

Moderní vozidla pro rychlá železniční spojení v ČR

Top Expo – Inovace & železnice | 14. 6. 2018
Jiří Pohl, Siemens, s.r.o.



- 1. Cíle rychlých spojení**
- 2. Vozidla pro konvenční tratě (200 km/h)**
- 3. Vozidla pro vysokorychlostní tratě (350 km/h)**
- 4. Ekonomika provozu vozidel**

Motivace

SIEMENS

a) zapojení celé plochy území státu do systému tvorby a spotřeby hodnot

Území ČR není rovnoměrně využíváno, **hospodářské i společenské aktivity se příliš koncentrují v Praze a v jejím okolí**, odlehlé regiony chudnou a pustnou, opouštějí je mladí vzdělaní lidé. Narůstají sociální rozdíly mezi bohatstvím centra a chudobou odlehlých regionů.

Trend růstu nezdravého monocentrického charakteru osídlení v ČR je potřeba změnit na polycentrický.

Cílem k tomu je větší **zapojení krajských měst a jim přilehlých regionů do systému společné tvorby a spotřeby hodnot**, aby z nic neodcházely mladé vzdělané rodiny.

Nástrojem k tomu je **rychlé, pohodlné, energeticky nenáročné a k přírodě vlídné propojení krajských měst vysokorychlostní železnicí.**

Rychlé a kvalitní dopravní spojení umožní dekoncentraci podnikatelských, kulturních a společenských aktivit do regionů.

Motivace

b) snížení energetické náročnosti a dekarbonizace dopravy

SIEMENS

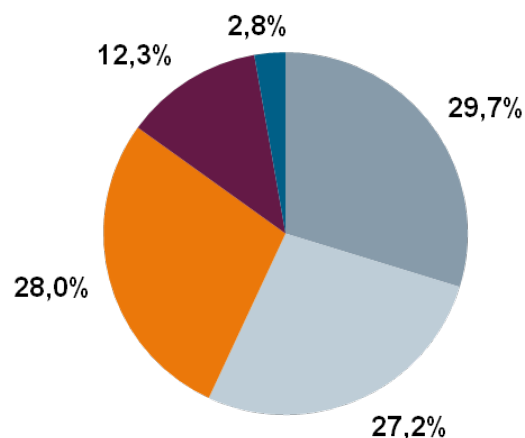
Současná podoba dopravy s dominantním podílem automobilů je již v blízkém horizontu neudržitelná:

- vysoká energetická náročnost (doprava se podílí na konečné spotřebě energie 27 %)
- vysoký (91 %) podíl fosilních paliv na energiích pro dopravu (elektřina jen 3 %)

=> **přechod na energeticky méně náročné způsoby je nutností**

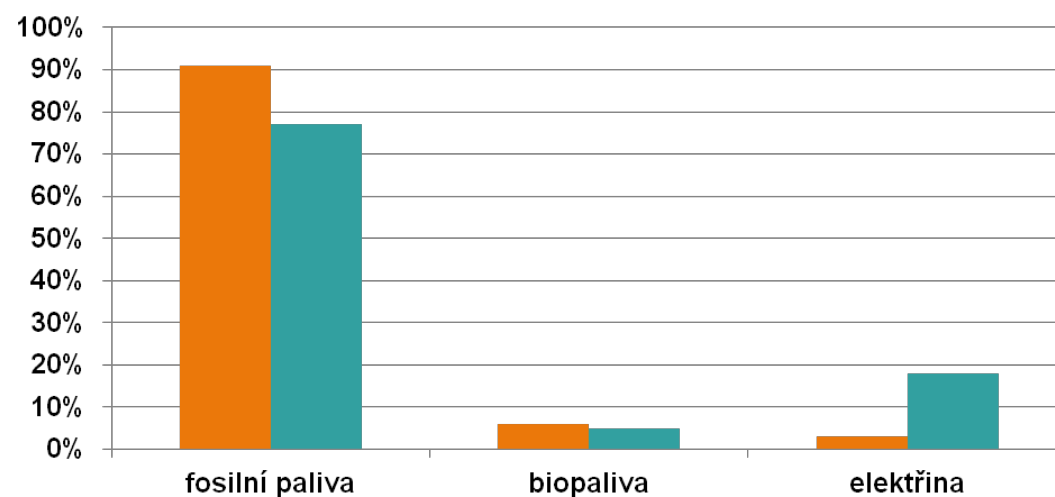
struktura konečné spotřeby energie v ČR 2016

■ průmysl ■ doprava ■ domácnosti ■ služby ■ ostatní



ČR: struktura energií pro dopravu

■ spotřeba energie ■ přepravní výkon



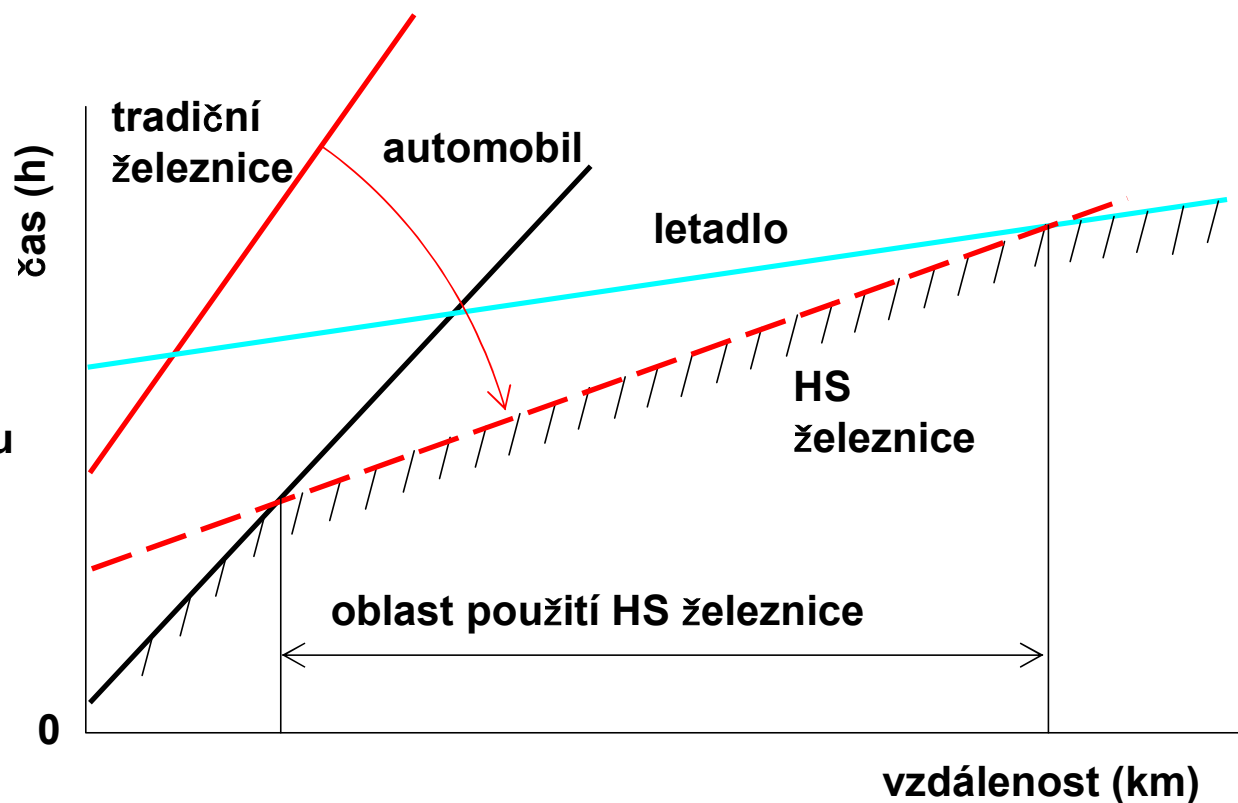
Motivace

c) Zvýšení kvality přepravní nabídky

SIEMENS

Základní princip motivace cestujících k použití energeticky a environmentálně výhodné železnice:

- vlak musí jet násobně vyšší rychlostí, než automobil, aby kompenzoval horší časovou dostupnost nádraží,
- vlak musí jet dost rychle, aby využil časový náskok vůči letadlu daný špatnou časovou dostupností letiště.



Motivace

d) Zvýšení kvantity přepravní nabídky

SIEMENS

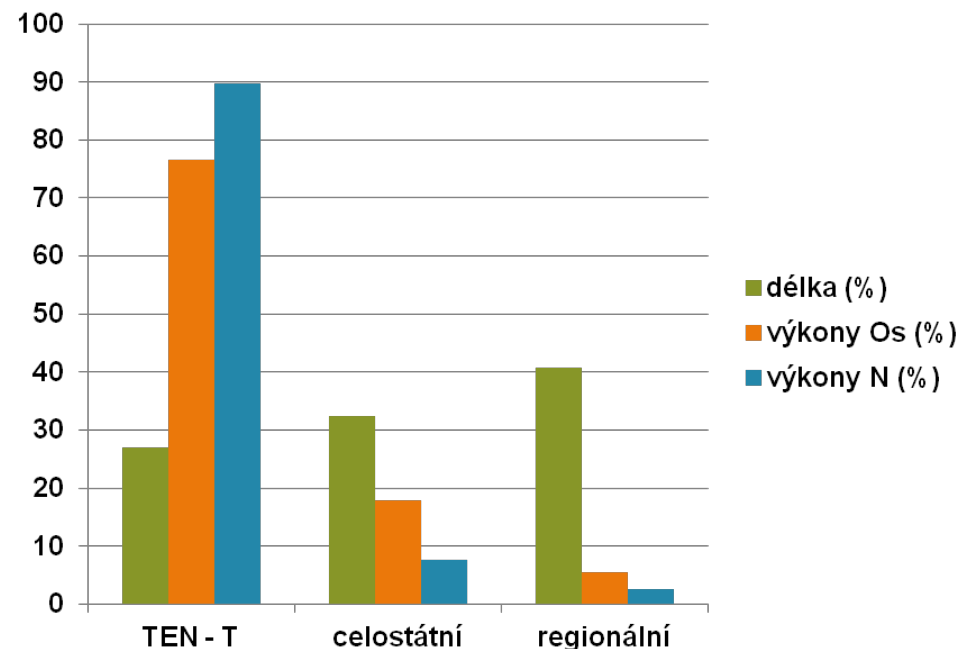
Železniční síť je v ČR nerovnoměrně zatížena.
Tratě TEN-T představují jen 27 % délky sítě,
ale zajišťují:

- **77 % výkonů osobní dopravy,**
- **90 % výkonů nákladní dopravy.**

➤ **je potřeba další kapacita železniční dopravní cesty,**

➤ **je potřeba oddělit provoz rychlých a pomalých vlaků, aby byla kapacita železniční dopravní cesty naplno využita (rovnoběžný grafikon).**

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



Úspěch národních tranzitních železničních koridorů

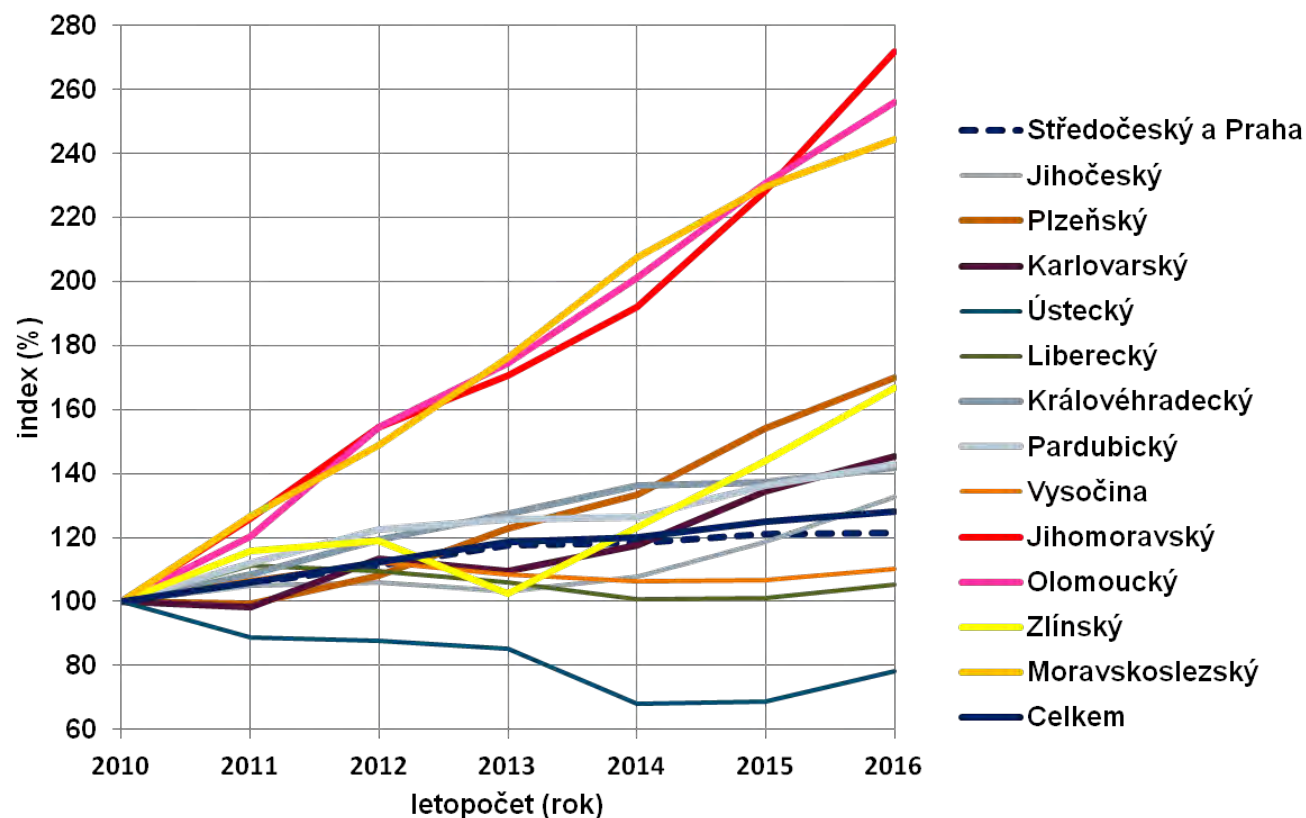
Rozdílnost vývoje v různých relacích dokládá důležitost motivace obyvatelstva:

- modernizované rychlé tratě mají úspěch,
- nová rychlá a pohodlná vozidla mají úspěch

V relacích Praha – Brno, Praha – Olomouc a Praha – Ostrava dochází po dobu 6 let k trvalému meziročnímu růstu přepravní poptávky v průměru o 27 % ročně.

V kontrastu s tím přeprava ve směrech železnic s technickou úrovní minulosti stagnuje.

cestování železnici z Prahy a do Prahy (rok 2010: 100 %)



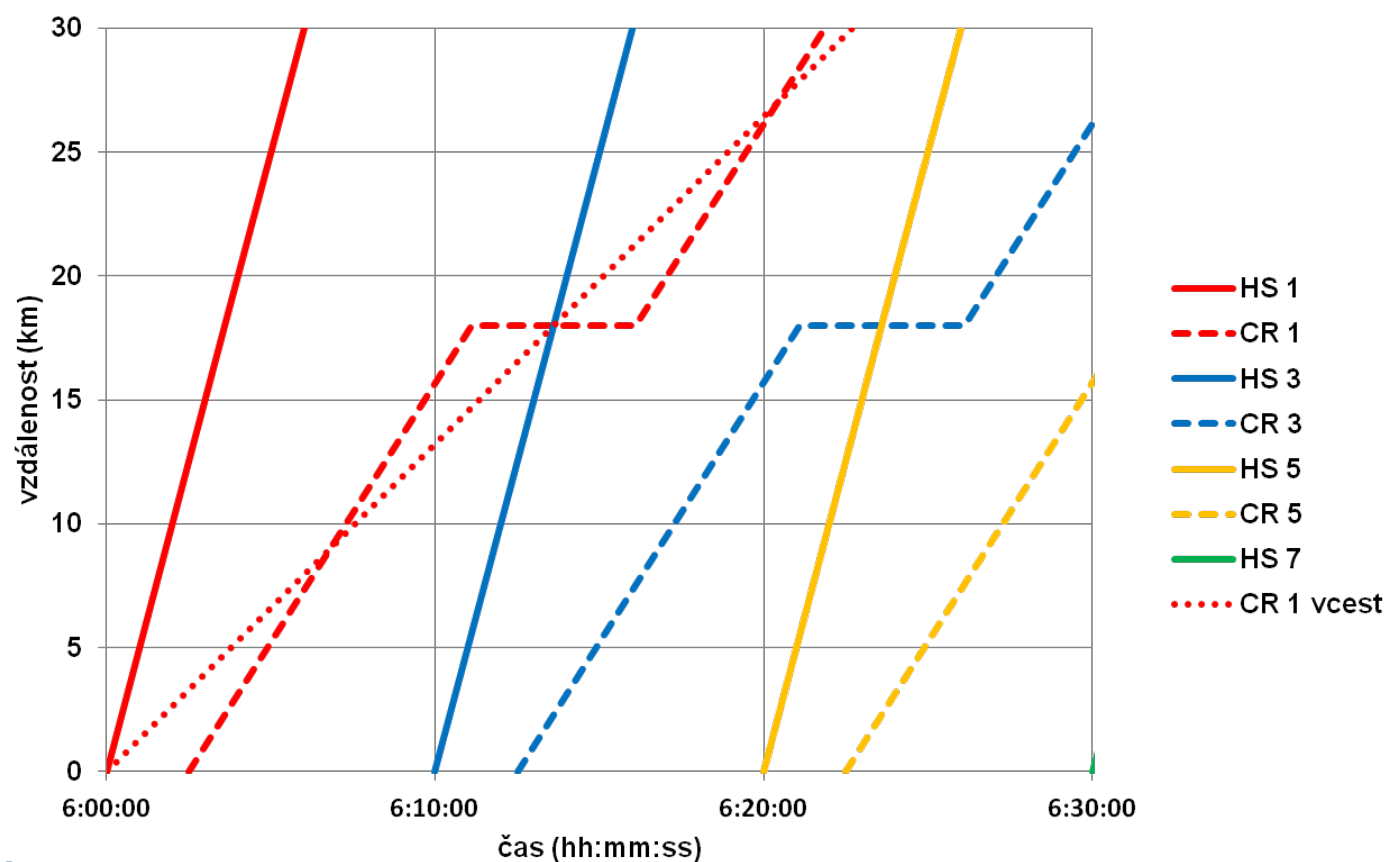
Dvě sítě

Souběžný provoz rychlých a pomalých vlaků způsobuje:

- vysoké investiční náklady (budování stanic k předjíždění),
- nízké využití kapacity tratě,
- nízkou cestovní rychlost pomalejších vlaků,
- vysokou spotřebu energie pomalejších vlaků.

=> vzájemné oddělení rychlé a pomalé dopravy je provozní i ekonomickou nutností.

grafikon vlakové dopravy



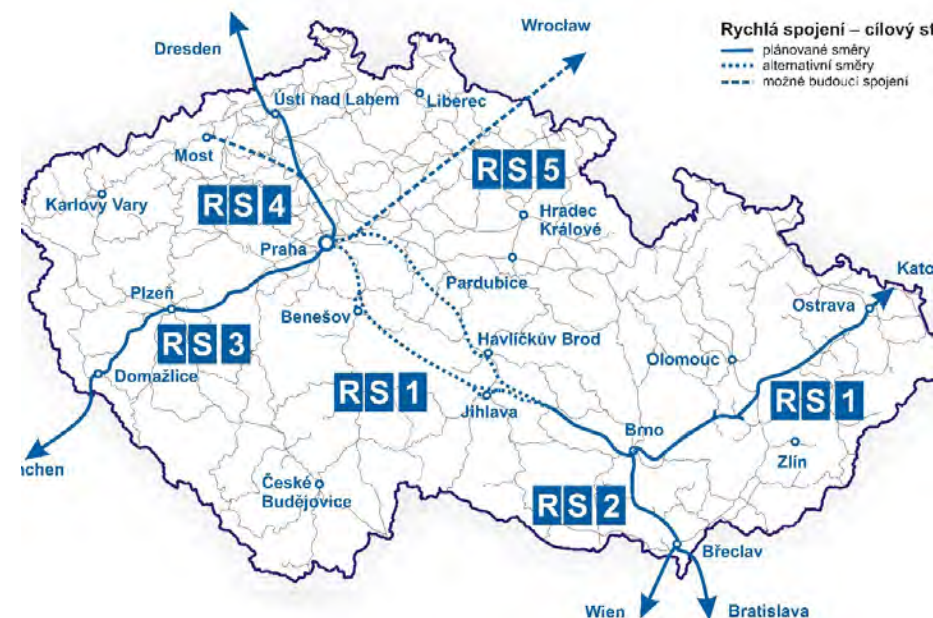
Vozidla a tratě

Tratě rychlých spojení v ČR jsou tvořeny:

- konvenčními (CR) tratěmi pro rychlost 200 km/h (typicky: Brno – Přerov)
- vysokorychlostními (HS) tratěmi pro rychlost 350 km/h (typicky: Praha – Brno)

Základní princip kompatibility tratí a vozidel v Evropě:

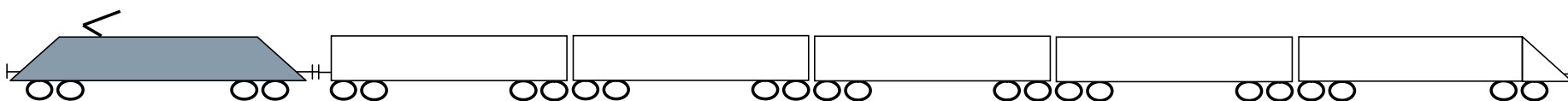
- konvenční vozidla mohou využívat jen konvenční železniční síť,
- vysokorychlostní vozidla mohou využívat vysokorychlostní konvenční železniční síť



Rychlá vozidla pro konvenční tratě: netrakční jednotky

SIEMENS

Lokomotiva plus ucelená souprava vozů zakončená řídícím vozem



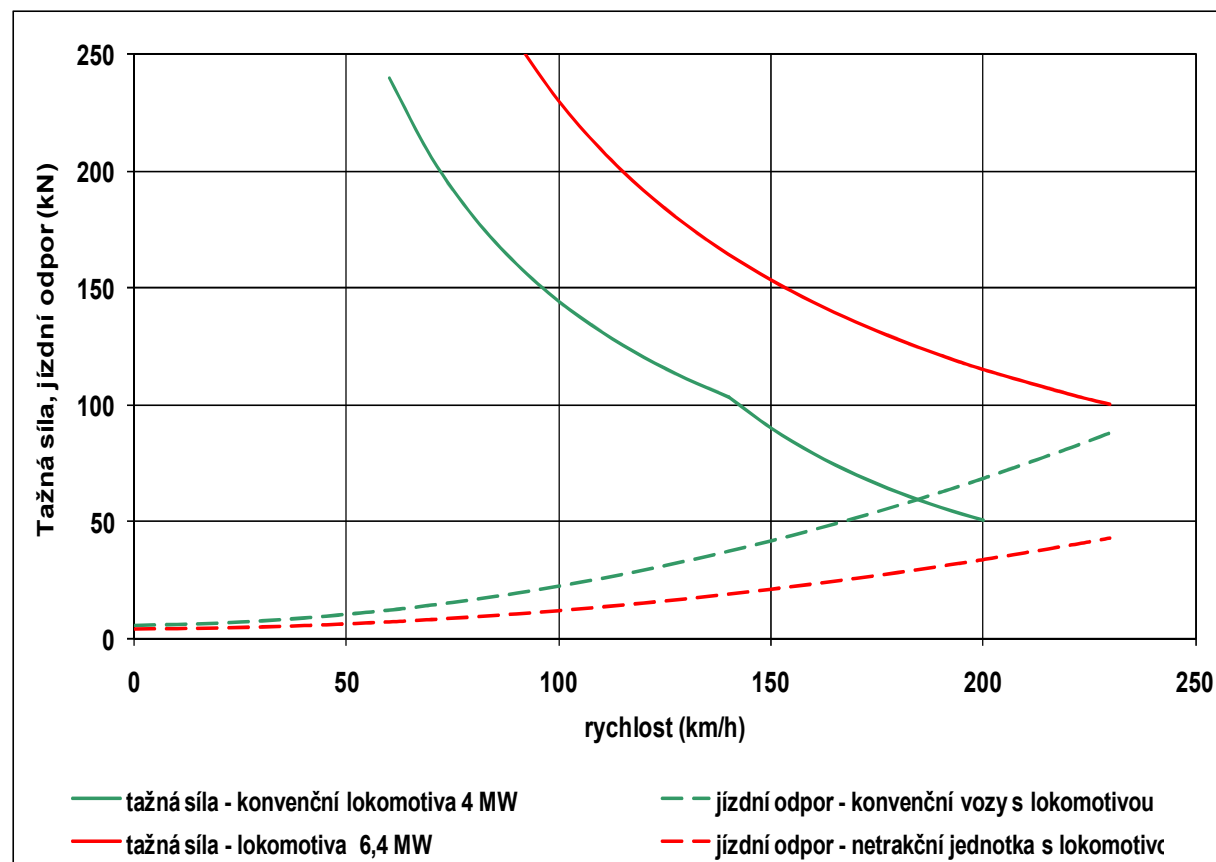
Cíl: využít předností ucelených jednotek i předností vlaků s lokomotivami

Výhody:

- jednoduchá konstrukce (zvlášť lokomotiva, zvlášť vozy),
- jednoduchá údržba (zvlášť lokomotiva, zvlášť vozy),
- variabilnost (počtu a typu vozů, typu lokomotivy),
- komfort ve vozech – využití předností ucelených jednotek (tichý a klidný vnitřní prostor)
- nízká spotřeba energie – dokonalá aerodynamika typově jednotných vozů.

Nejen vyšší výkon, ale také nižší aerodynamický odpor

Snížení C_x na polovinu:
spotřeba energie aerodynamického vlaku při rychlosti 230 km/h je zhruba stejná, jako spotřeba energie tradičního (hranatého) vlaku jedoucího rychlostí 160 km/h.



Extramodální úspory v osobní dopravě

Převod osobní dopravy ze silnic (automobily se spalovacími motory) na elektrizované železnice:

- zhruba 7 x nižší spotřeba energie,
- zásadní snížení globálních exhalací oxidu uhličitého, způsobujících klimatické změny,
- úplné odstranění lokálních exhalací poškozujících zdraví obyvatelstva,
- aktivní využití času stráveného cestováním (train office)

Podmínka: rychlost a kvalita => „pohodlím k úsporám energie“



© Siemens, s.r.o., Divize Mobility 2018 . Všechna práva vyhrazena.

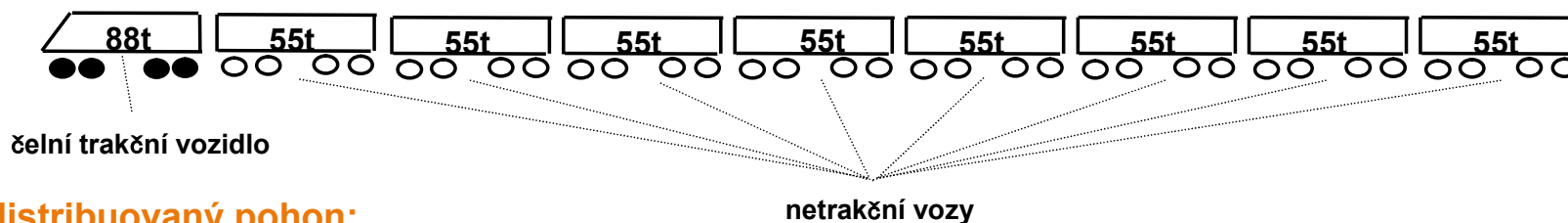
Vozidla pro vysokorychlostní tratě

- Jízdní odpor rychle jedoucího vlaku je tvořen zejména jeho aerodynamickým odporem, který roste s druhou mocninou rychlosti ($F = k \cdot v^2$)
 - Výkon je dán součinem síly (jízdního odporu) a rychlosti a roste tedy se třetí mocninou rychlosti ($P = k \cdot v^3$)
 - Avšak pro zdvojnásobení rychlosti (například ze 160 na 320 km/h) je nereálné opatřit vozidla osmkrát výkonnějším trakčním pohonem.
- je nutné zabývat se aerodynamikou a výrazně snížit odpor vozidla (nikoliv osmkrát vyšší výkon, ale jen dvakrát vyšší výkon v kombinaci se čtyřikrát příznivějším aerodynamickým tvarem),
- doprovodný, ale mimořádně cenný efekt: **nízká energetická náročnost vysokorychlostní železniční dopravy.**

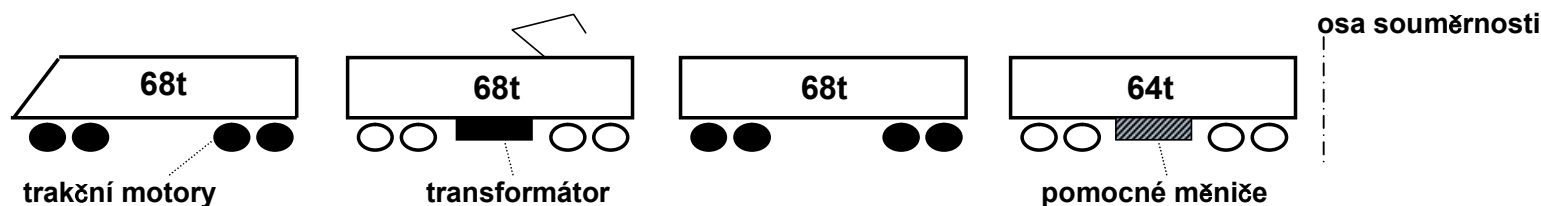


Technické řešení HS vozidel: distribuovaný pohon

- konvenční řešení:**

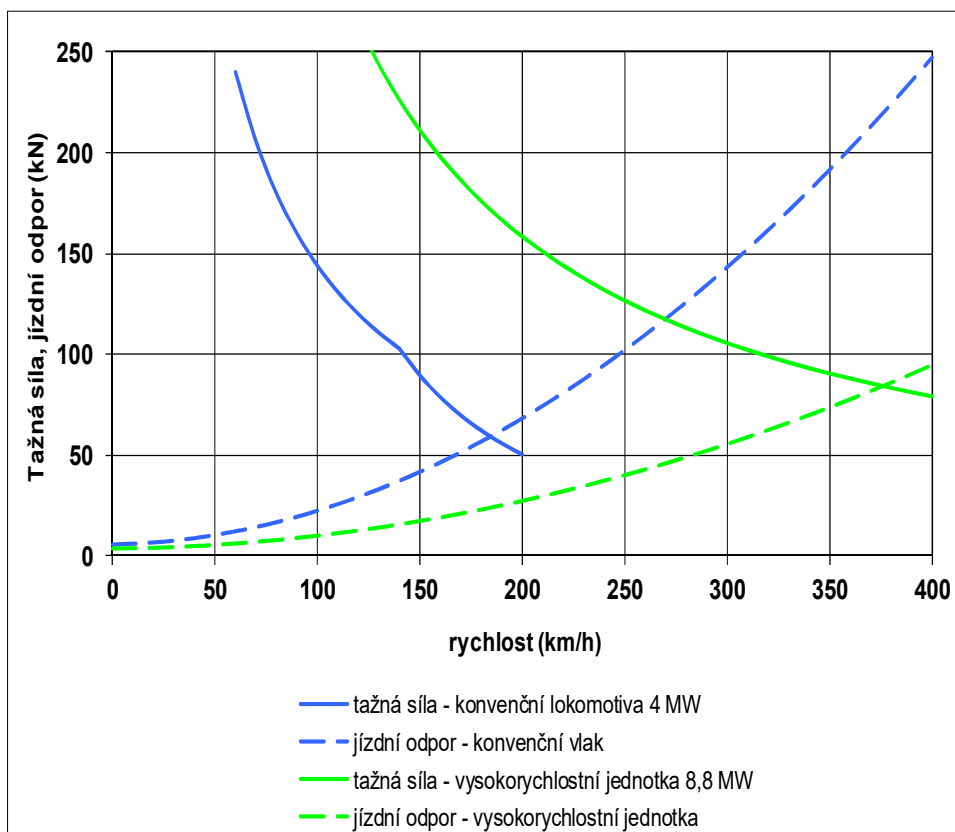


- distribuovaný pohon:**



- ⇒ vyšší (100 %) využití prostoru (délky) pro cestující
- ⇒ nižší limit hmotnosti na dvojkolí (17 t) – nízké namáhání tratí dynamickými silami při vysokých rychlostech
- ⇒ vyšší trakční výkon (20 kW/t), vyšší podíl elektrodynamické (rekuperační) brzdy
- ⇒ vyšší akcelerace, neboť 50 % dvojkolí je poháněno
- ⇒ redundance trakčních a pomocných pohonů (dvě symetrické poloviny) – vysoká spolehlivost

Rychle a přitom úsporně



- Spotřeba energie je úměrná tažné síle, tedy jízdni odporu.
 - Jízdni odpor nestoupá vlivem lepší aerodynamiky u vysokorychlostních vozidel s rostoucí rychlostí tak strmě, jako u vozidel konvenčních. Pro rychlost 350 km/h postačuje měrný výkon 20 kW/t.
- aerodynamicky řešená vysokorychlostní jednotka jedoucí rychlostí 270 km/h má zhruba stejnou spotřebu energie, jako tradiční vlak jedoucí rychlostí 160 km/h.

Vysokorychlostní elektrické trakční jednotky

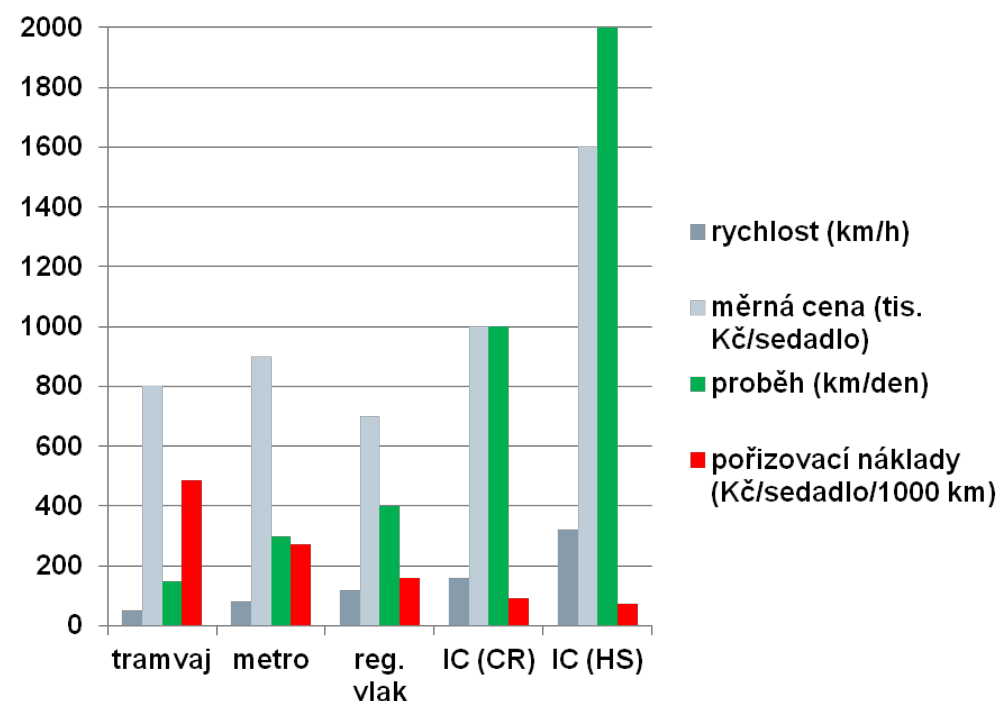
- Vysokorychlostní elektrická jednotka s distribuovaným trakčním pohonem (délka 200 m, 8 vozů, cca 500 sedadel)
- $v = 350 \text{ km/h}$, $P = 8\,800 \text{ kW}$
- Převážní časy v meziměstských relacích (centrum – centrum) do vzdálenost cca 900 km kratší než letecké spojení
- Energetická úspornost: jen 4 kWh / 100 km a sedadlo (ekvivalent 0,4 litru nafty 100 km/sedadlo)
- Vysoká spolehlivost: interval mezi závažnými poruchami nad 1 milion km



Produktivita vysokorychlostní železniční dopravy

- Jízda vysokou rychlostí zásadně způsobem zvyšuje produktivitu vozidel a personálu:
 - tramvaj denně ujede 150 až 180 km,
 - HS jednotka denně ujede 1 600 až 2 400 km.
 - Vyšší produktivita snižuje měrné náklady na pořízení vozidla:
 - tramvaj: 0,49 Kč/sedadlo/km
 - HS jednotka: 0,07 Kč/sedadlo/km
- ⇒ proto musí část cestujících v tramvaji stát,
- ⇒ proto může být jízdné ve vysokorychlostních vlacích levné (na úrovni konvenční železnice)

porovnání vozidel



Vysokorychlostní železnice Praha - Brno

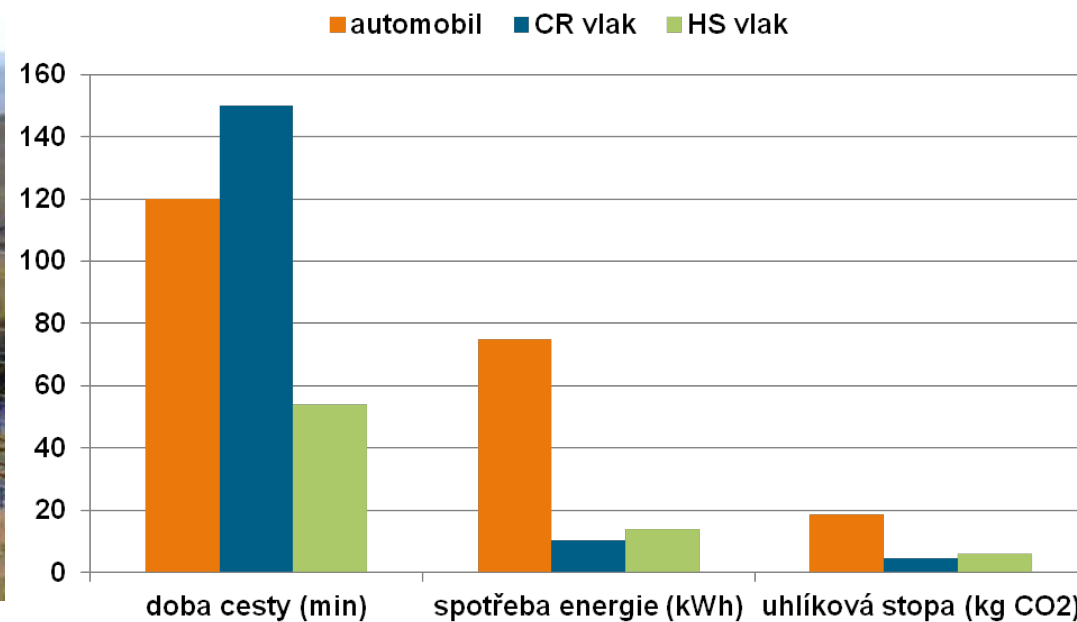
- Není důvod ztrácet čas (2 hodiny) a energii (75 kWh a 19 kg CO₂ na osobu) jízdou automobilem z Prahy do Brna.
- Vysokorychlostní vlak to zvládne za 50 minut (centrum – centrum), respektive za 40 minut (terminál P + CH + R Štěrboholy – terminál P + CH + R Lískovec) k práci využitelného času (train office).

Spotřebuje k tomu jen 14 kWh a 6 kg CO₂ (perspektivně OZE: 0 kg CO₂) na osobu.



© Siemens, s.r.o., Divize Mobility 2018 . Všechna práva vyhrazena.

jedna cesta jednoho cestujícího
Praha - Brno



Akceptace vysokorychlostní železniční dopravy cestujícími

V roce 2013 povedla společnost Kordis JMK průzkum cestování mezi Prahou a Brnem. V té době zajišťovala dálnice D 1 celkem 97 % osobní přepravy mezi Prahou a Brnem.

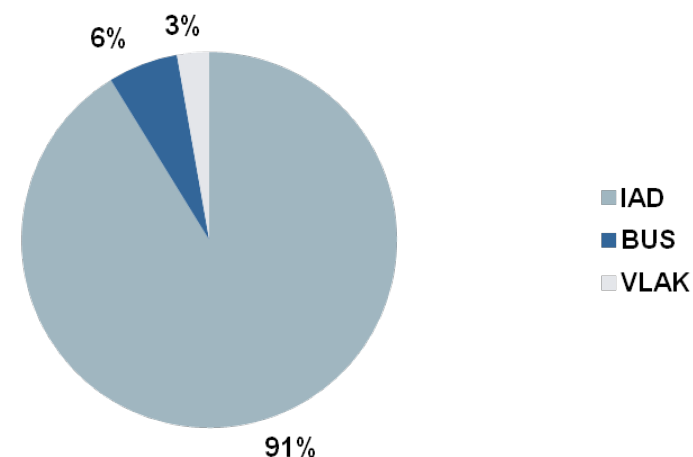
Otázka zněla: jak rychlá a jak levná by musela být železnice, abyste ji použili místo automobilu?

Poznámka:

Podíl železnice na přepravách Praha – Brno je v současnosti v odezvě na nárůst kvality přepravní nabídky (projekt ČD/ÖBB railjet) oproti roku 2013 více než dvojnásobný

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%		

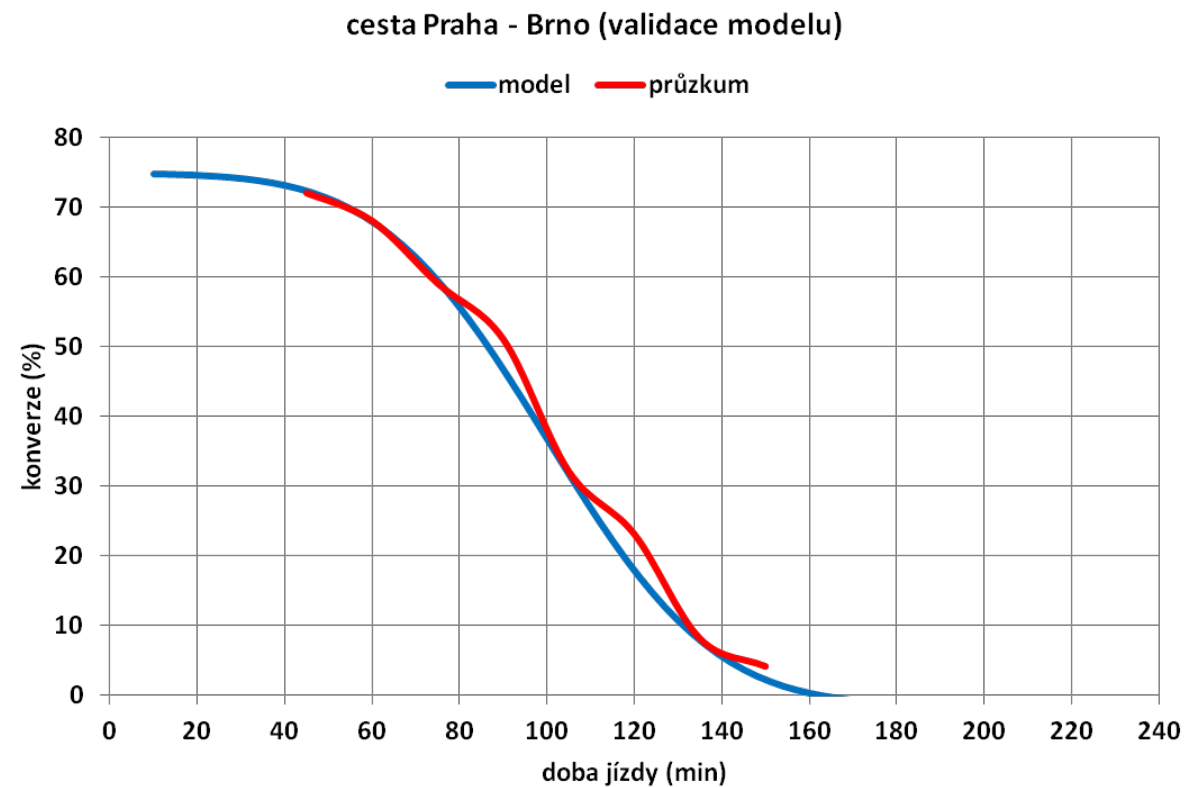
osobní přeprava mezi Prahou a Brnem



Praha – Brno: přepravní průzkum KORDIS JMK – konverze cestujících z IAD na železnici

SIEMENS

- Kritérium času
- Odpovědi odpovídají Gaussovu rozdělení
- Při době jízdy 55 minut přejde na železnici 70 % občanů v současnosti používajících automobil (34 000 ze 48 000 osob denně).



Magický bod: 55 minut

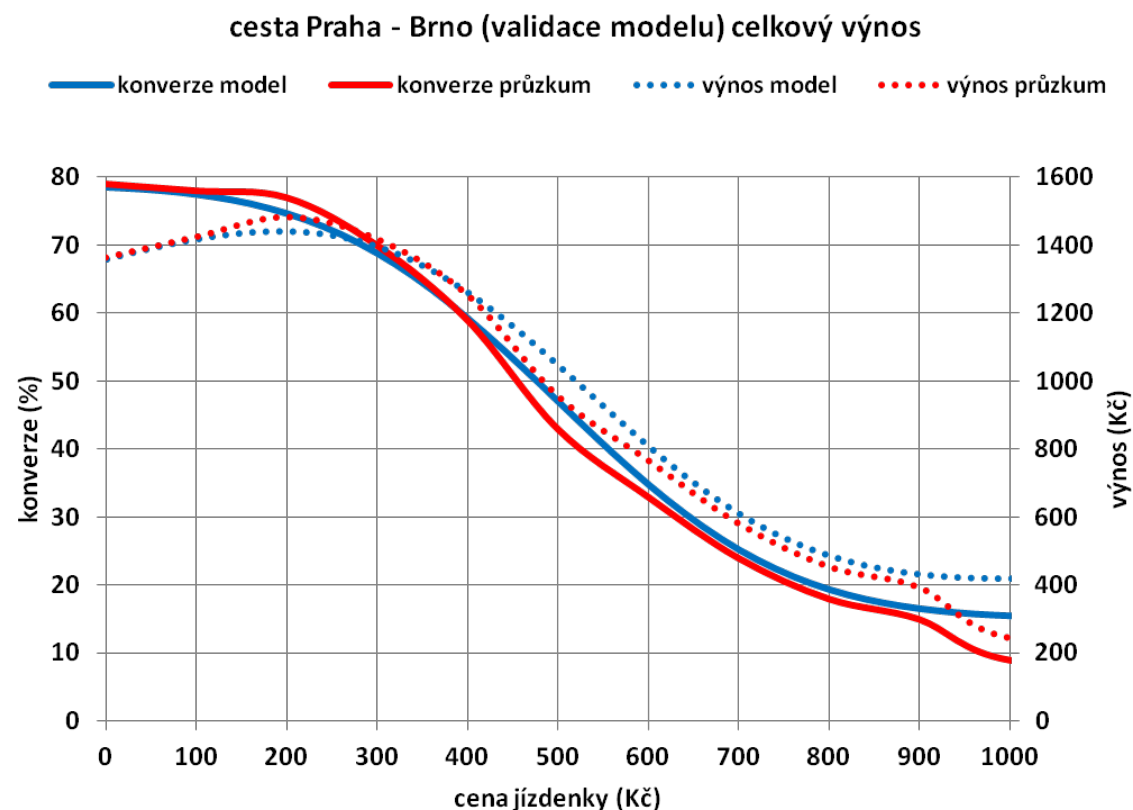
Praha – Brno: přepravní průzkum KORDIS JMK – konverze cestujících z IAD na železnici

SIEMENS

- Kritérium času
- Odpovědi odpovídají Gaussovu rozdělení
- Rozhodování lidí je však ovlivněno Baťovým syndromem (efekt „X99“):
 - za 1 000 Kč skoro nikdo,
 - za 500 Kč jen část,
 - za 199 Kč skoro všichni.

U celkového výnosu (tržby plus společenské výnosy – úspora externích i interních nákladů a času) se uplatňuje Lafaierovo pravidlo výběru daní:

- optimum celkového výnosu je při ceně jízdenky kolem 200 Kč
- při době cesty 55 minut je společenský výnos na jednoho cestujícího 1 728 Kč



Magický bod: 200 Kč

Děkuji Vám za Vaši pozornost!



Jiří Pohl
Senior Engineer
Mobility Engineering

Siemensova 1
155 00 Prague 13
Czech Republic

Mobile: +420 724 014 931

E-mail: jiri.pohl@siemens.com

siemens.cz/mobility