SIEMENS

Vzájemný soulad vozidel a infrastruktury v dálkové a regionální dopravě

Ing. Jiří Pohl
Siemens, s.r.o.

Czech Raildays
Ostrava ,červen 2010

Již několik desítek let jsou velká evropská města spojena leteckými linkami.

SIEMENS

Jedna nevýznamná islandská sopka dokázala létání nad Evropou ochromit na několik dnů.

SIEMENS

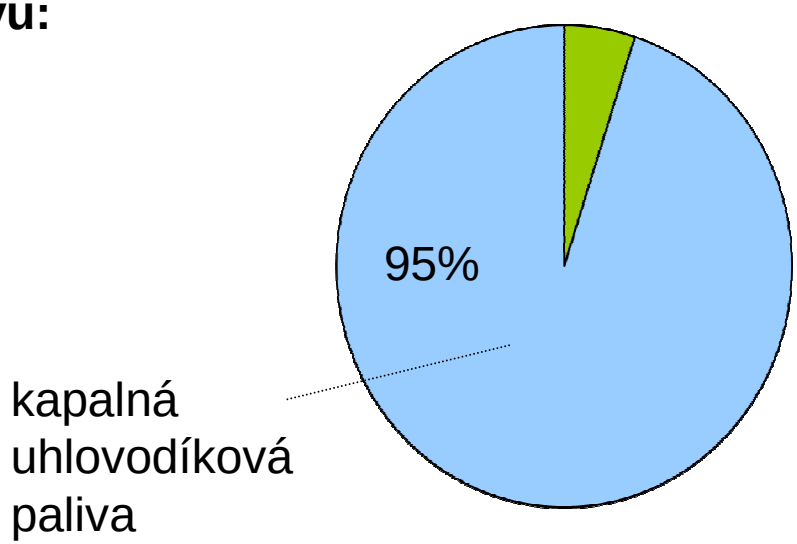
Závislost dopravy na kapalných uhlovodíkových palivech

SIEMENS

- Erupce sopky lze těžko předpovědět a přijímat obranná opatření.
- Jedno ohrožení mobility je však zřejmé, předem známé a řešitelné.
- Tím je silná závislost mobility na kapalných uhlovodíkových palivech – na ropě.

Struktura zdrojů energie pro dopravu:

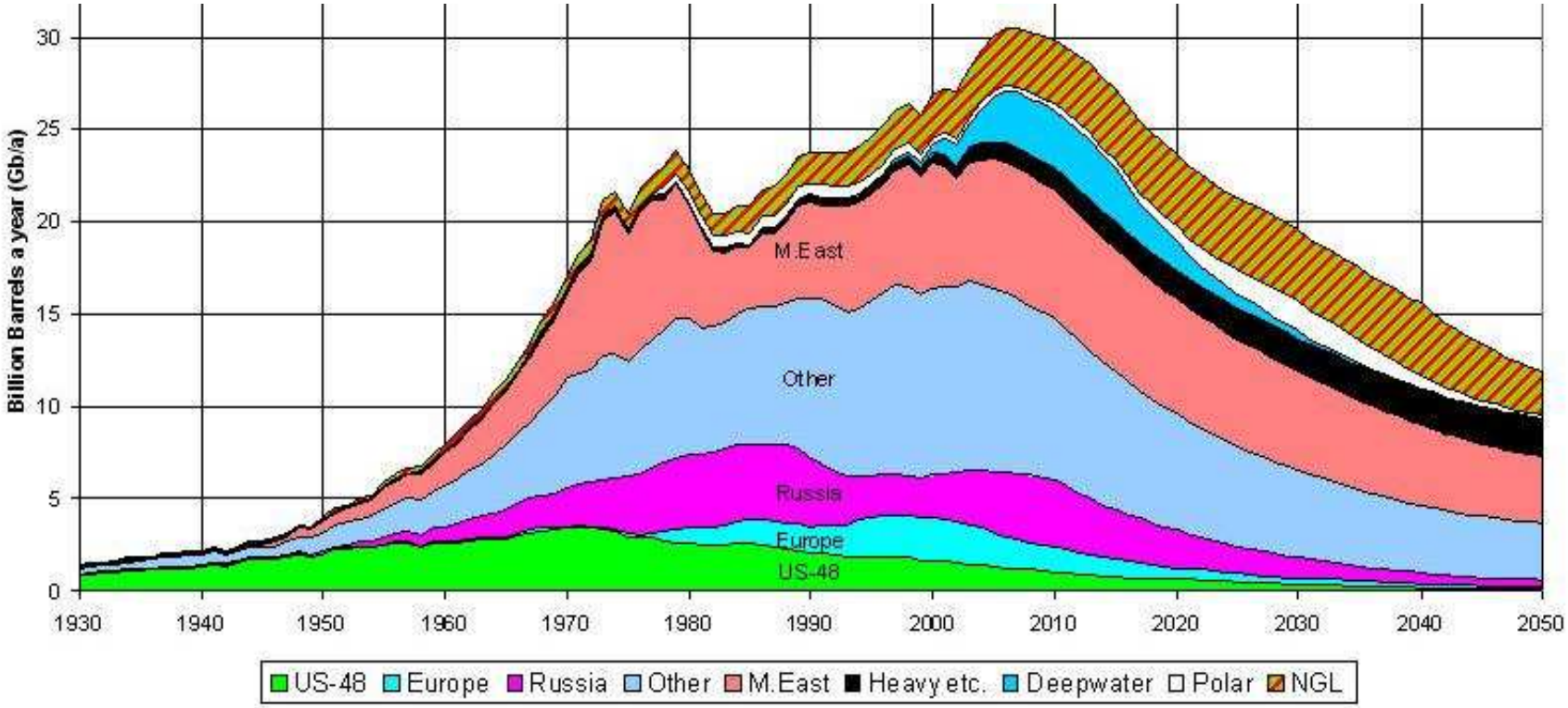
Kapalná uhlovodíková paliva zajišťují energii pro 95 % dopravních výkonů a spotřebují k tomu 58 % těžby ropy.



Prognóza ropných zdrojů
Hubbertova křivka

SIEMENS

Ropa vznikala 2 00 000 000 let a bude spotřebována v průběhu 200 let

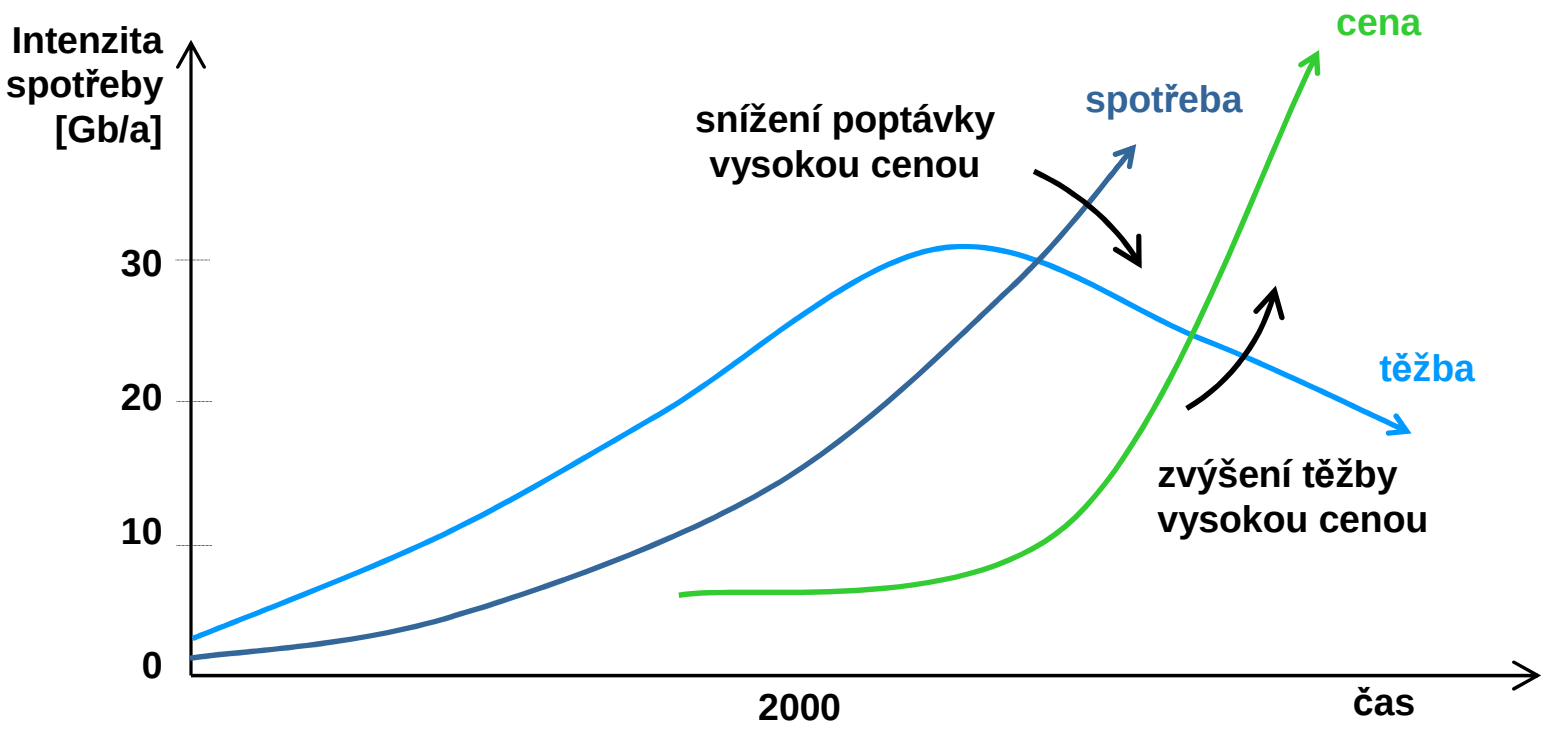


Zdroj: Association for the study of peak Oil and Gas, 2003

Geologické a ekonomické zákonitosti těžby a spotřeby ropy

SIEMENS

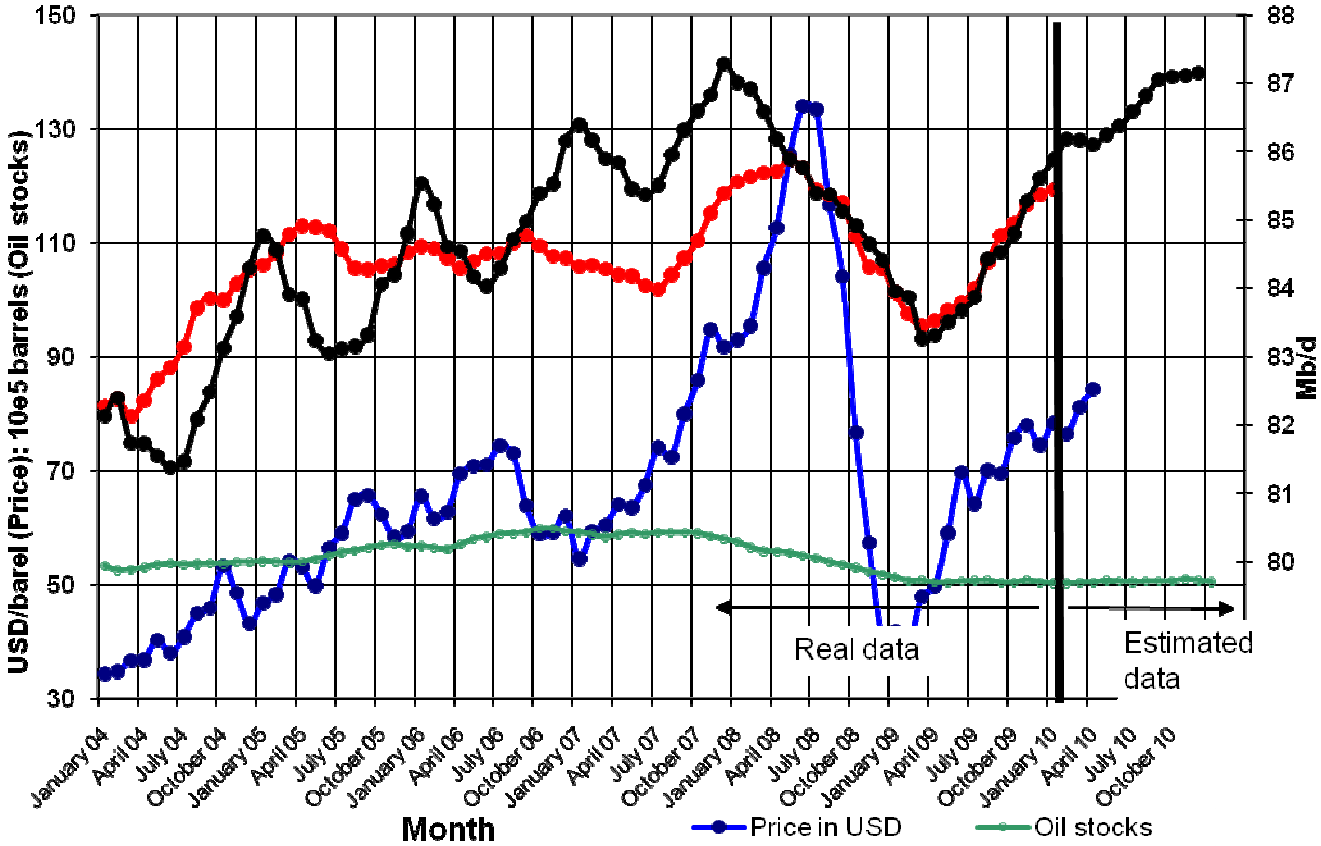
- Intenzita těžby ropy má své geologické zákonitosti. Nelze ji jednoduše zvýšit.
- Ropa natéká do vrtů svým tempem.
- Rovnováhu mezi těžbou a spotřebou ropy udržuje její tržní cena.



SIEMENS

Fungování trhu

- **V letech 2007 a 2008 byla spotřeba ropy asi o 2% vyšší než těžba, rozdíl byl pokryt poklesem stavu komerčních zásob.**
- **Trh reagoval na zhruba 2% deficit mezi spotřebou a těžbou zvýšením ceny ropy na 200%.**
- **Eskalaci cen ropy zastavila až světová hospodářská krize a s ní související pokles poptávky.**
- **Problém však nebyl vyřešen, jen odsunut. Spotřeba ropy znovu roste a s ní i její cena.**



SIEMENS

Alternativní paliva

Bionafta – metylester řepkového oleje

- na 1 ha pole dopadne za rok zhruba 10 000 000 kWh slunečního záření,
- z 1 ha pole lze ročně sklidit 3,5 t řepky a z ní vyrobit (po odečtení vlastní spotřeby) 800 dm^3 bionafty s tepelným obsahem 8000 kWh – tedy 0,8 kWh/m^2, výsledná účinnost je 0,08%,
- v ČR připadá na jednoho obyvatele spotřeba 7,4 barelů ropy ročně, tedy celkem spotřebuje ČR cca 12 000 000 000 dm^3 ropy ročně,
- k úplné náhradě ropy řepkou by bylo potřeba v ČR pěstovat řepku na ploše 15 000 000 ha,
- v ČR je k dispozici jen 3 032 000 ha orné půdy, k pěstování řepky je potřeba pětkrát více,
- řepka pole velmi vysiluje, znovu ji lze téže 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 může mít neblahé sociální dopady

Tudy cesta nevede!

Náhrada kapalných uhlovodíkových paliv elektřinou

SIEMENS

- **V České republice se ročně spotřebuje zhruba 5 000 000 000 dm^3 kapalných uhlovodíkových paliv o výhřevnosti 10 kWh/dm^3.**
- **Při uvažování 35 % účinnosti pohonu spalovacím motorem a 70% účinnosti elektrické trakce lze tato paliva nahradit 25 000 000 000 kWh, tedy 25 TWh elektrické energie.**
- **Ročně je v ČR vyráběno zhruba 90 TWh elektrické energie, náhrada kapalných paliv elektrickou trakcí znamená nárůst spotřeby elektrické energie o 28 % což je hodně, ale není to nereálné.**
- **K výrobě 25 TWh postačují při rovnoměrném odběru tři elektrárny o výkonu 1 000 MW (současný instalovaný výkon elektráren v ČR je zhruba 18 000 MW).**

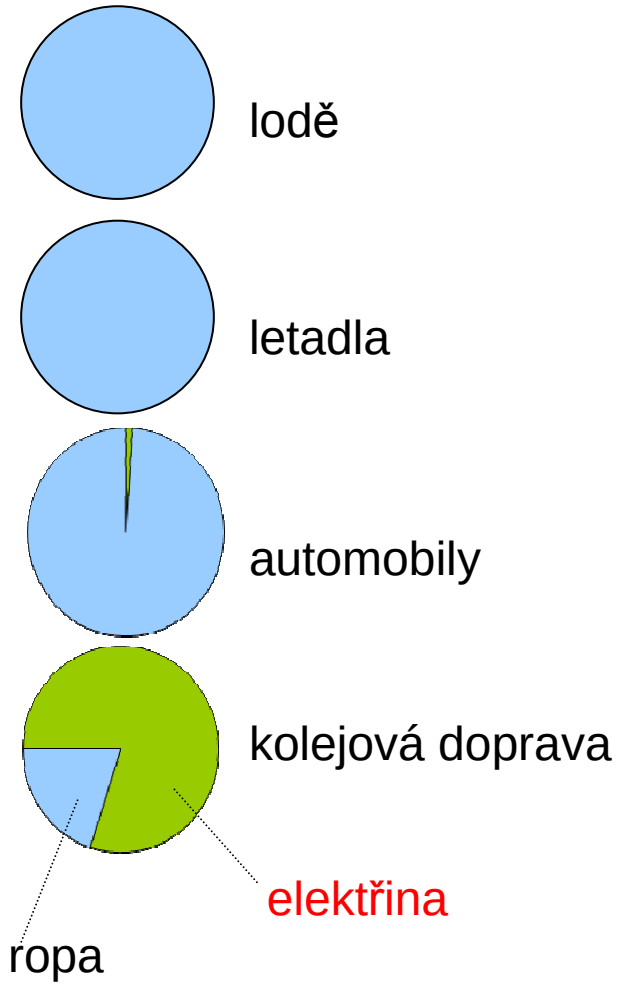
Přechod na elektrickou trakci je reálnou cestou k zajištění mobility.

SIEMENS

Závislost jednotlivých druhů dopravy na ropě

- **Lodní, letecká a z velké většiny i silniční doprava jsou z velké části závislé na kapalných uhlovodíkových palivech, tedy na ropě.**

- **V současnosti má (jen) kolejová doprava má vyřešený a hromadně zavedený systém jiného energetického zásobování, a to elektrickou vozbu.**



Elektrický pohon vozidel je již v současnosti 3 až 4 krát levnější než naftový.

SIEMENS

elektrizovaná trať, starší vozidlo (bez rekuperace):
na 1 kWh trakční práce je nutno odebrat cca 1,4 kWh z distribuční sítě

elektrizovaná trať, moderní vozidlo s rekuperací brzdové energie:
na 1 kWh trakční práce je nutno odebrat cca 0,9 kWh z distribuční sítě

neelektrizovaná trať:
na 1 kWh trakční práce je nutno spálit cca 0,33 litru motorové nafty

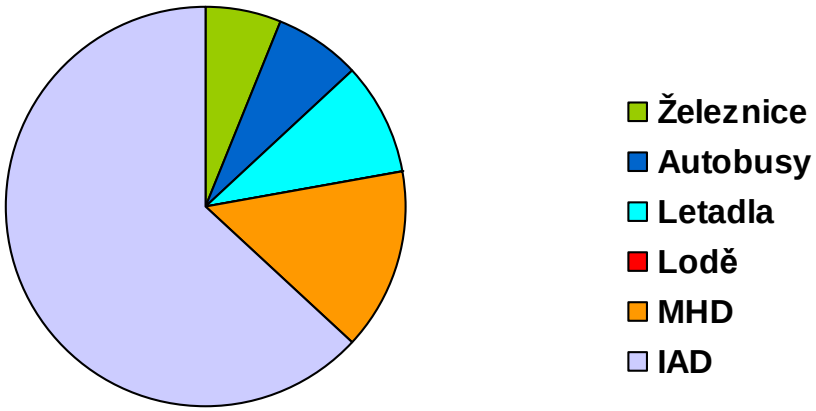
V současné cenové úrovni (2,2 Kč/kWh el. energie, 24 Kč/dm^3 nafty) je energie pro provoz zastávkových vlaků na neelektrizovaných tratích zhruba 4 krát dražší, než na elektrizovaných.

Příklad - osobní zastávkový vlak (100 t, 0,03 kWh/tkm, tedy 3 kWh/km):
- elektrické napájení: 2,7 kWh elektrické energie za 6 Kč/km
- motorová nafta: 1 dm^3 motorové nafty za 24 Kč/km
=> rozdíl: Δ = 24 Kč/km – 6 Kč/km = 18 Kč/km

Navzdory těmto přednostem není potenciál železnic využit.

SIEMENS

	přepravní výkon v ČR mil. os km / rok	%	délka jízdy občana za den km / den
Železnice	6 922	6,3	1,9
Autobusy	9 501	8,7	2,6
Letadla	10 233	9,3	2,8
Lodě	13	0,01	0,004
MHD	13 506	12,3	3,7
IAD	69 630	63	19,1
$\sum$	109 805	100	30,1

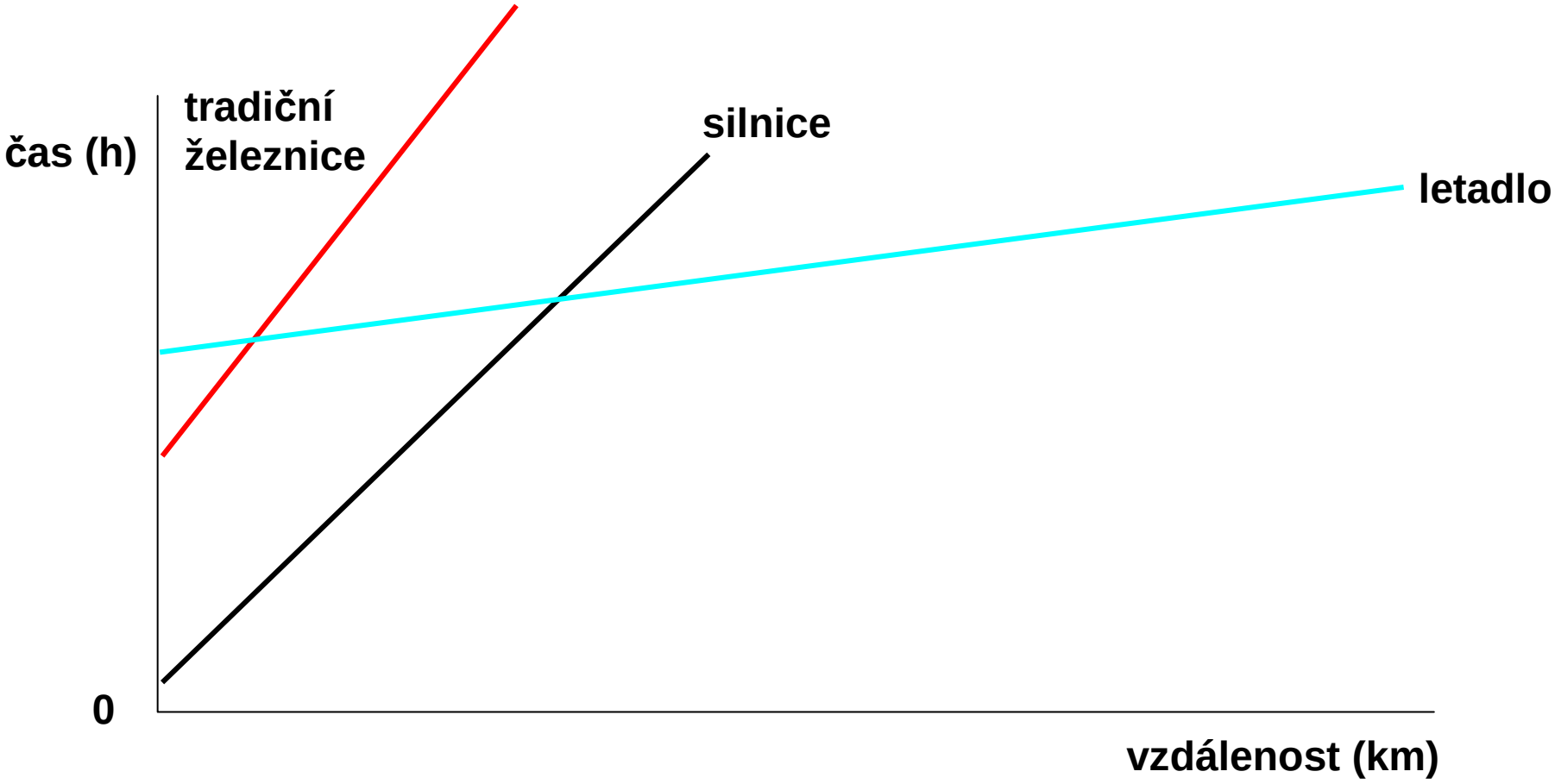


Většinu mobility zajišťuje silniční a letecká doprava.

SIEMENS

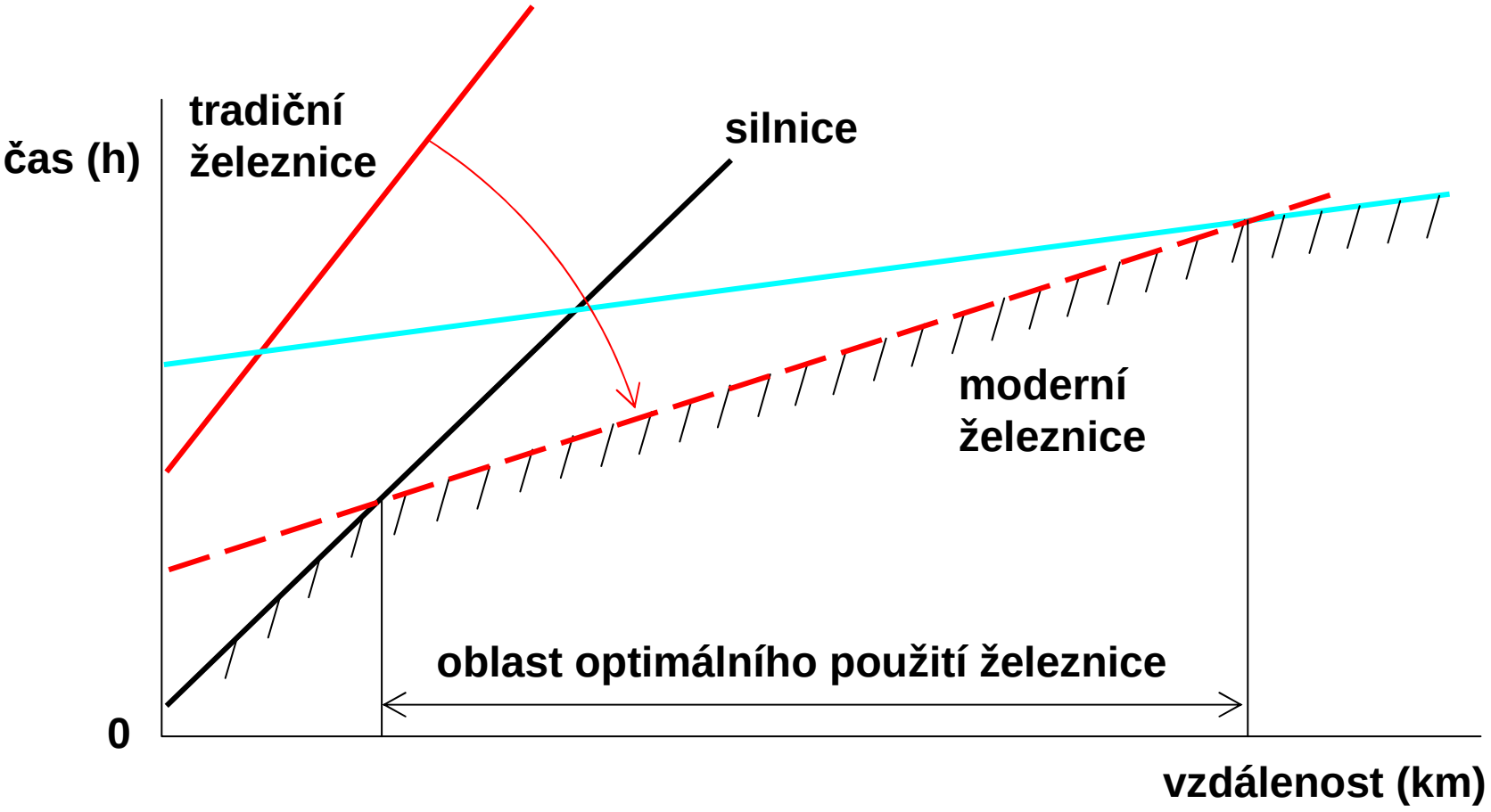
Taradiční železnice (tratě z 19. století, vozidla ze 70. let minulého století) není atraktivní.

SIEMENS



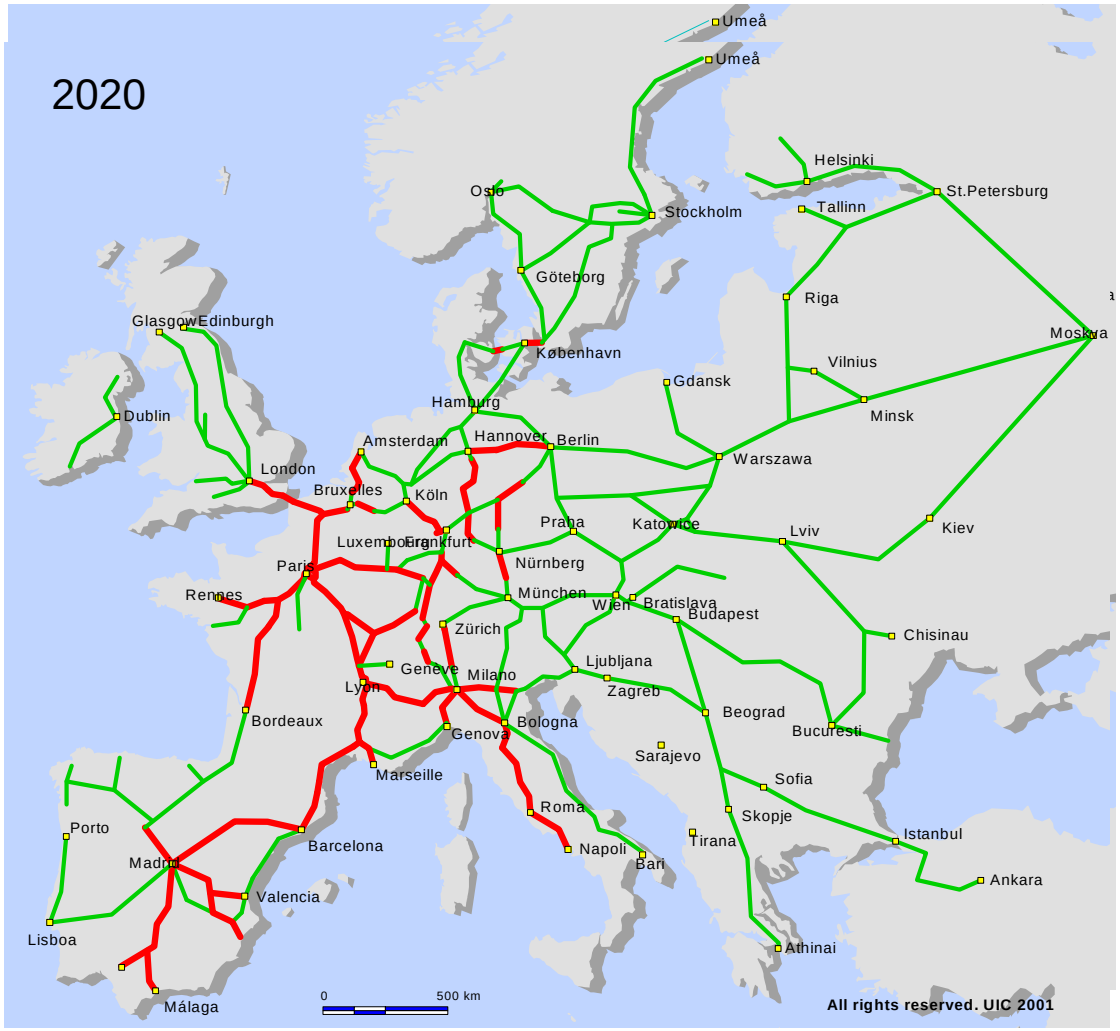
Požadavek cestujících:
Vlaky musí jezdit často a rychle!

SIEMENS



SIEMENS

Vývoj sítě vysokorychlostní dopravy v Evropě



Nově budované tratě

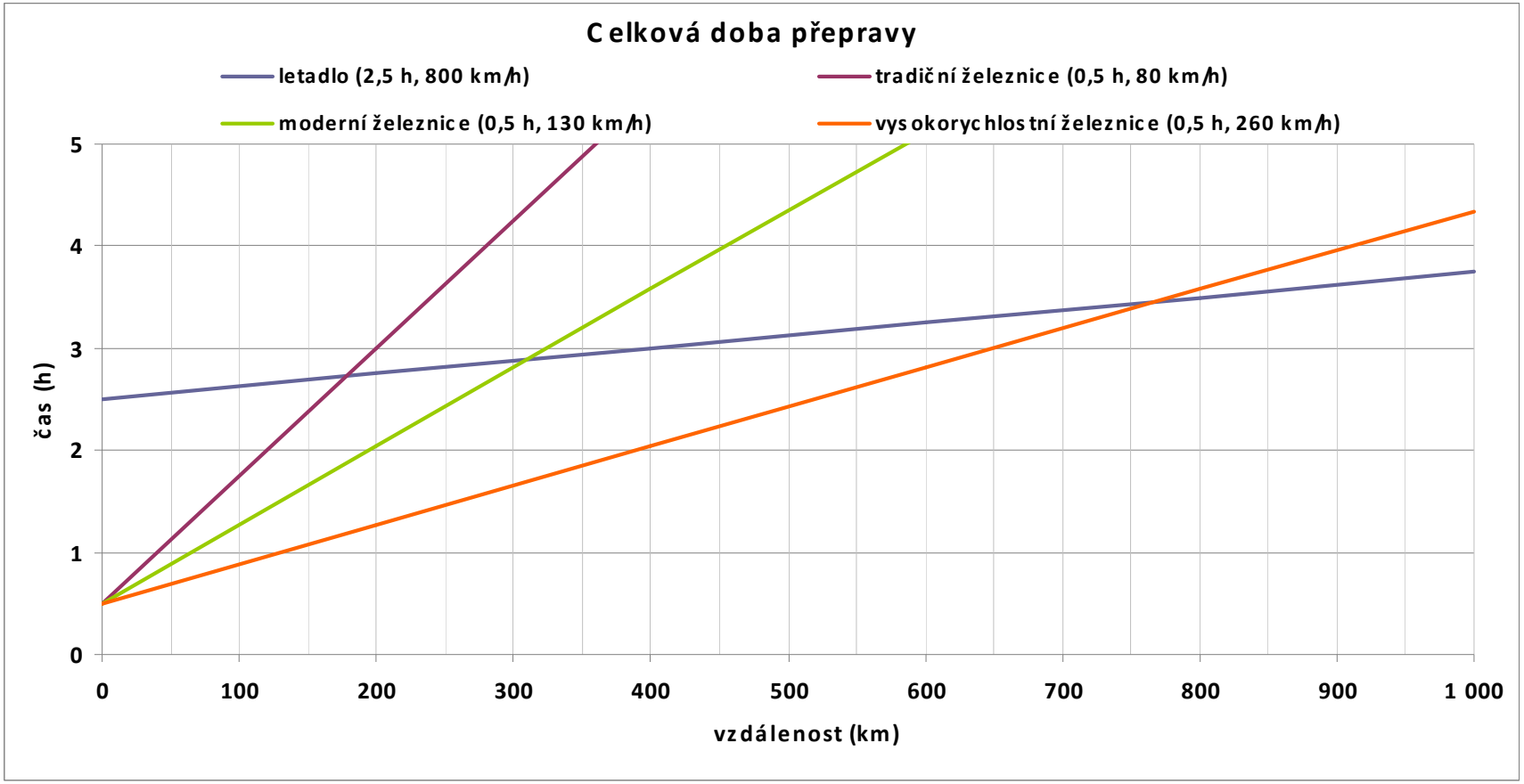
Modernizované tratě

Původní tratě

Quelle: UIC, High Speed Division

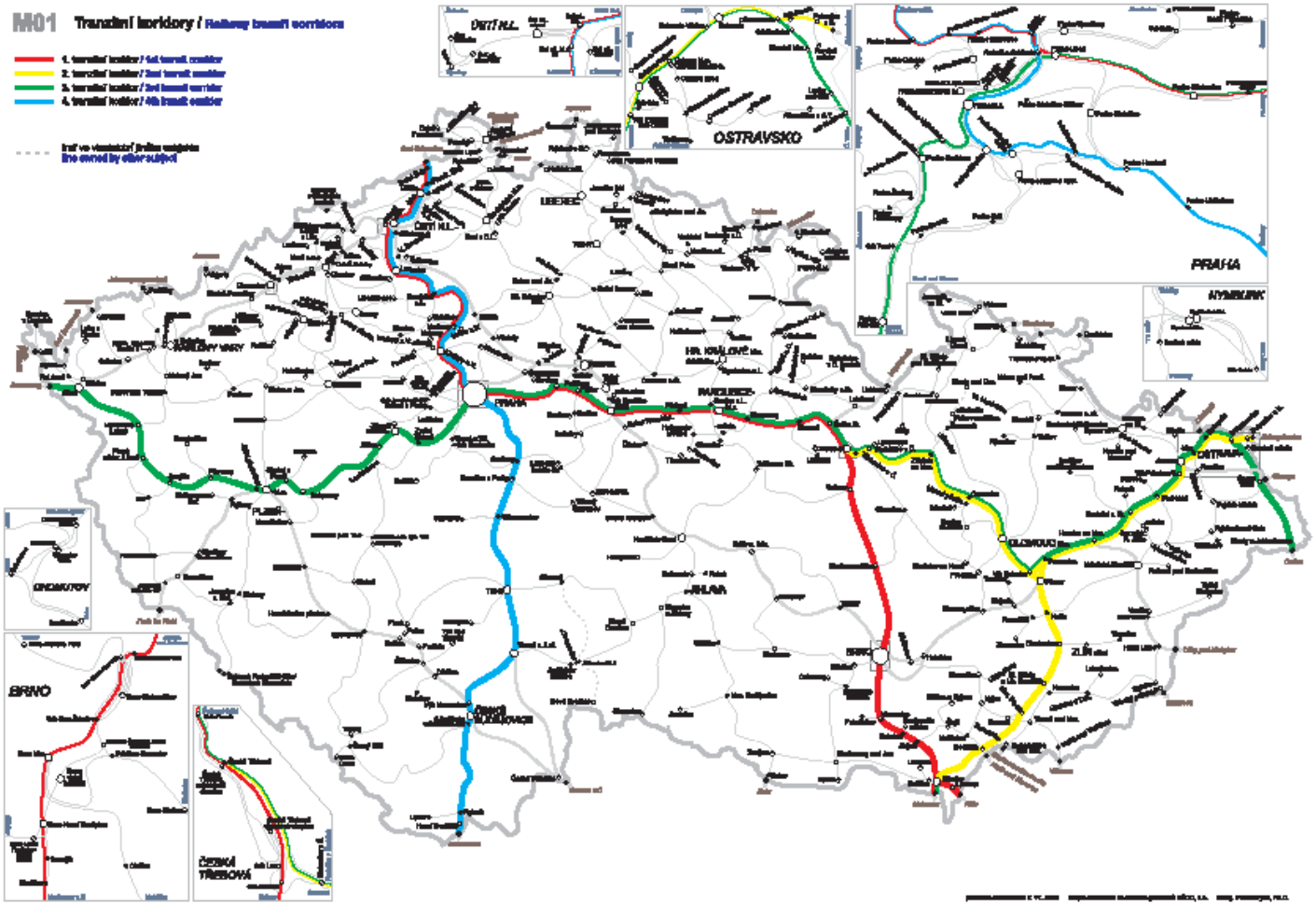
Dvě fáze: 1. modernizace tratí
2. nové vysokorychlostní tratě

SIEMENS



V České republice jsou v prvé fázi modernizovány tranzitní koridory.

SIEMENS



SIEMENS

Parametry tranzitních koridorů

Současnost:

a) Nejvyšší traťová rychlost: 160 km/h

Limitující faktory:

vlakový zabezpečovač typu LS,
úrovňové přejezdy,
nechráněná nástupiště.

b) Rychlost taktové dopravy EC/IC vlaků (systémové jízdní doby): 140 km/h

Limitující faktor:

Malý počet vozidel vhodných pro provoz rychlostí 160 km/h a více
(trakčních i netrakčních – výkon, brzdy, aerodynamika, tlakotěsnost, …)

SIEMENS

Parametry tranzitních koridorů

Velmi blízká budoucnost:

Traťová rychlost 200 km/h (na přímých úsecích)

Základní podmínka:

Evropské radiové spojení na bázi GSM-R
Evropský vlakový zabezpečovač ETCS level 2

Národní implementační plán GSM - R v České republice (traťová část)

SIEMENS

Priorita	Trať	Délka (km)	Průběh prací		Poznámka
			Příprava	Realizace	
1	1. TŽK Kolín - Břeclav - st.hr. A a SK - dokončení vybavení 1 TŽK	327	2006	2007 - 2008	Bez TRS
2	2. TŽK Břeclav - Petrovice u K.	216	2007	2009 - 2010	TRS
3	3. TŽK Dětmarovice - Mosty u J.; Polanka n. O. - Č. Těšín	92	2008	2010 - 2011	TRS
4	3. TŽK Č. Třebová - Přerov	104	2009	2010 - 2011	TRS
5	3. TŽK Praha - Plzeň - Cheb	220	2010	2013 - 2016 *)	TRS
6	4. TŽK Praha - Tábor - České Budějovice - Horní Dvořiště st.hr. A	226	2012 *)	2011 - 2016 *)	TRS
7	Brno - Havlíčkův Brod - Kolín	195	2010	2011 - 2013	TRS
8	Kolín - Lysá n. L. - Ústí n. L. střekov - Děčín	160	2010	2011 - 2013	Bez TRS
Celkem		1540			

*) v závislosti na postupu staveb modernizace

Národní implementační plán ETCS level 2 v České republice (traťová část)

SIEMENS

Priorita	Trať	Délka (km)	Průběh prací		Poznámka
			Příprava	Realizace	
1	1. TŽK	478			
	Kolín - Břeclav - st.hr. A/SK	277	2008 - 2009	2010 - 2012	LS
	Kolín - Praha - Děčín st.hr. D	201	2010 - 2011	2012 - 2015	LS
2	2. TŽK + Č. Třebová - Přerov	316			
	Břeclav - Přerov	100	2013 - 2014	2015 - 2016	LS
	Přerov - Petrovice u K. - st.hr. PL	106	2014 - 2015	2016 - 2017	LS
	Č. Třebová - Přerov	110	2015 - 2016	2017 - 2018	LS
3	3. TŽK *)	312			
	Praha - Plzeň	114	2012 - 2013	2018 - 2020	LS
	Plzeň - Cheb	106	2012 - 2013	2018 - 2020	LS
	Dětmarovice - Mosty u J.	53	2013 - 2014	2016 - 2017	LS
	Polanka n.O. - Český Těšín	39	2013 - 2014	2017	LS
4	4. TŽK *)	226			
	Praha - České Budějovice	169	2012 - 2013	2018 - 2019	LS
	České Budějovice - H. Dvořiště - st.hr. A	57	2013 - 2014	2019 - 2020	Bez LS
	Celkem	1332			

*) v závislosti na postupu staveb modernizace

SIEMENS

Vozidla pro modernizované tratě

Cíl:

vytvořit atraktivní nabídku dopravních spojů
využít parametry modernizovaných tratí (zhodnotit investice do nich vložené)

=> vytvořit základ integrálního taktového jízdního řádu

Produkt:

Jednohodinový takt EC respektive IC vlaků

Praha – Ostrava – Žilina / Katovice – (Varšava)
Praha – Břeclav – Vídeň / Bratislava – Budapešť
Praha – Ústí nad Labem – Berlín / Chomutov
Praha – České Budějovice – (Linec)
Praha – Plzeň – Mnichov / Norimberk

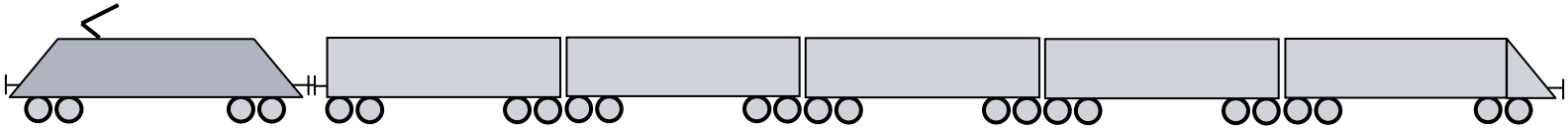
Nástroj:

Vozidla pro rychlost 200 km/h
(výkon, aerodynamika, pojezd, brzdy, tlakotěsnost, komfort, …)

Nový trend pro modernizované 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.**

Oblast použití:

- **EC/IC vlaky na dopravně silněji zatížených modernizovaných tratích**

SIEMENS

Mezivozové rozhranní

Vně jednotky (krajní vozy) – standardní rozhranní UIC:

tažný hák se šroubovkou
nárazníky
hlavní potrubí samočinné brzdy a napájecí potrubí
průběžné vedení elektrického topeni (1 kV / 1,5 kV / 3 kV)
ovládací vedení UIC
→ **jednotku lze spojit s jakýmkoliv vozidlem podle standardů UIC**

Uvnitř jednotky (mezi vozy) – specifické rozhranní:

krátká semipermanentní spřáhla
dokonale tlakotěsné a odhlučněné mezivozové přechody (interiér tvoří volně průchodný celek)
propojení elektrických AC i DC vozidlových sítí s redundancí
propojení ovládacích vodičů a datových sběrnic
→ **využití všech technických a ekonomických výhod ucelených jednotek**

Rychlá doprava na modernizovaných tratích ÖBB railjet

SIEMENS

Mez rychlosti vlaků tažených či sunutých lokomotivami se posouvá z dosavadních 200 km/h na novou hodnotu 230 km/h.

Nejvyšší standard cestování při rozumné výši nákladů.

SIEMENS

Viaggio Comfort - ÖBB railjet

Optimální řešení pro modernizované tratě.

Vlak, který umí na sebe a pro svého dopravce vydělat svým provozem.

Vyšší boční nevyrovnané zrychlení v obloucích i bez naklápěcí techniky.

SIEMENS

Cíl: potřeby cestujícího

Co potřebuje cestující?

Co motivuje cestujícího k preferenci železniční dopravy ?

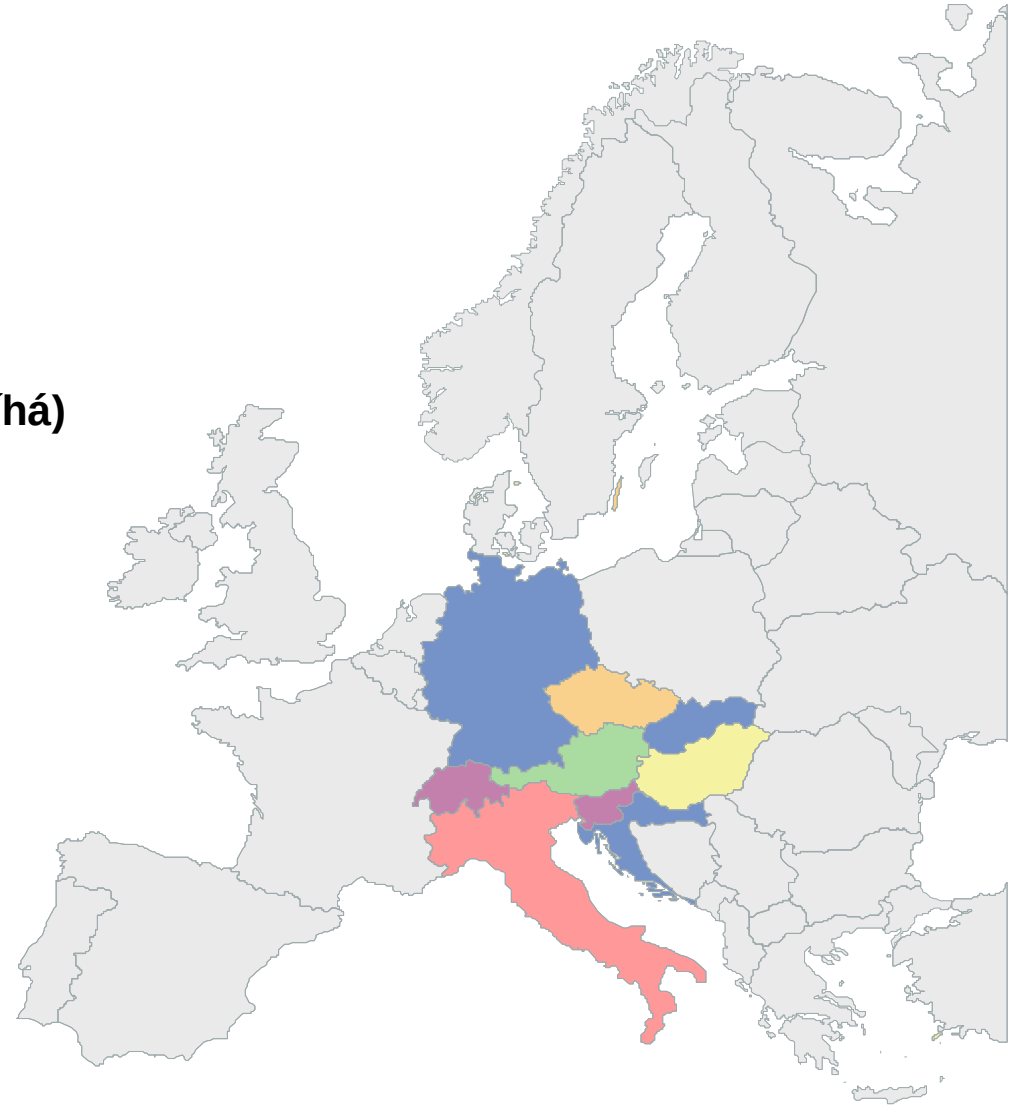
- **bezpečnost a spolehlivost**
- **čistota (hygiena) a pohodlí (klimatizace, tlakotěsnost, vakuové WC)**
- **klidná jízda**
- **rychlost a dochvilnost**
- **rozumná cena (tedy nízké investiční a provozní náklady dopravce)**

To je zadání pro konstruktéry.

Viaggio Comfort - ÖBB railjet: Plánované oblasti provozu

SIEMENS

- Rakousko (homologováno)
- Německo (homologováno)
- Švýcarsko (homologováno)
- Maďarsko (homologováno)
- Česká republika (homologace probíhá)
- Slovensko
- Itálie
- Slovinsko
- Polsko
- Chorvatsko

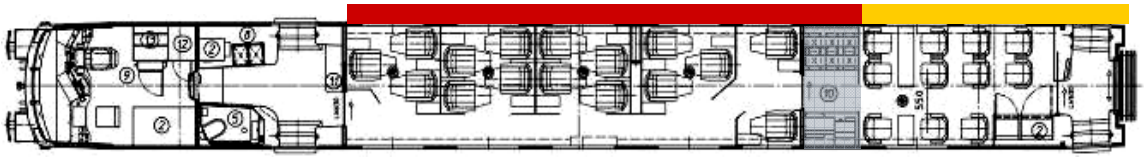


SIEMENS

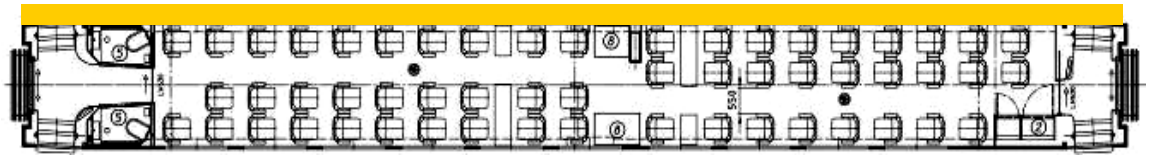
Typy vozů

7 vozů, 408 sedadel: 16 Premium, 76 First, 316 Economy

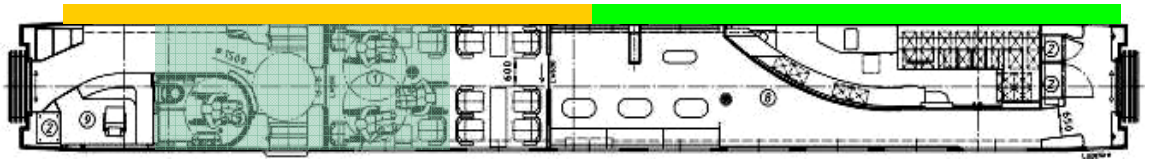
1x (16+11)



1x 55

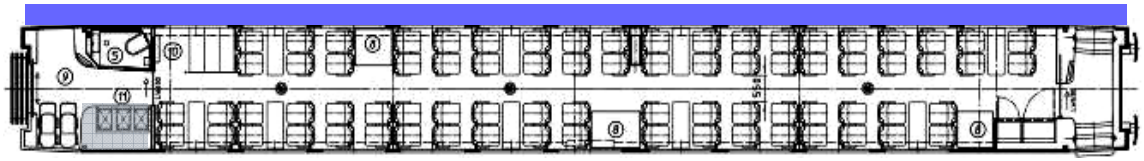


1x 10



3x 80

1x 76



- Premium
- First
- Economy
- Prostor pro cestující na vozících
- Catering

Viaggio Comfort - ÖBB railjet: volně průchozí vlak

SIEMENS

dokonale utěsněný a odhlučněný mezivozový přechod

Viaggio Comfort - ÖBB railjet
First Class

SIEMENS

Viaggio Comfort - ÖBB railjet
Economy Class

SIEMENS

Viaggio Comfort - ÖBB railjet
Bistro JetBar

SIEMENS

Viaggio Comfort - ÖBB railjet
Vlaková recepce

SIEMENS

Idea: cestující může přijít až k odjezdu vlaku a zakoupit si jízdenku, respektive si v průběhu cesty si může opatřit jízdenky pro další cestování

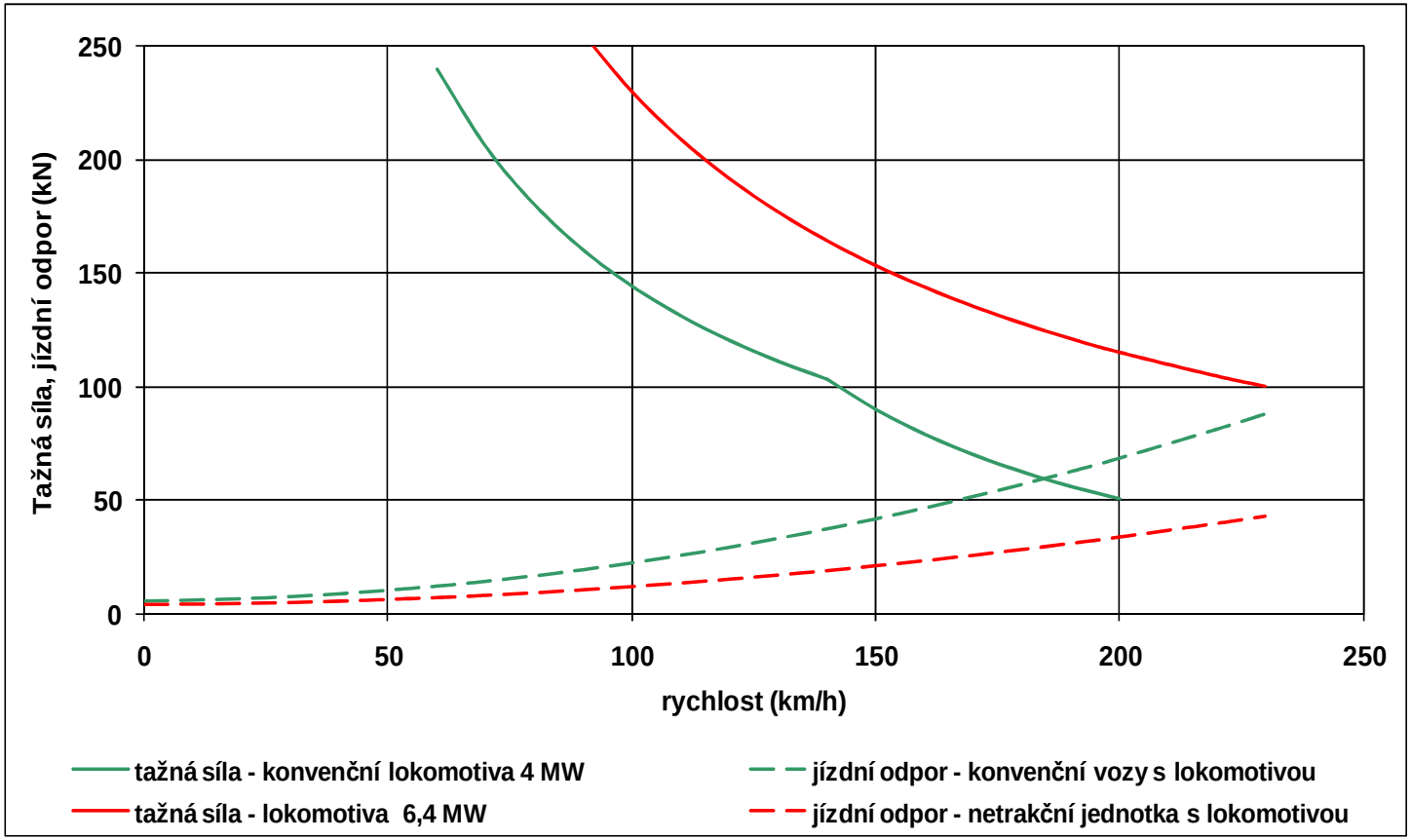
SIEMENS

Technické parametry

vozidlo		railjet
počet vozů v jednotce		7 + lokomotiva
napájecí systém	kV	3, 15, 25
rychlost	km/h	230 (250)
délka	m	205
vlastní hmotnost	t	437 (včetně loko)
sedadel		408
hmotnost na sedadlo	t	1,07
trakční výkon	kW	6 000
měrný výkon (obsazený)	kW/t	12,8
rozjezdová tažná síla	kN	304
rozjezdové zrychlení (obsazený)	m/s^2	0,60
boční nevyrovnané zrychlení	m/s^2	0,98

Trakční vlastnosti:nejen vyšší výkon, ale především nižší jízdní odpor.

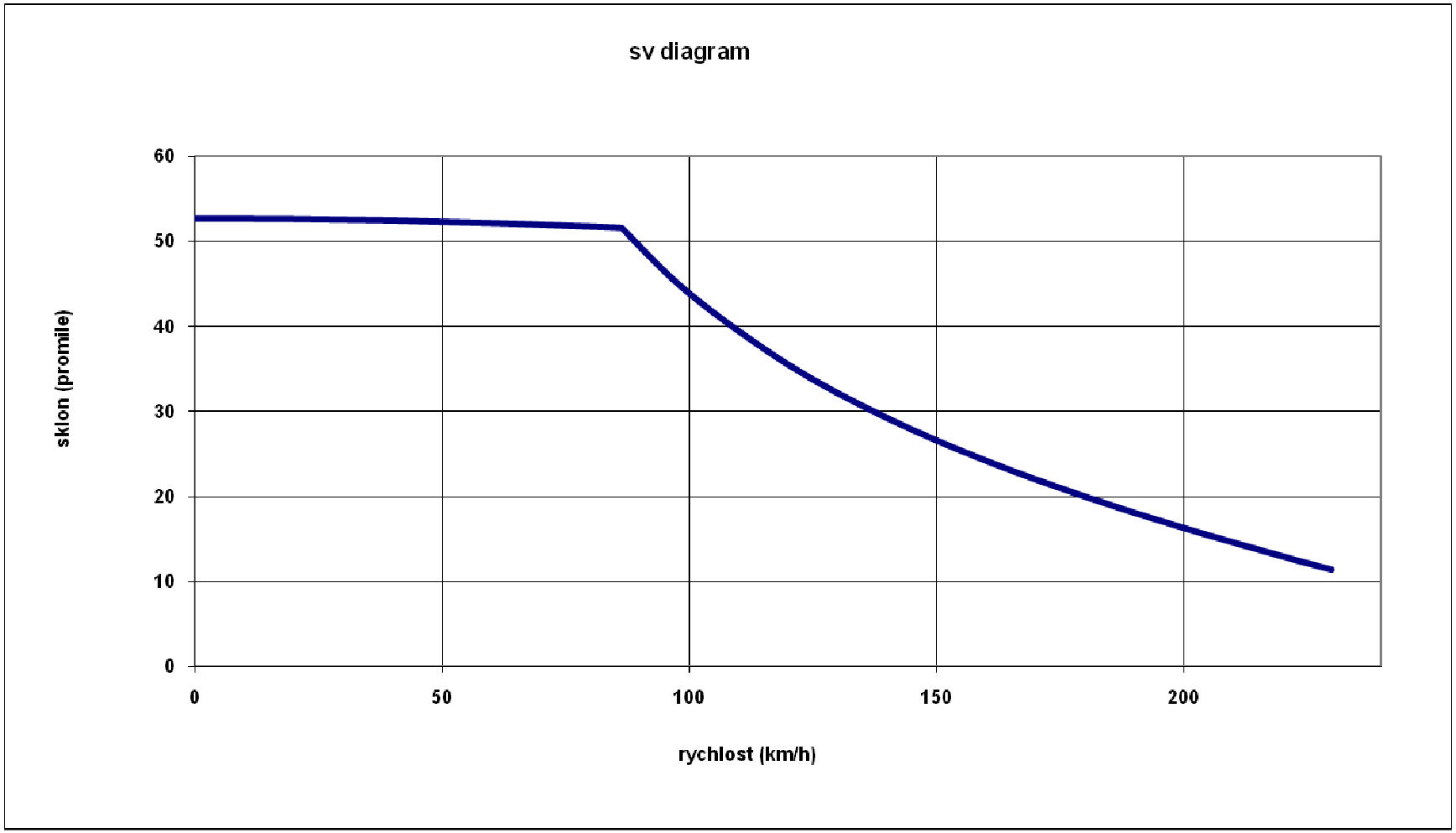
SIEMENS



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.

SIEMENS

Rychle nejen na rovině, ale i do stoupání



SIEMENS

Dosahované parametry

Rozjezd:

- **z 0 na 160km/h za 100s**

Zábrzdná dráha:

- **480 m z rychlosti 140 km/h**
- **1050 m z rychlosti 200 km/h**

Přínosy pro cestujícího:
bezpečně, rychle, pohodlně, levně

SIEMENS

Bezpečnost
(pevnost vozové skříně, absorbéry nárazové energie, vysoce účinné brzdy, požární opatření, ovládání a zajištění dveří)

Rychlost
(vysoký měrný výkon, vysoké rozjezdové zrychlení, nejvyšší provozní rychlost 230 km/h)

Hygiena
(dokonalá klimatizace a ventilace, čistota, tlakotěsnost, vakuové WC)

Pohodlí
(prostornost, pneumatické vypružení, pohodlná sedadla, příjemné osvětlení, zásuvky 230 V)

Nízké náklady
(provozní hospodárnost vytváří podmínky pro akceptovatelné jízdné)

Přínosy pro dopravce: konkurenceschopnost

SIEMENS

- **1.1.2010 - otevření trhu osobní dopravy v zemích EU**

Nízké investiční náklady
(hromadně vyráběné vozidlo s již vynaloženými náklady na vývoj, typové zkoušky a schválení typu)

Nízké provozní náklady
nízká spotřeba energie (příznivá aerodynamika, optimálně řízené AC trakční a pomocné pohony, rekuperační brzdění),
vysoká disponibilita (postačuje malá provozní záloha),
dlouhé proběhy mezi údržbou,
minimální údržbová náročnost (spolehlivost, bezporuchovost),
rozpojitelnost (možnost provádět údržbu v běžných podmínkách),

Vysoké výnosy
atraktivita pro cestující,
vnitrostátní (IC) i mezistátní (EC) provoz (homologace a zázemí pro údržbu v mnoha evropských zemích)

Lidé jsou ochotni cestovat vlakem jen několik hodin.

Řešení na delší cesty: komfortní lůžkové vozy pro rychlost 200 km/h.

- **Noční skok – využití cesty vlakem k přenocování.**
- **Včetně koupelny a snídaně ve vlaku.**

SIEMENS

Polarizace železniční sítě (SŽDC, 2007)

	délka		doprava		traťový tok
kategorie tratě	km	%	hrtkm	%	hrt/den
Evropská	2 556	27,1	51 773 000 000	82,9	55 494
celostátní	3 705	39,3	9 413 000 000	15,1	6 961
regionální	3 160	33,5	1 300 000 000	2,1	1 127
celkem	9 421	100	62 486 000 000	100	18 172

SIEMENS

Příměstské úseky tranzitních koridorů

Nejzatíženějšími místy v síti jsou příměstské úseky tranzitních koridorů.

Souběh různých druhů vlaků:

- **dálkové rychlíky (EC,IC),**
- **interregionální rychlíky (R, Sp),**
- **regionální osobní zastávkové vlaky (Os),**
- **nákladní vlaky, zejména dálkové (Pn).**

⇒ **nedostatek kapacity dopravní cesty,**
⇒ **potenciál nestability jízdního řádu**

Řešení kapacitní disproporce na nejzatíženějších tratích.

SIEMENS

A) Původní trať

jednotné (systémové) jízdní doby vlaků téže kategorie
(=> jednotný park vozidel vlaků téže kategorie),
zvýšení cestovní rychlosti vlaků pomalých kategorií Os, Pn
(=> vyšší měrný výkon, vyšší akcelerace, bezbariérovost),
slučování vlaků – zejména v kategorii IR (R, Sp)
(=> krátké ucelené jednotky)
zvýšení kapacity dopravní cesty
(=> instalace ETCS)

B) Nová trať

Výstavba další dvojice kolejí pro rychlejší vlaky
dříve: paralelně v původní stopě (čtyřkolejná trať)
aktuálně: v nové stopě navržené pro vyšší rychlost (větší poloměry oblouků, vyšší sklony, méně nádraží)

SIEMENS

Zrychlení zastávkových vlaků

- příměstské regionální vlaky (Os),
- interegionální vlaky (místní rychlíky a spěšné vlaky),

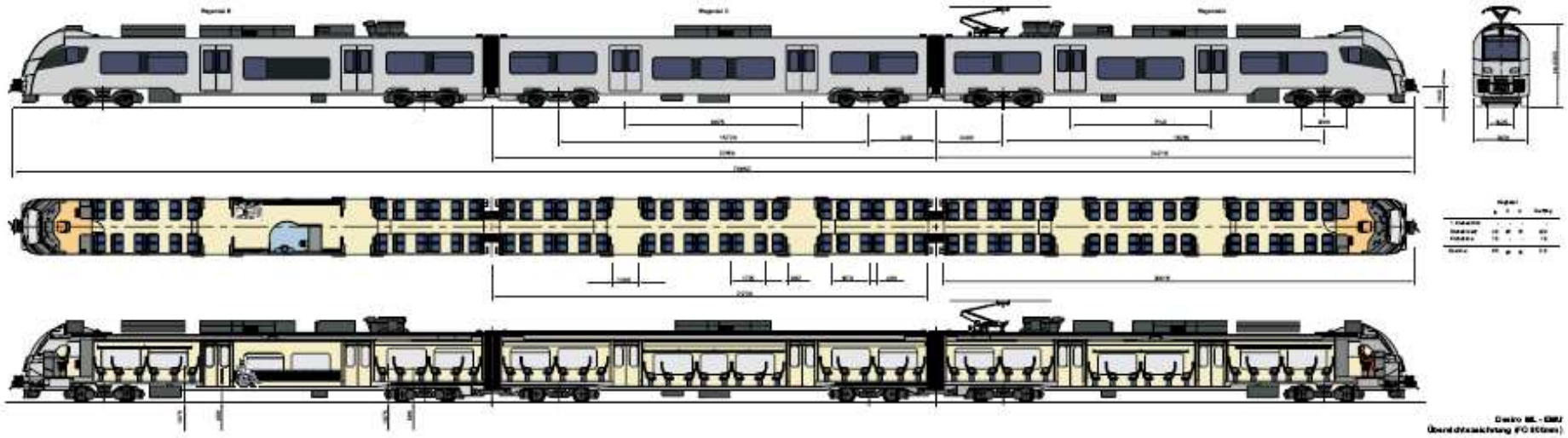
je potřebné pro zajištění nekonfliktního souběhu s rychlými dálkovými vlaky kategorie EC/IC:

- **zrychlit,**
- **zkrátit dobu pobytu na zastávkách,**
- **v kapacitně nejkritičtějších úsecích spojovat vlaky dohromady (snadno a rychle)**

=> orientace na ucelené trakční jednotky

Desiro ML
základní provedení třívozové elektrické jednotky

SIEMENS



Výkon	**2 200 kW**
Nejvyšší rychlost	**160 km/h**
Rozjezdové zrychlení	**1,1 m/s²**
Odolnost proti nárazu	**EN 15 227 scénář 1- 4**
Požární ochrana	**TSI SRT, EN 45 545**

SIEMENS

Desiro ML - Mittelrheinbahn

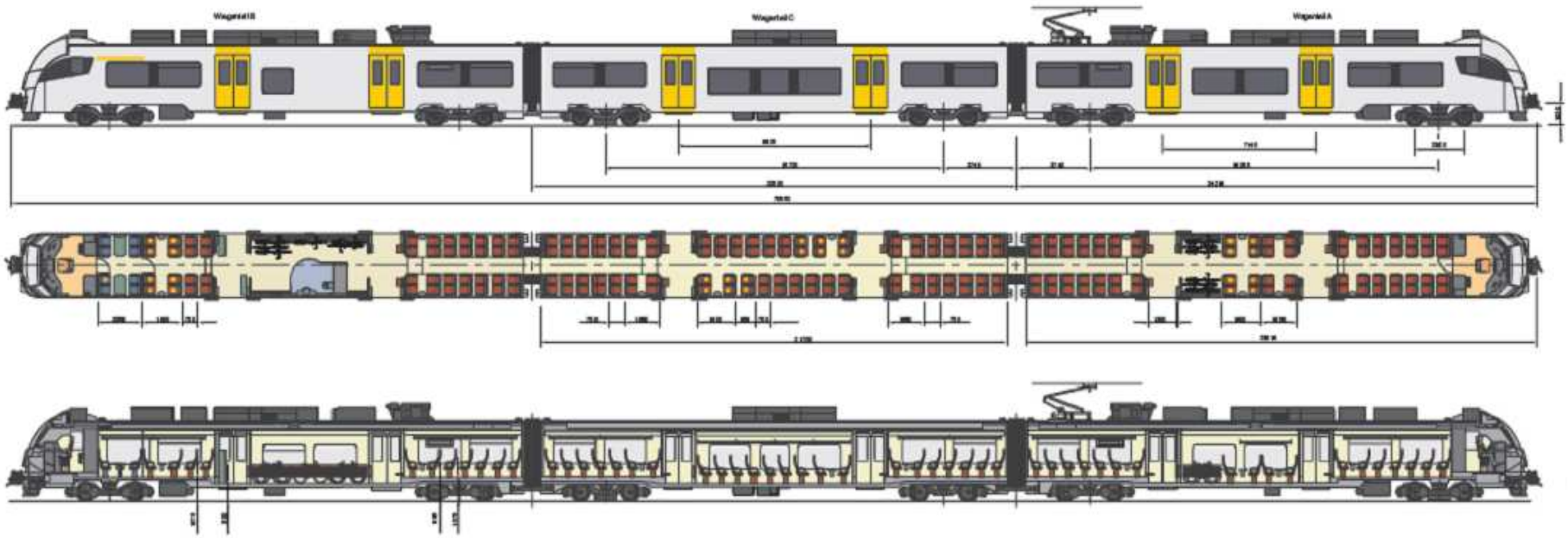
SIEMENS

Desiro ML – nastupte a užívejte si!

Pohodlí i pro každodenní cesty

SIEMENS

Desiro ML



Vysoké (prakticky 100 %) využití půdorysné plochy k přepravě cestujících „v přízemí cestující, na střeše technická zařízení“.

SIEMENS

Desiro ML - RER Brusel

305 třívozových elektrických jednotek (délka sítě 3 500 km)
Napájecí napětí: 3 kV a 25 / 3 kV

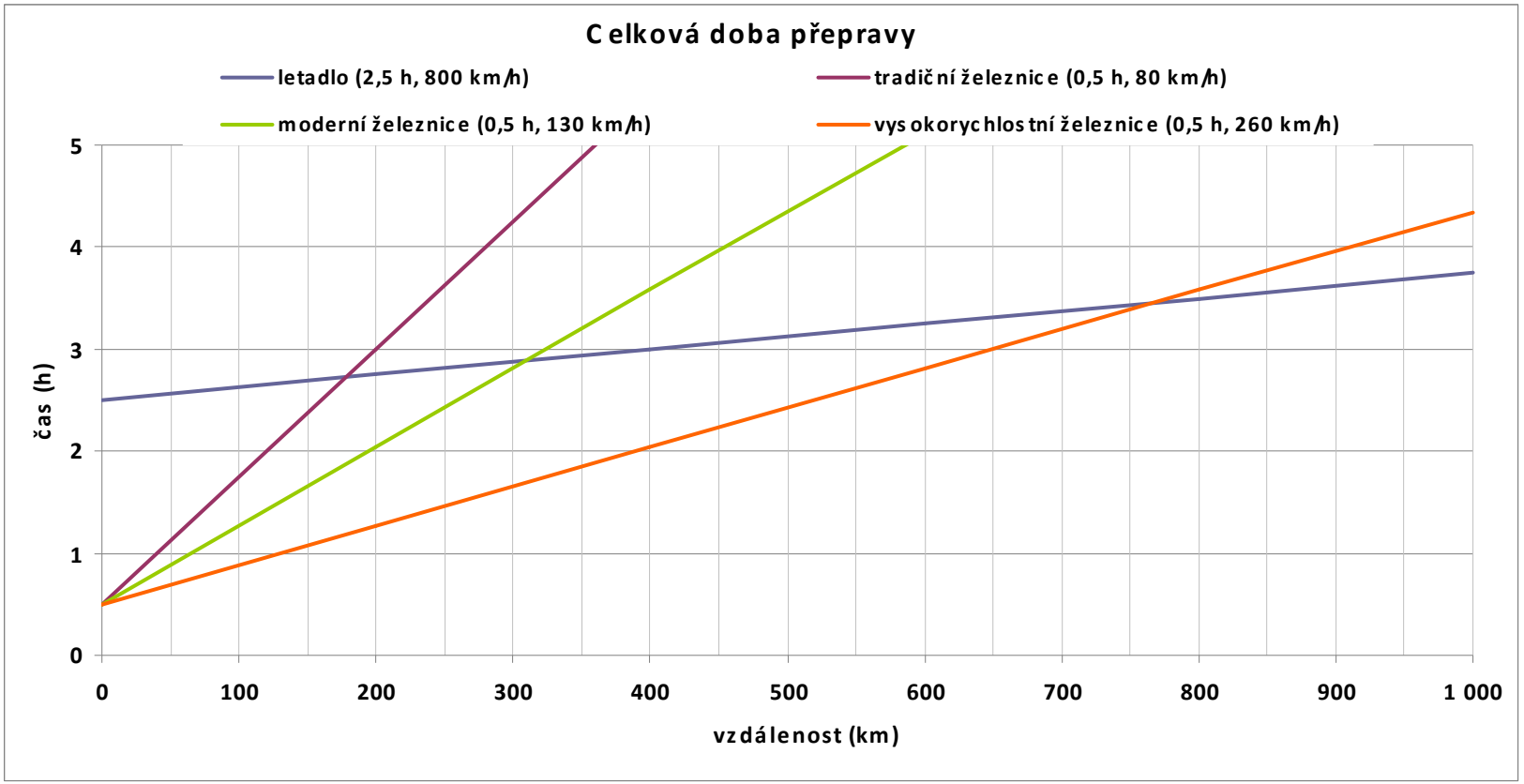
SIEMENS

Jen koridory nestačí. Je potřeba přemýšlet jak dál.

Velaro E

Nahradit železnicí letadlo i na vzdálenosti kolem 1 000 km

SIEMENS



SIEMENS

Důvod stavby nových tratí

1. **Posílení kapacity dopravní cesty na příměstských tratích, přetížených souběhem dálkové i regionální osobní a nákladní dopravy,**

2. **Nabídka rychlé dopravy osob a kusových zásilek v rámci státu**

3. **Nabídka rychlé dopravy osob a kusových zásilek v rámci Evropy**

4. **Nabídka rychlé dopravy osob a kusových zásilek mezi Evropou a Asií**

Jakkoliv je přetížení příměstských úseků (1) iniciátorem zahájení stavby nových vysokorychlostních tratí, je účelné volit jejich parametry a trasy tak, aby mohly v budoucích letech mohly plnit úlohu v postupně vznikající síti vysokorychlostních železnic (2 až 4).

SIEMENS

Zákon o drahách 266/1994 Sb.

§ 49a Provozní a technická propojenost evropského železničního systému

provozní a technická propojenost evropského železničního systému je jeho schopnost umožnit bezpečný a nerušený pohyb drážního vozidla na drahách evropského železničního systému,

k zajištění propojenosti drah zařazených na území České republiky do evropského železničního systému musí tyto dráhy odpovídat stanoveným technickým specifikacím propojenosti (TSI) a splňovat základní požadavky na konstrukční a provozní podmínky.

Zákon o drahách 266/1994 Sb.

§ 49b Provozní a technická propojenost evropského železničního systému

Vlastník a provozovatel dráhy, která je nebo se stane součástí evropského železničního systému, je povinen při stavbě nebo modernizaci dráhy, při jejím provozování a údržbě zajistit dodržení základních požadavků na konstrukční a technické podmínky a TSI.

SIEMENS

Cíle Interoperability

1. Bezpečnost
2. Spolehlivost
3. Ochrana zdraví
4. Ochrana životního prostředí
5. Technická kompatibilita

SIEMENS

Parametry vysokorychlostních tratí

Parametry tratí podle TSI HS INS (kategorie I. - novostavby)

kategorie trati		I.	I.
traťová rychlost	km/h	300	350
jízdní dráha		pevná	štěrkové lože
vzdálenost os kolejí podle TSI HS INS	mm	4 200	4 500
stavební převýšení	mm	180	180
nedostatek převýšení	mm	150	80
min. poloměr oblouku	m	3 220	5 600
nejvyšší trvalý sklon (delší než 6 km)	‰	25	25
maximální sklon (kratší než 6 km)	‰	35	35
napájecí napětí	kV	25	25
maximální přípustná délka tunelu pro vozidla kategorie A podle TSI SRT	km	5	5
maximální přípustná délka tunelu pro vozidla kategorie B podle TSI SRT	km	20	20
radiová síť		GSM-R	GSM-R
vlakový zabezpečovač		ETCS level 2	ETCS level 2

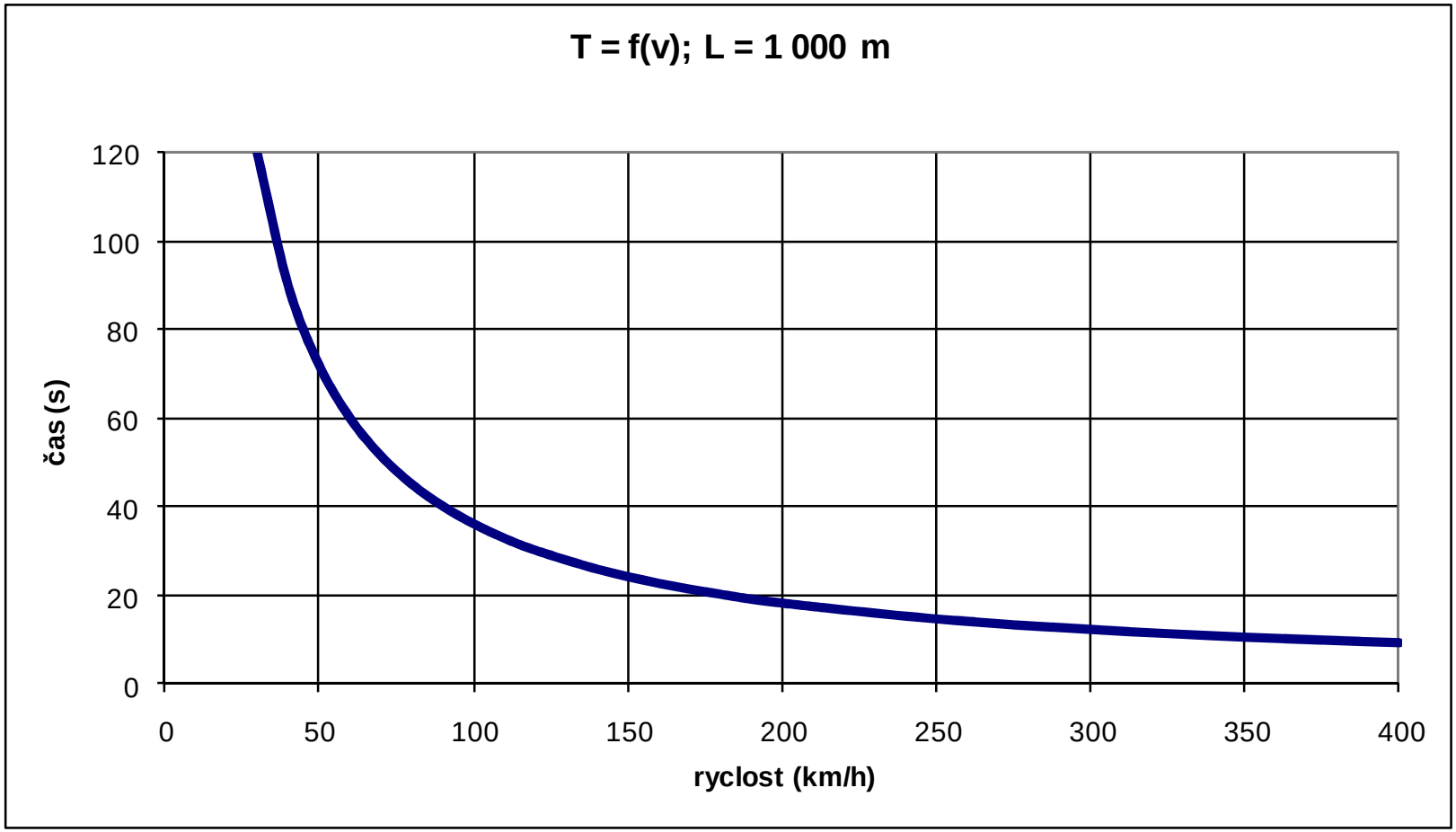
SIEMENS

Vliv změny traťové rychlosti

úspora času

v1	**km/h**	**90**	**120**	**160**	**160**	**230**	**300**	**350**
v2	**km/h**	**120**	**160**	**200**	**230**	**300**	**350**	**360**
T1 1 km	s	40,0	30,0	22,5	22,5	15,7	12,0	10,3
T2 1 km	s	30,0	22,5	18,0	15,7	12,0	10,3	10,0
ΔT 1 km	**s**	**10,0**	**7,5**	**4,5**	**6,8**	**3,7**	**1,7**	**0,3**
L 1 min	**km**	**6,0**	**8,0**	**13,3**	**8,8**	**16,4**	**35,0**	**210,0**

Hyperbola je neúprosná



SIEMENS

Přechodnost vozidel na vysokorychlostní tratě

Přechodnost vozidel na vysokorychlostní tratě podle TSI HS INS

- TSI HS RST třída 1 trakční jednotka distribuovaný pohon 350 kmm/h, 17 t	zaručena
- TSI HS RST třída 2 trakční jednotka soustředěný pohon, 250 km/h, 18 t	zaručena
- TSI HS RST třída 2 trakční jednotka s lokomotivou, 230 km/h, 22,5 t	zaručena
- TSI CR RST konvenční vozidla osobní dopravy	nezaručena
- konvenční vozidla osobní dopravy nesplňující TSI	nezaručena
- TSI CR WAG konvenční vozidla nákladní dopravy	nezaručena
- konvenční vozidla nákladní dopravy nesplňující TSI	nezaručena

SIEMENS

Přechodnost vozidel

Vysokorychlostní vozidla podle TSI HS RST mohou být provozována na vysokorychlostních tratích podle TSI HS INS i na konvenčních tratích podle TSI CR INS
(toto je zásadní výhoda vysokorychlostních tratí proti monorailům – využití sítě konvenčních železnic k bezpřestupovým spojům),

Konvenční vozidla podle TSI CR RST mohou být provozována jen na konvenčních tratích podle TSI CR INS.
(analogie: pomalé automobily nesmí na dálnice)

Konvenční vozidla podle TSI CR RST mohou být provozována na vysokorychlostních tratích, jen v případě, že jsou tyto nad rámec požadavků TSI HS INS přizpůsobeny k souběžnému provozu konvenčních vozidel.
Přijatá opatření (například: zvětšení osové vzdálenosti kolejí) však nesmí omezit provoz vysokorychlostních vozidel podle TSI HS RST. Potřebná opatření nejsou v TSI HS INS specifikována.

Ohrožení konvenčních vozidel vysokorychlostním provozem

SIEMENS

Základním důvodem k obecnému zákazu provozu konvenčních vozidel na vysokorychlostních tratích jsou obavy z účinku tlakových vln, generovaných jízdou vysokorychlostních vlaků na konvenční vozidla – není zaručeno, zda odolají jejich účinkům.

Další důvody:

snížení propustnosti tratě (nerovnoběžný grafikon),
požární bezpečnost v dlouhých tunelech (kategorie B – délka 5 až 20 km),
pomalé projíždění oblouků (velký přebytek převýšení – náklon skříně do středu oblouku, namáhání vnitřní kolejnice).

SIEMENS

Trakční mechanika vysokých rychlostí

Jízdní odpor rychle jedoucího vlaku je tvořen zejména jeho aerodynamickým odporem ($w = a + c.v^2$)

Výkon je dán součinem síly (jízdního odporu) a rychlosti a roste tedy se třetí mocninou rychlosti ($P = k . v^3$)

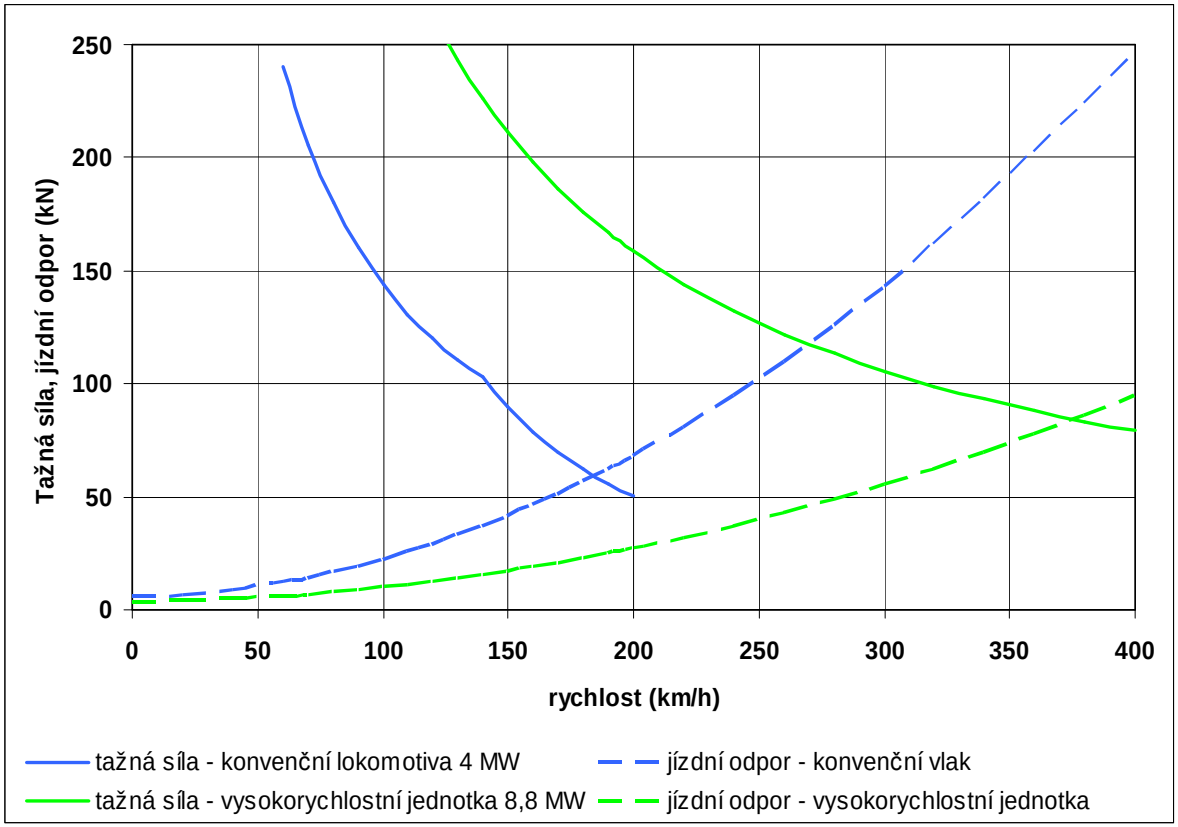
Avšak pro zdvojnásobení rychlosti (například ze 160 na 320 km/h) je nereálné opatřit vozidla osmkrát výkonnějším trakčním pohonem.

je nutností zabývat se aerodynamikou a výrazně snížit odpor vozidla (nikoliv osmkrát vyšší výkon, ale cca dvakrát vyšší výkon v kombinaci se čtyřikrát příznivějším aerodynamickým tvarem),

doprovodný, ale mimořádně cenný efekt: nízká energetická náročnost vysokorychlostní železniční dopravy.

Trakční charakteristika, jízdní odpory a spotřeba energie

SIEMENS

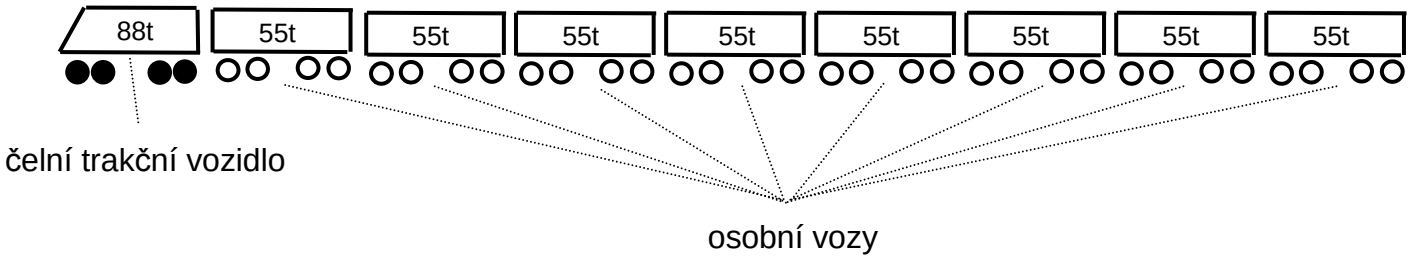


- **Spotřeba energie je úměrná tažné síle, tedy jízdnímu odporu.**
- **Jízdní odpor nestoupá vlivem lepší aerodynamiky u vysokorychlostních vozidel s rostoucí rychlostí tak strmě, jako u vozidel konvenčních.**

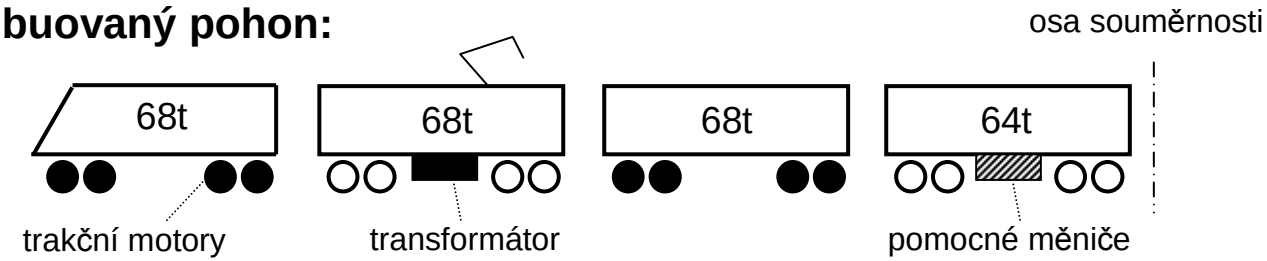
Důsledek: aerodynamicky řešená vysokorychlostní jednotka jedoucí rychlostí 270 km/h má zhruba stejnou spotřebu energie, jako tradiční vlak jedoucí rychlostí 160 km/h.

Trend: distribuovaný pohon

konvenční řešení:



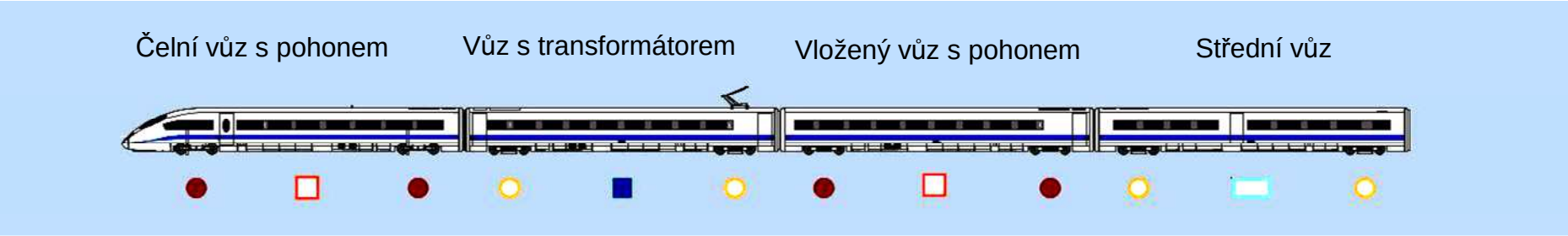
distribuovaný pohon:



- ⇒ vyšší (100 %) využití prostoru (délky) pro cestující
- ⇒ nižší limit hmotnosti na dvojkolí (17 t)
- ⇒ 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) – TSI SRT tunely kategorie B, plus vysoká spolehlivost - nízký počet neschopností k jízdě)

SIEMENS

Distribuovaný trakční pohon (Velaro E)



- Trakční dvojkolí
  (trakce a elektrodynamická brzda)
  2 brzdové kotouče v discích kol

- Nepoháněná dvojkolí
  3 brzdové kotouče na nápravě

- Transformátor
- Baterie a nabíječ
- Měniče
- Sběrač proudu

- **50 % poháněných dvojkolí**
- **Trakční výzbroj umístěna výhradně v prostoru pod podlahou**

Elektrická vysokorychlostní jednotka RENFE S103

SIEMENS

Vysokorychlostní elektrická jednotka s distribuovaným trakčním pohonem

v = 350 km/h
P = 8 800 kW
50 % dvojkolí poháněno

Přepravní časy v meziměstských relacích (centrum – centrum) na vzdálenost do přibližně 1 000 km kratší než letecké spojení

Energetická úspornost jen 5 kWh / 100 km a sedadlo

SIEMENS

Tunely

Aerodynamický odpor vlaku se v tunelu násobně zvyšuje:

$$w = a + k \cdot c \cdot v^2$$

Tunelový faktor (k) závisí na průřezu, délce a provedení tunelu. Typické hodnoty jsou kolem k = 2 až 3.

vyšší spotřeba energie
nižší ustálená rychlost (delší jízdní doba)

Další nepříznivé dopady tunelů:

zvýšené nároky na požární bezpečnost vozidel (zejména u tunelů kategorie B podle TSI SRT, tedy délky 5 až 20 km),

zvýšené nároky na namáhání vozidel tlakovými vlnami (tlakotěsnost – respektování limitů dp/dt, pevnost oken a dveří, …)

komplikace při řešení ventilace a klimatizace (pasivní nebo dokonce aktivní tlaková ochrana – udržování koncentrace CO_2 v přijatelných mezích)

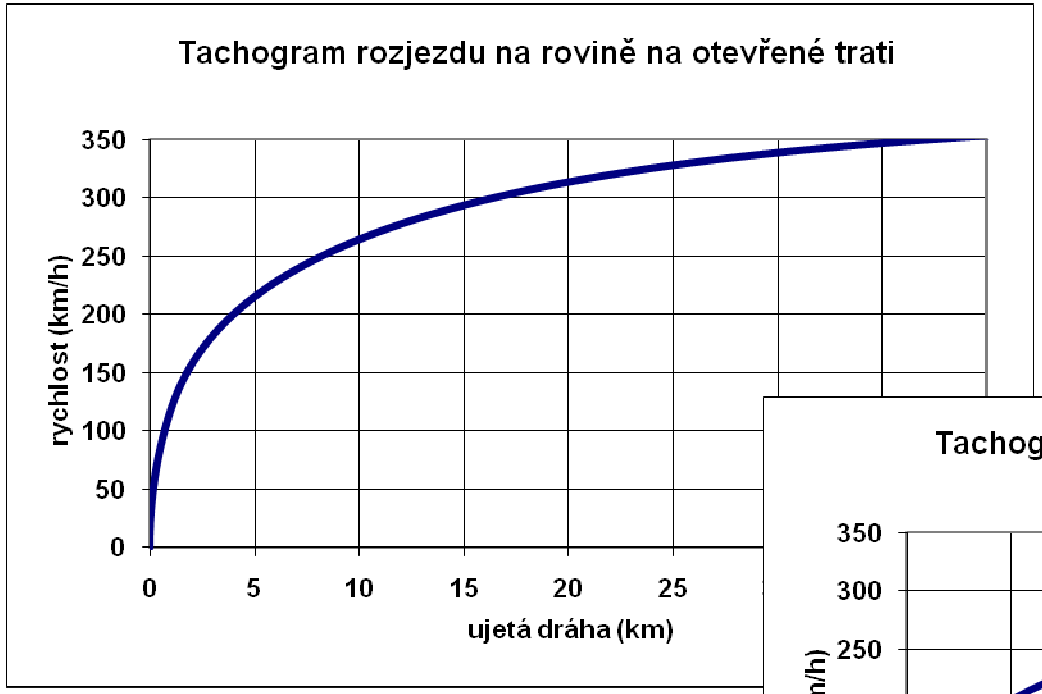
SIEMENS

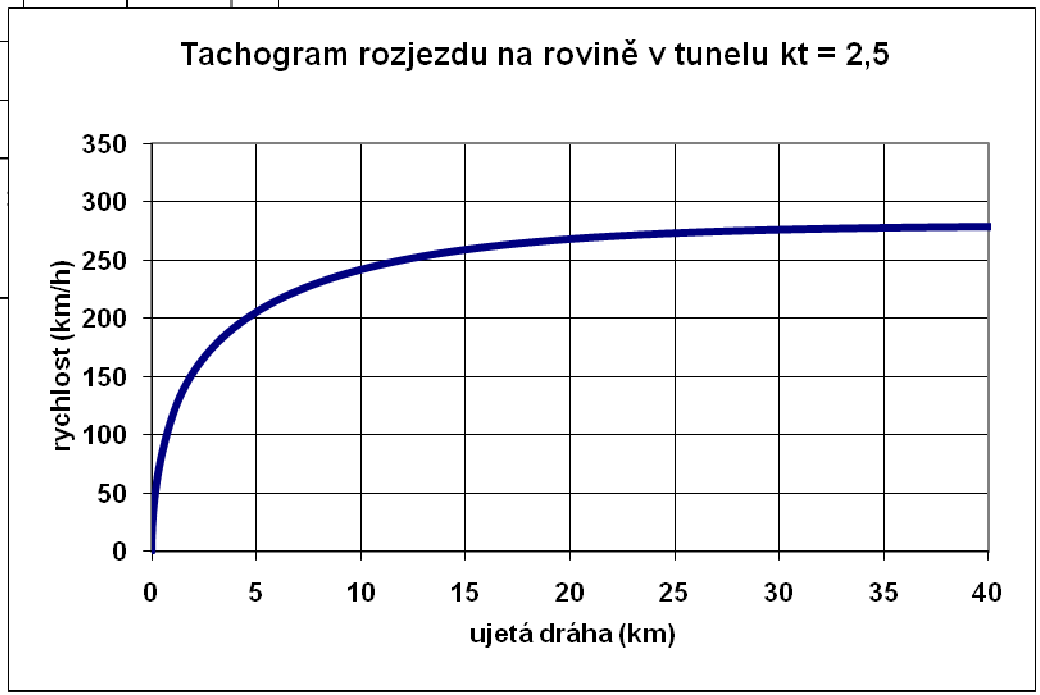
Tunely

Konvenční tratě
V minulosti vedeny krajinou jako trasa stálého sklonu, terénní překážky byly obcházeny s pomocí oblouků o malém poloměru.
V současnosti jsou v zájmu zvýšení rychlosti oblouky o malém poloměru napřimovány, terénní překážky jsou překonávány i s pomocí tunelů.

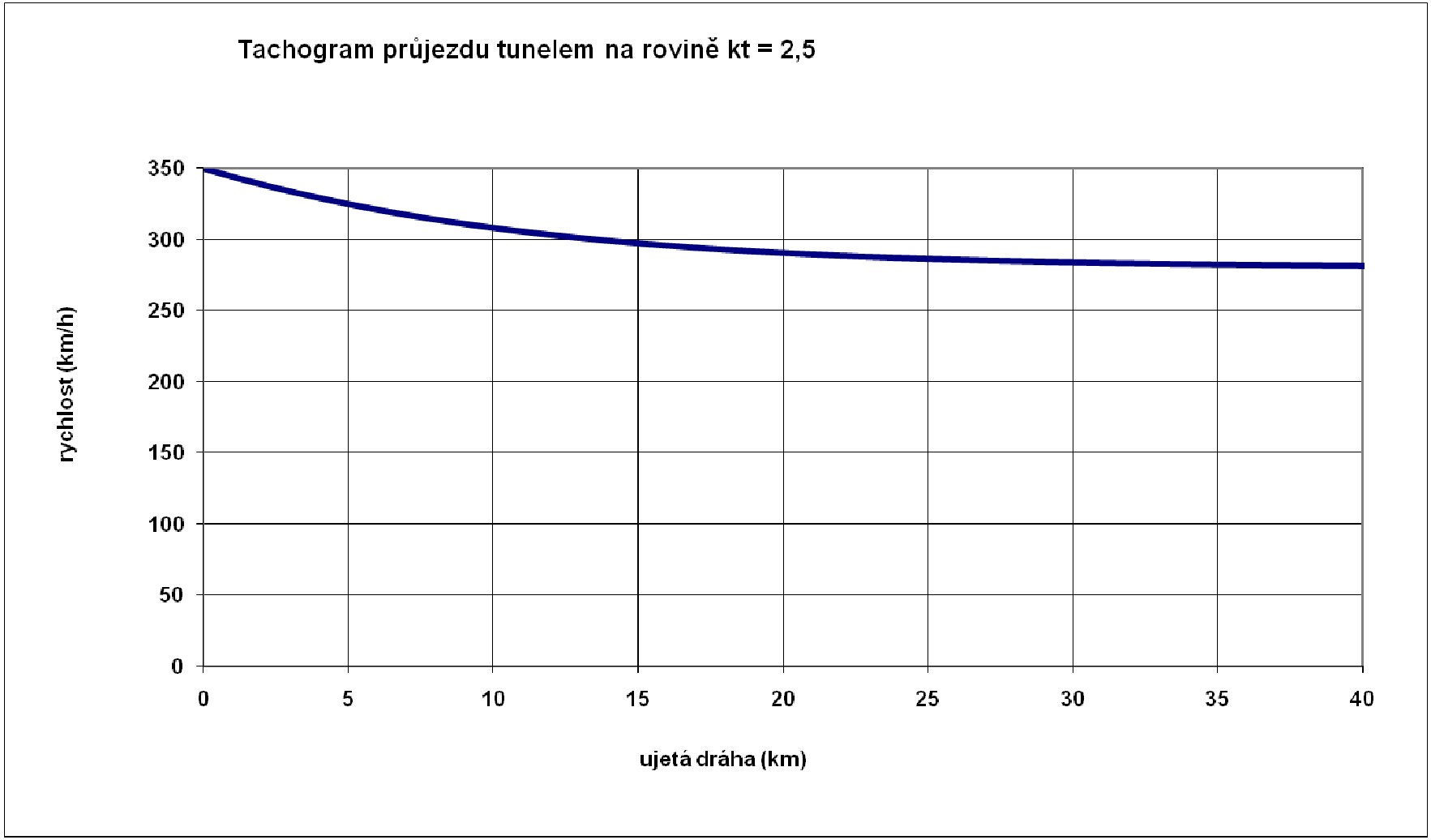
Vysokorychlostní tratě
Vedeny krajinou jako trasa stálé rychlosti, tedy bez oblouků o malém poloměru.
Při překonávání přírodních překážek je žádoucí délku tunelů minimalizovat, k tomu využívat vyšší sklony (až 25 ‰ trvale a 35 ‰ 6 km, vlak je zvládá staticky i dynamicky – využití kinetické energie) i větších hodnot stavebního i převýšení (až 180 mm) i nedostatku převýšení (až 150 mm) ke snížení potřebného poloměru oblouku (až na 3 220 m pro 300 km/h).

Vliv tunelu na dosažitelnou rychlost

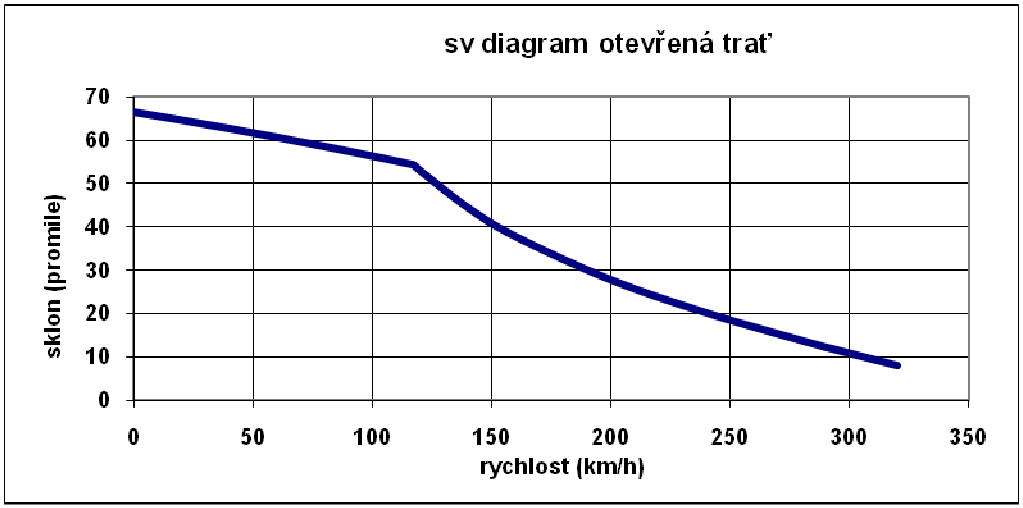


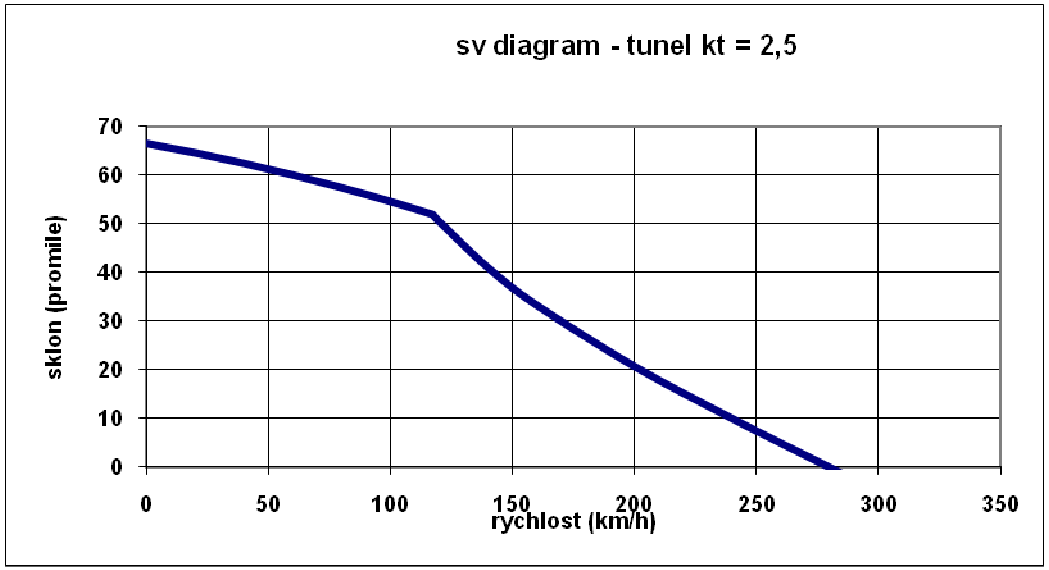


Vliv délky tunelu na rychlost jízdy

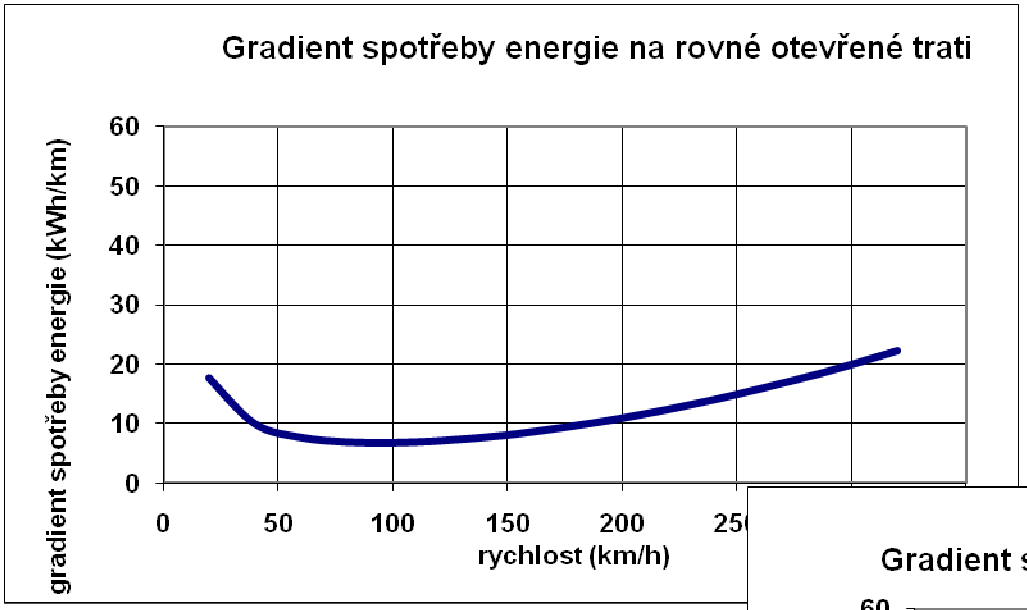


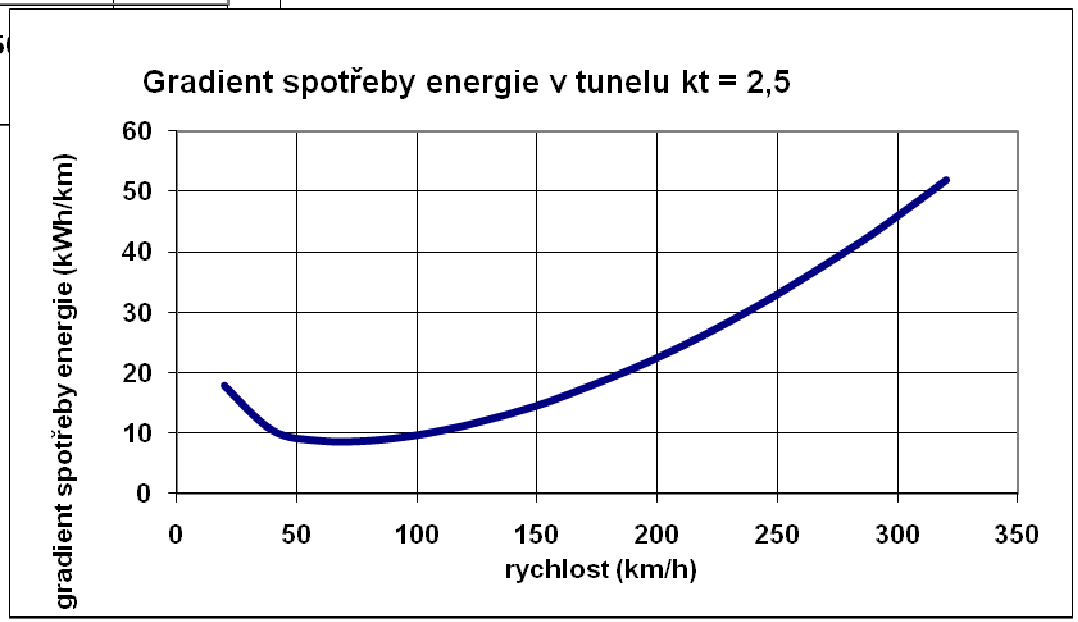
Vliv tunelu na ustálenou rychlost do stoupání





Vliv tunelu na spotřebu energie





SIEMENS

Soulad vozidel a infrastruktury

Železnice funguje jako systém, i cestující ji tak vnímají.

Pro správný výsledný efekt je důležitý soulad jejích strukturálních systémů:

- **tratě (INS)**
- **napájení (ENE)**
- **zabezpečení (CCS)**
- **vozidel (RST)**

SIEMENS

Vstříc k cestujícím

Velaro D

SIEMENS

Děkuji Vám za Vaši pozornost!