniční dopravy 240 sedadel, 120 km/h

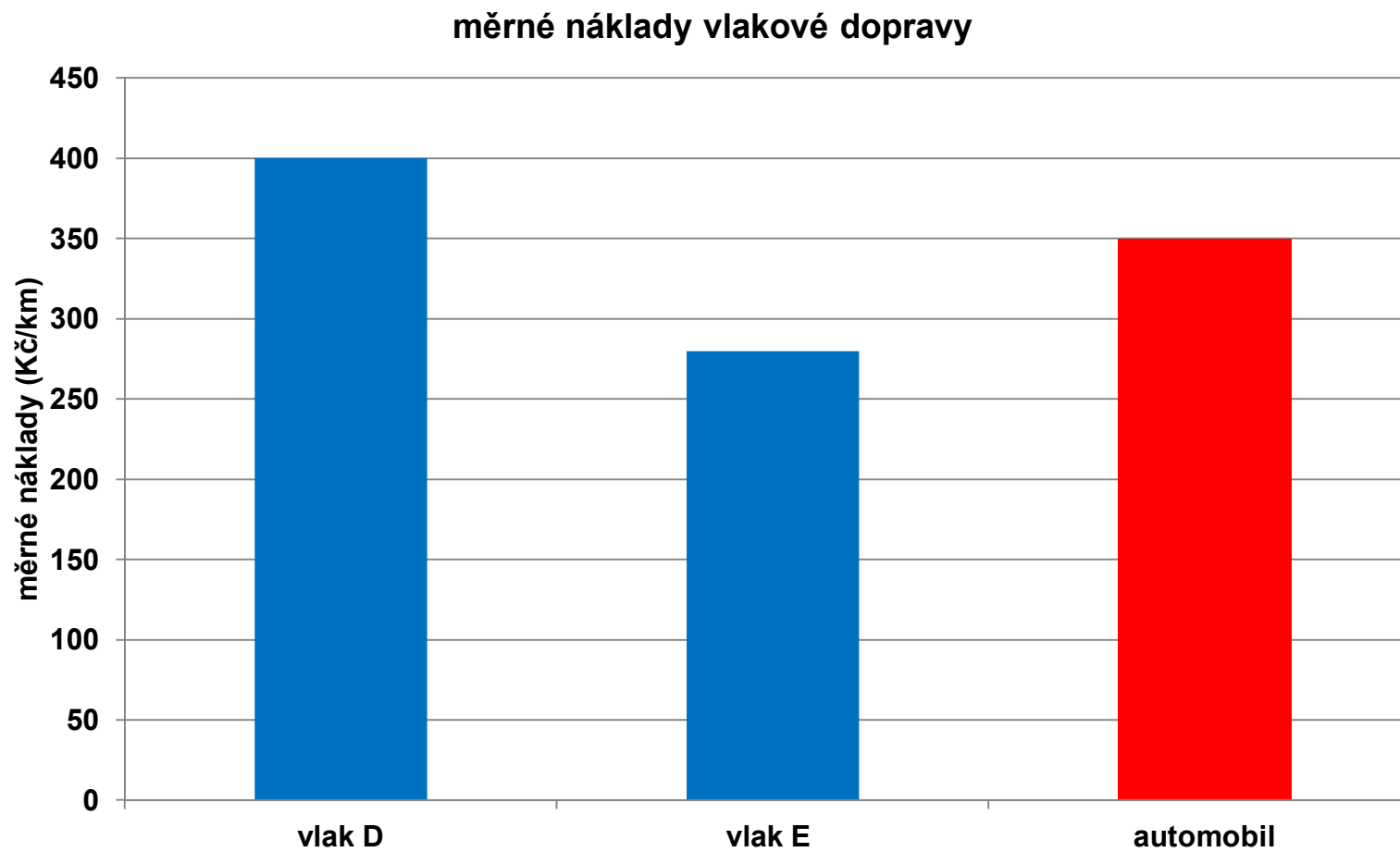


Elektrická vozba je nástrojem ke snížení nákladů železniční dopravy

Vliv elektrizace na výdaje objednatele veřejné osobní dopravy



Vliv elektrizace na konkurenceschopnost železniční nákladní dopravy



Polarizace železniční sítě

Větší část sítě železnic (regionální tratě) má problémy s ekonomickou efektivností (a v řadě případů i s udržitelností své existence) z důvodu slabé přepravní poptávky

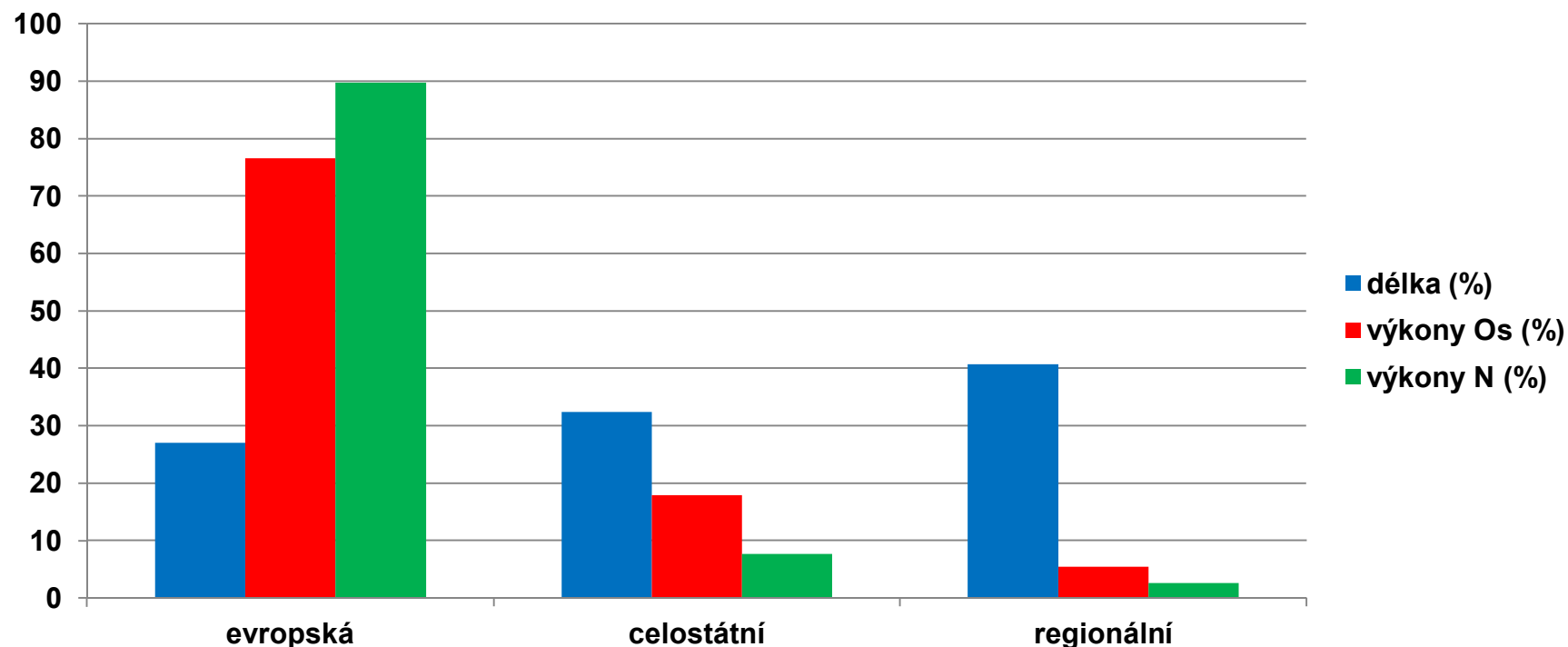
Menší část sítě (tratě sítě TEN–T) má problém s kapacitním zvládnutím silné přepravní poptávky. Je nutnost posílit všechny její strukturální subsystémy (INS, ENE, CCS, RST).

Kladná zpětná vazba investic:

- do tratí se silnou přepravní poptávkou je investováno, stávají se ještě kvalitnější a tím i atraktivnější,**
- do tratí se slabou přepravní poptávkou není investováno, chátrají a jejich použitelnost klesá.**

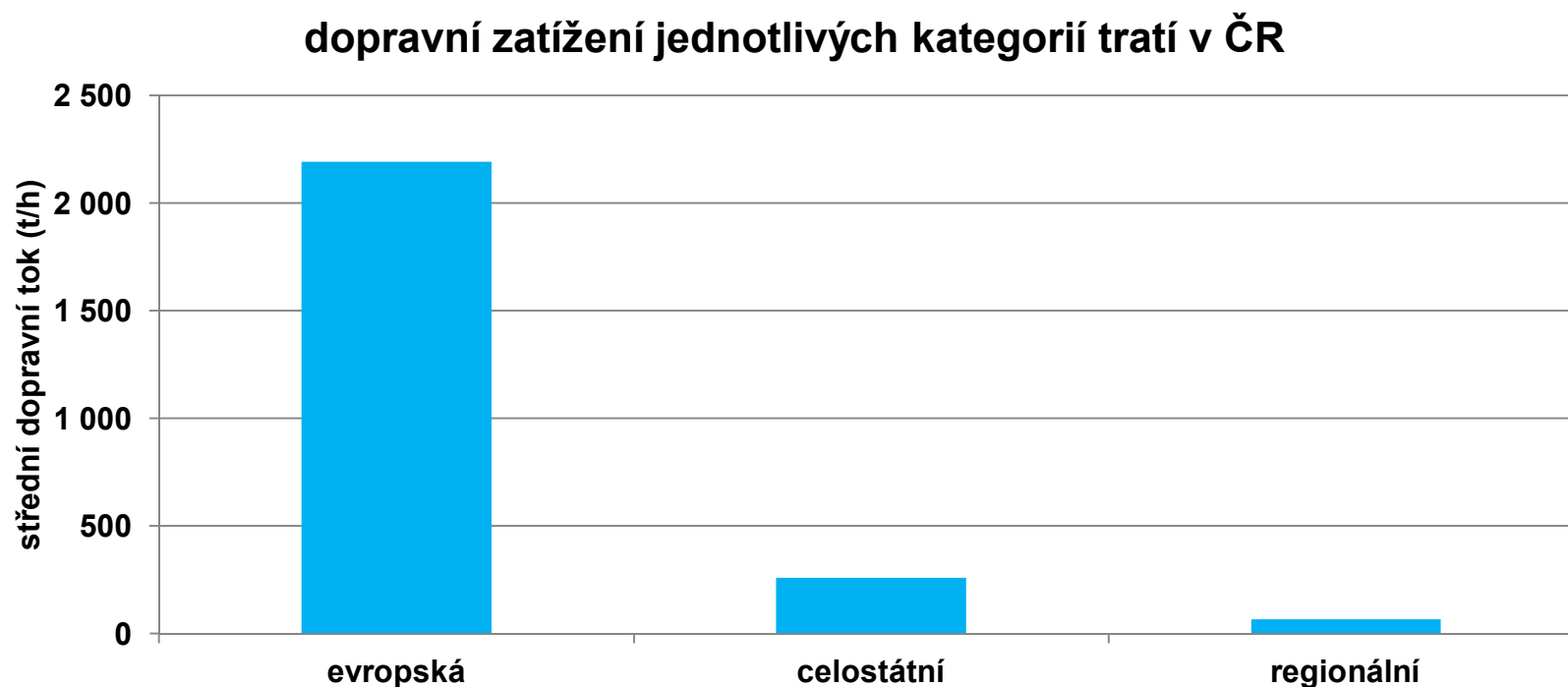
Polarizace železniční sítě v ČR (Paretovo pravidlo: 20 % příčin má 80 % následků)

podíl jednotlivých kategorií tratí na délce sítě a na dopravních výkonech železnice v ČR



**Jak osobní, tak zejména nákladní přeprava, se soustřeďuje malou část sítě.
Tratě TEN-T v ČR: 27 % délky sítě, 84 % dopravních výkonů.**

Polarizace železniční sítě



Tratě sítě TEN-T jsou v průměru využívány 33 krát více, než tratě regionální. Je nanejvýš potřebné segregovat provoz rychlých vlaků dálkové dopravy osob a balíčkového zboží jejich převedením na nově vybudované vysokorychlostní (HS) tratě pro rychlost 300 km/h. Konvenční (CR) tratě ponechat zejména nákladní dopravě (RFC koridory).

Pozvánka na 3. díl

Dokončení elektrizace železnic v ČR (již jednotným systémem 25 kV)

Elektrická vozba na tratích bez trakčního vedení

ETCS level 2 a level 3

Vysokorychlostní železniční systém v ČR

Bezemisní městská hromadná doprava

„Zajímá mne budoucnost. Hodlám v ní prožít zbytek svého života.“

Ch. Chaplin

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