

# *TECHNICKO-PROVOZNÍ STUDIE*

## *TECHNICKÁ ŘEŠENÍ VRT*

05/2017

### 4.8

## *TECHNICKÉ PARAMETRY VRT V EVROPĚ*

### *SUBSYSTÉM RST – KOLEJOVÁ VOZIDLA*

*Zpracovatelé: Zdeněk Malkovský, Jan Lutrýn, Danuše Marusičová*





---

## 4.8

# VOZIDLA PRO VYSOKORYCHLOSTNÍ TRATĚ

---

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>OBECEŇ O VYSOKÝCH RYCHLOSTECH .....</b>	<b>5</b>
2.1	FAKTORY OMEZUJÍCÍ DOPRAVU VYSOKÝMI RYCHLOSTMI .....	5
2.1.1	Jakost chodu .....	5
2.1.2	Styk kola a kolejnice .....	5
2.1.3	Odpor vzduchu .....	5
2.1.4	Přenos výkonu .....	6
2.1.5	Hluk.....	6
2.1.6	Hospodárnost .....	7
2.1.7	Výhled do budoucna.....	8
2.2	AERODYNAMICKÉ ÚČINKY .....	8
2.2.1	Aerodynamické účinky při provozu vozidel.....	9
2.2.2	Legislativní požadavky .....	17
2.3	PROVOZ KONVENČNÍCH VOZIDEL NA VRT .....	21
2.3.1	Vztah mezi konvenčním a vysokorychlostním železničním systémem .....	21
2.3.2	Provoz konvenčních vlaků na tratích VRT .....	22
<b>3</b>	<b>VOZIDLA PRO OSOBNÍ DOPRAVU .....</b>	<b>26</b>
3.1	VYSOKORYCHLOSTNÍ VOZIDLA (V MAX 300 KM/H A VÍCE) .....	27
3.1.1	TGV POS.....	27
3.1.2	TGV Duplex .....	29
3.1.3	ICE 3 .....	33
3.1.4	Frecciarossa .....	39
3.2	VYSOKORYCHLOSTNÍ VOZIDLA PRO NIŽŠÍ RYCHLOSTI (V MAX 250 KM/H).....	44
3.2.1	ICE 4 .....	44
3.2.2	PKP Intercity ED250 .....	49
3.2.3	RENFE S/120 .....	51
3.3	RYCHLÁ VOZIDLA (V MAX 230 KM/H) .....	54
3.3.1	ICE T .....	54
3.3.2	Pendolino 680.....	57
3.3.3	railjet.....	60

3.4	KONVENČNÍ VOZIDLA V ČR (V MAX DO 200 KM/H).....	64
3.4.1	Soupravy řazené z vozů řady X mz .....	64
3.4.2	RegioPanter a InterPanter (řady ČD 440, 640, 650, 660).....	65
3.4.3	CityElefant (řada ČD 471) .....	69
<b>4</b>	<b>VOZIDLA PRO NÁKLADNÍ DOPRAVU .....</b>	<b>72</b>
4.1	EUROCAREX.....	72
4.1.1	Souvislosti vzniku a první kroky .....	72
4.1.2	Plánované trasy a terminály.....	74
4.1.3	Plánovaná vozidla.....	74
4.1.4	Přepravované kontejnery.....	75
4.1.5	Možnosti zavedení v České republice .....	76
<b>5</b>	<b>ZDROJE.....</b>	<b>77</b>



## 1 ÚVOD

---

Technické parametry vysokorychlostních tratí a podmínky provozu na nich nelze určit bez alespoň hrubé představy o vozidlech, které se na ní budou pohybovat.

Kapacita vozidel bude zásadní proměnou při určování intervalů na jednotlivých linkách. Od technických parametrů a trakčních vlastností se budou odvíjet parametry a vedení tratě i podoba železničních stanic. Ekonomické parametry vozidel budou zásadním vstupem do ekonomiky provozu a tedy i do životaschopnosti jakéhokoliv vysokorychlostního železničního záměru.

## 2 OBECNĚ O VYSOKÝCH RYCHLOSTECH

---

### 2.1 FAKTORY OMEZUJÍCÍ DOPRAVU VYSOKÝMI RYCHLOSTMI

---

Pro vysokorychlostní dopravu je třeba upravit veškeré komponenty systému železnice tak, aby vyhověly vysokým požadavkům. Kromě vlaku pro vysoké rychlosti je nutno mít odpovídající trať pro tyto rychlosti a vysoce výkonný systém řízení a zabezpečení dopravy.

#### 2.1.1 JAKOST CHODU

---

Zatímco v dřívějších dobách (do 50. let 20. století) nebylo možné dosáhnout vyšších rychlostí než 200 km/h bez poškození jízdní dráhy (např. nežádoucí změna rozchodu nebo kvality geometrie koleje) a bez ohrožení bezpečného vedení vozidla v koleji, jsou dnes zvládnutelné z hlediska konstrukce pojezdu rychlosti až do 500 km/h, což prokázaly nejen pokusy na zkušebních stavech, ale i rekordní jízdy vlaků TGV. Dosažení tohoto stavu techniky bylo možné především díky podpoře výkonných počítačů a dokonalé simulační techniky, která docílila velké zjednodušení při optimalizaci konstrukce koleje i vozidel.

#### 2.1.2 STYK KOLA A KOLEJNICE

---

V oblasti nižších rychlostí (přinejmenším u vozidel s pohonem všech náprav) není maximální dosažitelné zrychlení ani za nepříznivých povětrnostních podmínek omezeno hodnotou adheze mezi kolem a kolejnicí, nýbrž pouze jízdním komfortem. Při vysokých rychlostech je však jízdní odpor tak vysoký, že adheze může být příliš nízká k přenesení dostatečně velké tažné síly na kolejnici. Proto je třeba u vlaků pro vysoké rychlosti pohánět dostatečný počet náprav. Podle způsobu pohonu rozlišujeme koncept s hnacím vozidlem (centralizovaný pohon) anebo s pohonem rozmístěným do většiny nebo všech vozidel vlaku (distribuovaný pohon).

#### 2.1.3 ODPOR VZDUCHU

---

Přesné souvislosti, které mají vliv na adhezi při nepříznivých povětrnostních podmínkách, lze těžko definovat. Jízdní odpor – při vyšších rychlostech především odpor vzduchu, narůstající s druhou mocninou rychlosti – má rozhodující vliv na dosažitelnou rychlost. Přesto

však se rychlost do 400 km/h zdá být možná i v každodenním provozu za nejrůznějších povětrnostních podmínek bez nutnosti výrazného zlepšování současné konstrukce vozidel.

Při posuzování aerodynamiky lze vyjít z dokumentu německého drážního úřadu EBA „Leitfaden zur Bestimmung von aerodynamischen Lasten für Schienenfahrzeuge“ (Příručka pro stanovení aerodynamické zátěže kolejových vozidel; vydala Pracovní skupina pro aerodynamiku ve spolupráci s DIN FSF NA 087-00-04 AA Pevnost a bezpečnost při nehodách, 2014-11-04; 2. revize 2014-11-27), který vyplňuje mezeru v ustanoveních uvedených v EN 12663-1 a v řadě EN 14067.

---

#### 2.1.4 PŘENOS VÝKONU

---

Vysokého výkonu motoru, nutného pro dopravu vysokými rychlostmi, nyní dosahujeme výlučně elektrickými motory. Z principu je možný také pohon plynovou turbínou, avšak hlavně z důvodu extrémního hluku a nízké účinnosti především při částečném zatížení se s ním již dále nepočítá a zdá se, že ani v budoucnosti již nebude alternativou.

Elektrický pohon není omezen ani tak výkonem elektrických trakčních motorů, jako přenosem elektrického příkonu pomocí trolejového vedení. Hranici tvoří na jedné straně zatížitelnost trolejového vedení, na druhé straně maximální proud, který lze přenést sběračem z trolejového vedení. V současnosti pokročila konstrukce trolejového vedení tak daleko, že rychlost až do 350 km/h není v pravidelném provozu z hlediska mechanického zatížení troleje odpovídající konstrukce větším problémem; do budoucna bude tuto hranici ještě možno zvýšit.

Z hlediska odebíraného příkonu, i z důvodů hospodárnosti z hlediska nákladů na elektrický proud a nákladů na transformační stanice, se zdá být hranice kolem 15-20 MW. Vzhledem ke stále lehčí stavbě vozidel a stále nižšímu odporu vzduchu máme stále možnosti snižování energetické náročnosti vozidel.

---

#### 2.1.5 HLUK

---

V oblasti rychlostí nad 250 km/h je emise hluku vozidla dána především aerodynamickým hlukem, přičemž hlukový výkon roste s pátou mocninou rychlosti. To znamená, že např. při zvýšení rychlosti z 300 km/h na 400 km/h vzroste střední hladina hluku o 6 dB (jako zjednodušené pravidlo platí: rozdíl 10 dB znamená zdvojnásobení síly hluku).

Vzhledem k tomu, že vysokorychlostní vlaky projíždějí také hustě osídlenými oblastmi, představuje hluk vozidel jeden z hlavních ukazatelů nejvyšší dovolené rychlosti na kterémkoliv úseku vysokorychlostní trati. Z toho vyplývá, že hluková optimalizace vozidla a jízdní dráhy je velmi důležitá.

Viz také sešit 13.1 VRT a okolí a odstavec „Návrh opatření na vozidlech“.



---

### 2.1.6 HOSPODÁRNOST

---

Vysokorychlostní doprava sice patří mezi prestižní projekty, které demonstrují technickou vyspělost a výkonnost země, avšak přesto nelze takové projekty realizovat bez určité míry hospodárnosti.

Vysokorychlostní doprava dociluje hospodárnosti tak, že vyšší náklady na vozidla, vyšší náklady na stavbu a údržbu jízdní dráhy a vyšší energetická náročnost se kompenzuje nižší početní potřebou vozidel a personálu v důsledku kratších jízdních dob. Navíc lze kratšími jízdními dobami a atraktivitou vozidel dosáhnout nemalý nárůst počtu cestujících – počty cestujících vzrostly po zavedení vlaků Shinkansen na trase z Tokia do Ósaky na čtyřnásobek během pouhých pěti let – anebo zdvojnásobení počtu cestujících po zavedení vlaků TGV v relaci z Paříže do Lyonu.

Hlavní faktory vlivu na cestovní čas jsou následující:

- nejvyšší rychlost;
- vzdálenost míst zastavení;
- schopnost zrychlení vozidel v krátkém čase;
- doba pobytu v zastávkách;
- místa pomalé jízdy a přilehlé úseky, které se pravidelně z různých důvodů nepojíždějí vysokými rychlostmi.

Zatímco v regionální a příměstské dopravě s častým zastavováním jsou rozhodující především doby pobytů v místech zastavení a schopnost zrychlení vozidel, ve vysokorychlostní dopravě se krátké cestovní časy dosahují především trvale vysokou rychlostí a velkými vzdálenostmi mezi místy zastavení.

Vozidla primárně využívaná na vysokorychlostních tratích vykazují typické vlastnosti, kterými se odlišují od vozidel používaných primárně na konvenčních tratích. Jednou z těchto vlastností je utěsnění vozidel a jejich odolnost vůči tlakovým rázům, tj. rychlému nárůstu tlaku vzduchu na vnější plochu vozidla a jeho následnému rovněž rychlému poklesu a omezení jeho vlivu na vnitřní prostor vozidla a cestujících. Vysoké nároky jsou kladeny především na dveře vozidla (jak boční vstupní, tak čelní přechodové), klimatizaci, chlazení agregátů. V případě vstupních dveří je tlakotěsnost na úkor rychlosti jejich procesu otevírání a zavírání; u vysokorychlostních vozidel s menší frekvencí zastavování delší časy otevírání a zavírání v zásadě nevadí; naopak u příměstských vozidel by byly na závadu vzhledem k prodloužení pobytu v častých zastávkách; proto se příměstské jednotky provádějí jako netlakotěsné; jejich častý provoz po vysokorychlostních tratích se nepředpokládá. V případě klimatizačních a chladicích systémů je třeba řešit systém uzavíracích klapek, které daný systém při strmém nárůstu nebo poklesu tlaku uzavřou.

Při rychlostech od 250 km/h se zvyšuje význam schopnosti vozidel v krátkém čase zrychlovat a zpomalovat, pokud se má dosáhnout hustého sledu vlaků (3 minuty).

---

### 2.1.7 VÝHLED DO BUDOUCNA

---

Budoucnost dopravy vysokými rychlostmi po kolejích je na jedné straně dána rychlým rozvojem nových a rekonstruovaných tratí (což v některých částech světa, např. v USA, s sebou nese určitou renesanci kolejové osobní dopravy), na druhé straně snahou o rychlejší jízdu na stávajících tratích, aniž by bylo třeba je nákladně rekonstruovat resp. modernizovat. Tomu mohou napomoci i různé nové konstrukční směry v kolejových vozidlech, jako např. podvozky s volnými koly (bez náprav a s vnitřním vypružením), aktivně řízené sběrače, aktivně natáčené podvozky, aktivně řízené tlumiče vrtivých pohybů a naklápací technika.

Kromě konvenčních vozidel, nesených a vedených kolejí, se v různých zemích vyvíjí také dráhy na principu magnetické levitace coby další vedený dopravní systém – např. Transrapid nebo Maglev. Podobné systémy však překračují rámec této studie.

---

## 2.2 AERODYNAMICKÉ ÚČINKY

---

Ze všech výše uvedených aspektů jízdy vysokými rychlostmi uvádíme bližší komentář k aerodynamickým účinkům. Jsou totiž zásadní pro návrh technických parametrů v návrhové části studie. Zejména jsou však důležité pro posuzování možnosti provozu různých vozidel po vysokorychlostních tratích. Tomu se věnuje následující kapitola 2.3.

Průjezd vlaku způsobuje nepravidelné proudění vzduchu s proměnným tlakem a rychlostí proudění. Tyto změny tlaku a rychlosti proudění mají vliv na osoby, předměty a budovy nacházející se podél trati a rovněž mají vliv na kolejové vozidlo.

Technické parametry vysokorychlostních tratí a podmínky provozu na nich proto nelze určit bez představy o aerodynamických poměrech, které působí na vozidla, infrastrukturu a obecně na širší okolí vysokorychlostní tratě.

Aerodynamické poměry mají vliv nejen na náklady potřebné pro výstavbu vysokorychlostních tratí, ale i na bezpečnost a ekonomiku provozu a tedy i na realizovatelnost jakéhokoliv vysokorychlostního železničního záměru.

Velmi zásadní z hlediska aerodynamických účinků je typ provozu na vysokorychlostních tratích. Je nutné vzít do úvahy, zda na tratích budou provozována jen vozidla, která splňují požadavky TSI LOC & PAS na aerodynamické vlastnosti, nebo zda provoz bude smíšený. Je nutné si uvědomit, že nákladní vagóny a velká část stávajících osobních vagónů nejsou konstruovány z hlediska dnešních požadavků na aerodynamické vlastnosti. Toto je potřebné uvážit zejména při rozhodování se o konstrukci tunelů (jednokolejný, víceokolejný), kde vzájemné účinky míjejících se vozidel dosahují kritických hodnot. Poznatky z provozu na vysokorychlostní trati Westbahn v Rakousku mezi Vídní a Salzburkem, kde je maximální povolená rychlost 250 km/h, ukazují na nemožnost podcenění těchto účinků (např. pootevření dveří díky podtlaku při míjení se souprav).

### 2.2.1 AERODYNAMICKÉ ÚČINKY PŘI PROVOZU VOZIDEL

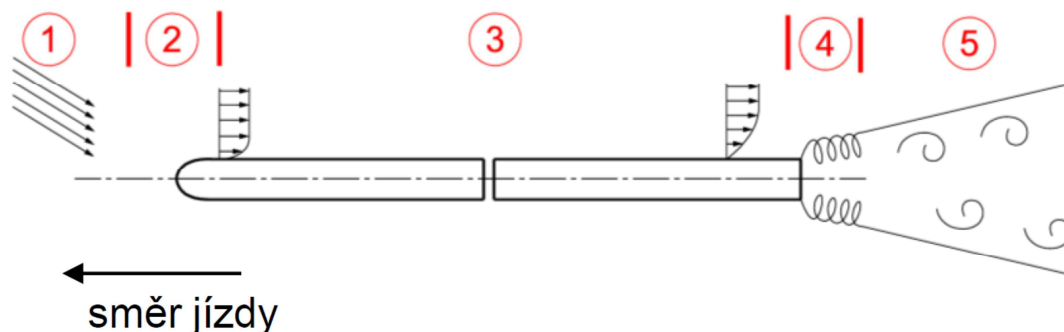
#### ČLENĚNÍ AERODYNAMICKÝCH PROJEVŮ BĚHEM PROVOZU

Při provozu kolejových vozidel dochází k interakci vozidla s okolním vzduchem a v důsledku toho dochází ke změně jeho stavu a tato změna se projevuje účinky jak na vozidla, tak i na okolí. Aerodynamické účinky lze v zásadě rozdělit do tří hlavních oblastí:

- aerodynamické poměry v otevřeném prostoru;
- aerodynamické poměry v tunelu;
- účinky na vozidlo.

Schematicky jsou tlakové poměry okolo jedoucího vozidla zobrazeny na obr. 2.2-1

Obr. 2.2-1: Tlakové poměry u vozidla



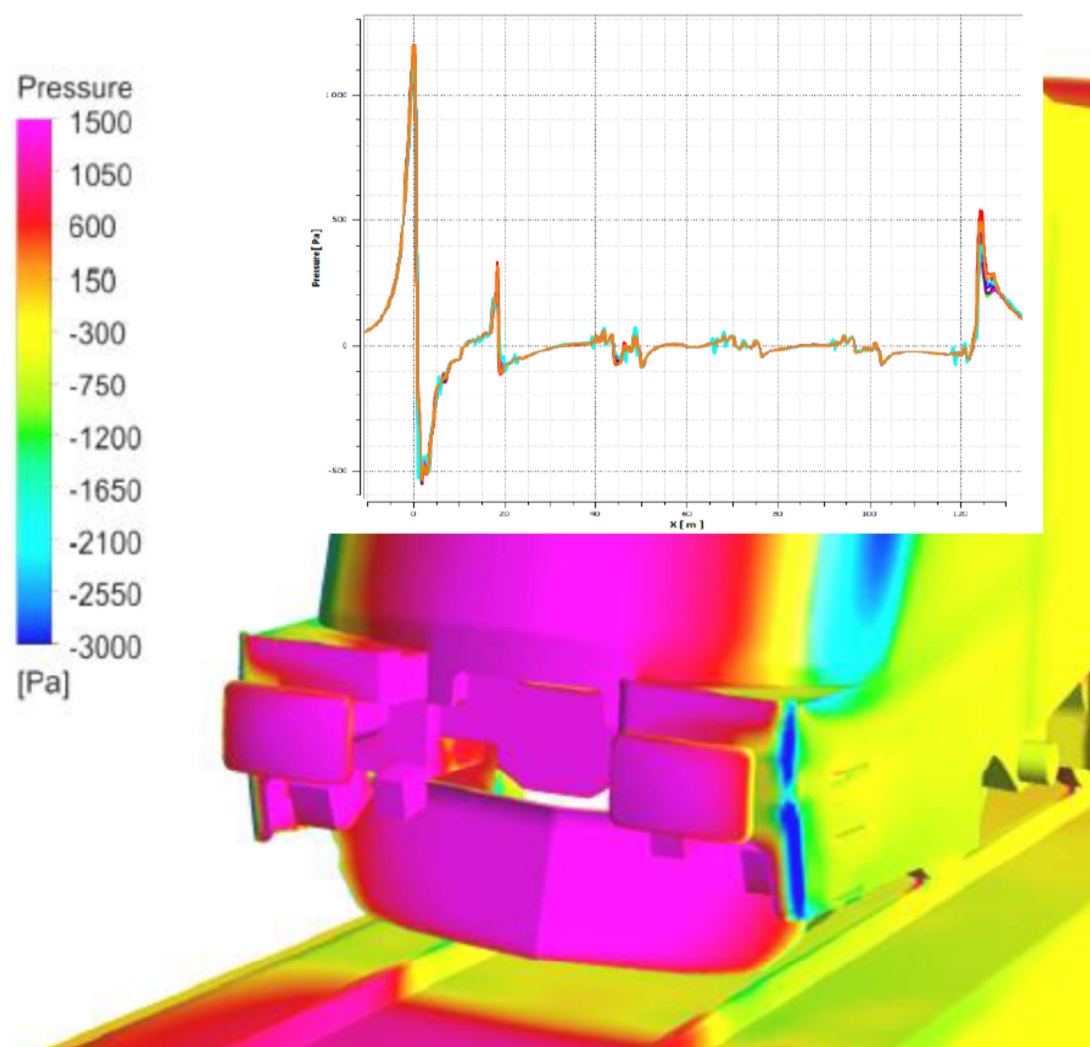
Oblast 1 – proudění před vozidlem; Oblast 2 – tlaková vlna na čele vozidla; Oblast 3 – vývoj mezní vrstvy a počátek separace proudu vzduchu od vozidla; Oblast 4 – oblast úplavu kolem vozidla (vysoká turbulence a silné poryvy => účinek na osoby); Oblast 5 – oblast úplavu ve větší vzdálenosti od vozidla (postupná disipace efektů)

#### AERODYNAMICKÉ POMĚRY V OTEVŘENÉM PROSTORU

Tlakové změny a rychlost proudění vzduchu v otevřeném prostoru se z hlediska osob projevují především při průjezdech vozidel okolo nástupišť nebo v případě jejich pohybu v blízkosti tratě. Účinky jsou charakterizovány rychlostí proudění v horizontální rovině. Pro konstrukci vozidel jsou předepsány limity tlakových změn, které nesmí být překročeny. V zásadě splnění těchto limitů značí, že by nemělo dojít k nebezpečnému ovlivnění infrastruktury v okolí vysokorychlostních tratí. Dominantním faktorem z hlediska účinků na osoby vně vozidla je úplav za vozidlem. Ten je ovšem ovlivňován prouděním kolem celého vozidla.

Velmi důležitou otázkou je ovlivnění protijedoucích vozidel při vzájemné míjení. Z hlediska návrhu tratě je proto velmi významným faktorem osová vzdálenost kolejí.

Z hlediska interakce vozidlo – trať jsou nejdůležitější tlakové poměry pod vozidlem, resp. v oblasti spodku vozidla, neboť tyto jsou zodpovědné za případné vystřelování (odlétávání) šterku z lože během jízdy vlaku („flying ballast“ – viz kap. 5.1 „Údržba VRT“). Typický průběh tlakových změn v oblasti čela vlaku ve šterkovém loži je zachycen na obr. 2.2-2.



Obr. 2.2-2: Tlakové poměry na čele vozidla

Pokud není provedena optimalizace spodku vozidla z hlediska aerodynamických účinků a není odpovídajícím způsobem řešeno šterkové lože, dochází k vystřelování kamenů značnou energií. Zkušenosti z provozu vysokorychlostních vlaků v Turecku ukazují, že energie vystřeleného kamene je taková, že dojde i k proražení bočnice. Velmi nebezpečný je tento jev také z hlediska možného poškození náprav kolejového vozidla.

#### AERODYNAMICKÉ POMĚRY V TUNELU

Podle normy EN 14067-5+A1 se jako tunel definuje uzavřená stavba o délce větší než 20 m obklopující kolej, resp. koleje. Všechny v kapitole 2.2.1 uvedené EN jsou zároveň přijaté jako ČSN EN – viz seznam použité literatury.

Aerodynamické poměry v tunelu jsou z hlediska tlakových účinků výrazně komplikovanější než v otevřeném prostoru. Z hlediska infrastruktury je nutné uvažovat, zda se jedná o tunel jednokolejný nebo dvou a víceokolejný. U dvou a víceokolejných tunelů pak v provozu mohou nastat následující provozní situace:

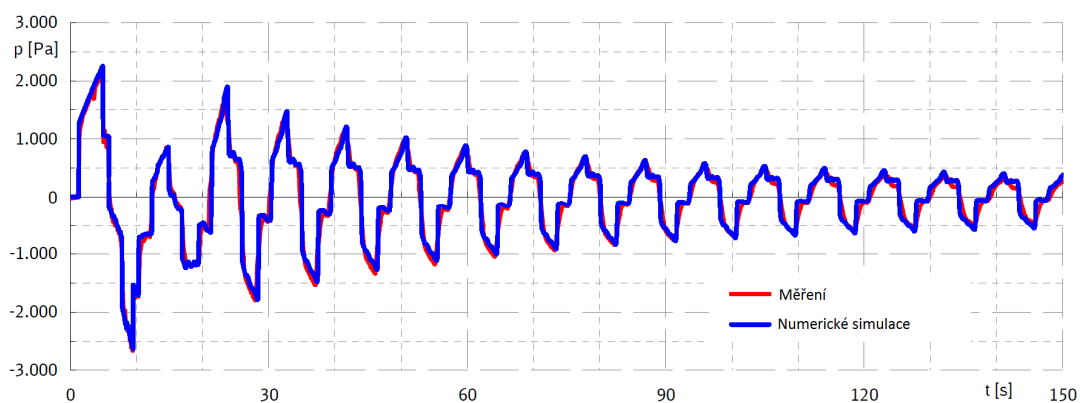
- jízda osamoceného vozidla v tunelu;
- míjení se protijedoucích vozidel;
- předjíždění pomalejšího vozidla rychlejším;
- souběžná jízda stejně rychlých vozidel;
- jízda dvou vozidel za sebou bez vzájemného předjíždění.

Je patrné, že poslední tři uvedené případy, pokud vůbec nastanou, jsou z hlediska aerodynamických účinků překryty prvníma dvěma případy.

Jedním z důležitých faktorů, který významně ovlivňuje tlakové poměry při jízdě v tunelu, je jeho průjezdný průřez.

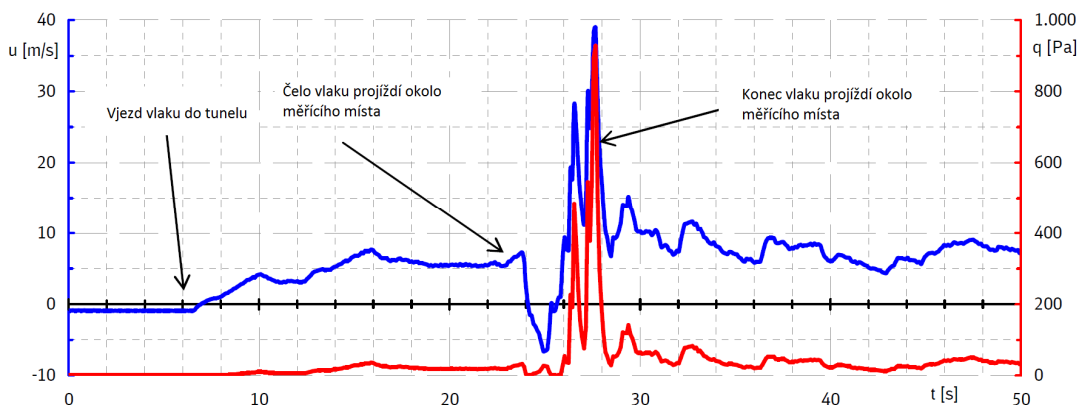
Z provedených měření na vysokorychlostních vlacích vyplývá, že účinky jsou různé v závislosti na průjezdném průřezu tunelu a obrysu projíždějícího vlaku.

Různorodost účinků v tunelu je demonstrována na následujících obrázcích 2.2-3 a 2.2-4.



Obr. 2.2-3: Porovnání výsledků měření a simulací v tunelu Fernthal (délka 1 555 m, průjezdný průřez 92 m<sup>2</sup>) na trati Kolín nad Rýnem – Mohuč při průjezdu jednotky ICE 3 rychlostí 280 km/h

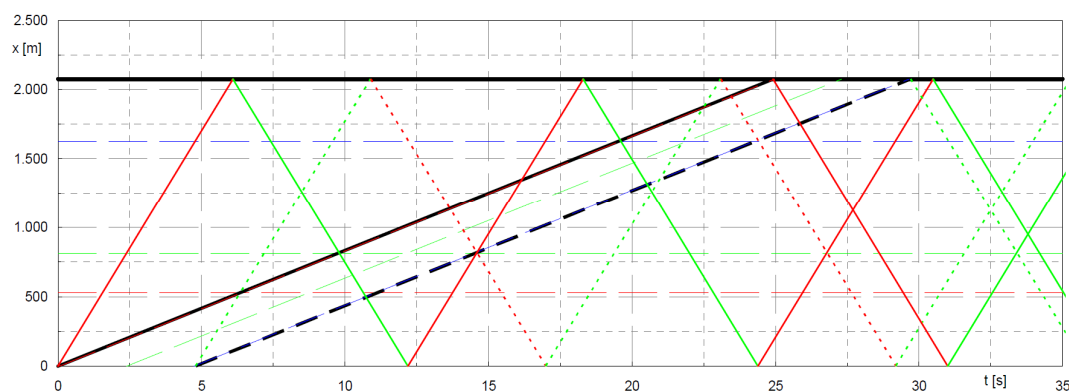
Obr. 2.2-4: Průběh rychlosti proudění a tlaků v dvoukolejném tubusu v italském tunelu Terranuova Le Ville o průřezu 69 m<sup>2</sup> a délce 2 707 m při průjezdu jednotky ETR 500 rychlostí 250 km/h



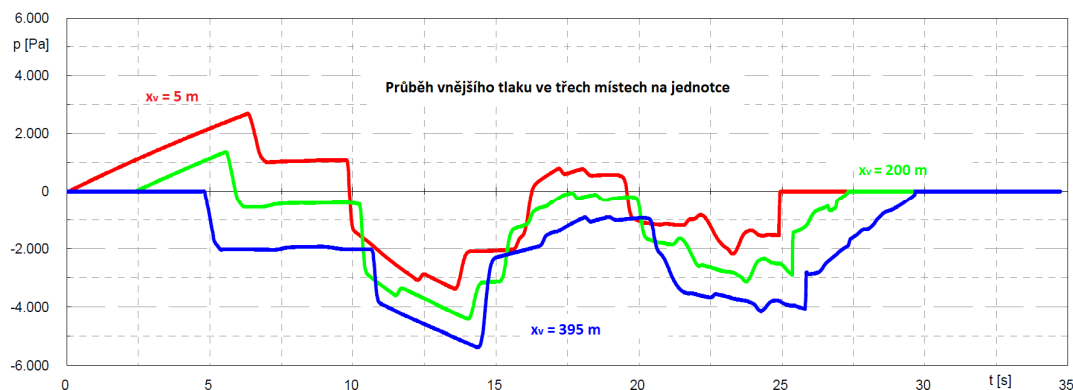
U dvoutubusových tunelů ovlivňuje volný průřez tunelového tubusu aerodynamický odpor projíždějícího vozidla. Jako příklad lze uvést dva nové tunely ve Švýcarsku. Lötschberský úpatní tunel má volný průřez  $45 \text{ m}^2$  a Gotthardský úpatní tunel má volný průřez pouze  $41 \text{ m}^2$ . Zatímco v Lötschberském tunelu není problém s dodržováním plánovaných jízdních dob, v Gotthardském tunelu došlo díky většímu aerodynamickému odporu k prodloužení plánovaných jízdních dob.

Na obr. 2.2-5 až 2.2-7 je uveden příklad jízdy jednotky o délce 400 m v tunelu o délce 2 075 m a průřezu  $59,7 \text{ m}^2$  rychlostí 300 km/h, na obr. 2.2-5 je uveden x-t diagram. Souřadnice  $x = 0$  představuje vjezd do tunelu. Vodorovná tučná průběžná černá linka reprezentuje výjezd z tunelu. Vodorovné barevné čáry představují pevná místa v tunelu. Nepřerušované čáry se vztahují k čelu jednotky a přerušované k jejímu konci. Poloha čela a konce jednotky je zachycena pomocí dvou šikmých paralelních čar. Jejich rovnoměrné stoupání signalizuje konstantní rychlost jízdy. Přerušované barevné čáry mezi nimi přísluší měřeným místům na jednotce. Tlakové vlny jsou zobrazeny červeně v případě vzrůstajícího tlaku a zeleně v případě klesajícího tlaku. Plná čára platí opět pro čelo jednotky a tečkovaná čára pro konec jednotky.

Obr. 2.2-5: Jízda jednotky o délce 400 m v tunelu o délce 2 075 m a průřezu  $59,7 \text{ m}^2$  rychlostí 300 km/h

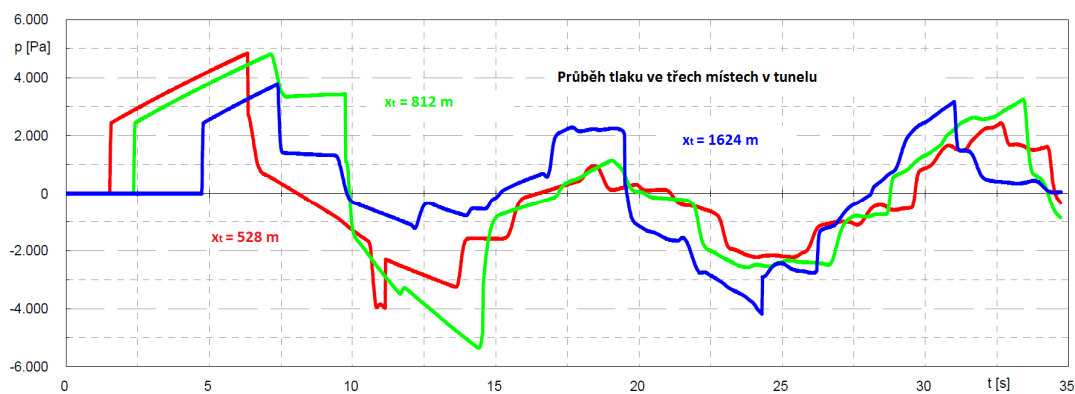


Obr. 2.2-6: Průběh tlakových vln ve třech místech na pohybující se jednotce



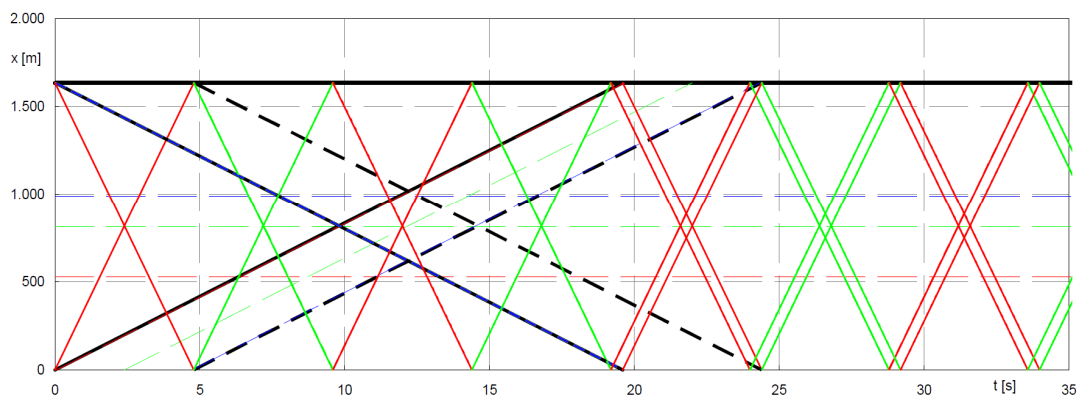
Na obr. 2.2-6 je zobrazen průběh tlakových vln ve třech místech na pohybující se jednotce. Přiřazení barev k místům na jednotce je stejné jako na obr. 2.2-5.

Na obr. 2.2-7 je zobrazen průběh tlaku na definovaných místech v tunelu. Přiřazení barev k místům na jednotce je stejné jako na obr. 2.2-5.

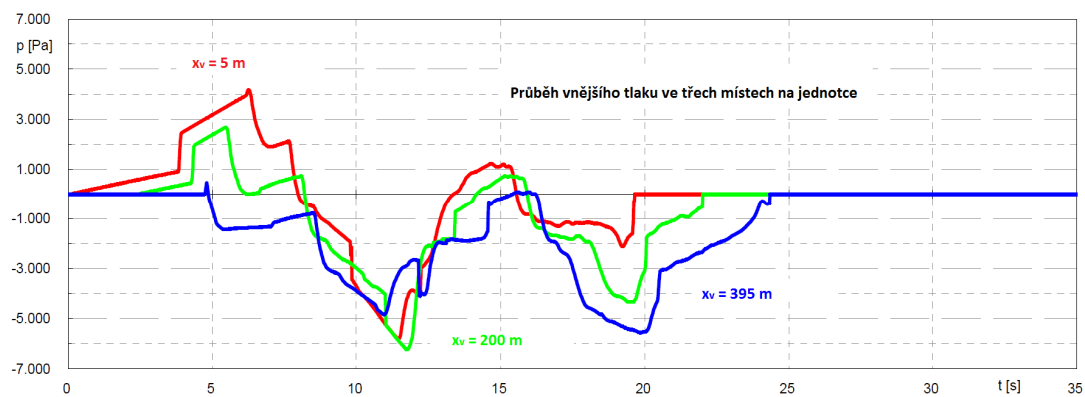


Obr. 2.2-7: Průběh tlakových vln ve třech stabilních místech v tunelu

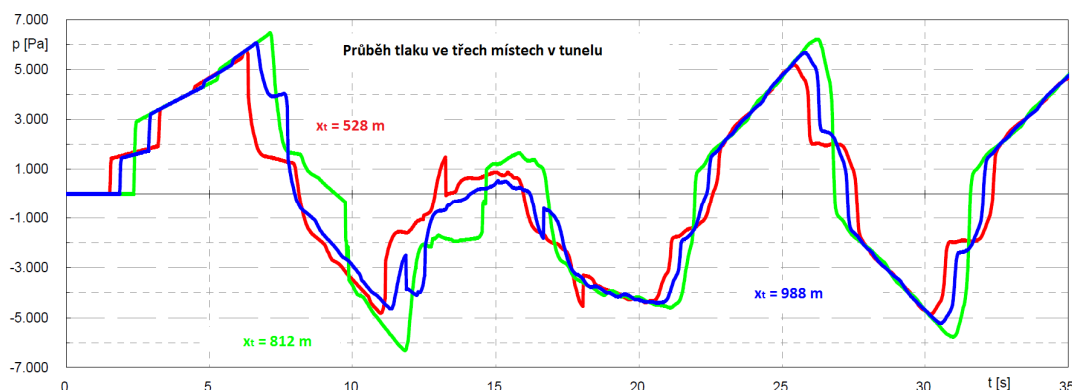
Obr. 2.2-8: Jízda dvou jednotek délky 400 m proti sobě v tunelu o délce 1 633 m a průřezu 92,0 m<sup>2</sup> rychlostí 300 km/h



Obr. 2.2-9: Průběh tlakových vln ve třech místech na pohybující se vozidle







Obr. 2.2-10: Průběh tlakových vln ve třech stabilních místech v tunelu

Na obr. 2.2-8 až 2.2-10 je uveden příklad jízdy dvou jednotek délky 400 m proti sobě v tunelu o délce 1 633 m a průřezu 92,0 m<sup>2</sup> rychlostí 300 km/h. Principy zobrazení jsou stejné jako na obr. 2.2-5 až 2.2-7.

Více viz sešit 10 Subsystémy INF a SRT – tunely a bezpečnost v nich

#### ÚČINKY NA VOZIDLO – BOČNÍ VÍTR

Tato problematika se zabývá bezpečností proti vykolejení vozidla při působení bočního větru. Pro vozidla jsou v předpisech uvedeny požadavky, jejichž splnění by mělo zajistit neomezený provoz (tj. při nesnížené rychlosti jízdy) za všech předpokládaných klimatických podmínek. Fatální následky působení extrémního bočního větru jsou zachyceny na obr. 2.2-11 a 2.2-12.

Stabilita kolejových vozidel při bočním větru je dána hodnotami charakteristických rychlostí větru, kterým mohou kolejová vozidla odolat bez překročení určitých mezních hodnot odlehčení kol. Jestliže jsou tyto charakteristické rychlosti větru uvedeny pro různé vstupní parametry jako rychlosti vlaku, nevyrovnaná příčná zrychlení nebo úhly náběhu větru, nazývá se takový soubor charakteristických rychlostí větru charakteristickými křivkami větru (anglická zkratka CWC, německá zkratka WKK).

Stabilita vlaku při bočním větru je dána stabilitou toho vozidla ve vlaku, které je nejcitlivější na boční vítr. CWC indikují stabilitu vlaku při bočním větru podle charakteristické hodnoty kolových sil. Charakteristické křivky větru ovšem neindikují práh překlopení.

Obr. 2.2-11 a 12: Nehoda v USA v roce 2015; Nehoda ve Švýcarsku v roce 2007





Pro daný vlak pohybující se rychlostmi v určitém rozsahu definují CWC maximální přirozenou rychlost větru, které může vlak odolávat bez překročení charakteristických mezních hodnot odlehčení kol. Kritériem, které definuje CWC, je průměrná hodnota odlehčení kola,  $\Delta Q$ , u nejkritičtějšího pojezdu. Výraz „průměrná“ v případě podvozků znamená, že odlehčení kola je zprůměrováno pro všechna kola podvozku. Při hodnocení stability vozidla při bočním větru se používá konstantní hustota vzduchu  $\rho_0 = 1,225 \text{ kg/m}^3$ . Uvažovaná hmotnost vozidla je definována jako „provozní hmotnost v provozním stavu“ podle EN 15663 [8].

Hodnocení stability vozidel při bočním větru se dělí na hodnocení aerodynamických charakteristik (tj. aerodynamických součinitelů) a hodnocení dynamických charakteristik vozidel. Použitelnost různých metod pro účely hodnocení kolejových vozidel, metody stanovení aerodynamických součinitelů osobních a nákladních vozů a lokomotiv, metody stanovení odlehčení kola a způsob prezentace CWC jsou uvedeny v normě EN 14067-6 [3].

Podle této normy je nutné stanovit charakteristické křivky větru pro vozidla s rychlostí jízdy  $v \geq 140 \text{ km/h}$ . Podle normy EN 50125-1 [4] je pro klimatické podmínky v České republice uvažována maximální rychlost větru  $35 \text{ m/s}$ . Velmi podrobně je problematika bočního větru u kolejových vozidel rozpracována v německé směrnici Rili 807.04 [7].

Princip posouzení účinků bočního větru je patrný z diagramu na obr. 2.2-13. Je patrné, že posuzována jsou nejen vozidla, ale pro návrh vysokorychlostních tratí musí být provedena také podrobná analýza větrných poměrů v navrhovaných trasách.

Existují různé metody hodnocení aerodynamických a dynamických charakteristik vozidel. Obecně se tyto metody dělí na jednoduché metody a složité metody. Jednodušší metody se snadněji používají, ale obsahují navíc jisté neurčitosti, protože na rozdíl od metod složitějších jsou vypracovány jako obecné.

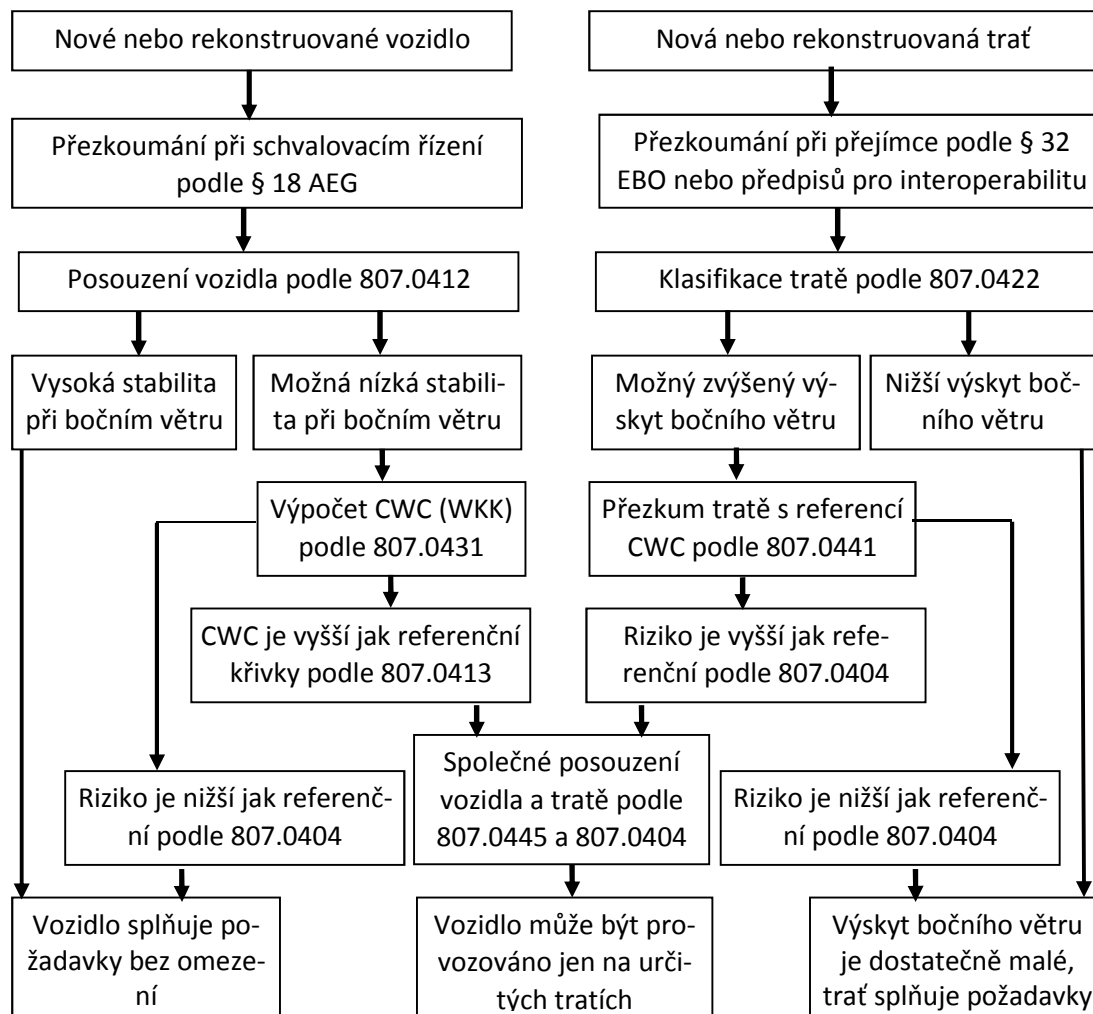
Jestliže jsou přípustné různé metody, závisí volba metody vždy na přesnosti potřebné pro daný problém. Logickou zásadou však je začínat s nejjednoduššími vhodnými postupy a potom v případě potřeby přejít na metody složitější.

V případě neměnných vlakových souprav postačuje ověřit stabilitu při bočním větru pouze u toho vozidla ve vlaku, které je nejcitlivější na boční vítr. V ostatních případech je nutné ověřit stabilitu při bočním větru pro každé vozidlo.

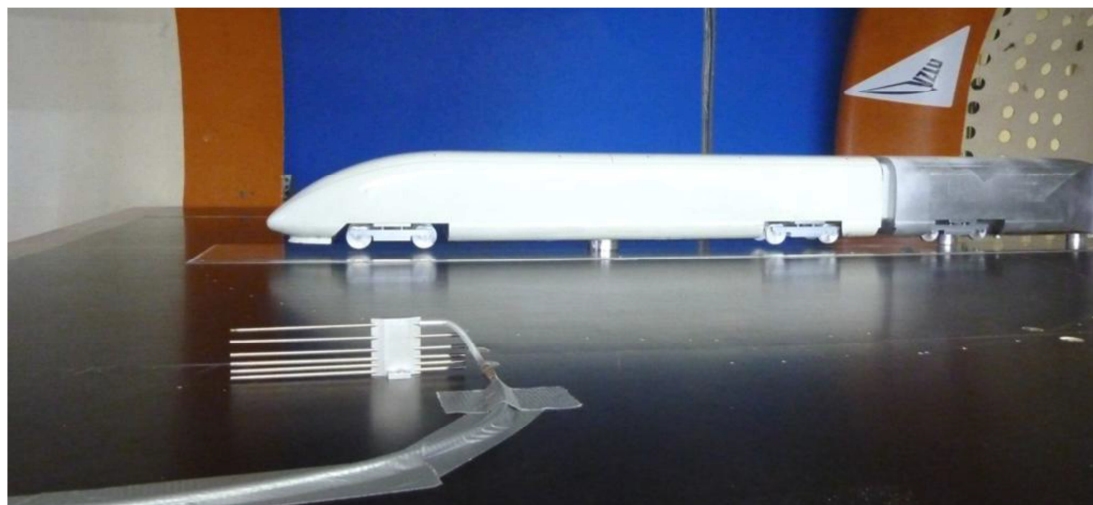
Ke stanovení charakteristických křivek větru je možné použít tři metody zjištění aerodynamických součinitelů:

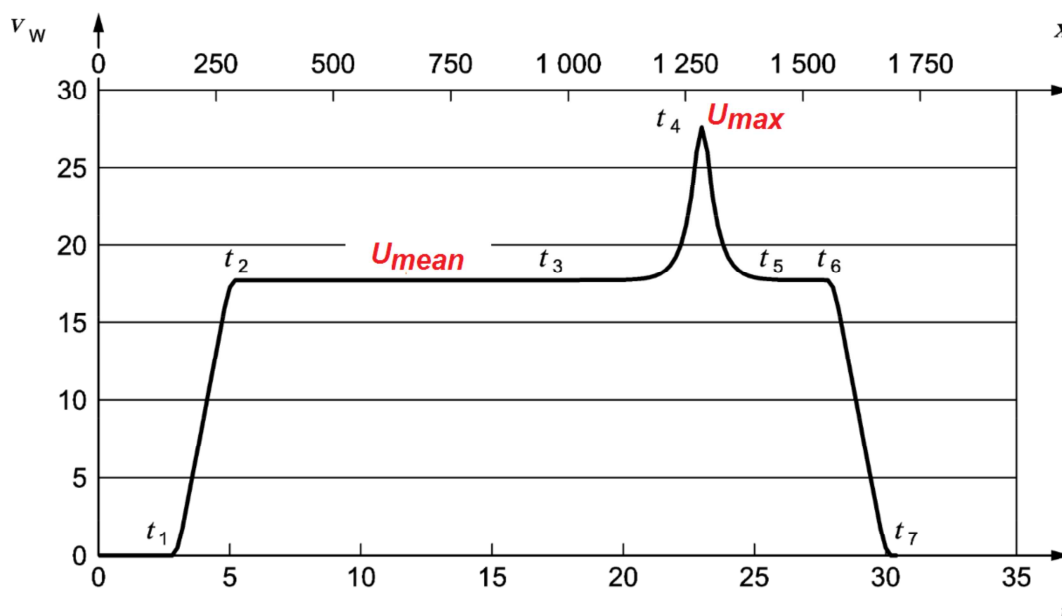
- metoda prediktivní rovnice; jedná se o jednoduchou metodu, která je použitelná pro vozidla délky v rozmezí 10 až 28 m a normální rozchod 1435 mm;
- metoda simulace pomocí počítačové mechaniky proudění (CFD); jedná se o úplnou metodu ověření účinků bočního větru; alespoň jeden výpočetní stav musí být ověřen zkouškou v aerodynamickém tunelu;
- metoda měření ve zmenšeném měřítku v aerodynamickém tunelu. Jedná se o úplnou metodu ověření účinků bočního větru; musí být provedena srovnávací zkouška se stanoveným srovnávacím vozidlem; příklad zkoušky je uveden na obr. 2.2-14.

Obr. 2.2-13: Schéma posouzení účinku bočního větru podle směrnice DB AG č. 807.04



Obr. 2.2-14: Zkouška modelu vozidla ve větrném tunelu





Obr. 2.2-15: Příklad prostorového rozdělení větru pro model poryvu „čínský klobouk“

Pro stanovení odlehčení kola vyvolaného bočním větrem u osobních nebo nákladních vozů se používá především „multi body“ simulace využívající průběh větru typu „čínský klobouk“ (obr. 2.2-15). Účinek bočního větru  $v_w$  nemá statický charakter, ale je proměnný v čase. Vozidlo je vystaveno nejprve účinku bočního větru  $v_w$  o konstantní hodnotě  $U_{mean}$ . Po té následuje větrný poryv  $U_{max}$ .

Vstupní data pro simulační výpočet jsou následující:

- pro každý krok simulace je spočítána velikost rychlosti větru  $v_w(t)$
- velikost úhlu výsledného proudu vzduchu  $\beta = f(v_{tr}, v_w)$
- odpovídající aerodynamické součinitele  $c_{Fi} = f(\beta)$  a  $c_{Mi} = f(\beta)$
- aerodynamické síly a momenty  $F_i = f(c_{Fi})$  a  $M_i = f(c_{Mi})$

Pro simulační výpočet je sestaven úplný výpočetní model zahrnující všechny hmotové parametry, parametry vypružení a tlumení. Dále je nutné korektně zohlednit kontakt kolo-kolejnice. Vyhodnocení poměru  $Q/Q_0$  se provádí pro oba podvozky kolejového vozidla (obr. 2.2-16). Výpočet každého bodu CWC probíhá postupnou iterací.

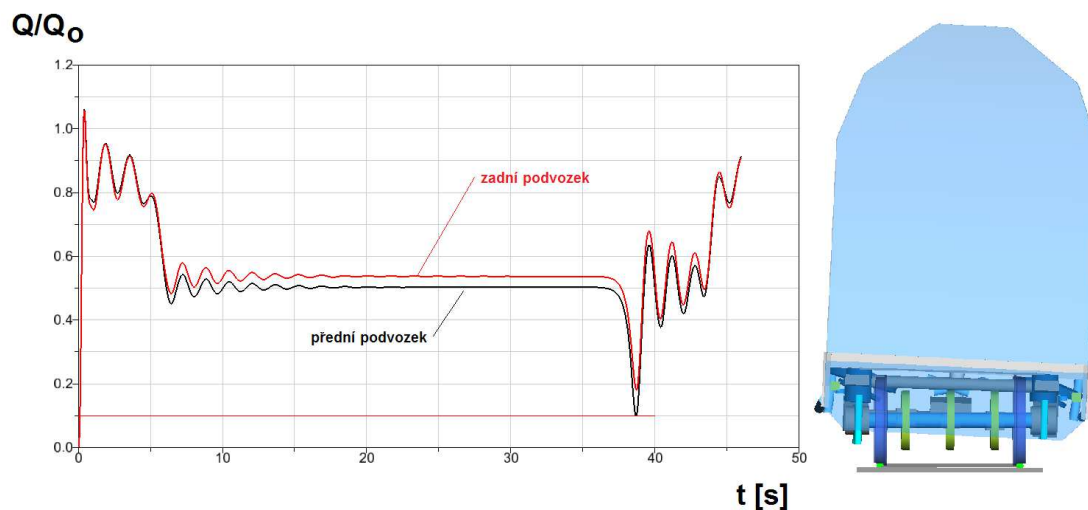
Výsledkem simulačního výpočtu jsou charakteristické křivky větru (obr. 2.2-17).

## 2.2.2 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY

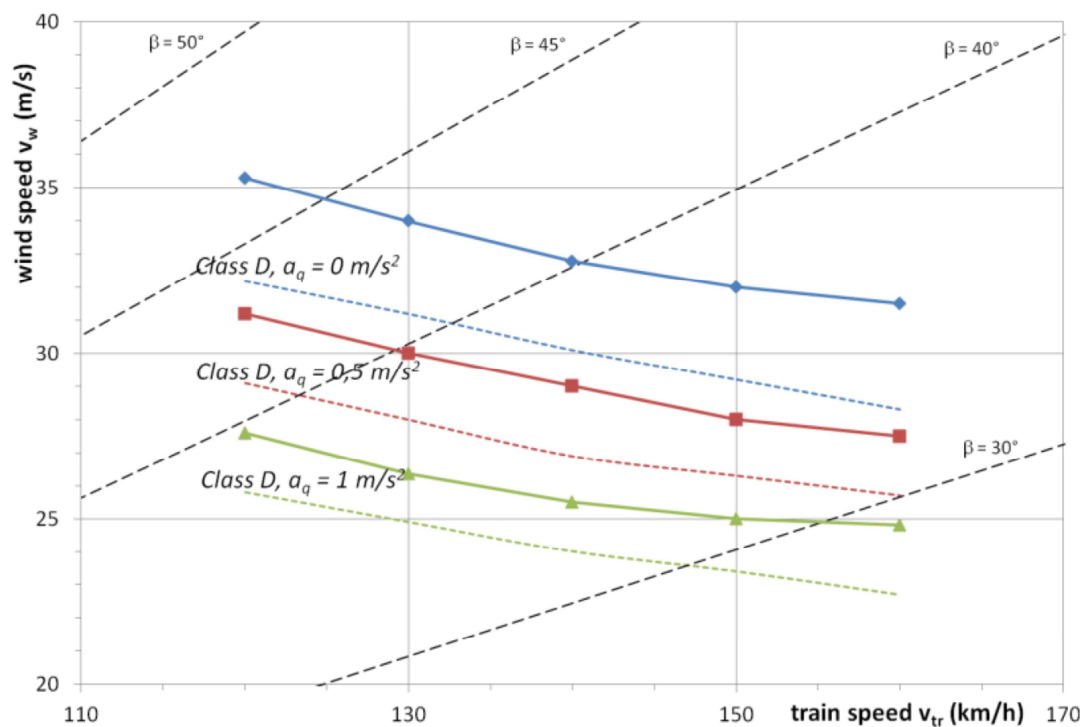
### POŽADAVKY NA VOZIDLA

Pro vozidla s maximální rychlostí jízdy větší jak 160 km/h je požadováno splnění normy EN 14067-4 [1]. Norma EN 14067-5 [2] nedefinuje podmínky pro rychlost vozidel.

Upozorňuje se na skutečnost, že EN 14067-5+A1 i 14067-6 jsou v současné době v revizi; hlavní změna je zvýšení max. rychlosti až na 360 km/h.



Obr. 2.2-16: Průběh poměru  $Q/Q_0$  v čase



Obr. 2.2-17: Příklad charakteristických křivek větru (tečkované čárky jsou limitní hodnoty)

Pro osobní vozy a lokomotivy s maximální rychlostí větší jak 140 km/h a pro nákladní vozy s maximální rychlostí mezi 80 a 160 km/h je požadováno splnění normy EN 14067-6 [3].

V TSI LOC&PAS [5] jsou k problematice aerodynamických účinků uvedeny odkazy na následující normy:

- EN 14067-4 [1] - pro rychlost vozidla vyšší jak 160 km/h;
- EN 14067-5+A1 [2] - pro rychlost vozidla vyšší jak 200 km/h;
- EN 14067-6 [3] - pro rychlost vozidla vyšší jak 140 km/h.

Na rozdíl od normy EN 14067-6 v TSI WAG není uveden požadavek na hodnocení účinků bočního větru.

#### POŽADAVKY NA INFRASTRUKTURU

V TSI INF [6] je uveden odkaz na normu EN 14067-5+A1 [2]. Dále jsou v TSI INF [6] uvedeny následující požadavky vztahující se k aerodynamickým účinkům:

##### Kapitola 4.2.10.1 Maximální kolísání tlaku v tunelech

- 1) Pro každý tunel nebo podzemní konstrukci, které mají být provozovány při rychlostech 200 km/h nebo vyšších, se musí zajistit, aby maximální kolísání tlaku způsobeného průjezdem vlaku jedoucího v tunelu maximální povolenou rychlostí nepřesáhlo během doby průjezdu vlaku tunelem 10 kPa.
- 2) Výše uvedený požadavek musí být splněn podél vnějších stran každého vlaku, který splňuje TSI LOC & PAS.

##### Kapitola 4.2.10.2 Účinky bočního větru

- 1) Trať je z hlediska bočního větru interoperabilní, pokud je zaručena bezpečnost referenčního vlaku projíždějícího po příslušné trati za nejkritičtějších provozních podmínek.
- 2) Pravidla pro prokázání shody musí přihlídnout k charakteristickým křivkám větru referenčního vlaku podle TSI LOC & PAS.
- 3) Pokud bezpečnosti nelze dosáhnout bez zmírňujících opatření, buď kvůli zeměpisné poloze, nebo jiným zvláštnostem trati, musí provozovatel infrastruktury učinit nezbytná opatření pro zachování bezpečnosti, například prostřednictvím:
  - místního omezení rychlosti vlaků; lze provést dočasně během období s nebezpečím bouří,
  - vybudování zařízení na ochranu daného úseku trati před bočním větrem,
  - jiných vhodných prostředků.
- 4) Musí být prokázáno, že po přijatých opatřeních je bezpečnost zajištěna.

##### Kapitola 4.2.10.3 Odlétávání kameniva

- 1) Vzájemné aerodynamické působení mezi kolejovým vozidlem a infrastrukturou může způsobit zvedání a odlétávání zrn šterku z kolejového lože.
- 2) Požadavky na subsystém infrastruktura, jejichž cílem je zmírnit riziko odlétávání kameniva, se vztahují pouze na tratě s maximální rychlostí 200 km/h nebo vyšší.
- 3) Požadavky výše uvedeného bodu 2 jsou otevřeným bodem TSI INF.

##### Kapitola 6.2.4.12 Posuzování maximálního kolísání tlaku v tunelech

- 1) Posuzování maximálního kolísání tlaku v tunelu (kritérium 10 kPa) se provádí s využitím výsledků numerických simulací podle kapitol 4 a 6 v EN 14067-5:2006+A1:2010 provedených provozovatelem infrastruktury nebo zadavatelem na základě všech očekávaných provozních podmínek s vlaky vyhovujícími TSI lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob, které mají být v konkrétním posuzovaném tunelu provozovány při rychlostech 200 km/h nebo vyšších.

- 2) Referenční plochy obrysu interoperabilních vlaků (konstantní podél vlaku), které se mají posuzovat, nezávisle pro hnací i tažené vozidlo, musí být:
- 3) Vstupní parametry, které se mají použít, musí splňovat charakteristické referenční hodnoty tlaku vlaků stanovené v TSI lokomotivy a kolejová vozidla.
  - a) 12 m<sup>2</sup> pro vozidla navrhovaná pro vztažné kinematické obrysy GC a DE3;
  - b) 11 m<sup>2</sup> pro vozidla navrhovaná pro vztažné kinematické obrysy GA a GB;
  - c) 10 m<sup>2</sup> pro vozidla navrhovaná pro vztažný kinematický obrys G1.

Obrys vozidla, které se má posuzovat, se stanoví na základě obrysů vozidel vybraných podle bodu 4.2.1.

- 4) Při posuzování je možno zohlednit případné stavební prvky, které snižují kolísání tlaku, a také délku tunelu.
- 5) Kolísání tlaku v důsledku atmosférických nebo zeměpisných podmínek lze zanedbat.

#### *Kapitola 6.2.4.13 Posuzování účinků bočního větru*

Toto prokázání bezpečnosti je mimo oblast působnosti této TSI, a tudíž nepodléhá ověření oznámeným subjektem. Prokázání provede provozovatel infrastruktury, v případě potřeby ve spolupráci s železničním podnikem.

#### *Kapitola 7.6 Zjištění kompatibility infrastruktury a kolejových vozidel po schválení kolejových vozidel*

- 1) Kolejová vozidla, která jsou v souladu s TSI kolejová vozidla, nejsou automaticky kompatibilní se všemi tratěmi, které jsou v souladu s touto TSI infrastruktura. Například vozidlo s obrysem GC není kompatibilní s tunelem pro obrys GB. Proces zjišťování kompatibility trasy, který je třeba dodržet, musí být v souladu s doporučením Komise o povolení k uvedení strukturálních subsystémů a vozidel do provozu podle směrnice 2008/57/ES.
- 2) Návrh TSI kategorie tratí podle definice v oddílu 4 je obecně kompatibilní s provozem vozidel spadajících do kategorií dle normy EN 15528:2008+A1:2012 až do maximální přípustné rychlosti podle dodatku E. Může však nastat riziko nadměrných dynamických účinků, včetně rezonance na některých mostech, což může mít dále vliv na kompatibilitu vozidel a infrastruktury.
- 3) Za účelem prokázání kompatibility vozidel, která jsou provozována při vyšší než maximální rychlosti uvedené v dodatku E, mohou být prováděny kontroly založené na konkrétních provozních scénářích sjednaných mezi provozovatelem infrastruktury a železničním podnikem.
- 4) Jak je uvedeno v bodě 4.2.1 této TSI, je přípustné navrhovat nové a modernizované tratě tak, aby vyhovovaly i většímu obrysu, větší hmotnosti na nápravu, větší rychlosti, větší využitelné délce nástupiště a větší délce vlaku, než je stanoveno.

#### *ROZHRANÍ MEZI SUBSYSTÉMY TSI LOC & PAS A TSI INF*

V následující tabulce jsou uvedeny kapitoly v TSI INF [6] a TSI LOC & PAS [5]

Rozhraní	Odkaz v TSI INF [6]	Odkaz v TSI LOC & PAS [5]
Aerodynamické účinky	4.2.3.2 Osová vzdálenost kolejí 4.2.7.3 Odolnost nových konstrukcí vedoucích nad tratí nebo podél trati 4.2.10.1 Maximální kolísání tlaku v tunelech 4.2.10.3 Odlétávání kameniva	4.2.6.2.1 Účinek tlakové vlny na cestující na nástupištích a na pracovníky podél trati 4.2.6.2.2 Tlakové zatížení 4.2.6.2.3 Maximální kolísání tlaku v tunelech 4.2.6.2.5 Aerodynamický účinek na kolejích s kamenivem v kolejovém loži
Boční vítr	4.2.10.2 Účinky bočního větru	4.2.6.2.4 Boční vítr

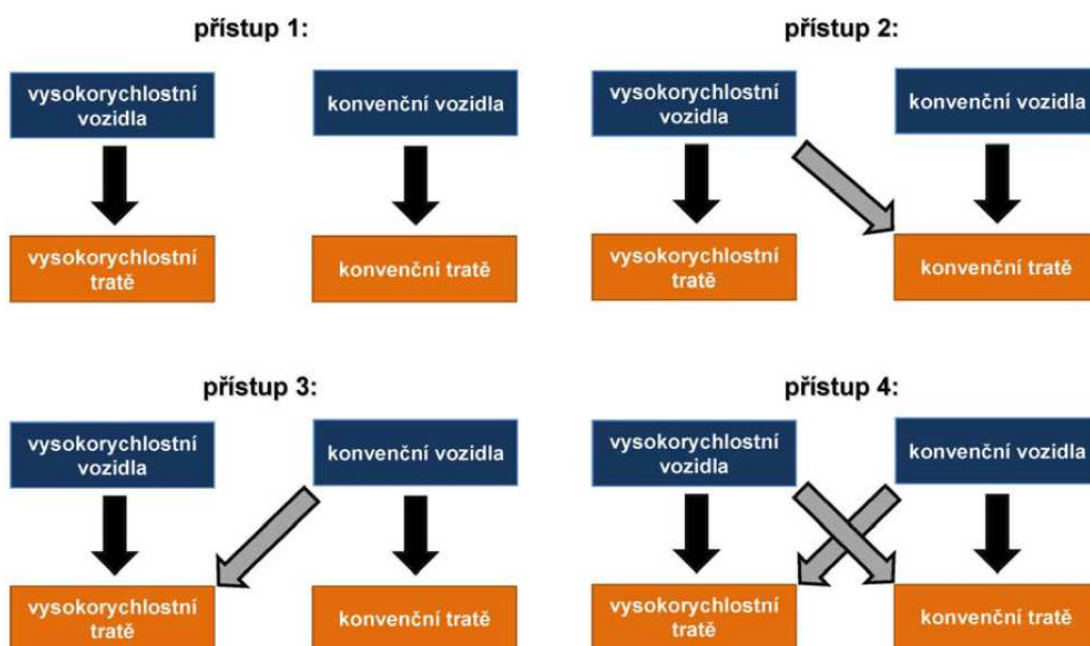
## 2.3 PROVOZ KONVENČNÍCH VOZIDEL NA VRT

### 2.3.1 VZTAH MEZI KONVENČNÍM A VYSOKORYCHLOSTNÍM ŽELEZNIČNÍM SYSTÉMEM

Podle míry nezávislosti nebo provázanosti konvenčního železničního systému a vysokorychlostního železničního systému na daném území lze rozlišit následující čtyři základní přístupy:

- zcela segregované železniční systémy;
- vysokorychlostní vlaky přejíždějí na konvenční železniční síť;
- konvenční vlaky přejíždějí na vysokorychlostní železniční síť;
- vysokorychlostní vlaky se pohybují také po konvenční síti a zároveň konvenční vlaky jsou provozovány také po vysokorychlostních tratích.

Obr. 2.3-1: Vztah mezi konvenčními a vysokorychlostními vozidly a infrastrukturou





### 2.3.2 PROVOZ KONVENČNÍCH VLAKŮ NA TRATÍCH VRT

Provoz konvenčních vlaků na vysokorychlostní síti je jedním z témat, které není přes existenci TSI celoevropsky sjednoceno. Každá země má svá vlastní pravidla, jak se k takovému provozu staví. A to z pohledu provozu konvenční osobní dopravy po VRT, tak z pohledu nákladní dopravy.

Samotná TSI tuto problematiku neřeší, a to ani po sjednocení TSI RST HS s TSI RST CR. Vozidlo, které svou specifikací odpovídá těmto sjednoceným TSI, automaticky nevyhovuje provozu po celé železniční síti EU. Každé vozidlo je stále navrhováno na použití při podmínkách, které při koupi požaduje jeho objednatel.

V zahraničí nelze vysledovat jednoduché vodítko, například závislost mezi průřezem tunelu, osovou vzdáleností apod. a možností jízdy konvenčního/nákladního vozidla po VRT. Například:

- V Rakousku na svých tratích navrhují osobou vzdálenost 5 m pro míjení konvenčních a nákladních vlaků o rychlosti do 250 km/h.
- Ve Španělsku/Francii (úsek Figieres – Perpignan) je umožněn provoz nákladní dopravy rychlostí 100 km/h s neomezeným provozem vysokorychlostních vlaků rychlostí 300 km/h při osové vzdálenosti pouhých 4,7 m.

V Německu, kde je skladba dopravy po tratích s rychlostí nad 200 km/h asi nejpestřejší, existuje předpis Ril 800.0200A61 „Schnellfahrstrecken für Geschwindigkeiten über 250 km/h“ („Rychlé tratě s rychlostí nad 250 km/h“). Dále existují směrnice Drážního úřadu, který se danou problematikou zabývá, jak bylo zmíněno výše.

Tyto dokumenty jsou zásadní také pro posuzování možnosti jízdy konvenčních vozidel po tratích VRT, jak je uvedeno v kapitole 2.3 níže.

Z této směrnice vyplývá:

- omezení daná předpisem platí pro rychlosti vyšší než 250 km/h;
- vozidla pro osobní dopravu, která mají být provozována na trati, kde nejvyšší dosahovaná rychlost je vyšší než 250 km/h, musí vykazovat odolnost vůči účinkům tlaku podle dalších předpisů jak s ohledem na konstrukci vozidel, tak s ohledem na pohodlí cestujících; musí mít uzavřený systém WC;
- při rychlostech vyšších než 250 km/h nesmí docházet k míjení vlaků osobní a nákladní dopravy v tunelech.

Výše uvedené koresponduje s praktickými případy v Německu:

- na vysokorychlostní trati Berlín – Hannover se dosahuje rychlosti 250 km/h bez omezení míjení nákladní a osobní dopravy;
- na vysokorychlostní trati Hannover – Würzburg se dosahuje rychlosti 280 km/h; provoz nákladní dopravy je povolen pouze v noční době; pokud mají jezdit nákladní vlaky také v denní době, je rychlost vlaků osobní přepravy omezena na 160 km/h;



- na vysokorychlostní trati Erfurt – Leipzig se dosahuje rychlosti 300 km/h; nákladní doprava může probíhat bez omezení (na trati jsou jen jednokolejné tunely);
- na vysokorychlostní trati Erfurt – Nürnberg se dosahuje rychlosti 300 km/h; v případě provozu nákladní vlaků je rychlost omezena na 250 km/h (na trati jsou i dvoukolejné tunely).

Z dokumentů německého drážního úřadu vyplývá, že vozidla se po stránce aerodynamiky posuzují podle několika scénářů jejich využití:

- scénář 1: **vozidla pro rychlost do 200 km/h**, která je možno provozovat:
  - na tratích bez tunelů, kde ostatní vozidla dosahují rychlosti do 200 km/h,
  - na tratích bez tunelů, kde ostatní vozidla dosahují rychlosti v rozmezí od 200 km/h až do 300 km/h,
  - na tratích s jednokolejnými tunely, kde ostatní vozidla dosahují rychlosti od 200 km/h až do 300 km/h;
- scénář 2: **vozidla pro rychlost do 200 km/h**, která je možno provozovat **kdekoliv**, kde ostatní vozidla dosahují rychlosti až do 300 km/h;
- scénář 3: **vozidla pro rychlost nad 250 km/h**, která je možno provozovat **kdekoliv**, kde ostatní vozidla dosahují rychlosti až do 300 km/h

Toto opět koresponduje s praktickými příklady, nejen Německými, např.:

- vozidla vlaku NIM Expres spadají do scénáře 2;
- vlaky objednávané pro *francouzské* vlaky IC s rychlostí 200 km/h mají dvě verze – pro provoz na VRT a pro provoz mimo ní.

V závěru směrnice je uvedeno, že se doporučuje posouzení vozidel podle výše uvedených scénářů a dále, že stanovení podmínek pro provoz na trati je věcí provozovatele, který je může zajistit mj. i organizačními opatřeními.

Z výše uvedeného vyplývá, že:

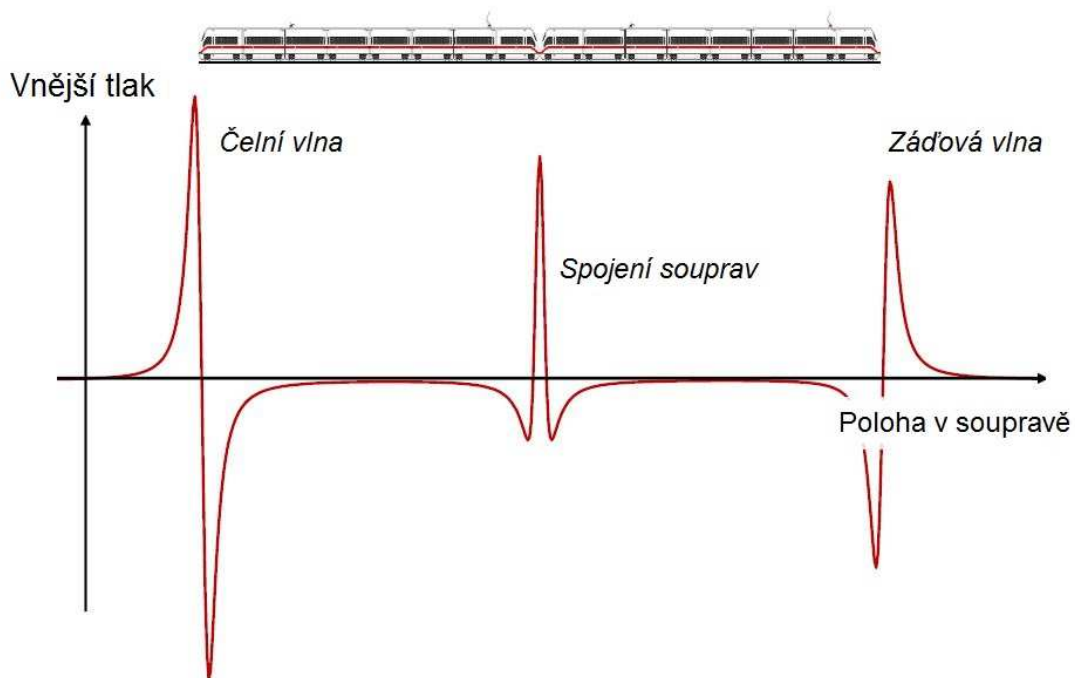
- každé vozidlo je konstruováno a schvalováno pro své vlastnosti **a na dané použití**;
- pro traťové rychlosti **do 160 km/h by neměl být se vzájemným provozem velký problém\***; takto se odvíjí i dosavadní běžný provoz v České republice;
- pro traťové rychlosti **nad 160 km/h do 250 km/h**, především pak v oblasti nad 200 km/h, nelze povolit provoz některých typů nákladních vozů (např. vozy zakryté plachtami nebo vozy s posuvnými bočnicemi) bez ověření kompatibility; tento problém by však neměl být nepřekonatelný;
- pro traťové rychlosti **nad 160 km/h\* musí být všechna osobní vozidla posouzena**, zda jsou pro daný provoz vhodná; upozorňuje se především na pevnost skříně, oken a dveří; toto je ve shodě se současným zněním Nařízení komise (EU) č. 1302/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla – lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob železničního systému v Evropské unii (TSI LOC & PAS)

\* V dokumentu je také uvedeno, že lze zjednodušeně posoudit netlakotěsná vozidla pro provoz v rychlostním pásmu 160 až 200 km/h na výjimečné zatížení a únavu pro hodnoty tlaků uvedených v tabulkách na str. 29 a 30 s poznámkou, že pokud vozidla vyhoví výpočtu podle EN 12663-1 Railway applications – Structural requirements of railway vehicle bodies – Part 1: Locomotives and passenger rolling stock (and alternative method for freight wagons) (dnešní EN 12663-1+A1; je vydána i jako ČSN EN 12663-1+A1, viz přehled norem v příloze studie), která uvažuje jejich provoz v protivětru 35 m/s, by měla vyhovět i pro provoz do rychlosti 200 km/h a vzájemné potkávání s vlaky 200 km/h.

V uvedených podkladech EBA se jedná pouze o upřesnění, na jaké tlakové zatížení mají být vozidla osobní dopravy a lokomotivy dimenzovány. Pro jiné účely by neměly být použity, neboť se jedná o určité smluvní hodnoty, které v sobě zahrnují různé koeficienty, které se používají jen pro dimenzování vozidel. Pokud na základě simulačních výpočtů konkrétního vozidla budou zjištěny vyšší hodnoty, musí být pro dimenzování použity tyto vyšší hodnoty a poté ověřeny měřením v reálném provozu.

Tab. 2.1-1: Okrajové podmínky scénářů pro jízdu v tunelu

Scénář		sólo 1	sólo 2	dvojitá 1	dvojitá 2
souprava 1	–	ICE3 DT (400 m)	ICE3 DT (400 m)	ICE3 DT (400 m)	ICE3 DT (400 m)
souprava 2	–	–	–	ICE3 DT (400 m)	ICE3 DT (400 m)
$v_{tr,1}$	m/s	75,9	76,8	76,1	77,9
$v_{tr,2}$	m/s	–	–	83,6	83,3
$\Delta t_e$	s	–	–	11,4	13,2
teplota	°C	11,4	13,2	14,0	13,6
tlak	hPa	975,8	974,8	974,3	973,1
vlhkost	%	47,1	43,0	41,9	34,0
tunel	–	Fernthal			
délka	m	1 555			
průřez	m <sup>2</sup>	92			
poloha měřicího místa	m	1 140			
doba simulace	s	120	120	do odjezdu vlaku	
$N_c$	–	1 000	1 000	1 000	1 000
$k$	–	3	3	3	3
$p_{eq}$ pro srovnání	Pa	435	470	740	510



Obr. 2.1-1: Průběh vnějšího tlaku podél soupravy dvou vlaků ICE – schematicky podle Ril 804.5501A05

Specifické aerodynamické poměry vznikají při průjezdu vysokorychlostních vozidel tunely na VRT, jak je podrobněji uvedeno výše a také v kapitole 2.2 a v sešitě 10. Subsystémy INF a SRT – tunely a bezpečnost v nich.

### 3 VOZIDLA PRO OSOBNÍ DOPRAVU

---

Studie má za cíl určit technické parametry tratí, jejichž výstavba připadá v úvahu za několik let. Uvedení tratí do provozu se předpokládá nejdříve v roce 2030, tedy zhruba 13 let po zpracování této studie. Nakolik hrubé obrysy má technická podoba infrastruktury, o to hrubší obrysy má provozní stránka vysokorychlostní železniční dopravy v ČR.

V době zpracování studie není k dispozici ani odsouhlasená koncepce provozu vlaků sítě Rychlých spojení. Jak je uvedeno v úvodních koncepčních sešitech studie, má tato koncepce vliv na technická řešení zcela zásadní. **Ne každé vozidlo se na vysokorychlostní trati může bezpodmínečně pohybovat a potkávat v libovolné rychlosti s libovolným jiným vozidlem.**

Tento fakt je jedním ze zásadních, neboť determinuje, jakou kombinaci linek je možné po VRT provozovat stávajícími vozidly. Nebo naopak, jaká vozidla musí být pro danou linku pořízena.

Oblast železničních vozidel zaznamenala v posledních desetiletích bouřlivý rozvoj. Přesto lze odhadnout směr, kterým se vývoj ubírá. Jako podklad pro stanovení parametrů vysokorychlostních tratí v návrhové části studie jsou níže uvedeny parametry existujících vozidel, která v době zpracování studie patří k nejnovějším nebo běžně používaným. U takových vozidel je předpoklad, že **technicky podobná** by v budoucnu mohla sloužit i cestujícím v České republice. Vozidla zařazená do následujícího přehledu lze rozdělit do třech skupin:

Čistě vysokorychlostní vozidla pro nejvyšší rychlosti určená pro provoz vlaků nejvyšších kategorií především v Evropě.

- TGV POS – 320 km/h (Francie)
- TGV Duplex – 320 km/h (Francie)
- ICE 3 – 330 km/h (Německo)
- ETR 500 a ETR 1000 – 360 km/h (Itálie)

Tato vozidla jsou doplňována vysokorychlostními jednotkami s nižší maximální rychlostí pro provoz dálkových vlaků nižších kategorií, které VRT využívají pouze v části své trasy. Tato vozidla mívají dostatečnou rychlost, která na VRT nebrzdí rychle jedoucí vlaky předchozí kategorie, zároveň nejsou zbytečně drahá pro provoz na konvenční síti:

- RENFE S120 – 250 km/h (Španělsko)
- ICE 4 – 250 km/h (Německo)

Třetí kategorií jsou vozidla v době zpracování studie provozovaná v ČR a u nichž je zároveň alespoň teoretický předpoklad, že by se v nějakém z navrhovaných konceptů mohla objevit na VRT:

- Pendolino (ř. 680 Českých drah)
- railjet
- InterPanter
- CityElefant

Je nutné mít v patrnosti, že tato vozidla budou v době zprovoznění VRT minimálně o zmíněných 13 let starší. Uvedené Pendolino tak bude mít za sebou již cca 25 let života a nejstarší regionální soupravy CityElefant již téměř 30 let. Lze tedy předpokládat jejich modernizaci nebo přestavbu, a proto pomeňme fakt, že s ohledem na pravděpodobnou trakční soustavu dnes nejsou některá z nich kompatibilní s VRT vůbec.

### 3.1 VYSOKORYCHLOSTNÍ VOZIDLA (V MAX 300 KM/H A VÍCE)

#### 3.1.1 TGV POS

**TGV POS** je vysokorychlostní vlak z rodiny vlaků TGV vyvinutý a vyrobený francouzským výrobcem Alstom a provozovaný francouzským národním železničním dopravcem SNCF na francouzských vysokorychlostních tratích. Původně byl objednáán společností SNCF pro provoz na nové vysokorychlostní trati LGV Est, dané do provozu v roce 2007. Zkratka „POS“ vychází z německého *Paris – Ostfrankreich – Süddeutschland* (*Paříž – východní Francie – jižní Německo*).

Vlak tvoří osm stávajících jednopodlažních vozů typu TGV Réseau spojených s nově vyvinutými hnacími vozy o celkovém výkonu 9,6 MW a nejvyšší rychlosti 320 km/h na tratích elektrifikovaných systémem 25 kV 50 Hz. Hnací vozy vlaků TGV Réseau jsou kompatibilní s hnacími vozy nových jednotek TGV Duplex a je možno řadit hybridní soupravy složené z jednotek obou typů.

Pohon vlaků TGV POS tvoří asynchronní motory a, v případě poruchy, je možno provozovat každý z obou motorů v podvozku samostatně. Použitím prvků IGBT je zaručeno, že nové hnací vozy jsou schopné vyvinout 75 % plné tažné síly na tratích elektrifikovaných systémem 15 kV 16,7 Hz, který se používá v Německu a ve Švýcarsku, ve srovnání s využitím na 45 % u stávajících hnacích vozů TGV. Tato vlastnost umožňuje vlakům TGV POS jezdit v Německu stejnou rychlostí jako domácí vlaky ICE.

Obr. 3.1-1: Vlak TGV POS 4410 v barevném provedení Lyria pro provoz do Švýcarska



Vlaky TGV POS se nasazují na spoje mezi Francií, Německem a Švýcarskem. Ve Švýcarsku jsou to tratě mezi Basilejí a Curychem a z Vallorbe do Lausanne ve směru od Paříže.

Od roku 2013 jsou všechny vlaky TGV POS provozovány pod značkou TGV Lyria a v příslušném nátěru (TGV Lyria je společný podnik SNCF a švýcarských drah SBB), který provozuje vlaky mezi Francií a Švýcarskem. Dosavadních 8 vlaků SNCF typu TGV Sud-Est bylo v této službě nahrazeno vlaky typu TGV POS.

Vlak sestavený z obou hnacích vozů TGV POS ev. č. 4402 docílil 3. dubna 2007 nového světového rychlostního rekordu drážního vozidla na konvenční koleji. Vlak docílil rychlosti 574,8 km/h, čímž byl překonán předchozí rekord 554,3 km/h z 13. února 2007.

Souprava sestávala z upravených vozů typu Duplex, vystrojených vždy jedním hnacím podvozkem podle prototypu vlaku AGV, zařazených mezi hnací vozy TGV POS. Rekordní souprava o konfiguraci Bo'Bo'+2'Bo'+Bo'2'+Bo'Bo' měla o 4 hnací nápravy více než vlak ev. č. 325, který docílil rekord v roce 1990 a měl teoretický maximální výkon 19,6 MW ve srovnání s výkonem 9,3 MW u standardního vlaku TGV.

Vlak měl instalována kola o větším průměru a napětí v troleji bylo zvýšeno na 31 kV oproti standardním 25 kV. Maximální rychlosti bylo dosaženo na trati LGV Est mezi stanicemi Meuse a Champagne-Ardenne TGV.

Tabulka 3.1-1: Technické parametry

Parametr	Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo	ANO
Maximální rychlost	320 km/h
Kapacita	120 (1. třída) 257 (2. třída)
Délka soupravy	200,2 m
Hmotnost	390 t
Hmotnost na nápravu	17 t
Trakční soustavy	25 kV 50 Hz, 15 kV 16,7 Hz, 1,5 kV
Výkon	3 680 kW (1,5) 6 880 kW (15) 9 280 kW (25)
Referenční obrys	UIC 505-1 G2
Cena (řádově)	
Cena na sedadlo	

---

### 3.1.2 TGV DUPLEX

---

**TGV Duplex** je patrová vysokorychlostní jednotka výrobce ALSTOM. Jednotky třetí generace vlaků TGV koncepčně představují koncepčně jednotku složenou ze dvou hnacích vozů (vždy na konci jednotky) a 8 vložených patrových osobních vozů.

Jednotky TGV Duplex byly francouzským železnicím SNCF dodány (Alstom, Bombardier) v následujících provedeních:

- TGV Duplex, 1995-2006, 88 souprav, napájecí systém 25 kV 50 Hz AC a 1,5 kV DC.
- TGV Duplex Réseau, 1995-2007, 19 souprav, oproti 1. sérii u některých systém 3 kV DC
- TGV Duplex Dasye, 49 souprav, 2008-12, vybaveny ERTMS, s asynchronními motory
- TGV 2N2 Euroduplex, od 2011, 55 souprav (z toho 30 vybavených pro provoz na tratích DB Netz), opce na dalších 40 od roku 2016
- Verze pro Maroko – 14 souprav o 8 vložených vozech – pro trať Tanger – Rabat – Casablanca – Agadir, jejíž první úsek Tanger – Kenitra má být otevřen v roce 2018.

---

#### POZADÍ VZNIKU

---

Existují různé možnosti, jak zvýšit kapacitu trati, když se dostane na hranici možností – buď zkrácením intervalů vlaků, anebo zvýšením jejich kapacity. Zvýšení kapacity vlaku při nezměněné délce, tj. vývoj nového vlaku v patrovém provedení, je levnější, než zcela měnit zabezpečovací systém tratě s ohledem na hustší sled vlaků a kratší zábrzdné vzdálenosti.



*Obr. 3.1-2: Vlak TGV Duplex jsou provozovány na všech linkách.*

Vysokorychlostní trať z Paříže na jihovýchod Francie dosáhla již v 80. letech hranice kapacity. Interval mezi vlaky dosahoval ve špičkách již 3 minuty. Prvním pokusem o zvýšení kapaci-



ty bylo zdvojení souprav, což vyvolalo nutnost prodloužení nástupišť na dostatečnou délku. Jiné schůdné řešení bylo zvětšení výšky vlaků a umístění cestujících do dvou podlaží, což umožnilo zvýšit kapacitu vlaku o 45 % při nezměněné délce.

Patrové vlaky TGV rovněž umožňují provoz ve dvojicích a také spojování s vlaky TGV Réseau. Vývoj jednotek začal v letech 1987-88, první zkoušky proběhly v roce 1995.



Obr. 3.1-3: TGV Duplex, interiér vozu 1. třídy

Vlaky TGV jsou provozovány i na zahraničních tratích.

#### DALŠÍ VÝVOJ

Během vývoje a výroby jednotek TGV Duplex se jejich provedení dále zdokonalovalo.

- *vozové skříně z hliníku* – maximální dovolená hmotnost na nápravu 17 t si vynutila rozsáhlou redukci hmotnosti vozidla; konstrukce z hliníkových extrudovaných profilů, podobně jako u německých vlaků ICE, umožnily snížení hmotnosti o 20 %;
- *zlepšení tvaru a aerodynamiky* – čela koncových hnacích vozů a přechody mezi vozy byly zcela přepracovány a zlepšeny, takže TGV Duplex má při cestovní rychlosti 300 km/h odpor vzduchu pouze o 4 % vyšší než běžný jednopodlažní vlak TGV při shodné cestovní rychlosti; čelo se značně odlišuje od původního provedení a bylo navrženo stejně jako celý vlak průmyslovým designérem Rogerem Tallonem;
- *crashová odolnost* – deformační zóny a stabilní provedení prostor pro cestující poskytují v případě nárazu zvýšenou bezpečnost; rám hnacích vozů je dimenzován na trvalé zatížení 500 t směřující zepředu a jsou v něm navržena místa řízeného lomu, která pohlcují energii nárazu a snižují její účinky;



- *aktivní sběrače* – sběrač *Faiveley CX* vlaku Duplex je vybaven aktivním řízením, které sběrače automaticky pohání; dva malé plynové píсты ve zvedacím zařízení mohou ovlivnit tuhost horní části sběrače tak, aby byl zajištěn trvalý kontakt sběrače s trolejovým vedením při jakékoliv rychlosti;
- *všechna kola brzděna* – dřívější verze TGV, mezi nimi i vlaky společnosti Eurostar typu British Rail Class 373, mají kotoučové brzdové jednotky pouze na nepoháněných nápravách; vyšší hmotnost hnacích vozů jednotek Duplex dovoluje instalaci kleštinových brzd přímo na poháněných kolech namísto obvyklých špalíkových brzd, což sice příliš nezvyšuje brzdový výkon, avšak šetří kontaktní plochu kol a méně ji zdršňuje; toto opatření má také příznivý vliv na vývin hluku za jízdy;
- *omezení hluku při větrání* – ventilace hnacích vozů TGV produkuje během stání vlaku ve stanici nejvíce vnímaný hluk; pro redukci tohoto hlasitého bručivého zvuku byla ventilace přepracována na odlišné provedení.

### EURODUPLEX

Pokračovatelem vývoje jednotek TGV Duplex je jednotka **SNCF TGV 2N2**, nazývaná též **Euroduplex**. Tyto jednotky jsou dalším článkem rodiny vlaků TGV vyvíjených a vyráběných firmou Alstom a provozovaných francouzským národním dopravcem SNCF a také marockými železnicemi ONCF. Jedná se o třetí generaci patrových jednotek TGV Duplex. V současnosti je vyrábí závody Alstom v Belfortu a v La Rochelle. První jednotky jsou v provozu od 11. prosince 2011.

Vlaky TGV 2N2 navazují na vlaky TGV Duplex Dasye a zachovávají jejich hlavní znaky. Pohon je shodného provedení jako u TGV POS pomocí asynchronních trakčních motorů. Vlaky jsou vystrojeny evropských zabezpečovacím systémem ERTMS. Vložené vozy mají nově koncipovaný interiér, cestující v obou vozových třídách mají k dispozici elektrické zásuvky a informační systém pro cestující byl zdokonalen.

Hlavní rozdíly mezi vlaky TGV EuroDuplex a TGV Duplex Dasye:

- horní podlaží lépe využívá průjezdný průřez UIC;
- zdokonalené provedení oken;
- vnitřní informační systém pro cestující (typ SIVE) s hlasovým výstupem shodného provedení jako v regionálních vlacích TER;
- vnější informační systém pro cestující (rovněž SIVE) s dynamickými světelnými displeji, které indikují číslo vlaku, jeho trasu, číslo vozu, více nácestných stanic spolu s časovými údaji;
- posuvné stupně přemostující mezeru mezi vlakem a nástupištěm u všech vstupních dveří;
  - kontrola horkoběžnosti nápravových ložisek (dvě čidla u každého nápravového ložiska z důvodu redundance);
  - diagnostika všech náprav;
  - zlepšená dostupnost pro cestující se sníženou schopností pohybu a orientace.

V pokračování úspěšného konceptu TGV Duplex, oceňovaného zákazníky, a vzhledem k nutnosti vyvinout interoperabilní vlaky, především s možností nasazení na tratích elektri-

fikovaných soustavou 15 kV 16,7 Hz (předtím pouze 8 vlaků TGV Sud-Est s možností jízdy pod tímto systémem a pak 19 vlaků provedení TGV POS), byla tato verze vyvinuta jako tří-systémová verze vlaku TGV Duplex.



Obr. 3.1-4: Vlak TGV 4722 vjíždí na hlavní nádraží v Karlsruhe

Tabulka 3.1-2: Technické parametry

Parametr	Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo	ANO
Maximální rychlost	320 km/h
Kapacita	500+ míst (dle verze)
Délka soupravy	200 m
Hmotnost	380 t
Hmotnost na nápravu	do 17 t
Trakční soustavy	25 kV, 15 kV 3 kV, 1.5 kV (dle verze)
Výkon	9 400 kW
Referenční obrys	UIC 505-1 G2, GB
Cena (řádově, verze pro Maroko)	770 mil. Kč
Cena na sedadlo (řádově pro verzi 530 míst)	1 450 000 Kč

---

### 3.1.3 ICE 3

---



Obr. 3.1-5: Vlak ICE 3

**ICE 3** je označení různých provedení vysokorychlostních vlaků ICE. Vzhledem k nejvyšší rychlosti 330 km/h jsou to nejrychlejší vlaky osobní přepravy u německých drah DB. V pravidelném provozu dosahují až 300 km/h, ve Francii až 320 km/h.

Hlavním odlišujícím znakem jednotek ICE 3 oproti starším provedením ICE 1 a ICE 2 je pohon umístěný pod podlahou rozložený po celém vlaku; starší provedení se vyznačovala pohonem soustředěným do čelního hnacího vozu. Čtyři z osmi vozů vlaku ICE 3 o celkové délce kolem 200 m jsou hnací. Ve srovnání s vlaky s lokomotivou má tedy ICE 3 nižší hmotnost na nápravu a více míst k sezení při shodné délce vlaku.

Vlak ICE 3 dodalo v letech 1997-2013 konsorcium Siemens/Bombardier v následujících sériích:

- řada 403 – vyráběna v letech 1997-2006 ve dvou sériích, 37+13 kusů
- řada 406 – vyráběna v letech 1997-2006 v jedné sérii, 17 kusů (z toho 13 v provozu DB, 4 v provozu NS)
- řada 407 (Velaro D) – vyráběna v letech 2006-2012 v jedné sérii, 17 kusů

Řada 403 se provozuje pouze v Německu (napájecí systém pouze 15 kV, 16,7 Hz), zatímco řady 406 a 407 je možno provozovat rovněž na napájecích systémech v Holandsku, Belgii a Francii (tj. 1,5 kV a 3 kV d.c. a 25 kV 50 Hz a.c.).





Obr. 3.1-6: ICE 3, oddíl 2. třídy

Koncept zcela nově vyvíjeného vlaku ICE 3 vycházel z předpokladů evropské kompatibility a technických požadavků. Předpokládalo se pravidelný provoz rychlostí až do 300 km/h (čemuž odpovídalo zvýšení výkonu o cca 60 %), max. hmotnost na nápravu 17 t a maximální délka vlaku 400 m při redukované šířce vozidla podle UIC 505-1.

Počáteční úvahy o konceptu vlaku podle ICE 2, tj. vlaky se dvěma hnacími vozy a šesti vloženými vozy byly zavrženy stejně jako varianta s vloženým hnacím vozem bez stanoviště strojvedoucího pro vysokou technickou náročnost a nevýhodnou ekonomiku provozu. Začátkem roku 1994 padlo rozhodnutí opustit dosavadní koncepci s čelním hnacím vozem ve prospěch ucelené jednotky.

### SLOŽENÍ VLAKU

67 vlaků sestává jednotně z 8 vozů:

- hnací koncový vůz 1. třídy s velkoprostorovým uspořádáním a s konferenčním oddílem (vůz 29/39, řada 403.0/406.0);
- vložený vůz bez pohonu 1. třídy s velkoprostorovou částí a třemi oddíly (vůz 28/38, řada 403.1/406.1);
- hnací vložený vůz 2. třídy s velkoprostorovou částí a třemi oddíly (vůz 27/37, řada 403.2/406.2) – do r. 2002 vůz 1. třídy; ve 13 vlacích z let 2005/06 má tento vůz v celé délce velkoprostorové uspořádání;
- jídelní vůz bez pohonu s restaurací k sezení, kuchyní, bistroem se čtyřmi stoly k stání, oddílem vlakvedoucího, telefonní buňkou (později odstraněnou) a toaletou pro personál (vůz 26/36, řada 403.3/406.3);
- vložený vůz bez pohonu 2. třídy s bezbariérovým WC (s převinovacím stolem), dětským oddílem a velkoprostorovou částí (vůz 25/35, řada 403.8/406.8);

- hnací vložený vůz s velkoprostorovým oddílem 2. třídy (vůz 23/33, řada 403.7/406.7);
- vložený vůz bez pohonu s velkoprostorovým oddílem 2. třídy (vůz 22/32, řada 403.6/406.6);
- hnací koncový vůz s t velkoprostorovým oddílem 2. třídy a konferenčním oddílem (vůz 21/31, řada 403.5/406.5).

Průjezdny průřez odpovídá ve značné míře standardu UIC. Vozidla lze tedy principiálně provozovat po celé Evropě bez omezení. Délka koncového vozu je 25 675 mm, vloženého vozu 24 775 mm. Šířka vozu max. 2 950 mm přesahuje až o 23 mm hodnotu podle UIC 505. Přesah byl dohodnut se sousedními železničními správami. Velkoprostorové oddíly mají výšku až 2,25 m, nástupní prostory 2,05 m.

Dva poloviční vlaky ICE 3 mohou spojeny do plného vlaku. V zásadě je možné i spojení ICE 3 s ICE T a ICE TD. Po změně software bude možné i spojení s vlaky řady 407.

#### ZMĚNA VNITŘNÍHO VYBAVENÍ OD ROKU 2002

---

Původně vlaky sestávaly ze čtyř vozů 2. a tří vozů 1. třídy; obě skupiny vozů byly odděleny jídelním vozem. Vlaky tohoto uspořádání nabízely 415 (řada 403; z toho 141 v 1. třídě) resp. 404 (řada 406) míst k sezení – vždy včetně 24 míst v restauraci.

Od počátku 2002 proběhla v dílnách Delitzsch a Hagen přestavba vnitřního uspořádání. Průzkumy před zahájením provozu na vysokorychlostní trati Köln – Rhein/Main prokázaly, že počet míst v 1. třídě je příliš vysoký, naproti tomu ve 2. třídě příliš nízký.

V rámci této přestavby byl vložený vůz 26/36 vedle jídelního vozu přestavěn na vůz 2. třídy; tři oddíly zůstaly zachované – poprvé byly ve 2. třídě rovněž tři uzavřené oddíly. V rámci úprav se rozteč sedadel ve velkoprostorovém oddílu redukovala z 971 na 920 mm. Současně se v obou vozových třídách odstranila část stolků a šaten. Počet sedadel se tímto opatřením zvýšil na 441 (řada 403) resp. na 431 (řada 406). Počet míst k sezení v 1. třídě poklesl ze 141 na 98, počet míst ve 2. třídě vzrostl z 250 na 356. Současně se vzdalo umístění sedadel u oken, takže řada okenních míst je v úrovni meziokenních sloupků.

#### MODERNIZACE VNITŘNÍHO VYBAVENÍ

---

V roce 2016, po ukončení modernizace vlaků ICE T, započaté koncem roku 2013 a ukončené koncem roku 2015, bude modernizováno všech 67 vlaků ICE 3 nákladem 200 mil. EUR v dílnách Norimberk. V roce 2016 má být provedena zkušební modernizace jednoho vlaku; první modernizované vlaky mají být zařazeny do provozu v červenci 2017, zbytek parku pak do roku 2020. Na modernizaci jednoho vlaku se počítá s dobou 8-9 týdnů.

Vlaky mají v rámci modernizace obdržet zcela nové vnitřní vybavení, vlaky řady 403 i nová sedadla. Modernizaci předcházely zkoušky sedadel různých dodavatelů. Počítá se také s obnovou klimatizačních agregátů, zástavbou klasického restauračního vybavení a také evropského zabezpečovacího systému ETCS.

### DISTRIBUOVANÝ POHON

---

Významnou novinkou oproti předchozím provedením (ICE 1, od r. 1991; ICE 2, od r. 1996), je distribuovaný pohon. Téměř veškerá elektrická výzbroj (trakční motory, trakční usměrňovače, transformátory atd.) je rozložena po celé délce vlaku pod prostory pro cestující. Již nebyly koncipovány hlavové hnací vozy s relativně vysokou hmotností na nápravu. Osm vozů, z toho čtyři hnací, tvoří za provozu nedělitelnou jednotku, tzv. poloviční vlak ICE 3 (v běžném provozu se spřahují do jednoho vlaku dvě jednotky po osmi vozech).

Mezi dvěma skupinami o třech vozech, které tvoří dvě elektrotechnicky nedělitelné trakční skupiny, jsou řazeny dva vložené vozy bez pohonu. Prostřední vůz každé trakční skupiny je transformátorový vůz bez pohonu se sběračem proudu a transformátorem (výkon na vůz 5 MW). Zbývající dva vozy trakční skupiny jsou usměrňovačové – vždy se dvěma hnacími podvozky po dvou trakčních motorech. Oba koncové vozy polovičního vlaku mají stanoviště strojvedoucího. Poloviční vlaky na jeden napájecí systém mají sběrače na transformátorových vozech 2 a 7; poloviční vlaky pro více napájecích systémů mají navíc po jednom sběrači i na vozech 3 až 6.

Vozy s pohonem jsou vybaveny vždy čtyřmi trakčními motory o výkonu 500 kW o hmotnosti 750 kg, se 4 100 otáčkami za minutu mohou dosáhnout plánovaného proběhu cca 2,3 mil. km do výměny. Při výkonu 8 MW na poloviční vlak dosahuje při max. provozní hmotnosti 420 t specifický výkon 19 kW/t, který je oproti vlaku ICE 1 přibližně dvojnásobný. Vlak ICE 3 tedy může překonávat v pravidelném provozu větší stoupání než předchozí provedení; vlaky ICE 3 jsou jedinými vlaky, které v pravidelném provozu mohou jezdit po vysokorychlostní trati mezi Kolínem nad Rýnem a oblastí Rýn/Mohan, která je trasována se stoupáním až 40 ‰; jezdí tedy téměř výlučně na všech linkách, které tento úsek projíždějí.

Rozdělením výkonu na větší počet náprav se snižují nároky na adhezi; stejnoměrným rozdělením hmotnosti poklesla maximální hmotnost na nápravu na 17 t, což snížilo náchylnost hnacích náprav k prokluzu a umožnilo větší zrychlení vlaku i při nepříznivých podmínkách. Snížená hmotnost v neposlední řadě minimalizuje namáhání kolejového svršku. Výhodou uspořádání trakční výzbroje pod podlahou je i možnost lepší hlukové izolace. Nevýhodou je nemožnost dělení jednotky za provozu a vyšší citlivost na účinky bočního větru. Výpočty prováděné v rané fázi vývoje prokázaly, že při pohonu poloviny náprav lze dosáhnout optima síly na kolejnici, počtu trakčních motorů, hmotnosti a možnosti rekuperace energie. Tento koncept rovněž umožňuje volný výhled cestujících na trať na obou koncích vlaku. Z obou konferenčních oddílů lze tak přes skleněnou příčku sledovat práci strojvedoucího. Rovněž tak počet míst k sezení vzrostl při stejné délce vlaku o přibližně 15 %.

Jako příkon rozjíždějícího se vlaku ICE 3 sestávajícího ze dvou polovičních vlaků se uvádí hodnota 18 MW. Při průměrném proběhu kolem 500 000 km spotřeboval v roce 2009 každý vlak ICE 3 kolem 10 GWh energie.

### BRZDY NA VÍŘIVÉ PROUDY

---

ICE 3 je první evropský sériově vyráběný vlak vybavený brzdou na vířivé proudy, která se používá jako provozní brzda na nově vybudovaných tratích z Kolína nad Rýnem do oblasti Rýn/Mohan a na trati Norimberk – Ingolstadt. Pro použití jako rychlobrzdy se upravují i další tratě. Maximální příkon brzdy na vířivé proudy je kolem 800 kW na poloviční vlak. Vždy dva magnety o délce 1 290 mm na každém běžném podvozku vyvinou brzdou sílu až 200 kN na poloviční vlak.

### DEFORMAČNÍ ZÓNY

---

ICE 3 je kromě toho první evropský vysokorychlostní vlak, který je vybaven integrovanými deformačními zónami. V případě kolize absorbuje spřahovací zařízení a v další fázi cíleně deformovatelné prvky na přechodu mezi vozy kinetickou energii. Třístupňový systém válcových absorbérů energie umístěných před prostorem strojvedoucího absorbuje energii nárazu pomocí řízeného pěchování.

### MOTORY A NAPÁJENÍ

---

Externě větrané trakční motory a brzdy na vířivé proudy se napájí ze společného stejnosměrného meziobvodu. Motory předávají svůj točivý moment přes zubovou naklápěcí spojku na nápravovou převodovku; montáž vazebních tlumičů je připravena. Oba transformátorové vozy jsou vzájemně propojeny střešním vysokonapětovým vedením, takže lze jezdit pouze na jeden sběrač. Usměrňovače v transformátorovém vozu o výkonu  $2 \times 250$  kVA napájí průběžné kabely obou polovin vlaku stejnosměrným napětím 670 V. Z průběžného kabelu se napájí asynchronní měniče o výkonu 70 kVA v jednotlivých vozech. Jednofázové spotřebiče 50 Hz se napájí pomocí střídače o výkonu 10 kVA, pro vytápění je k dispozici 20 kVA o napětí 670 V. Pokud vypadnou oba usměrňovače v jedné polovině vlaku, průběžné kabely mezi dvěma sousedními trakčními jednotkami se propojí. Osvětlení vozů, řízení dveří a brzd, informační systém pro cestující a řídicí jednotky pohonu a vlaku se napájí z průběžného kabelu 110 V z baterie. Nabíjecí zařízení baterií mění 670 V na 110 V, napájí průběžný kabel a současně nabíjí baterie.

### PODVOZKY

---

Podvozky (Typ SGP 500) jsou dalšími vývojem podvozků ICE 2. Podvozky s pohonem a bez pohonu jsou shodné konstrukce a liší se jen montáží trakčních motorů (na hnacích nápravách) anebo brzdou na vířivé proudy (na běžných nápravách). Na všech nápravách jsou umístěny dva (řada 403) resp. tři (řada 406) brzdové kotouče.

Speciální absorbéry redukuje hluk od kol o 6-8 dB. Vlak je vyroben z nehořlavých materiálů. Dvojkolí musí za podmínek plného požáru zůstat schopné jízdy po dobu min. 15 min.

### ŘÍDICÍ SYSTÉM

---

Řídicí systém vlaku je budován na systém Train Communication Network (TCN), který byl předložen mezinárodní elektrotechnickou komisí jako normový návrh v roce 1995. Systém sběrnic je proveden s redundancí. Jako nadřazený systém pracují dvě centrální řídicí jednotky v obou koncových vozech, které řídí a kontrolují obě trakční jednotky. Tyto přístroje tvoří



také diagnostická hlášení, předávaná vlakovému personálu. Centrální řídicí jednotky sjednocují dříve oddělené funkce jednotlivých řídicích jednotek.

#### INFORMAČNÍ SYSTÉM PRO CESTUJÍCÍ A VEŘEJNÁ KOMUNIKACE

Informační systém pro cestující je řízen z oddílu pro vlakvedoucího. Ke komunikaci slouží vlakový rozhlas, bezdrátové telefony a nouzová komunikační zařízení (při výpadku centrálního zařízení). K optické komunikaci jsou k dispozici displeje ve všech nástupních prostorech (uvnitř a venku) a displeje LED ve stropě na obou koncích velkoprostorových oddílů každého vozu. Při zastavení se zvenku objeví trasa jízdy vlaku, uvnitř se během jízdy chvílemi rozsvěcí aktuální rychlost vlaku; na velkých obrazovkách se objevují víceřádková reklamní sdělení. Rezervační systém s displeji LED informuje u každého sedadla o jeho obsazení.

#### KLIMATIZACE, WC

Zvláštností klimatizace u ICE 3 je použití vzduchu jako chladiva. Použití procesu již delší dobu známého v letectví bylo pro železniční podmínky testováno od roku 1991. Od roku 1992 pak probíhaly zkoušky ve vozech vlaků ICE 1.

V roce 1996 padlo rozhodnutí o použití vzduchem chlazené klimatizace u vlaků ICE 3. Oproti vlakům ICE 1, kde je použita klimatizace s chladivem R134a bylo možno ušetřit až 500 kg hmotnosti na vůz.

V letech 2014 a 2015 proběhly zkoušky vzduchové klimatizace nového typu.

Spotřeba vody na jedno spláchnutí WC činí 0,4 litru; toalety lze tedy považovat za velmi ekologické.

Tabulka 3.1-3: Technické parametry

Parametr	Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo	ANO
Maximální rychlost	300 (320) km/h
Kapacita	425/454/460
Délka soupravy	200,84 m
Hmotnost	cca 550 t
Hmotnost na nápravu	17 t
Trakční soustavy	15 kV 16,7 Hz 25 kV 50 Hz 1,5 kV 3 kV
Výkon	8 000 kW
Referenční obrys	
Cena (řádově)	18 mil. EUR
Cena na sedadlo (řádově)	40 tis. EUR

### 3.1.4 FRECCIAROSSA



Obr. 3.1-8: Elektrická jednotka ETR 500

**Frecciarossa** je vysokorychlostní vlak italského národního dopravce Trenitalia. Název znamená „rudý šíp“ byl zaveden v roce 2012 poté, co byly jednotky zavedeny do provozu pod názvem Eurostar Italia. Vlaky *Frecciarossa* jezdí rychlostí až 300 km/h. *Frecciarossa* jsou spoje nejvyšší kvality dopravce Trenitalia a soutěží s vlaky *italo*, provozované společností Nuovo Trasporto Viaggiatori.

Vlaky *Frecciarossa* jezdí v následujících relacích:

- Torino – Milano – Bologna – Florencie – Řím – Neapol – Salerno;
- Milano – Reggio Emilia – Bologna – Rimini – Ancona – Pescara – Termoli – Foggia – Bari – Brindisi – Lecce;
- Benátky – Padova – Bologna – Florencie – Řím – Neapol – Salerno;
- Milano – Brescia – Verona – Vicenza – Padova – Benátky.

Na uvedených tratích jezdí dva typy vlaků:

- ETR 500: bez naklápění, rychlost do 300 km/h;
- ETR 1000: rychlost do 360 km/h.

V současnosti je rychlost omezena na 300 km/h a je tedy nejvyšší provozní rychlostí vlaků *Frecciarossa*. V souvislosti s vývojem vlaků ETR 1000 u AnsaldoBreda a Bombardier Transportation (u kterých se počítá v běžném provozu s rychlostí 360 km/h a s nejvyšší technic-

kou rychlostí až 400 km/h) pracuje správce infrastruktury Rete Ferroviaria Italiana na nutných úpravách stávajících vysokorychlostních tratí tak, aby byla umožněna rychlost 360 km/h.

## ETR 500

### 1. série – ETR 500 Monotensione

První série, označená také „ETR 500 Monotensione ordine 1992“ anebo krátce „ETR 500/92“ (vzhledem k roku objednávky 1992), byla vyvinuta pouze pro provoz na italské stejnosměrné síti (*Monotensione* = jedno napětí). Vlaky byly schváleny pro 300 km/h, avšak vzhledem k omezené kapacitě stejnosměrné sítě byla jejich rychlost omezena na 250 km/h.

Oproti skoro všem ostatním vysokorychlostním vlakům má ETR 500 první série plný pantograf, zatímco německý ICE nebo francouzský TGV používá polopantograf.

Sériový vlak ETR 500 sestává ze dvou hnacích hlav (E 404 100-159) a zpočátku z 10 vložených vozů (včetně restauračního), ke kterým byl později přidán 11. a 12. vůz.

Design je určen černým okenním pásem po celé délce vlaku; na hnacích vozech je v něm umístěno logo ETR 500. Je zdůrazněno elegantní tvarování vlaku, doplněné zelenou barvou v oblasti pojezdu a šedou střechou, které jsou vytaženy až na čelo vlaku. Toto barevné schéma je označeno jako „bianco-verde“ (zelenobílý) a zpočátku bylo použito i u vlaků druhé série.

Všech 60 hnacích vozů ETR 500 první série (rok výroby 1992) bylo v letech 2006-08 důkladně přestavěno firmou Bombardier, nástupcem původního výrobce. Nyní se provozují jako nová řada E 414, za kterou se zapřahají normální rychlíkové vozy a jsou v provozu jako InterCity rychlostí 200 km/h (řazení: E 414 – vozy IC – E 414 nebo E 414 – vozy IC – řídicí vůz IC). Vložené vozy první série byly rovněž modernizovány a nyní se provozují s nově dodanými hnacími vozy druhé dodávky druhé série.

### 2. série – ETR 500 Politensione

Vzhledem k omezené kapacitě stejnosměrné sítě mohou být vysokorychlostní vlaky dostatečně napájeny pouze do rychlosti 250 km/h. Proto se v 90. letech 20. století italské železnice rozhodly napájet nově budované vysokorychlostní tratě střídavým proudem (25 kV, 50 Hz).

Vzhledem k tomu, že hnací vozy první série ETR 500 lze provozovat pouze po stejnosměrné síti, byla v roce 1996 objednána a vyrobena druhá série ETR 500, kterou lze provozovat jak na stejnosměrné, tak na střídavé síti. Vozidla se dvěma nebo třemi napájecími systémy se nazývají *Politensione* (vícenapěťové).

Nejvyšší dovolenou rychlost vozidel ETR 500 druhé série 300 km/h lze v běžném provozu dosáhnout pouze na novějších vysokorychlostních tratích v Itálii elektrifikovaných střídavým napájecím systémem.

Oproti první sérii se u druhé série stejně jako u prototypů použily polopantografy. Hnací vozy mají vždy jeden sběrač pro stejnosměrný a jeden pro střídavý proud. Navenek se obě

série značně odlišují v provedení čelní partie. Čelo druhé série je více uvolněné a zakulacené, což je zdůrazněno oddělenými čelními světly a menšími a pravoúhlými čelními okny.

Vlaky se dodávaly zpočátku s 11 vloženými vozy, od roku 2004 se všechny vlaky doplnily na 12 vložených vozů, z toho jeden je restaurační.

#### VARIANTY

---

##### ETR 500 F

Jednotky upravené pro provoz ve Francii (F = *Francia* = Francie). Tyto jednotky byly uzpůsobeny pro tři napájecí systémy a mohly být v provozu i na tratích v jižní Francii, elektrifikovaných systémem 1,5 kV DC. Tyto vlaky měly pouze 8 vložených vozů: tři vozy 1. třídy, restaurační a čtyři vozy 2. třídy. Několik vlaků byly přestavěny a v letech 2001-05 ve zkušebním provozu na vysokorychlostní trati LGV Nord. Vlaky však nebyly pro provoz ve Francii schváleny a nikdy nebyly nasazeny v mezinárodním provozu. Jednotky byly v roce 2006 upraveny zpět do původního provedení P.

##### ETR 500 Y1

Zkušební vlak Y1 správce infrastruktury RFI, sestavený z hnacích vozů 2. série (E 404 649, 652) a Y2 (s hnacími vozy E 404 648, 621) a vložených vozů od prototypů Y500. Vlak Y1 má 8 vložených vozů, Y2 nyní jen 3 vložené vozy. Vlaky se používají pro zkušební provoz na nových tratích a pro zkoušky ERTMS.

##### ETR 500 P

Varianta s 8 vloženými vozy: při otevření úseku Torino – Novara vysokorychlostní tratě Torino – Milano v roce 2006 byl provoz v relaci Torino – Milano zahájen s jednotkami ETR 500 P zkrácenými na 8 vozů tak, aby se vlaky vešly k nástupišťům stanice na letišti Malpensa.

##### ETR 500 „AV“

V roce 2005 zavedla Trenitalia pro své vysokorychlostní vlaky kategorie a značky *Eurostar Italia* pod značkou AV (*Alta Velocità* = vysoká rychlost) nový servisní koncept (a kategorii). Součástí bylo nové vnitřní vybavení a řazení modifikovaných vozů s třídou Business. Barevné schéma se změnilo z původní zeleno-bílé na nové schéma AV s velkým logem. Design v barvách stříbrné, šedé a černé se ve zjednodušené podobě použil i u jednotek ETR 485 a u prvních ETR 600. Na všech čelních plochách je kontrastní plocha v barvě signální červeně.

Verze „AV“ má jako první evropský vysokorychlostní vlak systém ETCS 2. úrovně. Přestavbou prošly jak vlaky s 12 vloženými vozy, tak s 8 vloženými vozy. Je třeba uvést, že současně zavedená koncepce tratí „AV/AC“ (*Alta Velocità/Alta Capacità*) neumožňuje zpětnou vazbu na použitý napájecí systém; a Direttissima Řím – Florencie, nadále napájená 3 kV DC, patří do sítě AV/AC. Vlaky ETR 500 P mohou dosáhnout nejvyšší rychlost 300 km/h pouze na tratích napájených systémem 25 kV/50 Hz.

*ETR 500 „Frecciarossa“*

V roce 2008 zavedla Trenitalia pro své vysokorychlostní vlaky novou kategorii s novým tržním označením. Vysokorychlostní vlaky dosahující rychlosti 300 až 350 km/h se nadále nazývají *Frecciarossa* (= rudý šíp). V současné době je ETR 500 P jediným typem v této kategorii. Vlaky obdržely namísto schématu AV nové barevné schéma s červeným pruhem a nápis *FRECCIAROSSA* na hnacích vozech.

Tabulka 3.1-4: Technické parametry – ETR 500

Parametr	Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo	ANO
Maximální rychlost	250/300 km/h
Kapacita (2. / 1. třída)	408/290
Délka soupravy (12 vložených vozů)	353 700 mm
Hmotnost	500 t
Hmotnost na nápravu	17 t
Trakční soustavy	1.5 kV, 3 kV, 15 kV, 25 kV
Výkon	8 800 kW
Referenční obrys	
Cena (řádově)	
Cena na sedadlo (řádově)	

*ETR 1000*

**Frecciarossa 1000**, známý též jako **ETR 1000** (Trenitalia) je vysokorychlostní vlak vyvinutý firmou AnsaldoBreda a Bombardier Transportation; design vytvořil Bertone. Dopravce Trenitalia objednal v roce 2010 celkem 50 vlaků. Dvanáct vlaků vystrojil AnsaldoBreda systémem ETCS úroveň 2. Polovinu nákladů ve výši 2,86 mil. EUR hradila EU.

Na základě výběrového řízení italských železnic na dodávku 50 vysokorychlostních vlaků nabídl Bombardier spolu s AnsaldoBreda vlak o délce 200 m s osmi vozy. Oproti ETR 500 není pohon vlaku soustředěn do dvou hnacích vozů, nýbrž je rozdělen po celé délce vlaku.

Vlak je odvozen od provedení Zefiro pro Čínu a od V250 od AnsaldoBreda V250. Je dimenzován na provoz rychlostí 360 km/h a během zkušebních jízd by měl dosáhnout rychlost 400 km/h.

Trenitalia udělila zakázku firmám Bombardier a Ansaldo v srpnu 2010. Nabídka obou firem byla o 30,8 mil. EUR levnější než nabídka od Alstom. Celkový objem zakázky byl 1,5 miliard EUR, z toho 652 mil. byl podíl Bombardier.

K výstavě Expo 2015 bylo šest prvních vlaků uvedeno od 14. června 2015 do provozu.



Obr. 3.1-10: Interiér vlaku ETR 1000

Schválení vlaků pro běžný provoz rychlostí 350 km/h, což umožní zkrácení jízdních dob mezi Milánem a Římem z 3 hodin na 2 hodiny 20 minut, má být dosaženo během roku 2016.

Při zkušebních jízdách bylo v noci z 30. listopadu na 1. prosinec 2015 dosaženo rychlosti 390,7 km/h. V noci na 26. únor 2016 bylo dosaženo 393,8 km/h.

Tabulka 3.1-5: Technické parametry – ETR 1000

Parametr	Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo	ANO
Maximální rychlost	360 km/h
Kapacita	469 míst
Délka soupravy	202 000 mm
Hmotnost	500 t
Hmotnost na nápravu	17 t
Trakční soustavy	1.5 kV, 3 kV, 15 kV, 25 kV
Výkon	9 800 kW
Referenční obrys	
Cena (řádově)	847 mil. Kč
Cena na sedadlo (řádově)	1 412 000 Kč



### 3.2 VYSOKORYCHLOSTNÍ VOZIDLA PRO NIŽŠÍ RYCHLOSTI (V MAX 250 KM/H)

#### 3.2.1 ICE 4

**ICE 4** je vyvíjený vysokorychlostní vlak nové generace pro dálkovou osobní dopravu DB.

Soupravy ICE 4 nejsou přímým pokračovatelem souprav ICE 3, jak by se na první pohled mohlo zdát. Tyto soupravy mají za cíl nahradit zvolna dožívající klasické soupravy vlaků IC/EC pro rychlost 200 km/h a rozšířit komfort vysokorychlostního cestování i mimo VRT. Tím bude zároveň i zvýšena rychlost těchto vlaků (i mimo VRT) na maximálních 250 km/h.

Vývojem a výrobou prozatím 170 vlaků byla v roce 2011 pověřena společnost Siemens Mobility. Řadové označení nových vlaků je 412. Souprava sestávající z 12 vozů má být připravena k provozu v prosinci 2017, souprava ze 7 vozů v prosinci 2020. Celkem může být pořízeno až 300 souprav. Mají pokrývat cca 70% dálkové dopravy DB.

#### KONCEPCE VLAKŮ ICE 4

Vlaky ICE 4 budou koncipovány jinak než dosavadní vlaky ICE. Budou poháněny několika samostatnými hnacími vozy (Powercars), které budou rozmístěny po celé délce vlaku. Vnitřní a vnější uspořádání má všeobecně odpovídat dosavadnímu standardu ICE. Na rozdíl od všech dosavadních vlaků ICE budou delší vozové skříně (cca 28 m) vlaků ICE 4 ocelové a ne hliníkové, přičemž poprvé při stavbě ocelových vozových skříní bude použito laserového svařování.

Obr. 3.2-1: Elektrická jednotka ICE 4





## ZÁKLADNÍ KONFIGURACE

Vlaky složené z 5 až 14 vozů budou sestaveny z 5 typů vozů: koncový vůz, vložený vůz s pohonem („Powercar“), vložený vůz bez pohonu, jídelní vůz a servisní vůz.

Počítá se s tím, že divize dálkové dopravy DB bude provozovat dvě základní konfigurace:

- jednotky o 7 vozech se 3 hnacími vozy, které nabídnou 456 míst k sezení (z toho 77 v 1. třídě) v délce 200 m, s nejvyšší rychlostí 230 km/h a max. zrychlením 0,55 m/s<sup>2</sup>. V jídelním vozu se počítá se 17 místy k sezení, s bistroem k stání a se 2 místy pro invalidní vozík. V každé jednotce bude 8 míst pro jízdní kola. Tato konfigurace je prozatím označena *K1n*;
- jednotky o 12 vozech se 6 hnacími vozy, které nabídnou 830 míst k sezení (z toho 205 v 1. třídě) v délce 346 m, s nejvyšší rychlostí 250 km/h a max. zrychlením 0,53 m/s<sup>2</sup>.
- V jídelním vozu se počítá se 23 místy k sezení, s bistroem k stání a se 3 místy pro invalidní vozík.

**První série 130 vlaků se má skládat ze 45 jednotek o 7 vozech a 85 jednotek o 12 vozech. Tyto jednotky mají nahradit klasické soupravy InterCity z let 1971-91.** Počítá se se schválením všech jednotek ICE 4 pro provoz v Německu a v Rakousku, jednotky o 12 vozech mají být schváleny navíc ve Švýcarsku.

Plánovaných 59 souprav druhé série má do roku 2025 nahradit dnešní vlaky ICE 1 a ICE 2. Koncept dálkové dopravy DB z března 2015 nepočítá s pořízováním této série před rokem 2030. Vlaky druhé série mají být schváleny k provozu v Německu, Rakousku a ve Švýcarsku. Jako opce se uvažuje jejich schválení ve Francii, Lucembursku, Itálii, Polsku a České republice.

## SLOŽENÍ VLAKŮ

Sestava vlaku se 7 vozy je následující:

- vůz řady 6812.0: koncový vůz 1. třídy se stanovištěm strojvedoucího a se spřáhlem typu Scharfenberg, bez pohonu;
- vůz řady 1812.0: vložený vůz 1. třídy, bez pohonu;
- vůz řady 9412.0: bistro a 1. třída, Powercar (s pohonem)
- vůz řady 7412.0: servisní vůz 2. třídy, Powercar (s pohonem), se sběračem
- vůz řady 2812.0: vložený vůz 2. třídy, bez pohonu;
- vůz řady 3412.0: vložený vůz 2. třídy, Powercar (s pohonem)
- vůz řady 7812.0: koncový vůz 2. třídy se stanovištěm strojvedoucího a se spřáhlem typu Scharfenberg, bez pohonu;

Sestava vlaku se 12 vozy je následující:

- vůz řady 0812.0: koncový vůz 1. třídy se stanovištěm strojvedoucího, bez pohonu;
- vůz řady 1812.0: vložený vůz 1. třídy, bez pohonu;
- vůz řady 1412.0: vložený vůz 1. třídy, Powercar (s pohonem);

- vůz řady 8812.0: restaurace, bez pohonu;
- vůz řady 6412.0: vložený vůz 2. třídy s dalšími službami, Powercar (s pohonem), se sběračem;
- vůz řady 9812.0: vložený vůz 2. třídy, bez pohonu;
- vůz řady 2412.0: vložený vůz 2. třídy, Powercar (s pohonem);
- vůz řady 2412.3: vložený vůz 2. třídy, Powercar (s pohonem);
- vůz řady 4812.0: vložený vůz 2. třídy, bez pohonu;
- vůz řady 2412.5: vložený vůz 2. třídy, Powercar (s pohonem);
- vůz řady 2412.8: vložený vůz 2. třídy, Powercar (s pohonem);
- vůz řady 5812.0: koncový vůz 2. třídy se stanovištěm strojvedoucího, bez pohonu.

#### TECHNICKÝ POPIS

Hnací vložené vozy se označují jako **Powercars** a k jejich výzbroji patří 1 transformátor, 1 trakční usměrňovač, 1 měnič pro pomocné pohony a 4 trakční motory. Hnací vozy obou variant se liší pouze v převodovém poměru pro obě předpokládané nejvyšší dovolené rychlosti. Transformátor a usměrňovač mají společné chlazení olejem resp. vodou. Stejnoseměrné komponenty vlaků pro více systémů jsou umístěny do vložených vozů bez pohonu pod podlahu. Instalovaný trakční výkon každého hnacího vozu činí kolem 1,65 MW. Každý vlak má dva sběrače pro provoz v síti DB a ÖBB, které jsou umístěny na vloženém voze 2 a na hnacím voze 2. Vlak konfigurace K3s pro provoz ve Švýcarsku mají na těchto vozech po jednom sběrači navíc pro provoz v síti SBB.

Maximální stoupání činí 40 ‰, minimální poloměr oblouku 150 m.

Vlaky o 7 vozech budou dimenzovány podle třídy TSI 2, vlaky o 12 vozech podle třídy TSI 1. Schválení podle třídy 1 vyžaduje mj. rozšířenou brzdovou výzbroj a sledování nápravových ložisek. Dále jsou přísnější požadavky na kolísání tlaku vzduchu.

Pro informační systém pro cestující se počítá až s šesti obrazovkami na vůz. Ve vozech jsou to stropní obrazovky TFT (19 palců), v nástupních prostorech 15 palců. Informační systém může generovat automatická vícejazyčná hlášení.

Klimatizační zařízení mohou pracovat při vnějších teplotách –25 až +45 °C. Bez omezení komfortu mohou pracovat v rozmezí teplot –20 až +40 °C.

Počítá se s pasivní tlakovou ochranou. Interval ultrazvukové kontroly náprav se má pohybovat kolem 240 000 km.

Vlaky budou mít bodový zabezpečovací systém (PZB), liniové zabezpečení (LZB) a evropský systém ETCS.

Komunikace mezi vozy a v rámci vlaku bude probíhat přes Ethernet. Přístup k jednotlivým komponentům bude pomocí webu. Rovněž přes Ethernet bude vybudována síť, po které bude přenášén např. WLAN nebo zábavní programy.

Spotřeba energie na cestujícího by měla být oproti ICE 1 nižší o 22-30 %. K tomu přispívá úspora hmotnosti, větší hustota sedadel, zlepšená aerodynamika a zlepšená rekuperace

brzdové energie. Přínosné budou také inovované podvozky se sníženým odporem proti jízdě. Vlaky mají být oproti dnešním všeobecně tišší.

Oproti předchozím provedením ICE budou u nepoháněných vozů využity lehčí běžné podvozky s vnitřními ložisky. Hnací podvozky byly zkonstruovány firmou Siemens na základě podvozků SF500. Běžné podvozky mají mít aktivní řízení podvozku v oblouku a bude je vyrábět Bombardier Transportation.

Modulární stavba umožní výměnu celých konstrukčních skupin a jejich opravy mimo vlak.

Podlahové vany obdrží ochranný nátěr proti odletujícímu šterku.

*Obr. 3.2-2: Vnitřní uspořádání vlaku ICE 4 pamatuje i na snadnou přepravu jízdních kol.*





Obr. 3.2-3: Stanoviště strojvedoucího vlaku ICE 4

Tabulka 3.2-1: Technické parametry

Parametr	Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo	ANO
Maximální rychlost	230 km/h (7 vozů) 250 km/h (12 vozů)
Kapacita	456 (7 vozů) 830 (12 vozů)
Délka soupravy	200 m (7 vozů) 346 m (12 vozů)
Hmotnost	cca 390 t (7 vozů) cca 670 t (12 vozů)
Hmotnost na nápravu	18 t
Trakční soustavy	15 kV 16,7 Hz 25 kV 50 Hz 1,5 kV 3 kV
Výkon	4 950 kW (7 vozů) 9 900 kW (12 vozů)
Referenční obrys	
Cena (řádově)	
Cena na sedadlo (řádově)	



---

### 3.2.2 PKP INTERCITY ED250

---

Elektrické jednotky řady **ED250** jsou vysokorychlostní vlaky polského dopravce PKP Intercity dodané výrobcem Alstom. Patří do produktové rodiny Pendolino, dosahují nejvyšší rychlosti 250 km/h a jsou od 14. prosince 2014 v pravidelném provozu jako vlaky kategorie Express InterCity Premium.

Smlouva mezi PKP Intercity a firmou Alstom na dodávku 20 vlaků byla podepsána v květnu 2011.

#### VZNIK A VÝVOJ

---

První vlak byl předveden 12. srpna 2013 na hlavním nádraží Wrocław za značného zájmu veřejnosti včetně nejvyšších politických představitelů. Od 24. do 27. září 2014 byl vlak vystaven na železničním veletrhu *TRAKO* v Gdańsku.

Vlak byl podroben rozsáhlým typovým zkouškám. Při schvalování bylo možno využít zkušeností a výsledků zkoušek obdobných vlaků ETR 600 a ETR 610; pro schválení na rychlost 250 km/h však bylo při zkušebních jízdách nutno dosáhnout rychlosti nejméně 275 km/h. Tyto zkušební jízdy vyššími rychlostmi byly provedeny na „Centrální kolejové magistrále“ CMK mezi Varšavou a Krakovem, přičemž bylo dosaženo rychlosti 293 km/h, tedy nového rychlostního rekordu kolejových vozidel na polském území.

Údržbu vlaků převzal na dobu 17 let výrobce Alstom v nově zřízeném depu Grochów u Varšavy. Od 14. prosince 2014 je ED250 v pravidelném provozu s cestujícími a na CMK dosahuje pravidelně rychlosti 200 km/h.

Obr. 3.2-5: Interiér oddílu 1. třídy





Obr. 3.2-4: Předvedení vlaku ED250 ve Wroclawi v srpnu 2013

#### TECHNICKÝ POPIS

Vlaky ED250 označené 2 370 001 až 2 370 020 sestávají ze sedmi vozů, poháněných osmi vodou chlazenými asynchronními trakčními motory o výkonu po 708 kW. Skříň vozů je zhotovena z hliníku. Vlak je vybaven několika zabezpečovacími palubními systémy. Vlaky se v současnosti nasazují pouze do vnitrostátního provozu v Polsku, přičemž se využívá ETCS úrovně 1 a 2 a SHP; provoz na tratích v Německu, Rakousku a České republice bude možný po doplnění systémů LZB, PZB a Mirel. Podle výrobce je možný provoz vlaků v rozmezí teplot od -25 °C do +45 °C do maximální nadmořské výšky 1 000 m. Vlaky nejsou vybaveny naklápačící technikou.

Při vývoji byl kladen velký důraz na hlukovou izolaci vnitřních prostor, přičemž bylo dosaženo aerodynamického provedení střešních nástaveb a hlukové izolace pojezdu.

Na každé straně vlaku je 10 elektricky ovládaných posuvných dveří, jedny dveře vhodné pro nástup cestujících na invalidním vozíku včetně zdvihacího zařízení a jedny dveře pro nakládání jídelního vozu. Stanoviště strojvedoucího má oddělené vstupní dveře.

Vlaky jsou vybaveny informačním systémem pro cestující se dvěma monitory na stropě každého vozu a displeji na každých dveřích, na kterých se zobrazují informace o jízdě vlaku. Součástí je také elektronický systém rezervace míst k sezení. V každém vozu jsou dvě videokamery na sledování vnitřního prostoru. Ve vlaku je devět WC, z toho jeden vhodný pro osoby na invalidním vozíku. Přepравě jízdních kol slouží čtyři stojany na kola.



Obr. 3.2-6: Interiér oddílu 2. třídy

Tabulk3.2-2: Technické parametry

Parametr	Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo	ANO
Maximální rychlost	250 km/h
Kapacita	402 míst
Délka soupravy	187,4 m
Hmotnost	238 t
Hmotnost na nápravu	17 t
Trakční soustavy	3 kV, 25 kV 50 Hz, 15 kV 16,7 Hz
Výkon	5 664 kW
Referenční obrys	-
Cena (řádově)	
Cena na sedadlo (řádově)	

### 3.2.3 RENFE S/120

Elektrické jednotky řady S/120 vyráběné firmou CAF (mechanická část) s podvozky typu „Brava“ a Alstom (elektrická část) dovolují změnu rozchodu během jízdy mezi železniční sítí na Iberském poloostrově (rozchod 1 668 mm) a španělskou sítí vysokorychlostních tratí, příp. ostatní Evropou (rozchod 1 435 mm). Dosahuje maximální rychlosti je 250 km/h na střídavé síti 25 kV 50 Hz a 220 km/h na stejnosměrné síti 3 kV. Čtyřvozové vlaky s 8 pohá-



něnými nápravami jsou v provozu s cestujícími od května 2006 jako vlaky Alvia mezi Madridem a Barcelonou. Nabízejí 156 míst ve 2. třídě a 81 míst v 1. třídě.

V květnu 2001 objednaly španělské železnice RENFE 20 elektrických jednotek pro rychlou regionální dopravu. Vlaky s nejvyšší rychlostí 250 až 270 km/h měly sestávat ze 4 vozů a nabídnout místo pro 237 sedících cestujících. Měly být dodávány od roku 2003 a jezdit v rychlé regionální dopravě (do 250 km/h) mezi městy Madrid, Guadalajara, Zaragoza a Lleida a mezi Barcelonou a Lleidou. Zakázka za 440 mil. EUR, která obsahovala i údržbu po dobu 14 let, byla rozdělena mezi firmy Alstom (podíl 270 mil. EUR) a CAF (podíl 170 mil. EUR).

Vlaky byly nasazeny do provozu od 17. května 2006, a to nejdříve na vysokorychlostní trati Madrid – Barcelona. Doba jízdy se na této trati zkrátila – včetně přibližně minutového zdržení na změnu rozchodu ve stanici Puigverd de Lleida – na 4 hodiny a 15 minut.

Provoz vlaků mezi Madridem a Barcelonou byl ukončen v souvislosti s otevřením celé vysokorychlostní trati mezi těmito městy od jara 2008. Vlaky jsou od té doby nasazeny na trasách Madrid – Valencia – Castellón, Madrid – Guadalajara – Irun a Madrid – Guadalajara – Logroño.

Španělské železnice RENFE objednaly v roce 2004 dalších 29 vlaků, vedených jako řada 121. Hlavní odlišností oproti řadě 120 je zrušení 1. třídy a vozu s kavárnou („Cafeteria“), čímž byla zvýšena kapacita sedících cestujících z 237 na 281. Vlaky řady 121 jsou v provozu od ledna 2009.

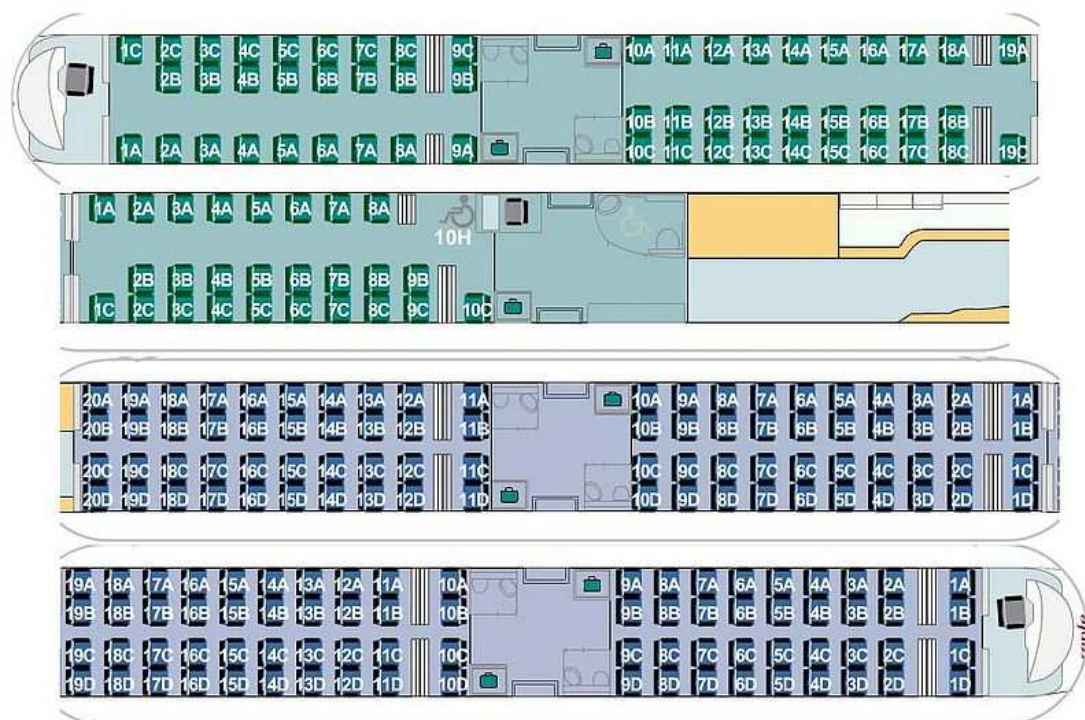
*Obr. 3.2-7: Elektrická jednotka RENFE řady 120*



V provozu je 28 vlaků řady 120 (120.351 až 366 a 120.601 až 120,612) a 29 vlaků řady 121 (121.101 až 121.129) z let 2004-10.

Uspořádání náprav odpovídá polovině hnacích náprav v soupravě, přičemž hnací je vždy jedna náprava v každém podvozku – (1A)(A1) + (1A)(A1) + (1A)(A1) + (1A)(A1).

Obr. 3.2-9 – Uspořádání interiéru



Tabulka 3.2-3: Technické parametry

Parametr	Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo	ANO
Maximální rychlost	250 km/h
Kapacita	237 míst
Délka soupravy	107 m
Hmotnost	225 t
Hmotnost na nápravu	16.2 t
Trakční soustavy	3 kV, 25 kV
Výkon při jízdě po stejnosměrné resp. střídavé síti	2 700 kW 4 000 kW
Referenční obrys	-
Cena (řádově)	381 mil. Kč
Cena na sedadlo (řádově)	1 611 000 Kč

### 3.3 RYCHLÁ VOZIDLA (V MAX 230 KM/H)

#### 3.3.1 ICE T

**ICE T** je vysokorychlostní vlak s naklápěcí technikou pro osobní dopravu DB, kde jsou označeny řadou 411 (konfigurace s 7 vozy) nebo 415 (konfigurace s 5 vozy). Vlaky ICE T jsou provozu jako vlaky, které u DB tvoří přípoje nebo doplňují vlaky linek ICE. V roce 2006 si ÖBB opatřily od DB tři vlaky tohoto typu v konfiguraci s 7 vozy pro provoz na tratích Vídeň – Bregenz a Vídeň – Mnichov; ÖBB je označuje jako řadu 4011.

Vlaky ICE T řady 411 včetně tří vlaků ÖBB jsou přiděleny depu ICE v Mnichově, vlaky řady 415 pak depu ICE Frankfurt-Griesheim.

Před zahájením provozu vlaků ICE T s naklápěcí technikou byla citelná redukce jízdních dob možná pouze na drahých nově stavěných tratích. Od května 1999 bylo možno zkracovat jízdní doby i na stávajících tratích s mnoha oblouky. Vlaky ICE T se tak staly vhodnou a finančně méně náročnou alternativou nově budovaných vysokorychlostních tratí. S naklápěcí technikou, která se již dříve osvědčila u italských vlaků Pendolino, lze projíždět oblouky až o 30 % vyšší rychlostí než s vlaky běžné konstrukce. Jízdní doby se tak mohou zkrátit o 10-20 %.



Obr. 3.3-1: Vlak ICE T o sedmi vozech

#### TECHNICKÝ POPIS

Vlaky se skládají z modulů, ze kterých lze sestavit vlaky o pěti až devíti vozech. Delší soupravy lze vytvořit spojením více vlaků. Vlaky sestávají z jednotek o třech vozech, označených jako *Basismodul 1*. Tento základní modul se skládá z koncového vozu bez pohonu se stano-  
vištěm strojvedoucího, transformátorem a sběračem proudu, z vloženého vozu



s usměrňovačem a dvěma trakčními motory a z dalšího vloženého vozu se dvěma trakčními motory. U vozů s pohonem je poháněna vždy 3. a 4. náprava pomocí kardanu od trakčního motoru upevněného vozové skříni.

Vlaky lze složit z jednoho až tří základních modulů. Pro sestavení vlaku o 7 nebo 8 vozech se vkládá vložený vůz bez pohonu s vysokonapěťovým vedením na střeše, vlak o devíti vozech se vytvoří zařazením vloženého vozu bez pohonu s vysokonapěťovým vedením a transformátorem.

Z možných variant byl vybrán vlak o 5 vozech řady 415 a vlak o sedmi vozech řady 411. Vlak řady 415 sestává ze základního modulu spojeného s usměrňovačovým a koncovým vozem druhého modulu, řada 411 sestává ze dvou základních modulů spojených s vloženým vozem bez pohonu.



Obr. 3.3-2: Vlak ICE-T, velkoprostorový oddíl 2. třídy

Sestava vlaku řady 411 o 7 vozech (60 vlaků):

- vůz řady 411.0: koncový vůz 1. třídy se stanovištěm strojvedoucího, konferenčním oddílem se šesti místy k sezení a velkoprostorovým oddílem se 35 místy k sezení o délce 19,0 m;
- vůz řady 411.1: vůz 1. a 2. třídy (12/47 míst k sezení) s usměrňovačem a 2 trakčními motory;
- vůz řady 411.2: restaurační vůz s 24 místy k sezení a stolky k stání s usměrňovačem a 2 trakčními motory;
- vůz řady 411.8: vložený vůz bez pohonu 2. třídy s 64 místy k sezení ve velkoprostorovém oddílu;
- vůz řady 411.7: 62 míst k sezení 2. třídy ve velkoprostorovém oddílu, oddíl pro vlakvedoucího, s usměrňovačem a 2 trakčními motory;

- vůz řady 411.6: 62 míst k sezení 2. třídy ve velkoprostorovém oddílu; prostor pro invalidní vozíky, bezbariérové WC, s usměrňovačem a 2 trakčními motory;
- vůz řady 411.5: koncový vůz s 63 míst k sezení 2. třídy – 55 ve velkoprostorovém oddílu, 8 míst v konferenčním oddílu za stanovištěm strojvedoucího, prostor pro jízdní kola.

Sestava vlaku řady 415 o 5 vozech (11 vlaků):

- koncový vůz 1. třídy se stanovištěm strojvedoucího, konferenčním oddílem se šesti místy k sezení a velkoprostorovým oddílem se 35 místy k sezení o délce 19,0 m;
- vůz řady 415.1: vložený vůz s oddílem pro cestující s dětmi (6 míst k sezení), bistroem se čtyřmi stolky k stání a 16 místy k sezení u stolů, kuchyní a WC pro personál, s usměrňovačem a dvěma trakčními motory;
- vůz řady 415.7: 62 míst k sezení 2. třídy ve velkoprostorovém oddílu, oddíl pro vlakvedoucího, s usměrňovačem a 2 trakčními motory;
- vůz řady 415.6: 62 míst k sezení 2. třídy ve velkoprostorovém oddílu; prostor pro invalidní vozíky, bezbariérové WC, s usměrňovačem a 2 trakčními motory;
- vůz řady 415.5: koncový vůz s 63 míst k sezení 2. třídy – 55 ve velkoprostorovém oddílu, 8 míst v konferenčním oddílu za stanovištěm strojvedoucího, prostor pro jízdní kola.

V koncových vozech je vždy umístěn sběrač proudu, vysokonapěťová výzbroj a hlavní transformátor.

Obr. 3.3-3: Vlak ICE-T, oddíl 1. třídy



Novinka vlaku ICE T je naklápěcí technika odvozená od italských vlaků Pendolino řady ETR 460 resp. ETR 470. Umožní náklon vlaku v oblouku o 8 stupňů a projet jej rychlostí až o 30 % vyšší než konvenční vlaky. Naklápěcí technika byla včetně podvozků s ocelovým vypružením vyrobena v Itálii. Oproti vlaku ICE 3 není u ICE T použita brzda na vířivé proudy. Namísto ní byla použita magnetická kolejnicová brzda. Brzda na vířivé proudy by navíc mohla na tratích se starou zabezpečovací technikou působit poruchy. Kromě toho má ICE T klasickou generátorovou brzdu a pneumatickou brzdu se dvěma brzdovými kotouči na nápravě.

Tabulka 3.3-1: Technické parametry

Parametr	Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo	ANO
Maximální rychlost	230 km/h
Kapacita	ř. 411: 381 ř. 415: 250
Délka soupravy	ř. 411: 184,4 m ř. 415: 132,6 m
Hmotnost	ř. 411: 402 t ř. 415: 311 t
Hmotnost na nápravu	15,5 t
Trakční soustavy	15 kV 16,7 Hz
Výkon	ř. 411: 4 000 kW ř. 415: 3 000 kW
Referenční obrys	
Cena (řádově)	
Cena na sedadlo (řádově)	

### 3.3.2 PENDOLINO 680

Obr. 3.3-4: Pendolino 680, Česká republika





Elektrická jednotka 680 je jediná jednotka s naklápěcími skříněmi v provozu Českých drah a právě pro tento naklápěcí systém je přezdívána Pendolino. Vyrobila ji firma Alstom Ferroviaria (dříve firma FIAT, která Pendolino vyvinula) v italském Saviglianu. České dráhy objednaly celkem 10 jednotek od konsorcia firem v čele s domácím ČKD. Po krachu ČKD se nakonec změněné zakázky ujal Alstom a o několik let později dodal sedm obdobných jednotek.

První jednotka dorazila do České republiky v červnu 2003 a poté následovala série testů na zkušebním okruhu Výzkumného ústavu železničního v Cerhenicích. Od roku 2004 byla nasazena ve zkušebním provozu na trati Praha – Děčín; od prosince 2005 je zařazena na pravidelný spoj Praha – Ostrava (jako SC) a na několik let Praha – Břeclav (jako IC). Od 10. prosince 2006 byly spoje této relace prodlouženy do Vídně a Bratislavy. V roce 2012 bylo těžiště provozu na trati Praha – Ostravsko s řídkým zajištěním do Žiliny a Františkových Lázní (přes Plzeň).



Obr. 3.3-5: Pendolino 680, interiér vozu 2. třídy

#### KONFIGURACE JEDNOTKY

Jednotky Pendolino řady 680 sestávají ze 7 vozů, z nichž 4 jsou hnací. Každý hnací vůz je vybaven dvěma trakčními motory. Konfigurace jednotky řady 680 je následující:

- čelní trakční vůz 2. třídy (původně 1. třídy), řada 681
- vložený vůz 1. třídy, řada 081
- vložený trakční vůz 2. třídy s bufetem, řada 683
- vložený vůz 2. třídy, řada 084



- vložený trakční vůz 2. třídy, řada 684
- vložený vůz 2. třídy, řada 082
- čelní hnací vůz 2. třídy, řada 682

#### NAPĚŤOVÉ SOUSTAVY

Jednotku je možno provozovat na třech železničních napájecích soustavách:

- stejnosměrné napětí 3 000 V (Česká republika a Slovensko – severní část)
- střídavé napětí jednofázové 25 kV 50 Hz (Česká republika a Slovensko – jižní část)
- střídavé napětí jednofázové 15 kV 16 2/3 Hz (Německo, Rakousko)

Z důvodů používání zabezpečovacího zařízení s nízkou odolností proti elektromagnetickému rušení lze však Pendolino neomezeně provozovat jen na některých českých tratích. Použitý typ měničů neumožňuje dokonalé odrušení vozidla. Tento problém se ale obecně týká všech frekvenčních měničů používaných v železniční dopravě. Z tohoto důvodu byl do Pendolina nainstalován kompenzátor konduktivních proudů (aktivní filtr).

Hlavním přínosem kompenzátoru nebyla ale jeho fyzická výroba, ani instalace, ale otevření otázky kompatibility vozidel s frekvenčními měniči a současnými kolejovými obvody a následné řešení tohoto problému, který se netýká jen Pendolina.

#### TECHNICKÉ PARAMETRY

Každý vložený vůz je dlouhý 25,9 a hlavové 27,7 m, délka jednotky tedy činí 184 m a její šířka 2,8 m. Jednotka akceleruje z 0 na 100 km/h za 68 s (zrychlení  $0,39 \text{ m/s}^2$ ), z 0 na 160 km/h za 162 s ( $0,27 \text{ m/s}^2$ ) a z 0 na 230 km/h za 462 s ( $0,13 \text{ m/s}^2$ ). Vozová skříň je schopná se naklápět maximálně o  $8^\circ$  (v Česku o  $6,5^\circ$ ).

Tabulka 3.3-2: Technické parametry

Parametr	Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo	?
Maximální rychlost	230 km/h
Kapacita	331 míst
Délka soupravy	186 m
Hmotnost	384 t
Hmotnost na nápravu	
Trakční soustavy	3 kV, 15 kV, 25 kV
Výkon	4 000 kW
Referenční obrys	
Cena (řádově)	700 mil. Kč
Cena na sedadlo (řádově)	2 115 000 Kč

### 3.3.3 RAILJET

**Railjet** je obchodní označení používané Rakouskými spolkovými drahami ÖBB pro vysokorychlostní vlakové soupravy **Viaggio Comfort** (podle terminologie výrobce Siemens Mobility) od jízdního řádu 2008/09 a Českými drahami od jízdního řádu 2014/15.

Vlaky sestávají z nakrátko spojených vozů a lokomotiv typu Siemens ES64U2 (řada ÖBB 1116; Taurus 2) nebo Siemens ES64U4 (řada ÖBB 1216; Taurus 3). V České republice přichází v úvahu použití pouze řady 1216, která umožňuje provoz na napěťových soustavách používaných v České republice, Německu a Rakousku a její výkony jsou v České republice najímány.

Vlaky railjet jsou nejrychlejší klasické vlaky s lokomotivami na světě. Podle TSI patří do kategorie vysokorychlostních vlaků třídy II.

Railjet představuje samostatnou kategorii vlaku u železničních správ zemí, ve kterých jsou v provozu nebo do nichž zajíždějí, tedy rakouských drah (ÖBB), Českých drah (ČD), Německých drah (DB), Švýcarských spolkových drah (SBB) a Maďarských drah (MÁV). V Německu je railjet tarifně postaven na úroveň vlaků ICE. Vlastníky vlaků railjet jsou však pouze ÖBB (51 souprav a dalších 9 do konce roku 2016) a ČD (7 souprav).

Výběrové řízení na dodávku těchto vlaků bylo vypísáno v roce 2005 a zúčastnily se jej firmy Siemens, Bombardier a CAR. Dodávka prvních 23 souprav v hodnotě 245 mil. EUR byla schválena v únoru 2006 (do provozu byly zařazeny v letech 2008-09); zpočátku se počítalo s opcí na dalších 40 souprav do roku 2015. Ve skutečnosti ÖBB objednaly v říjnu 2007 dalších 44 souprav v celkové hodnotě 540 mil. EUR.

V prosinci 2010 oznámily České dráhy zájem o převzetí opce na posledních 16 vlaků, které měly být v provozu s lokomotivou řady 380. Hodnota zakázky měla činit něco přes 200 mil. EUR.

Obr. 3.3-6: Souprava railjet, provedení ÖBB



České dráhy nakonec odebraly pouze 7 souprav, s nimiž a dalšími 3 soupravami ÖBB byl od prosince 2014 zahájen společný provoz na lince Graz – Vídeň – Praha ve dvouhodinovém taktu. Soupravy řazené na této lince mají shodně s rakouskými soupravami elektronickou rezervaci míst k sezení a informační systém pro cestující. Jako vlaková lokomotiva se v celé délce používá Taurus 3, tj. řada 1216. Soupravy sestávají z pěti vozů 2. třídy, jídelního vozu a řídicího vozu 1. třídy s oddílem business.

#### KONFIGURACE VLAKU

Vlaky jsou koncipovány jako 185 m dlouhý vratný vlak ocelové stavby, složený z řídicího vozu, pěti vložených a jednoho koncového vozu. V soupravě je jeden velkoprostorový vůz s 55 sedadly 1. třídy (first), v dalším voze je restaurace a deset míst 1. třídy. Tři vozy jsou velkoprostorové s 80 místy k sezení ve 2. třídě (economy); koncový vůz má 76 míst ve 2. třídě a na straně lokomotivy je vybaven normálním tažným a narážecím ústrojím. V řídicím voze je 16 míst třídy business. Vlak je tažen nebo sunut lokomotivou Taurus 2 nebo Taurus 3 rychlostí až 230 km/h. Délka vlaku včetně lokomotivy je 205 m. Pro zvýšení kapacity je možno spojit dvě soupravy do vlaku o 14 vozech se dvěma lokomotivami. V běžném provozu zůstává souprava trvale spojena s lokomotivou. Vozy mohou být napájeny pomocí průběžného kabelu všemi čtyřmi napětími podle UIC (střídavé 1 000 V / 16,7 Hz nebo 1 500 V / 50 Hz a stejnosměrné 1 500 V nebo 3 000 V).

Vlak nabízí celkem 408 (původně plánováno 440) míst k sezení, z toho 16 v třídě business, 76 v 1. třídě (first) a 316 ve 2. třídě (economy). Rozdělení na tři třídy je obdobou rozdělení v letecké dopravě, ve španělských vysokorychlostních vlacích AVE anebo ve vlacích Eurostar mezi Londýnem, Paříží a Brusel. V obou vyšších třídách, které jsou tarifně na úrovni první třídy, se nabízí servis na místo k sezení. Ve vlaku je řazen také jídelní vůz se 14 místy k sezení. Další servisní funkce obsahují mj. internetové připojení zdarma, bezbariérový WC, výtah na invalidní vozík na každé straně vozu, dětské kino a místa na kočárky.

Obr. 3.3-9: Souprava railjet, vůz 2. třídy, provedení ČD



### SLOŽENÍ VLAKU ČD

- lokomotiva Siemens ES64U4 (Taurus 3, řada 1216.2)
- koncový vůz 2. třídy řady Bmpz893 73 54 20-91 00x-x CZ-ČD s přepravou kol
- vložený vůz 2. třídy řady Bmpz891 73 54 21-91 10x-x CZ-ČD
- vložený vůz 2. třídy řady Bmpz891 73 54 21-91 20x-x CZ-ČD
- vložený vůz 2. třídy řady Bmpz891 73 54 21-91 30x-x CZ-ČD
- vložený vůz 2. třídy řady Bmpz891 73 54 21-91 40x-x CZ-ČD
- vložený vůz 1. třídy a restaurační řady ARbmpz892 73 54 85-91 00x-x CZ-ČD
- řídicí vůz 1. třídy a business řady Afmpz890 73 81 80-91 00x-x CZ-ČD

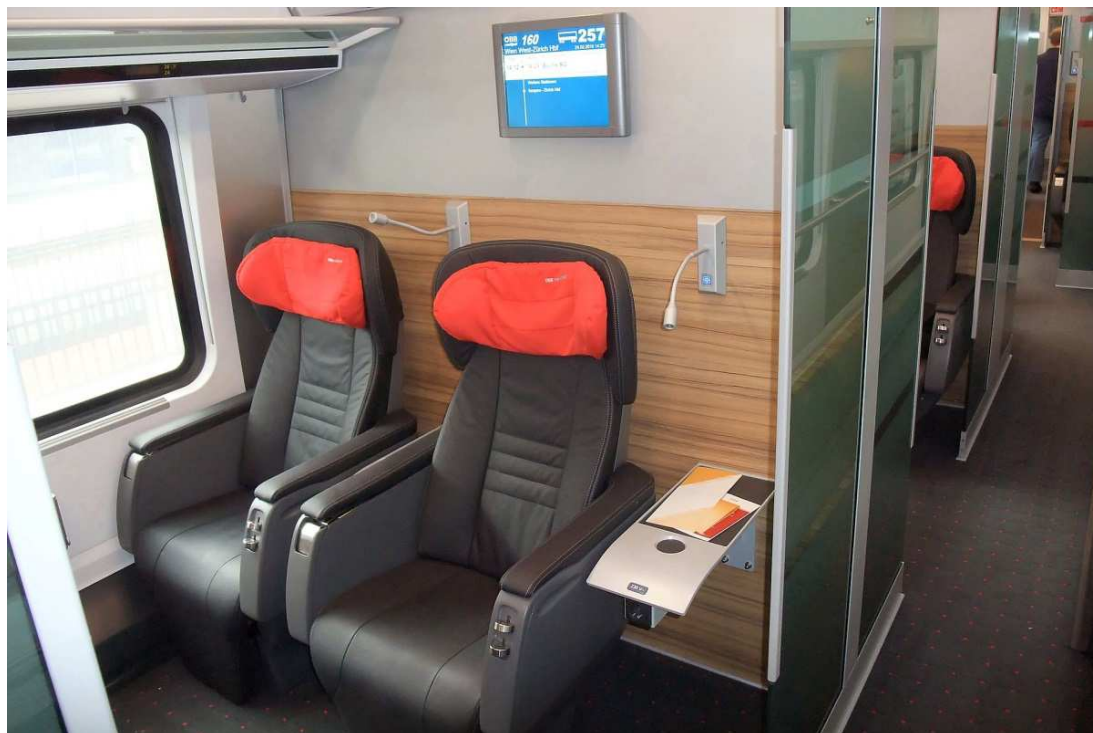
Složení vlaku pro ÖBB se liší v poměru první a druhé vozové třídy.

### BRZDA

Vozy jsou vybaveny následujícími systémy brzd:

- elektropneumatická brzda
- přemostění záchranné brzdy
- protismyková ochrana: tlakovzdušná brzda je vybavena elektronickou protismykovou ochranou, která zabraňuje blokování kol; protismyková ochrana se aktivuje podle dvojkolí
- magnetická kolejnicová brzda (kromě předního dvojkolí řídicího vozu)
- střadačová brzda
- přímočinná brzda (pouze u řídicího vozu)

Obr. 3.3-8: Souprava railjet, oddíl business, provedení ÖBB







Obr. 3.3-7: Souprava railjet, provedení ČD

Tabulka 3.3-3: Technické parametry

Parametr	Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo	ANO
Maximální rychlost	230 km/h
Kapacita	408 míst
Délka soupravy	185,8 m bez lok. 205,4 m s lok.
Hmotnost	352 t
Hmotnost na nápravu	12,6 t
Trakční soustavy	Taurus 3: 15 kV 16,7 Hz, 25 kV 50 Hz, 3 kV DC
Výkon	6 MW
Referenční obrys	
Cena (řádově)	392 mil. Kč*
Cena na sedadlo (řádově)	961 000 Kč*

\* bez lokomotivy. Při započtení ceny lokomotivy (uvažováno 100 mil Kč.) bude cena přepočtená na jedno sedadlo 1 206 000 Kč.

### 3.4 KONVENČNÍ VOZIDLA V ČR (V MAX DO 200 KM/H)



Obr. 3.4-1: Vlaková souprava řazená z vozů řad Ampz<sup>146</sup>, Ampz<sup>143</sup>, Bmz<sup>245</sup>, Bmz<sup>241</sup> a WRmz<sup>815</sup> tažená lokomotivou řady 380

#### 3.4.1 SOUPRAVY ŘAZENÉ Z VOZŮ ŘADY XMZ

Jsou to čtyřnápravové tlakotěsné vozy se skříní typu UIC-Z o délce 26 400 mm. Jejich nejvyšší povolená rychlost je 200 km/h. Mají podvozky SGP 300 R/3S vhodné až pro rychlost 250 km/h. Brzdová soustava je tvořena tlakovzdušnými kotoučovými brzdami Knorr se třemi kotouči na každé nápravě. Pro nouzové brždění z vysokých rychlostí je na vozech nainstalována elektromagnetická kolejnicová brzda.

Vozy mají dva páry jednokřídlých přesuvných nástupních dveří ovládaných tlačítky. Mezi-vozové přechodové dveře jsou dvoukřídlé, posuvné do stran a ovládané pomocí madel. Přechody mezi vozy však nejsou tlakotěsné, pouze je provedena příprava k jejich instalaci. Vnitřní oddílové dveře jsou jednokřídlé, posuvné a ovládané pomocí tlačítek. Většina oken těchto vozů je pevných neotvíratelných, výjimku tvoří první a poslední pár oken, které jsou ve výklopné horní pětině. Okna jsou opatřena termofolií. Střecha vozů má podélné prolisy.

Vozy řad Ampz<sup>146</sup>, Ampz<sup>143</sup>, Bmz<sup>245</sup>, Bmz<sup>241</sup> a WRmz<sup>815</sup> mohou být řazené do vlakových souprav dosahujících rychlosti až 160 km/h (výhledově, vzhledem k tlakotěsnému provedení, po úpravě brzd až 200 km/h), které mohou být taženy lokomotivami řady 380 ČD, 1216 ÖBB (Taurus) nebo 193 DB (Vectron), případně jinými, které mohou vozy napájet elektrickou energií a dosahovat příslušné rychlosti.



Tabulka 3.4-1: Technické parametry

Parametr	Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo	NE
Maximální rychlost	200 km/h
Kapacita Ampz	58
Bmz	66+17
WRmz	30+4
Délka vozu	26 400 mm
Hmotnost	47 t – 54 t
Hmotnost na nápravu	12 t – 14 t
Trakční soustavy	–
Výkon	–
Referenční obrys	
Cena (řádově)	53 mil. Kč
Cena na sedadlo (řádově)	880 tis. Kč

#### 3.4.2 REGIOPANTER A INTERPANTER (ŘADY ČD 440, 640, 650, 660)

**RegioPanter** a **InterPanter** jsou elektrické jednotky pro příměstskou aglomerační dopravu (např. spěšné vlaky v okolí Prahy) nebo pro rychlíkové spoje po VRT (např. Praha – Děčín).

##### REGIOPANTER

**RegioPanter** (typové označení **Škoda 7Ev**) je částečně nízkopodlažní elektrická jednotka, kterou si objednaly v roce 2011 České dráhy a. s., výrobcem je Škoda Vagonka a. s. Jednotky tří různých modifikací nesou označení řad 440, 640 a 650.

Obr. 3.4-2: Elektrická jednotka RegioPanter řady 440



Jednotky jsou obousměrné, tj. s řídicími stanovišti na obou čelech. Mohou být sestaveny jako dvouvozové, třívozové nebo čtyřvozové (čtyřvozové nebyly objednány), a to z pěti typů vozů. Je možné spojit až čtyři jednotky do jedné soupravy. Dvouvozová jednotka má kapacitu 147 sedících cestujících, třívozová 241 sedících cestujících, čtyřvozová kolem 330 cestujících. Mezi vozy jsou průchozí měchy bez dveří, interiéry vozů jsou bez příček a bez dveří. Jednotky se spojují samočinnými spřáhly Scharfenberg.

Skříň vozů jsou zhotoveny z hliníkových velkoplošných protahovaných profilů, kabinové moduly na čelech vlaků jsou ocelové. Vozidla splňují požadavky normy EN 15227 – odolnost proti nárazu.

Maximální rychlost je 160 km/h, výška podlahy v úrovni nástupu 550 mm nad temenem kolejnice, šířka dveří 1 500 mm. Délka dvouvozové jednotky je 52,9 m, délka třívozové jednotky 79,4 m. Maximální šířka je 2,82 m, maximální výška 4,26 m. Hmotnost třívozové jednotky je 160 tun, dvouvozové jednotky 106 tun. Většina elektrické a pneumatické výzbroje je umístěna na střeše vozidel, společně se vzduchotechnikou a kabeláží ve výšce do 0,7 m nad stropem interiéru, nikoliv v klasické strojovně. Jednotlivé agregáty na střeše mají vlastní skříň, které nejsou nijak aerodynamicky tvarovány. Výrobce udává, že je vlak z 65 % nízko-podlažní.

Vozy jsou vybaveny wi-fi sítí, klimatizací a uzavřeným systémem WC a umožňují umístění prodejních automatů na občerstvení, noviny atd. Jednotky mají jeden bezbariérový záchod a třívozové provedení ještě další běžný záchod.

Obr. 3.4-3: Interiér jednotky RegioPanter



Na nástupní plošině u konce vozu s bezbariérovým záchodem se nachází při obou dveřích pomocná sklopná nakládací rampa pro cestující na vozíku. Od této plošiny směrem ke stanovišti strojvedoucího je oddíl první třídy s devíti polohovatelnými sedadly s větším prostorem a elektrickými zásuvkami. Pro informační systém uvnitř vozidel jsou použity LCD monitory.

Každý vůz bez ohledu na typ má jeden hnací a jeden běžný podvozek. Protože na hnací podvozek připadá vždy vyšší tíha než na podvozek běžný (přinejmenším o tíhu trakčních elektromotorů a kromě toho je nad něj soustředěna i trakční výzbroj), je touto koncepcí zaručeno, že podíl adhezní hmotnosti bude vyšší než 50 % při jakémkoliv uspořádání jednotky. V každém hnacím podvozku jsou osazeny dva asynchronní trakční motory Škoda ML 3942 K/4 o trvalém výkonu 340 kW. Výkon dvouvozové jednotky je 1 360 kW, výkon třívozové jednotky 2 040 kW. Soupravy jsou schopny rekuperace energie při brzdění.

Jednotky jsou vyráběny ve variantách buď pro napěťové systémy 25 kV 50 Hz i 3 kV ss nebo jen pro 3 kV ss. Sběračem a hlavním vypínačem je vybaven jen jeden čelní vůz (ř. 440, 640, 650). Do ostatních vozů je napájení o potenciálu trakčního vedení soustavy 3 kV DC převáděno kabelem. Druhý hlavový vůz třívozové dvousystémové jednotky je vybaven trakčním transformátorem, jednotka má proto také střešní vedení 25 kV AC, zatímco druhý hlavový vůz dvouvozové dvousystémové jednotky je napájen napětím převedeným na 3 kV DC.

#### INTERPANTER

České dráhy objednaly za 2,6 miliardy korun 14 jednotek v provedení pro dálkovou dopravu, aby měly větší šanci uspět ve výběrových řízeních na provozování rychlíkových linek, pro něž ministerstvo avizovalo požadavek na klimatizovaná vozidla s bezbariérovým přístupem a kapacitou pro přepravu kol. Vlaky mají být dodány v průběhu let 2015 a 2016. V této verzi mají méně dveří a více prostoru na objemná zavazadla. Jednotky představené novinářům a odborné veřejnosti dne 25. 6. 2015 jsou od listopadu 2015 provozovány pod obchodním označením InterPanter.

*Obr. 3.4-4: Elektrická jednotka InterPanter řady 661*



**InterPanter** je nízkopodlažní elektrická jednotka, provozovaná společností České dráhy, výrobcem je Škoda Vagonka (typové označení **Škoda 10Ev**). Jednotky nesou označení řady 660.

České dráhy si objednaly celkem 14 kusů těchto elektrických vlakových souprav. Deset je pětivozových a čtyři jsou třívozové. Jednotky mohou být provozovány na tratích s napětím 25kV/50Hz a 3 kV/ss. Maximální provozní rychlost činí 160 km/h.

Třívozové jednotky se skládají z vozů 660.0, 662.0 a 661.0, pětivozové jednotky mají jednotlivé vozy označené řadou 660.1, 662.1, 064.1, 662.2 a 661.1. Vozy označené řadami 661 a 662 mají oddíl první třídy.

Tyto nízkopodlažní jednotky jsou konstrukčně odvozeny od dvousystémové varianty jednotek RegioPanter. Vzhledem k určení pro dálkovou dopravu se od nich technicky odlišují zejména použitím jen jedné dveří v bočnici každého vozu, přepážkami mezi nástupními prostory a oddíly a také mezi oddíly 1. a 2. třídy, větším podílem míst 1. třídy, pohodlnějšími sedadly, místy pro odkládání objemnějších zavazadel a pětivozová jednotka i zařazením jednoho vozu bez pohonu (řada 064.1).

Tabulka 3.4-2: Technické parametry

Parametr		Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo		NE
Maximální rychlost		160 km/h
Kapacita	2 vozy (z toho 1. třída)	147 (9)
	3 vozy – RegioPanter (z toho 1. třída)	241 (9)
	3 vozy – InterPanter (z toho 1. třída)	200 (25)
	5 vozů (z toho 1. třída)	350 (42)
Délka soupravy	2 vozy	52 900 mm
	3 vozy	79 400 mm
	5 vozů	132 400 mm
Hmotnost	2 vozy	106 t
	3 vozy	160 t
	5 vozů	266 t
Hmotnost na nápravu		13 t
Trakční soustavy		3 kV DC 25 kV 50 Hz AC
Výkon	2 vozy	4x 340 kW
	3 vozy	6x 340 kW
	5 vozů	8x 340 kW
Referenční obrys		
Cena (řádově)	2 vozy	113 mil. Kč
	3 vozy	137,5 mil. Kč
	5 vozů	230 mil. Kč
Cena na sedadlo (řádově)		650 tis. Kč



### 3.4.3 CITYELEFANT (ŘADA ČD 471)

**City Elephant** je obchodní název pro elektrickou dvoupodlažní jednotku pro příměstskou aglomerační dopravu (například osobní vlaky v okolí Prahy) skládající se z elektrického vozu řady **471**, vloženého vozu řady **071** a řídicího vozu řady **971** s vozovými skříněmi, zhotovenými z hliníkových slitin. Je určena pro dopravu cestujících v městských aglomeracích na tratích elektrizovaných stejnosměrnou soustavou 3 kV. Tyto jednotky se v pražské příměstské dopravě staly od roku 2000 postupně nástupci elektrických jednotek řad 451 a 452, resp. ne zcela vyhovujících prototypů jednotek řady 470. Výrobce jednotek je konsorcium firem ČKD Vagonka Ostrava a Škoda Plzeň. V prosinci 2012 bylo v provozu ČD 81 jednotek.



Obr. 3.4-5: Elektrická jednotka ČD řady 471

#### TECHNICKÝ POPIS

Všechny vozy jednotky jsou dvoupodlažní s nástupní hranou v úrovni 550 mm nad temenem kolejnice (tj. v úrovni nástupiště). Délka soupravy přes spřáhla je 79,2 m, hmotnost 155,4 tun. Skříně jsou svařeny z profilů, vyrobených z hliníkových slitin. Maximální rychlost jednotky je 140 km/h a konstrukční rychlost 160 km/h. Formálně má jednotka 643 míst pro cestující, z toho 310 k sezení (287 ve druhé a 23 v první vozové třídě). Oddíl první třídy se nachází v horním podlaží elektrického vozu, v ostatních vozech jednotky jsou pouze oddíly druhé třídy. Celá jednotka je vybavena klimatizací, hlásícím a vizualizačním systémem INISS od společnosti CHAPS, okna v oddílech pro cestující nejsou otevírací, od č. 16 do č. 60 nejsou použita ani okna s klapkami pro nouzové větrání. Krajiní nástupní prostory jednotky jsou vybaveny zvedacími plošinami pro cestující na invalidním vozíku.

Pojezd motorového vozu jednotky je tvořen dvěma dvounápravovými podvozky s individuálním pohonem náprav třífázovými asynchronními trakčními motory zapojenými

do dvojité hvězdy. Trakční měniče jsou realizovány jako moduly IGBT s kapalinovým chlazením. Měníče jsou osazeny prvky Eupec s maximálním závěrným napětím 3,3 kV.

Jednotky 029, 030 a od čísla 061 jsou vybaveny systémem přemostění záchranné brzdy.



Obr. 3.4-6: Interiér horního patra vloženého vozu řady 071

Řízení soupravy je možné ve třech režimech: automatické vedení vlaku, automatická regulace rychlosti a manuální režim. Řídicí systém také dovoluje ovládání až čtyř spojených jednotek z jednoho stanoviště. V praxi je toto využíváno především při dopravě většího počtu jednotek najednou (např. při jízdách z/do depa).

Plánovaná životnost je udávána nejméně 40 let. Cena soupravy činila v době výroby asi 216 milionů Kč (bez DPH).

#### ODVOZENÉ TYPY

Uvažovalo se též o možnosti odvozených dvousystémových variant včetně dálkové verze. O stavebnicovém odvozování dalších jedno i vícesystémových jednotek s variantami maximální rychlosti 120, 140, 160 a 200 km/h a možnými variacemi uspořádání interiéru se zmiňovaly České dráhy i v dubnu 2007. Po několika doobjednávkách byl celkový počet jednotek stanoven na 83 a všechny zůstaly v původní jednosystémové verzi.

Pro export vznikla následující provedení:

- řada 575 Litevských železnic (140 km/h, 25 kV 50 Hz);
- řada 671 ZSSK (160 km/h, 3 kV ss, 25 kV 50 Hz);
- řada 675 Ukrajinských železnic (160 km/h, 3 kV ss, 25 kV 50 Hz);



- řada 951 ZSSK (160 km/h, push-pull jednotka bez hnacího elektrického vozu);
- Deutsche Bahn – DB Regio objednala 6 souprav (push-pull, 189 km/h) s lokomotivou Škoda 109E.

Tabulka 3.4-3: Technické parametry

Parametr	Hodnota
Vysokorychlostní vozidlo	NE
Maximální rychlost	140 km/h
Kapacita (z toho v 1. třídě)	310 (23)
Délka soupravy	79 200 mm
Hmotnost	155,4 t
Hmotnost na nápravu	13 t
Trakční soustavy	3 kV DC
Výkon	2 000 kW
Referenční obrys	
Cena (řádově)	216 mil. Kč
Cena na sedadlo (řádově)	700 tis. Kč

## 4 VOZIDLA PRO NÁKLADNÍ DOPRAVU

---

### 4.1 EUROCAREX

---

#### 4.1.1 SOUVISLOSTI VZNIKU A PRVNÍ KROKY

---

**Cargo Rail Express** (EuroCarex) je skupina podniků, která si klade za cíl vybudovat síť vysokorychlostní kolejové nákladní dopravy, která chce využívat často příznivější dopravní situace v noční době (tzv. noční skok) a tím konkurovat a cílově nahradit noční leteckou nákladní dopravu po Evropě.

Již krátce po zavedení vysokorychlostní dopravy vlaky TGV ve Francii od roku 1981 existovaly plány provozu vysokorychlostních poštovních vlaků. Byly zavedeny v říjnu 1984 sedmi speciálními vlaky TGV Postal, vyvinutými na základě první generace vlaků TGV PSE. Provoz tohoto systému byl zastaven k 27. červnu 2015 po vyhodnocení situace, kdy silně poklesla potřeba přepravy spěšných poštovních zásilek. V návaznosti se francouzské železnice SNCF a francouzská poštovní správa rozhodly založit společný podnik *Cargo Rail Express*, který by s celoevropskou působností používal vlaky TGV k přepravě zboží v rámci kurýrní balíkové služby. Centrálním bodem se mělo stát pařížské letiště Charles de Gaulle (Roissy), odkud by měla být obsloužena Velká Británie, země Beneluxu, Švýcarsko, Německo, Itálie a Španělsko. Zboží naložené na letecké palety a do kontejnerů mělo být přepravováno na vzdálenosti 300 až 800 km. Překážkou tohoto systému se však stal zákaz nočních letů z letiště Charles de Gaulle.

V únoru 2006 byla založena společnost *Roissy Carex*. Jejími zakládajícími členy byly společnosti SNCF, La Poste, FedEx, TNT Post, pařížská regionální letecká společnost ADP, poskytovatel letištních služeb WFS a letecká společnost Air France-KLM Cargo. Se zahájením provozu se počítalo v roce 2010.

K 29. listopadu 2007 byla založena společnost *London Carex* jako stoprocentní dceřiná společnost Groupe Eurotunnel SA. V témže roce byla založena také společnost HST Cargo se sídlem na letišti Amsterdam Schiphol, která vstoupila do společenství v roce 2010 jako *Amsterdamcarex*.

V Lutychu byla 21. března 2007 založena belgická větev *Liegecarex*. Tyto tři uvedené organizace jednaly 15. května 2007 o založení společenství *EuroCarex*, které bylo oficiálně založeno 26. dubna 2009. K nim přistoupila také společnost *Lyoncarex*, založená 24. září 2007, se sídlem na letišti Lyon Saint-Exupéry.

V říjnu 2006 byla zadána „Studie proveditelnosti k realizaci expresních železničních nákladních služeb na letišti Charles de Gaulle“. Tato studie předpokládala náklady na vozidla a terminály a na provoz v letech 2010-12 v celkové výši jedné miliardy EUR, které měly být financovány z veřejných i soukromých zdrojů v rámci partnerství. Při průměrné přepravní ceně 370 EUR za paletu se očekávalo průměrné vyřízení 62 %. Od pondělí do čtvrtka se podle ní mělo přepravit kolem 900 leteckých palet, v pátek 750, v sobotu 570 a v neděli 400. Celkové očekávání bylo kolem 270 000 palet resp. 700 000 t zboží ročně.

Počátkem roku 2007 se plánoval start systému v roce 2010. Zpočátku měly být na pařížské letiště Roissy (CDG) navázány destinace Lyon, Aix-Marseille, Štrasburk, Brusel, Lutych a Amsterdam. V roce 2012 měl následovat Londýn, Kolín nad Rýnem, Frankfurt a Bordeaux. Dále se zamýšlelo rozšíření do Itálie a Španělska.

Během roku 2007 zadal belgický valonský region studii proveditelnosti, zda by bylo možno napojit na síť Carex také letiště Liège. V roce 2008 podepsali členové konsorcia EuroCarex záměr zahájit provoz první etapy komerčního provozu v březnu 2012.

Obr. 4.1-1: Elektrická jednotka TGV Postal



Francouzský správce železniční infrastruktury RFF předložil v roce 2008 návrh tras ve francouzské železniční síti. Dosud prováděné noční údržbové práce by byly sladěny s nočním provozem vlaků EuroCarex. Druhý návrh se zabýval napojením terminálů na železniční tratě.

Koncem listopadu 2008 přistoupila společnost Köln-Carex s letištěm Köln/Bonn a s terminály UPS a Fedex do společenství EuroCarex. Uvedení první etapy systému EuroCarex se plánovala na březen 2012. Projekt se však opozdil vzhledem k recesi a s ní spojeným poklesem letecké nákladní dopravy.

Na základě ekologických výhod a možnosti omezit noční lety se francouzský stát přihlásil s podporou výstavby terminálů v Paříži a Lyonu částkou 170 mil. EUR. Také Evropská unie má podpořit výstavbu terminálu v Lutychu částkou přes 1 mil. EUR z programu TEN-V (Trans-evropské sítě).

První zkušební jízda proběhla 21. března 2012 s vlakem TGV Postal mezi letištěm Lyon Saint-Exupéry, letištěm Paris Roissy CDG přes Eurotunnel na londýnské nádraží St. Pancras. Vlak měl kapacitu 120 t nákladu a byl tažen dvěma motorovými lokomotivami. Vlak vyjel 20. března 2012 v 16.42 z letiště Lyon Saint Exupéry a trasou přes Paris CDG a dojel do Calais Frethun ve 22.25. Vzhledem k chybějícímu schválení byl vlak následně protažen Eurotunnelem a po britské vysokorychlostní trati č. 1. Vlak dorazil dříve, než bylo plánováno, v 1.24 do Londýna. Jízda zpět začala téhož dne v 11.40. Po zastavení v Kentu, trvajícím 11 hodin, vjel vlak následující den v 0.02 do tunelu pod kanálem La Manche.

#### 4.1.2 PLÁNOVANÉ TRASY A TERMINÁLY

První provozní etapa by měla být zahájena v roce 2017 nebo 2018 spoji z Paříže do Londýna, Amsterdamu, Lutychu, Frankfurtu a Lyonu. Současný stav však napovídá vznik určitého zpoždění. Podnik očekává při zahájení provozu vytížení na spojení Londýn – Paříž CDG vytížení až 90 %. Přitom by se mělo jezdit po následujících vysokorychlostních tratích:

- LGV Interconnexion Est – LGV Nord – Eurotunnel – High Speed One (Paříž – Londýn)
- LGV Interconnexion Est – LGV Nord – HSL 1 – HSL 2 – HSL 3 – Kolín nad Rýnem – Cáhly – Kolín nad Rýnem – Rýn/Mohan (Paris – Lutych – Kolín nad Rýnem – Frankfurt nad Mohanem)
- LGV Interconnexion Est – LGV Nord – HSL 1 – HSL 4 – HSL Zuid (Paříž – Amsterdam)
- LGV Interconnexion Est – LGV Sud-Est – LGV Rhône-Alpes (Paříž – Lyon)

Následovat má napojení terminálů Bordeaux, Aix-Marseille a Štrasburk. Kromě toho se plánuje rozšíření sítě do Madridu, Barcelony, Bologny, Milána, Turína, Kolína nad Rýnem a Berlína po roce 2020.

Hlavními terminály pak mají být

- letiště Paris Charles-de-Gaulle;
- letiště Lyon Saint-Exupéry;
- letiště Lutych;
- letiště Kolín nad Rýnem/Bonn;
- letiště Frankfurt nad Mohanem;
- letiště Amsterdam Schiphol;
- a další, zatím neurčené místo u Londýna při britské vysokorychlostní trati č. 1.

Přepravní doba mezi Lyonem a Londýnem se zastávkou v Paříži, má činit 5 až 6 hodin, mezi letišti Amsterdam Schiphol a Kolín nad Rýnem/Bonn pak 4 hod. 40 min., mezi letišti Paříž Roissy (CDG) a Londýn 130 min. a mezi Lutychem a Kolín nad Rýnem/Bonn 75 min.

Terminály, které mají stát 13 mil. EUR (stav 2007), musí podle údajů provozovatele ležet v bezprostřední blízkosti trati TGV, letiště a dálnice. Kolejiště mají mít podle možnosti aspoň 4 koleje, z toho dvě o délce aspoň 400 m a s ostrovním nástupištěm o šířce 20 m.

Na letišti Paříž-Roissy (CDG) mají být dva terminály: jižní terminál má vzniknout na okraji letiště s připojením na směr Marseille, Lyon a Štrasburk. Severní terminál má vyrůst v blízkosti terminálu Fedex s připojením na směr Londýn, Lutych, Amsterdam a Kolín nad Rýnem. V Londýně se terminál plánuje východně od města v oblasti Barking.

#### 4.1.3 PLÁNOVANÁ VOZIDLA

Ve studii proveditelnosti se uvažují tři provedení vlaků. Zatímco vlaky TGV a ICE by mohly být okamžitě k dodání, tak u vlaků Thalys a Eurostar je třeba počítat s dodací lhůtou 3 až 5 let.

Počátkem roku 2007 společnost počítala s tím, že opatří 20 souprav TGV za celkem 625 mil. EUR. Koncem roku 2008 se plánovalo opatřit nejprve pouze 8 vlaků.

V roce 2012 společnost vypsala výběrové řízení na dodávku až 25 vlaků s minimální nejvyšší rychlostí 300 km/h, které by bylo možno ložit kontejnery používanými v letecké dopravě. Doba nakládky a vykládky má trvat nejvýše 15 min. Náklady na prvních 8 souprav se mají pohybovat kolem 200 mil. EUR.

Po vypsání výběrového řízení na vozidla běží od roku 2006 rozhovory s firmami Alstom a Siemens o dodávkách vozidel, které vedou na nákladní verze vysokorychlostních vlaků TGV Euroduplex a Velaro.

Alstom a Siemens vedou diskuse s EuroCarex o nabídce vlaků Duplex resp. Velaro. Zpočátku má být nasazeno do provozu deset vlaků s plánovaným startem v letech 2015-17, který se však opoždí. Vlak Velaro Cargo o délce 200 m od firmy Siemens by měl dosahovat rychlosti 320 km/h a odvézt 144 t zboží resp. 60 leteckých kontejnerů.

---

#### 4.1.4 PŘEPRAVOVANÉ KONTEJNERY

---

Ve vysokorychlostní nákladní dopravě systému EuroCarex se počítá s využitím přepravního systému **Unit Load Devices** (ve zkratce **ULD**), tj. palety a kontejnery, které se používají k letecké přepravě zavazadel, zboží a pošty. Lze je použít jak v letadlech s velkým ložným prostorem, tak v letadlech s úzkým trupem. Umožňují přepravu velkého množství zboží při snadné manipulaci ve velkých jednotkách. Jejich využitím se spoří pozemní personál přepravců, čas při nakládce a vykládce a objem prací. Použití tedy vede ke snížení nákladů.

Existují dvě provedení ULD:

1. **Palety ULD** jsou desky z hliníkového plechu s rámem z profilů, jejichž okraje jsou provedeny tak, aby do nich zapadala oka přepravních sítí.
2. **Kontejnery ULD** jsou uzavřené nádoby z hliníkových plechů s rámy z profilů nebo kombinace z hliníku (rám) a plastu (stěny). Podle druhu přepravovaného zboží mohou mít zastavěné chladicí agregáty. Kontejnery ULD jsou často vybaveny oky, aby bylo možno přepravované zboží a zásilky příslušným způsobem upevnit podle DGR (Dangerous Goods Regulations = předpisy pro přepravu nebezpečného zboží).

Palety ULD odpovídají velikostem kontejnerům LD7 (2 240 x 3 180 mm nebo 2 440 x 3 180 mm), LD8 (1 530 x 2 440 mm) a LD11 (1 530 x 1 318 mm).

Kontejnery ULD se dělí do 8 základních provedení (LD1, LD2, LD3, LD6, LD7, LD8, LD9 a LD11) o vnitřním objemu od 4,9 m<sup>3</sup> do 8,8 m<sup>3</sup>; jejich šířka se pohybuje od 1 200 mm do 3 180 mm, délka od 1 580 mm do 4 070 mm a výška je jednotně 1 630 mm.

Podle jednotlivých typů kontejnerů (které jsou kompatibilní s určitými typy letadel) je možno do letadel různých velikostí naložit 19-71 samostatných kontejnerů anebo 4-18 palet ložených kontejnery.





Obr. 4.1-2: Kontejner typu AKH

#### 4.1.5 MOŽNOSTI ZAVEDENÍ V ČESKÉ REPUBLICE

Přistoupení České republiky do rychlé nákladní dopravy systému EuroCarex je podmíněno zapojením subjektu působícího v letecké nákladní dopravě z některého letiště v České republice (např. Menzies Aviation Czech). Vybudování terminálu mezi leteckou a železniční dopravou by bylo možné na letišti Ostrava-Mošnov, které již má železniční připojení pro osobní dopravu, dobře dostupnou ze sítě hlavních železničních tratí v České republice.

Další možnost by bylo vybudování příslušného terminálu na letišti Václava Havla v Praze po jeho připojení na železniční síť letištní rychlodráhou napojenou na trať Praha – Kladno. Oba terminály by rozšířily možnosti rychlé kombinované dopravy železnice/letadlo ve směru na východní část střední Evropy (Polsko, Slovensko, Maďarsko...).

Pro rychlou nákladní dopravu by bylo možno využít vozidel, se kterými uvažuje společnost EuroCarex v západní Evropě s tím, že by byla schopna jezdit pod napájecími systémy používanými v regionu (tj. 3 kV DC a 25 kV 50 Hz AC).

## 5 ZDROJE

---

- [1] EN 14067-4 Railway applications – Aerodynamics – Part 4: Requirements and test procedures for aerodynamics on open track (ČSN EN 14067-4 Železniční aplikace – Aerodynamika – Část 4: Požadavky a zkušební postupy pro aerodynamiku na širé trati);
  - [2] EN 14067-5+A1 Railway applications – Aerodynamics – Part 5: Requirements and test procedures for aerodynamics in tunnels (ČSN EN 14067-5+A1 Železniční aplikace – Aerodynamika – Část 5: Požadavky a zkušební postupy pro aerodynamiku v tunelech);
  - [3] EN 14067-6: Railway applications – Aerodynamics – Part 6: Requirements and test procedures for cross wind assessment (ČSN EN 14067-6 Železniční aplikace – Aerodynamika – Část 6: Požadavky a zkušební postupy pro hodnocení účinků bočního větru);
  - [4] EN 50125-1: Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock (ČSN EN 50125-1: Drážní zařízení – Podmínky prostředí pro zařízení – Část 1: Zařízení drážních vozidel);
  - [5] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1302/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla – lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob železničního systému v Evropské unii;
  - [6] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1299/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technických specifikacích pro interoperabilitu subsystému infrastruktura železničního systému v Evropské unii;
  - [7] Richtlinie 807.04 Aerodynamik / Seitenwind. Deutsche Bahn AG, DB Systemtechnik, platnost od 2006-04-30;
  - [8] EN 15663 Railway applications – Definition of vehicle reference masses (ČSN EN 15663 Železniční aplikace – Definice referenčních hmotností vozidla).
- Firemní materiály Alstom; dostupné z internetu:  
<http://www.alstom.com/Global/Transport/Resources/Documents/brochure2014/Duplex%20-%20Product%20sheet%20-%20EN%20LD.pdf?epslanguage=fr-FR>
  - Webová stránka v němčině „Hochgeschwindigkeitszüge; die schnellsten Züge der Welt“; dostupné z internetu:  
<http://www.hochgeschwindigkeitszuege.com/deutschland/ice-3.php>
  - Firemní materiál italských železnic, dostupný z internetu:  
[http://www.fsnews.it/cms-file/allegati/fsnews/Brochure\\_interno.PDF](http://www.fsnews.it/cms-file/allegati/fsnews/Brochure_interno.PDF)
  - Webová stránka v němčině „Hochgeschwindigkeitszüge; die schnellsten Züge der Welt“; dostupné z internetu:  
<http://www.hochgeschwindigkeitszuege.com/deutschland/icx.php?vorgaengerdir=deutschland>
  - Webová stránka v němčině „Hochgeschwindigkeitszüge; die schnellsten Züge der Welt“; dostupné z internetu:  
<http://www.hochgeschwindigkeitszuege.com/polen/ed250.php>
  - Firemní materiály CAF, dostupné z internetu: <http://www.caf.net/en/productos-servicios/proyectos/proyecto-detalle.php?p=47>

- Materiály španělských drah, dostupné z internetu:  
[http://ferropedia.es/wiki/Renfe\\_Serie\\_120](http://ferropedia.es/wiki/Renfe_Serie_120)
- Webová stránka v němčině „Hochgeschwindigkeitszüge; die schnellsten Züge der Welt“; dostupné z internetu:  
<http://www.hochgeschwindigkeitszuege.com/deutschland/ice-t.php?vorgaengerdir=deutschland>
- Webová stránka v němčině „Hochgeschwindigkeitszüge; die schnellsten Züge der Welt“; dostupné z internetu:  
<http://www.hochgeschwindigkeitszuege.com/tschechien/tschechien.php>;  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%A1\\_jednotka\\_680](https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%A1_jednotka_680)
- Firemní materiál Siemens, dostupný z internetu:  
<http://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/railjet/pages/railjet.aspx>
- Internetové stránky o vozech ČD, dostupné z internetu, např.: <http://www.k-report.net/koridory/provoz15.htm>; <http://www.atlasvozu.cz/rada/cd/4-Bmz241.html>
- Stránky o vozidle RegioPanter, dostupné z internetu: <http://www.regiopanter.cz/>;  
materiál Českých drah, dostupný z internetu:  
<http://bluetrains.cz/galerie/jednotky/interpanter/>
- Materiál Českých drah, dostupný z internetu:  
<http://bluetrains.cz/galerie/jednotky/cityelefant/>
- Stránky EuroCarex, dostupné z www: <http://www.eurocarex.com/>