

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Koncepční studie vozu pro přepravu nákladů vyššími rychlostmi

Autor práce: Bc. et Bc. Daniel Drnec

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Heptner

2022



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Drnec Jméno: Daniel Osobní číslo: 469567
Fakulta/ústav: Fakulta strojní
Zadávající katedra/ústav: Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Studijní program: Dopravní a transportní technika
Specializace: Kolejová vozidla

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Koncepční studie vozu pro přepravu nákladů vyššími rychlostmi

Název diplomové práce anglicky:

Study of a freight wagon for higher running speeds

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte rešerše dosavadních technických řešení a legislativních i normativních požadavků na nákladní vozy pro rychlosti jízdy vyšší než 120 km/h.
2. Definujte nároky na uspořádání a parametry vozidla na základě výsledků provedených rešerší.
3. Vyberte vhodnou koncepci vozidla a jeho pojezdu a vytvořte úvodní projekt vozidla.
4. Proveďte potřebné výpočty (obrys pro konstrukci vozidla, bezpečnost proti vykolejení na zborcené koleji, jízdně-technické vlastnosti, dimenzování brzdového systému).
5. K výpočtovým simulacím vytvořte jednoduchý MBS model vozidla pro výpočty v programu SIMPACK.
6. Vypracujte průvodní technickou zprávu, obsahující popis řešení a jeho výsledky. Vypracujte typový výkres vozu.

Seznam doporučené literatury:

Legislativní a normativní dokumenty (TSI, EN)
Firemní literatura
Odborná periodika

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Tomáš Heptner ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: 20.04.2022

Termín odevzdání diplomové práce: 13.07.2022

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Tomáš Heptner
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Oldřich Vítek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 13. 7. 2022

Daniel Drnec

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Tomáši Heptnerovi za cenné rady, připomínky, vstřícný přístup a trpělivost při zpracovávání diplomové práce.

Anotační list

Autor práce:	Bc. et Bc. Daniel Drnec
Vedoucí práce:	Ing. Tomáš Heptner
Název práce:	Koncepční studie vozu pro přepravu nákladů vyššími rychlostmi
Title:	Study of a freight wagon for higher running speeds
Rok:	2022
Studijní program:	Dopravní a transportní technika
Specializace:	Kolejová vozidla
Ústav:	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Rozsah práce:	Počet stran: 168 Počet obrázků: 113 Počet tabulek: 20 Počet grafů: 11 Počet příloh: 4
Klíčová slova	rychlá železniční nákladní doprava, vysokorychlostní železniční nákladní doprava, technické specifikace pro interoperabilitu, přeprava pošty, krytý nákladní vůz, 200 km/h, digitální automatické spřáhlo
Keywords	fast rail freight transport, high-speed rail freight transport, mail transportation, technical specification for interoperability, covered freight wagon, 200 km/h, Digital Automatic Coupling

Anotace

Předmětem diplomové práce je posouzení možností rychlé železniční nákladní dopravy z hlediska konstrukce kolejových vozidel. V první části je práce provedena rešerše železničních vozidel pro rychlou přepravu nákladů a odhad poptávky po rychlé železniční nákladní dopravě. Druhá část práce analyzuje požadavky na rychlé nákladní vozy z pohledu potřeb uživatelů i legislativy, a dále shrnuje stávající stav v oblasti Digitálního automatického spřáhla. Ve třetí části je na základě předchozích dvou částí vytvořen koncept rychlého nákladního vozu. Čtvrtá část se zabývá návrhem základních parametrů pojezdu takového vozu.

Abstract

The subject of the diploma thesis is the assessment of the possibilities of fast rail freight transport from the point of view of the construction of rolling stock. In the first part of the thesis, a search for rolling stock for fast rail freight services and an estimate of the demand for fast rail freight transport is carried out. The second part of the thesis analyzes the requirements for fast freight wagons from the point of view of user needs and legislation, and also summarizes the current state of Digital Automatic Coupling. In the third part, the concept of a fast freight wagon is proposed, based on the previous two parts. The fourth part deals with the design of the basic parameters of the bogie of such a wagon.

Obsah

Obsah.....	6
Úvod.....	10
1 Rychlá železniční nákladní doprava	12
1.1 Rychlá železniční nákladní vozidla	12
1.1.1 Nákladní rychlé a vysokorychlostní jednotky	12
1.1.1.1 British Rail Class 325	12
1.1.1.2 TGV La Poste	13
1.1.1.3 TGV Fret.....	15
1.1.1.4 Fret GV	15
1.1.1.5 Euro Carex	15
1.1.1.6 Mercitalia Fast	18
1.1.1.7 Vysokorychlostní nákladní vlaky v Číně.....	20
1.1.1.8 Orion High Speed Logistics, Swift Express Freight.....	22
1.1.1.9 DLR NGT CARGO	25
1.1.2 Nákladní vozy pro vlaky osobní dopavy.....	26
1.1.2.1 Zavazadlové a víceúčelové vozy	26
1.1.2.2 Poštovní vozy s třídírnou	27
1.1.2.3 Vozy pro přepravu automobilů.....	28
1.1.3 Rychlé nákladní vozy klasického typu	34
1.1.3.1 Rychlé konvenční nákladní vozy ve Francii.....	34
1.1.3.2 Rychlé nákladní vlaky v Německu	42
1.1.3.3 Švédské poštovní vozy	46
1.2 Poptávka po rychlé železniční nákladní dopravě.....	46
1.2.1 Poptávka po rychlé nákladní dopravě	46
1.2.2 Možnosti železnice v oblasti rychlé nákladní dopavy	49
1.2.2.1 Potenciál rychlých nákladních vozů vůči silniční dopravě	50

1.2.2.2	Potenciál rychlých nákladních vozů vůči letecké dopravě.....	52
1.2.2.3	Celkový potenciál rychlých nákladních vozů.....	54
1.2.3	Politická podpora.....	55
2	Požadavky na vozidla	57
2.1	Uživatelské požadavky na vozidla	57
2.1.1	Obecné uživatelské požadavky na železniční vozidla	57
2.1.2	Požadavky na přepravní jednotky	58
2.1.2.1	Rollkontejnery	59
2.1.2.2	Letecké kontejnery a palety (ULD)	62
2.1.2.3	Europalety.....	69
2.2	Legislativní požadavky na vozidla	70
2.2.1	Technické specifikace pro interoperabilitu (TSI).....	71
2.2.1.1	Pole působnosti.....	72
2.2.1.2	Struktura TSI	73
2.2.1.3	TSI WAG.....	75
2.2.1.4	TSI LOC&PAS.....	77
2.2.1.5	TSI NOI.....	81
2.2.1.6	TSI SRT	82
2.2.1.7	TSI – závěry pro rychlé nákladní vozy.....	84
2.2.2	Národní legislativa	85
2.2.3	Omezení na konkrétní části dráhy	85
2.3	Digitální automatické spřáhlo.....	85
2.3.1	Vývoj a typy automatických spřáhel	87
2.3.1.1	Spřáhlo Janney.....	88
2.3.1.2	Spřáhlo Willison	90
2.3.1.3	Spřáhlo Scharfenberg	91
2.3.1.4	Spřáhlo Schwab	93

2.3.1.5	Srovnání různých typů spřáhel	95
2.3.1.6	Zavádění automatických spřáhel	96
2.3.2	Automatická spřáhla ve výběru pro DAK.....	97
2.3.3	Konstrukční požadavky a specifika.....	99
2.3.3.1	Konstrukce automatického spřáhla.....	99
2.3.3.2	Zástavba automatického spřáhla do starších evropských vozů	100
2.3.3.4	Elektrické a datové vedení.....	102
2.3.3.5	Konstrukční specifikace a kompatibilita DAK.....	105
2.3.4	Přínosy Digitálního automatického spřáhla	106
2.3.5	Přechod na Digitální automatické spřáhlo	108
2.3.5.1	Smíšený provoz	109
2.3.5.2	Cena.....	109
2.3.5.3	Návratnost.....	110
3	Koncepce vozu.....	111
3.1	Uspořádání vozu	115
3.1.1	Šířka nákladového prostoru.....	117
3.1.2	Výška nákladového prostoru.....	117
3.1.3	Délka nákladového prostoru.....	117
3.1.4	Boční vrata pro nakládání	118
3.2	Konstrukční obrys.....	118
4	Koncepce pojezdu	121
4.1	Návrh vypružení	122
4.1.1	Návrh svislého vypružení.....	122
4.1.2	Bezpečnost proti vykolejení na zborcené koleji.....	124
4.1.3	Návrh příčného vypružení	125
4.2	Parametry brzdy.....	126
4.2.1	Jízdní odpor	126

4.2.2	Potřebný brzdný účinek.....	127
4.2.3	Maximální brzdný účinek adhezního brzdění	128
4.2.4	Maximální brzdná síla vyvíjená jedním kotoučem	129
4.2.5	Brzdný účinek magnetické kolejnicové brzdy	129
4.2.6	Brzdný účinek s 2 kotouči na nápravě a magnetickou kolejnicovou brzdou ...	130
4.2.7	Brzdný účinek se 3 kotouči na nápravě a magnetickou kolejnicovou brzdou .	131
4.3	Jízdňe-technické zkoušky	131
4.3.2	Model vozu v MBS Simpack	132
Závěr.....		138
Seznam zdrojů		141
Seznam obrázků		158
Seznam grafů.....		167
Seznam příloh.....		168

Úvod

Každý druh nákladní dopravy má jisté výhody a nevýhody. V případě železnice se výhody odvíjí od její základní podstaty – využití ocelové dráhy k nesení a směrovému vedení vozidel. Díky tomu mohou být vlaky sestavené i z několika desítek vozů, mohou se pohybovat vysokou rychlostí (v případě standardních rychlých nákladních vlaků 120 km/h, vysokorychlostní osobní vlaky i přes 300 km/h), a to vše při nízké měrné spotřebě energie vlivem nízkého odporu valení a jízdy spřažených vozidel v zákrytu, což je výhodné z hlediska aerodynamického odporu. Díky pohybu vozidel po vymezené dráze je možné vozidla liniově napájet elektřinou z trakčního vedení, a tím eliminovat lokálně škodlivých emisí výfukových plynů. V případě využití čistých zdrojů elektřiny, jako je jádro nebo obnovitelné zdroje, jsou pak minimální i emise škodlivé z globálního hlediska. Naopak nevýhodou železniční dopravy je nutnost jízdy podle jízdního řádu a v porovnání se silniční dopravou menší hustota sítě, daná menší univerzálností železniční dopravy a přísnějšími požadavky na směrové a výškové vedení tratí.

Výhodou silniční nákladní dopravy je zmíněná hustá infrastrukturní síť, flexibilita daná nezávislostí na jízdním řádu a dostupnost i menších vozidel, optimalizovaných pro přepravu menšího množství nákladu. Nevýhodou silniční dopravy je vyšší energetická náročnost (při stejném pohonu je hrubá spotřeba energie oproti železniční nákladní dopravě zhruba 3x větší) a v současnosti využívání pohonných jednotek zejména na fosilní paliva. Dále se silniční nákladní vozidla oproti nákladním vlakům pohybují pomaleji (maximální rychlost je obvykle 80 km/h) a v případě velkého množství přepravovaného nákladu je silniční doprava oproti železnici personálně náročnější.

Nejrychlejší je na delší vzdálenosti letecká doprava, zároveň je však energeticky nejnáročnější, je značně závislá na fosilních palivech a lze jí přepravovat spíše lehčí náklady. Oproti jiným druhům nákladní dopravy je také nejdražší. Vzhledem k omezenému počtu letišť téměř vždy vyžaduje návaznou dopravu, obvykle silniční.

Posledním běžným druhem dopravy je lodní doprava. Její výhodou je poměrně nízká energetická náročnost, možnost bezproblémové přepravy i rozměrných nákladů a nízká cena. Naopak nevýhodou je v případě vnitrozemské dopravy nízká rychlost a velmi omezená infrastrukturní síť.

Z uvedených informací je zřejmé, že klasická železniční nákladní doprava je vhodná zejména pro dva typy přeprav. Prvním je přeprava velkého množství nákladu (např. ucelené vlaky

s uhlím), kdy je díky energetické a personální efektivitě výhodnější než silniční doprava v případě přepravy na delší i kratší vzdálenosti. Druhým typem je hromadná přeprava menších nákladů (vůz, kontejner) na delší vzdálenosti ve vlacích s jednotlivými vozovými zásilkami nebo ve vlacích kombinované dopravy, kdy kombinace rychlosti a finanční úspory vyváží komplikace spojené s vlakotvorbou/překládkou a nutností přizpůsobení se jízdnímu řádu.

V obou uvedených případech je využívána zejména výhoda v podobě úspory nákladů vlivem hromadné přepravy, další z významných výhod – potenciálně vysoká přepravní rychlost, nehraje v prvním případě zásadní roli a v druhém případě pouze omezenou – běžná rychlost rychlejších nákladních vlaků je již zmíněných 120 km/h, což nepředstavuje velký rozdíl oproti silniční dopravě, obzvláště vezme-li se v úvahu nutnost přizpůsobení se jízdnímu řádu. Využití vyšších rychlostí (200 km/h a výše) by železnici umožnilo konkurovat i letecké dopravě. V případě vzdáleností v řádově vyšších stovkách kilometrů by dokázala nabídnout srovnatelnou nebo jen o málo delší přepravní dobu než letecká doprava, ovšem za nižších finančních nákladů a s menší ekologickou zátěží. Konkurenceschopná by taková nabídka byla i vůči silniční dopravě, kde by za zajímavou cenu nabídla vyšší přepravní rychlost. Takováto nabídka by byla atraktivní zejména pro drobnější zásilky typu pošty nebo expresní přepravu např. náhradních dílů o hmotnosti až v řádově nižších jednotkách tun. Vzhledem k rostoucímu trendu e-commerce lze předpokládat, že tyto oblasti přepravy budou nadále růst. Kromě expresních nákladních vlaků se nabízí se i možnost spojení těchto přeprav s osobní dopravou ve smíšených vlacích například na nočních linkách.

Pro rychlou železniční nákladní dopravu je však zapotřebí mít vhodný vozový park. Návrh koncepčního řešení vozu pro rychlou nákladní přepravu je předmětem této práce. První část se zabývá různými realizovanými i nerealizovanými koncepty rychlé železniční nákladní dopravy a poptávkou po tomto segmentu přeprav. V druhé části jsou popsány uživatelské i legislativní požadavky na rychlé nákladní vozy. Na ní navazuje třetí část, ve které je na základě předchozích poznatků navržena konkrétní koncepce vozu. Čtvrtá část se zabývá návrhem pojezdu. Jako návrhová rychlost vozu byla zvolena hodnota 200 km/h.

1 Rychlá železniční nákladní doprava

1.1 Rychlá železniční nákladní vozidla

V této části práce jsou popsána rychlá železniční nákladní vozidla, která byla nebo jsou v provozu, případně byla představena ve formě konceptu. Za rychlá železniční nákladní vozidla jsou v této práci považována ta, jejichž maximální rychlost je vyšší než 120 km/h (nicméně ve všech uvedených případech je maximální rychlost 160 km/h nebo vyšší). Celkově lze předmětná vozidla rozdělit podle koncepce a účelu do tří skupin:

- nákladní rychlé a vysokorychlostní jednotky
- nákladní vozy pro vlaky osobní dopravy
- rychlé nákladní vozy klasického typu

1.1.1 Nákladní rychlé a vysokorychlostní jednotky

1.1.1.1 British Rail Class 325

V polovině 90. let došlo ve Spojeném království k reformě vlakové pošty, jejímž výsledkem byl projekt Railnet. Ten spočíval v oddělení poštovní a osobní přepravy, využívání manipulačních kontejnerů York (klecový vozík pro ruční manipulaci) pro urychlení manipulace, vybudování centrálního distribučního centra pro Londýn ve Willesden a zavedení čtyřvozových nákladních elektrických jednotek řady 325 pro rychlost 100 mph (161 km/h). Tyto jednotky byly využívány zejména na dálkových trasách z Londýna do Glasgow a Edinburghu po východním i západním pobřeží, na jiných linkách byly však i nadále používány klasické nákladní poštovní vozy i poštovní vozy s třídírnou. K plnému provozu projektu došlo po dokončení terminálů a dodání zmíněných jednotek v roce 1996. Železniční dopravu pro poštu Royal Mail zajišťoval dopravce English, Welsh and Scottish Railways (EWS). V roce 2003 se Royal Mail rozhodla opustit přepravu pošty po železnici, ukončila smlouvu s EWS a jednotky řady 325 byly odstaveny. O rok později Royal Mail provoz obnovila v omezeném rozsahu ve spolupráci s GB Railfreight (GBRf). Společnost GBRf byla v roce 2010 převzata společností DB Schenker. V roce 2012 byl spuštěn pravidelný provoz jednotek řady 325 mezi Londýnem a Low Fell poblíž Newcastleu. V roce 2017 byly jednotky řady 325 nasazovány v běžný den na 10 spojů na síti se 4 terminály (poblíž Londýna, Newcastleu, Liverpoolu a Glasgow). Mezi lety 2014 a 2019 prošly jednotky modernizací. [1] [2]

Jednotky řady 325 konstrukčně vychází z osobních jednotek řady 319, čela pak z jednotek řady ABB Networker. Jednotky o celkové délce 80,8 m jsou čtyřvozové – dva řídicí vozy, jeden vložený hnací vůz se stejnosměrnými trakčními motory a jeden vložený vůz s kompresorem, baterií a dalším příslušenstvím. Jednotky je možné napájet z trakčního vedení se střídavým napětím 25 kV nebo pomocí třetí kolejnice se stejnosměrným napětím 750 V. Výkon jednotky činí 1 160 kW, maximální rychlost je již zmíněných 100 mph (161 km/h). Podvozky jsou bezkolébkové se vzduchovým sekundárním vypružením. Hmotnost jednotky v prázdném stavu je 138 t, v loženém stavu 186 t, přičemž do jedné jednotky je možné naložit až 235 kontejnerů York. Pro nakládání a vykládání je každý vůz vybaven čtyřmi rolovacími dveřmi – po dvou na každém boku. [1] [2]



Obrázek 1: British Rail Class 325 [3]

1.1.1.2 TGV La Poste

Po zprovoznění vysokorychlostní trati Paříž – Lyon si francouzská poštovní správa všimla potenciálu vysokorychlostních tratí pro přepravu poštovních zásilek. Rozhodla tedy o nákupu nákladních vysokorychlostních souprav pro přepravu zásilek odvozených od osobních souprav TGV PSE, a o výstavbě potřebných terminálů v Paříži, Lyonu a v nácestné stanici Mâcon. Provoz souprav zajišťovaly francouzské státní dráhy SNCF. Vysokorychlostní vlaky nahradily

letecké spojení využívající nákladní letouny Transall-160, oproti kterým nabídlly šestinásobně nižší měrnou energetickou spotřebu a více než čtyřnásobnou přepravní kapacitu (61 t oproti 14,3 t). V e zmíněných terminálech byly zásilky překládány mezi silničními nákladními vozidly, poštovními vozy s třídírnou a klasickými nákladními vozy pro přepravu pošty. V roce 1994 byla po prodloužení vysokorychlostní trati jižně od Lyonu provozní koncepce přepracována – byl vybudován další terminál u města Cavallion, ležícího mezi Avignonem a Marseille, a nově byly provozovány denně dva páry spojů Paříž – Lyon – Cavallion a dva páry spojů Paříž – Mâcon. Návazná doprava byla řešena silničními nákladními vozidly. Ačkoliv byla maximální rychlost jednotek 270 km/h, nebylo ji možné vždy využívat např. kvůli omezením provozu během noční údržby tratí. Ročně jednotky přepravily 56 000 t zásilek a dohromady během roku najely i 1 mil. km [6]. V roce 2015 byly vysokorychlostní jednotky vyřazeny a nahrazeny nákladními vlaky s přepravními jednotkami typu swap body. [1] [4] [5]

Jak bylo zmíněno, jednotky byly odvozeny od osobních vysokorychlostních jednotek TGV PSE. Na rozdíl od nich však byly řešeny jako „půljednotky“ (1 hnací hlavový vůz a 4 vložené), pro umožnění levnější údržby. Zpočátku bylo používáno 5 půljednotek, později byla flotila rozšířena o další dvě vzniklé přestavbou jedné jednotky pro přepravu osob. Půljednotky byly spojeny pomocí běžného jakobsova podvozku, jejich rozpojování a spojování probíhalo pouze v dílnách. Jednotky mohly využívat střídavé napájení 25 kV 50 Hz i stejnosměrné napájení 1 500 V. Výkon jedné (kompletní) jednotky činil 6 450 kW v případě střídavého napájení a 3 100 kW v případě stejnosměrného, maximální rychlost byla již zmíněných 270 km/h. Kompletní jednotka byla dlouhá 200 m, užitečné zatížení činilo 61 t a celková hmotnost plně ložené jednotky byla 345 t. Zásilky byly přepravovány v ručních klecových vozících, které se do vozů nakládaly bočními dveřmi (jedny na každém boku každého vloženého vozu). [1] [4]



Obrázky 2 a 3: TGV La Poste (vpravo nákladový prostor) [7] [8]

1.1.1.3 TGV Fret

Projekt TGV Fret se zabýval vytvořením sítě vysokorychlostních nákladních vlaků v Západní Evropě. Na rozdíl od TGV La Poste se rychlé vlaky neměly zaměřovat jen na poštovní zásilky, ale také na propojení s leteckou dopravou. Projekt uvažoval s vysokorychlostními jednotkami odvozenými od TGV Duplex, umožňujícími přepravu 10ft kontejnerů. O projektu se psalo již v roce 1992, přičemž tehdy se o čekávalo, že základní síť bude vybudována nejdříve na přelomu tisíciletí. První terminál měl být na letišti Paris-Roissy Charles de Gaulle, které se na projektu také podílelo společně s SNCF. Do fáze realizace se projekt nedostal, ideově na něj však později navázaly projekty Fret GV a Euro Carex. [1] [4] [9]



Obrázky 4 a 5: TGV Fret (vpravo uložení nákladu) [1]

1.1.1.4 Fret GV

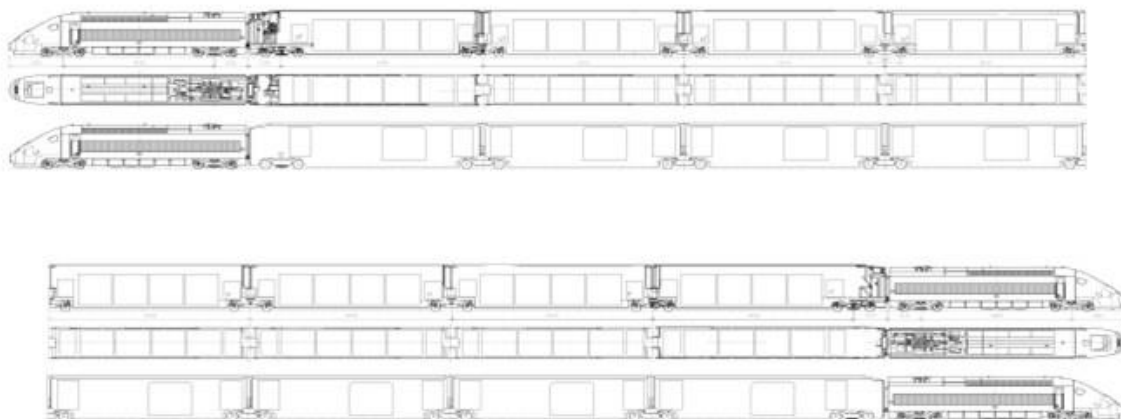
Společnost Fret GV vznikla v roce 2006 jako společný podnik SNCF a La Poste. Záměr projektu byl podobný projektu TGV Fret – i v tomto případě měla být vytvořena v Západní Evropě síť nákladních vysokorychlostních železničních spojení, propojených s leteckou dopravou. Z hlediska vozidel bylo zvažováno použití starších vozidel TGV PSE, která měla být v osobní dopravě nahrazena novými vozidly TGV Duplex, nebo použití zcela nových jednopodlažních jednotek. Jednotky TGV Duplex byly vyhodnoceny jako nevhodné z důvodu použité struktury skříně vozů. V roce 2008 se předpokládalo spuštění prvních vnitrostátních linek v roce 2009 a prvních evropských linek v roce 2012, přičemž v tomto roce již mělo být ročně přepraveno 150 000 t nákladu různých zákazníků (La Poste, FedEx, UPS, ...). Projekt nebyl realizován, ideově je však spřízněný s projektem Euro Carex. [4] [6] [11]

1.1.1.5 Euro Carex

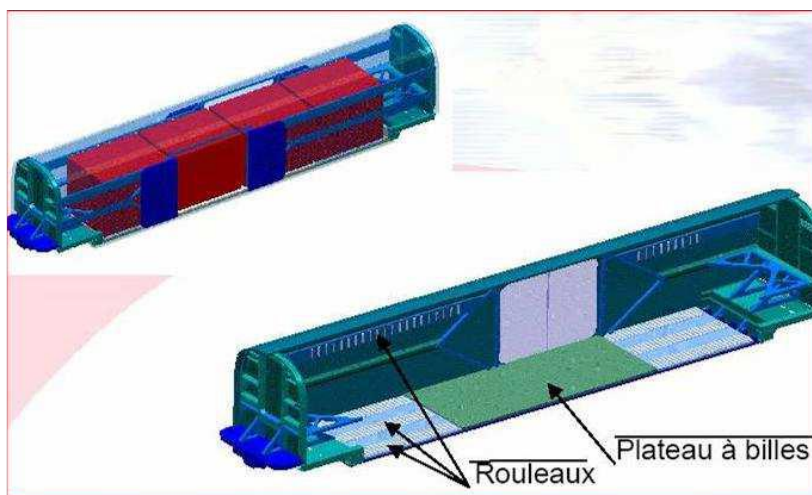
Projekt Euro Carex byl zahájen v roce 2006 a v omezené míře pokračuje dosud. Stejně jako v předchozích dvou projektech, i v tomto se řeší vytvoření sítě vysokorychlostních nákladních vlaků v Západní Evropě, která by měla být napojena na leteckou dopravu. Předpokládá se

přeprava pošty, leteckých zásilek apod. Projekt podporují letecké společnosti KLM a Air France, pošta La Poste a spediční firmy FedEx, TNT nebo UPS. V první fázi měly být vybudovány terminály Amsterdam Schiphol, Liège Bierset, Londýn, Lyon Saint-Exupéry a Paris-Roissy Charles de Gaulle. Start provozu byl v roce 2013 odhadován na období 2015-2017, v současnosti (2022) však žádná linka v provozu není. Posouzení terminálu v Liège z první poloviny roku 2022 nevyšlo povzbudivě, problémy se vyskytují i v případě terminálu Paris-Roissy Charles de Gaulle a příprava ostatních terminálů je pravděpodobně pozastavena. [4] [11] [12]

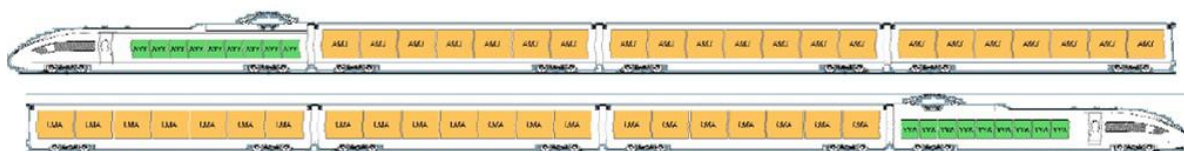
V případě vozidel byly na základě dialogu s výrobcem navrženy dvě koncepční varianty – jedna od Alstomu a jedna od Siemensu. Počítá se s průměrným ložením jedné jednotky 100 až 120 t, přičemž zboží by mělo být přepravováno v leteckých kontejnerech AMJ nebo na leteckých paletách délky necelých 3 200 mm, výška nákladu by měla být 2 440 až 2 900 mm. Vzhledem k výšce nákladu byly zvažovány dvě koncepce jednotek – s nízkopodlažní částí mezi podvozky, a s rovnou ložnou plochou, která má omezenou ložnou výšku. Preferována je první varianta. V jednotkách se počítá se systémy pro manipulaci s převáženými kontejnery jako se používají v letectví. [4] [11]



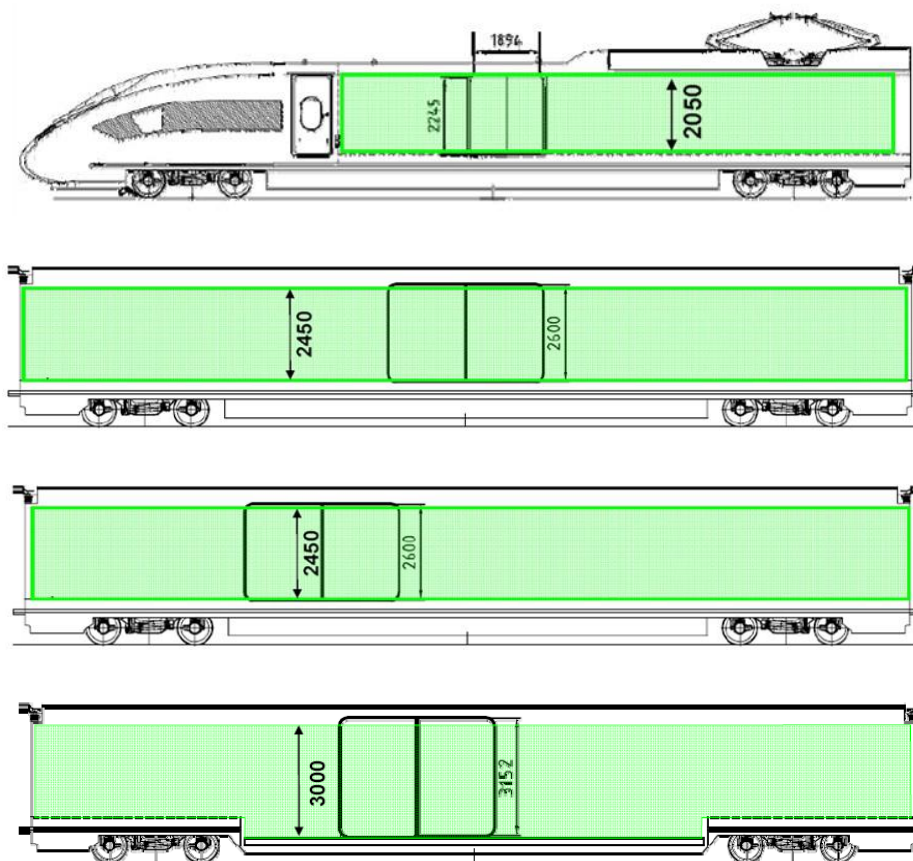
Obrázek 6: Uspořádání jednotky Alstom pro projekt Euro Carex [11]



Obrázek 7: Řešení vložených vozů jednotky Alstom pro projekt Euro Carex [11]



Obrázek 8: Uspořádání jednotky Siemens pro projekt Euro Carex [11]



Obrázky 9 až 12: Možnosti řešení vozů jednotky Siemens pro projekt Euro Carex [11]

1.1.1.6 Mercitalia Fast

V dubnu roku 2018 zavedl italský státní nákladní dopravce Mercitalia přímé vysokorychlostní nákladní železniční spojení mezi terminály Maddoni-Marcianise (Caserta poblíž Neapole) a Bologna Interporto (celková vzdálenost je přibližně 600 km). Jízdní doba je 3 hodiny 20 minut, z města Caserta vyjíždí vlaky večer tak, aby kolem půlnoci byly v terminálu Bologna Interporto. Zde jsou během tří hodin vyloženy přivezené zásilky a naloženy zásilky pro zpáteční cestu, zpět do města Caserta přijíždí souprava kolem šesté hodiny ráno. Distribuce zásilek z/do terminálů probíhá ve spolupráci se zásilkovou společností Tgroupe. [13] [14]

Na uvedené lince je nasazována souprava vzniklá úpravou osobní vysokorychlostní soupravy ETR 500, nově označovaná jako ETR 500 M-01 Fast. Původní jednotka může jezdit rychlostí až 300 km/h, u nákladní varianty však bylo přistoupeno ke snížení na 250 km/h. Jedná se o jednotku tvořenou dvěma hlavovými hnacími vozidly a 12 vloženými vozy. Z vozů byly vyjmuty sedačky, klimatizační jednotky a měniče pro 220V napájení. Odlehčené vozy musely být pro zachování stability dobalastované zátěží o hmotnosti 3,6 t. Do každého vozu je možné naložit 7 t nákladu s tím, že v případě potřeby je možné užitečné zatížení zvýšit vyjmutím balastu. Náklad je přepravován v rollkontejnerech (ruční klecové vozíky) o půdorysných rozměrech 710 x 800 mm, výšce 1 800 mm a užitečném zatížení 250 kg. Tyto rollkontejnery se nakládají původními dveřmi s využitím ramp pro překonání mezery mezi podlahou vozu a nakládací hranou terminálu. Vozy jsou vybavené protipožárním systémem dle TSI 2014 a kamerami. [14]



Obrázek 13: Jednotka ETR 500 M-01 Fast projektu Mercitalia Fast [13]



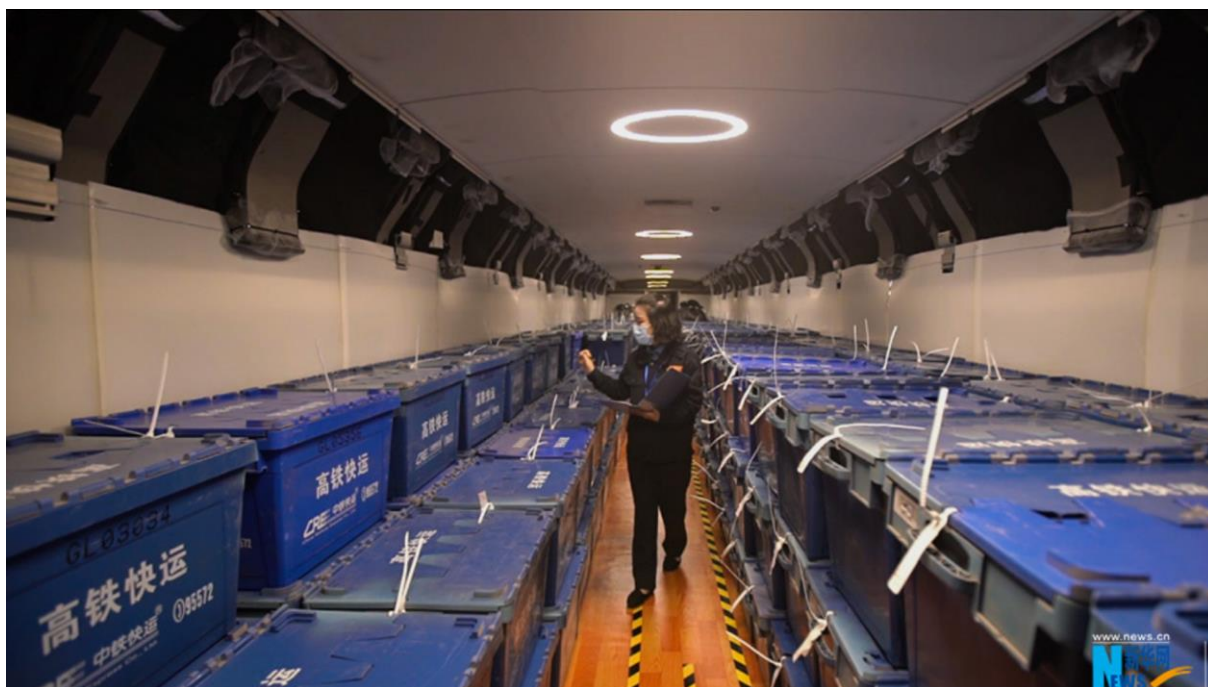
Obrázky 14 a 15: Nákladový prostor jednotky ETR 500 M-01 Fast [14]



Obrázek 16: Nakládání rollkontejneru do jednotky ETR 500 M-01 Fast [14]

1.1.1.7 Vysokorychlostní nákladní vlaky v Číně

První jízda nákladního vysokorychlostního vlaku se v Číně odehrála na podzim roku 2020. Osmivozová jednotka CR400BF s maximální rychlostí 300 km/h byla dočasně upravena pro přepravu nákladu v ručně nakládaných bednách. Úprava interiéru spočívala v demontáži nepotřebného interiérového vybavení (např. sedadel). Takto upravená jednotka převezla 40 t nákladu mezi Pekingem a Tianjinem přibližně za 5 hodin. [15] [16]



Obrázek 17: Upravená jednotka CR400BF naložená bednami [15]

V prosinci roku 2020 byla výrobcem CRRC představena speciální osmivozová vysokorychlostní jednotka přímo určená pro přepravu nákladu rychlostí až 350 km/h. Pro přepravu nákladu je využito 85 % půdorysné plochy, užitečné zatížení je 120 t. Každý vůz jednotky je vybaven z každé strany 2 900 mm širokými dvoukřídlými zásuvnými dveřmi pro nakládání speciálních kontejnerů. Kontejnery se podobají kontejnerům používaným v letectví (ULD), s nimiž mají společný pohyb pomocí rolen v podlaze. Manipulace s kontejnery probíhá automaticky. Soupravy by měly být schopné provozu od -25°C do +40°C a předpokládá se, že 1 500 km dlouhou trasu urazí za necelých 5 hodin. [15] [16]

Kromě uvedených jednotek byl v roce 2017 prezentován ještě koncept jednotky pro vysokorychlostní nákladní železniční přepravu mezi východní Asií a Evropou přes Rusko s jízdní dobou 2-3 dny. Jednotka se podobala výše popsané jednotce a také využívala speciální kontejnery. 12vozová jednotka měla přepravovat až 300 t nákladu rychlostí 350 km/h. [17]



Obrázek 18: Vysokorychlostní nákladní jednotka CRRC [16]



Obrázek 19: Nákladový prostor vysokorychlostní jednotky CRRC [15]



Obrázek 20: Dveře nákladového prostoru vysokorychlostní jednotky CRRC [15]

1.1.1.8 Orion High Speed Logistics, Swift Express Freight

Během posledních dvou let se ve Spojeném království objevilo několik nových dopravců, jejichž cílem je provoz rychlých nákladních vlaků. Staví na růstu e-commerce, nízké uhlíkové stopě a dostatku volných vozidel. Využívat chtějí zejména upravené osobní jednotky z 80. a 90. let, které jsou nyní na britském trhu k dispozici a mají široké dvoukřídlé dveře dobře využitelné pro nákladku. Výhodou pro přepravu nákladů jsou vysoká britská nástupiště, která proces nakládky usnadňují. [18] [19] [20] [21] [22]

Orion High Speed Logistics je dceřinou firmou společnosti Rail Operations Group. V roce 2020 představila demonstrační čtyřvozovou nákladní jednotku vytvořenou z osobní jednotky řady 319 s maximální rychlostí 100 mph (161 km/h). Část demonstrační jednotky byla vybavena podlahou s kuličkovými rolnami, které umožňují snadný přesun nákladu bez pojezdu (např. klasických europalet), část byla uzpůsobena pro přepravu rollkontejnerů. Celkem by mělo být možné do jedné jednotky naložit až 60 tun nákladu. V plánu je řada linek využívajících jak nákladní terminály, tak osobní nádraží, odkud má být návazná doprava řešena mimo jiné elektrokoly a elektrickými dodávkami. [18] [19] [20]



Obrázek 21: Nákladní verze jednotky řady 319 dopravce Orion High Speed Logistics [18]



Obrázek 22: Nákladový prostor s kuličkovými rolnami jednotky řady 319 [18]

V březnu 2021 oznámila leasingová společnost Eversholt Rail, že ve spolupráci s firmou Ricardo vyvíjí v rámci projektu Swift Express Freight rychlou elektrickou nákladní jednotku pro přepravu zásilek vycházející z osobní jednotky řady 321. První jednotka byla hotová ještě v témže roce. Úprava jednotky spočívala v odstranění sedadel a dalších nepotřebných částí a následné montáži výbavy pro přepravu rollkontejnerů (podlaha, obložení stěn, kotvící prvky). Pro nakládání přepravovaných zásilek se využívají původní dvoukřídlé dveře o šířce 1 200 mm a výšce 1 850 mm. Každý ze čtyř vozů jednotky má užitečné zatížení až 12 t, maximální rychlost činí 100 mph (161 km/h). Jednotky je možné spojovat až do 12vozových souprav. Počítá se i s vývojem jednotky s bateriemi pro pomalý pohyb do rychlosti 25 km/h v rámci poslední míle. V případě potřeby využití jednotek pro delší přesuny na neelektrifikovaných tratích je možné táhnout jednotky lokomotivou. Obecnou výhodou těchto jednotek je dobrá přechodnost v rámci celé britské sítě. Společnost Eversholt Rail předpokládá, že pokud se koncept ukáže jako konkurenceschopný vůči silniční dopravě, pak by na trhu mohl být zájem u různých provozovatelů o 40 až 50 jednotek. [21] [22]



Obrázek 23: Jednotka řady 321 Swift Express Freight [22]



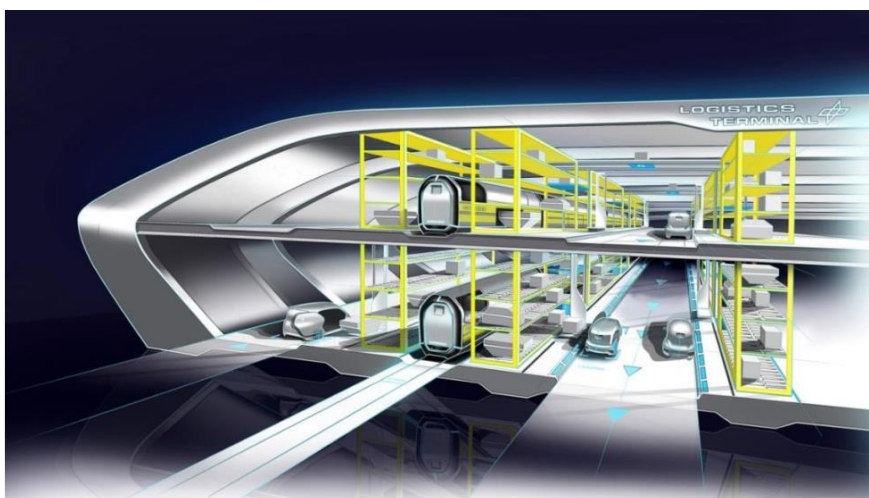
Obrázek 24: Nákladový prostor jednotky řady 321 Swift Express Freight [22]

1.1.1.9 DLR NGT CARGO

V rámci projektu Next Generation Train (NGT) německého institutu DLR byl vytvořen koncept futuristických vlaků budoucnosti, mezi kterými byla i nákladní verze NGT CARGO. Jedná se o koncept vysokorychlostního nákladního vlaku, tvořeného výkonnými hlavovými lokomotivami a vloženými vozy. Vložené vozy je možné ze soupravy odpojovat a připojovat, z tohoto důvodu jsou taktéž vybaveny pohonem, který má však pouze malý výkon a slouží zejména k manipulaci se samostatnými vozy. Součástí pohonu vozů je i zásobník energie. Spojování vozů do souprav probíhá automaticky. Jednotky NGT CARGO je možné virtuálně spojovat do delších vlaků a tím efektivně využívat kapacitu tratí. Ve vozech by měly být ve dvou patrech přepravovány letecké kontejnery (včetně prostorů nad podvozky), jejichž nakládka a vykládka by měla probíhat automaticky. [23] [24]



Obrázek 25: Čelo jednotky NGT CARGO [24]



Obrázek 26: Terminál vlaků NGT CARGO [24]

1.1.2 Nákladní vozy pro vlaky osobní dopravy

Nákladní vozy pro vlaky osobní dopravy lze rozdělit na klasické zavazadlové vozy, poštovní vozy pro třídění zásilek během jízdy a vozy pro doprovázenou přepravu automobilů. Charakteristickým rysem všech těchto vozů je požadavek na maximální rychlost srovnatelnou s běžnými osobními vozy, s kterými bývají řazeny v jedné soupravě.

1.1.2.1 Zavazadlové a víceúčelové vozy

Zavazadlové vozy jsou nákladní vozy primárně určené pro přepravu zavazadel cestujících. Mohou být řešeny jako jednoúčelové vozy pouze pro přepravu zavazadel (v případě Českých drah (ČD) například vozy Ds⁹⁵²), nebo jako víceúčelové vozy, kde je pro přepravu nákladu vyhrazena např. polovina vozu (příkladem u ČD jsou vozy BDs⁴⁵⁰). Pravděpodobně nejčastější současné využití těchto typů vozů je přeprava jízdních kol cestujících. Celkově je možné pozorovat odklon od zavazadlových vozů směrem k menším prostorům pro přepravu jízdních kol v běžných vozech (např. u ČD vůz Bdmpee²³³) a k víceúčelovým vozům, které mají menší nákladový prostor přizpůsobený přepravě jízdních kol, přičemž vozy slouží primárně specifickým skupinám cestujících (invalidé, cestující s dětmi), v případě ČD jde například o vůz Bbdgmee²³⁶. [25]

Po technické stránce bývají zavazadlové vozy totožné s osobními vozy pro přepravu cestujících, liší se pouze uspořádáním interiéru (nákladový prostor bez sedaček), menším počtem oken a širokými dveřmi pro manipulaci s nákladem. Vozy mívají vedle nákladového prostoru uličku pro cestující, která umožňuje průchod soupravou. Maximální rychlost se pohybuje mezi 140 a 200 km/h. [25]



Obrázek 27: Zavazadlový vůz ČD Ds⁹⁵² [26]

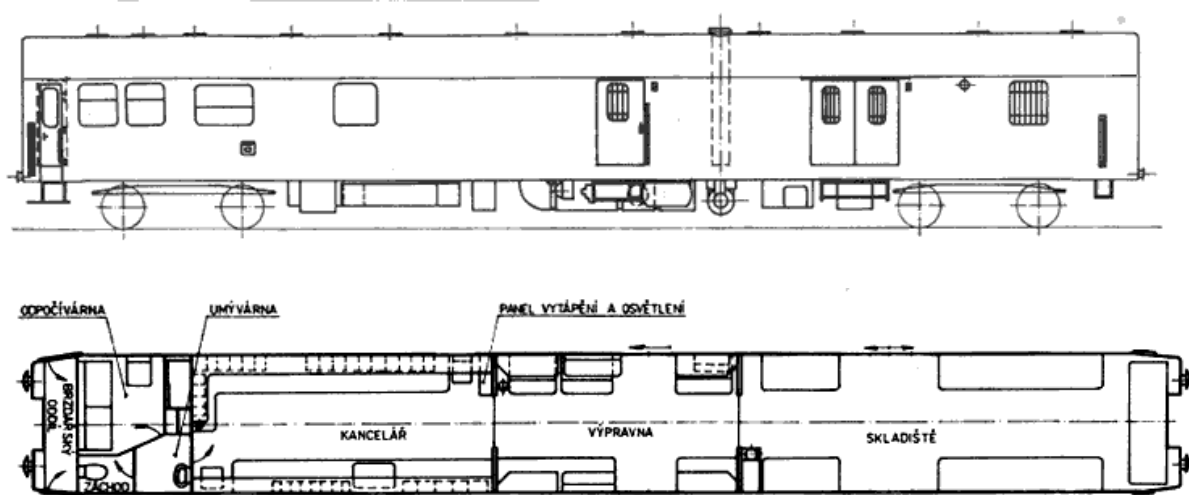
1.1.2.2 Poštovní vozy s třídírnou

Provoz poštovních vozů s třídírnou, ve které byly pro úsporu času zásilky tříděny během přepravy, se poprvé objevil v Anglii v roce 1837. Na území dnešní České republiky byl jejich provoz zahájen v roce 1850, vrcholu pak tento systém dosáhl v roce 1922, kdy na území Československa fungovalo přes 700 poštovních vozů s třídírnou. V 50. letech byly tyto vlakové pošty doplněny poštami automobilovými postavenými na autobusovém základě i poštovními letadly. Na přelomu tisíciletí došlo v celé Evropě k opuštění systému vlakových pošt a jeho nahrazení automatizovanými třídícími centry, v České republice k tomu došlo 29. 5. 1999. [1] [27] [28]

Poštovní vozy s třídírnou konstrukčně vychází z osobních vozů, s nimiž mají společnou stavbu skříně i konstrukci pojezdu. Jejich interiér je rozdělen na skladiště, výpravnu, úřadovnu a zázemí pro posádku. Užitečné zatížení je i 20 t. Po ukončení provozu vlakových pošt byla v České republice část vozů vyřazena, část přestavěna na poštovní vozy bez třídírny a část byla přestavěna na řídicí vozy ABfrdt⁷⁹⁵ a Bfrdt⁷⁹⁴. [28] [29]



Obrázek 28: Poštovní vůz s třídírnou Postw [29]



Obrázky 29 a 30: Uspořádání poštovního vozu s třídírnou Postw [29]

1.1.2.3 Vozy pro přepravu automobilů

Vozy pro přepravu automobilů a motocyklů jsou specifickým typem vozů osobní dopravy sloužícím k přepravě vozidel cestujících, která v tomto případě představují specifický typ zavazadla. Využívají se v dálkových autovlacích, jejichž účelem je zvýšení cestovního komfortu na dlouhých trasách. Dálkové autovlaky umožňují cestujícím věnovat se jiným činnostem než řízení (práci, zábavě, nejčastěji však spánku – většina dálkových autovlaků je nočních) při zachování komfortní mobility v destinaci poskytované vlastním automobilem či motocyklem. První služba umožňující přepravu automobilu „s sebou“ vlakem se objevila v Německu již v roce 1930, automobily však přepravovány odděleně od cestujících ve spěšném nákladním vlaku na běžném plošinovém voze. Dálkové autovlaky v podobě vlaků s vozy pro přepravu cestujících i pro přepravu automobilů řazenými v jedné soupravě se v Západní Evropě (Německo, Francie, Spojené království) objevily v polovině 50. let. Vrchol nastal v 70. a 80. letech, kdy autovlaky v jednotlivých zemích ročně přepravily i 200 000 vozidel. Poté využívání dálkových autovlaků klesalo, zejména v důsledku rozvoje dálniční sítě a letecké dopravy. Služba byla postupně omezována, až byl její provoz v režii státních dopravců v daných zemích ukončen (Německo 2016, Francie 2019, Spojené království 2005). V Německu jsou v současnosti dálkové autovlaky v omezeném rozsahu provozovány rakouskými státními dráhami ÖBB a některými soukromými dopravci. V jiných zemích je však situace odlišná – v Rakousku a ve Finsku jsou dálkové autovlaky nadále rozvíjeny, včetně výstavby terminálů za nižší desítky milionů EUR. Mezi země rozvíjející provoz dálkových autovlaků se řadí i Česká republika a Slovensko, kde byla tato služba v pravidelném provozu zavedena až na přelomu tisíciletí. [30]

Zatímco v případě zavazadlových a poštovních vozů se jedná o vozy konstrukčně vycházející z vozů osobních, od kterých se liší víceméně pouze vnitřním uspořádáním, vozy pro doprovázenou přepravu automobilů se konstrukčně blíží nákladním vozům, od kterých je odlišuje pojezd pro vyšší rychlosti (běžně 160 km/h) a některé příslušenství (kabel průběžného napájení, kabel UIC).

V současnosti nejpoužívanějším vozem pro přepravu automobilů v Evropě je typ DDm⁹¹⁵, který byl vyvinut v 60. letech přímo pro potřeby dálkových autovlaků. Jedná se o otevřený dvoupodlažní vůz délky 26 400 mm se vzdáleností otočných čepů 19 000 mm. Na vůz se vejde 10 automobilů, užitečné zatížení činí 15 t. Maximální celková hmotnost vozu je 39 t, maximální rychlost je 160 km/h. Použity jsou obvykle podvozky MD 44, což je podvozek Minden Deutz s rozvorem 2 500 mm pro menší nápravová zatížení. Primární vypružení je řešeno

pryžkovovými sloupky, vedení dvojkolí pak vodicími pasy, po jednom z každé strany ložiskové skříně. Tlumení je řešeno vnitřním útlumem pryžkovových sloupek. Sekundární vypružení je umístěno na kolébce zavěšené na hraníkových závěsech. Vlastní vypružení je tvořeno dvěma páry šroubových pružin, tlumených z každé strany podvozku jedním hydraulickým tlumičem. Použita je kotoučová brzda s brzdovými kotouči umístěnými v kolech. [31] [32] [33]



Obrázek 31: Vůz DDm⁹¹⁵ [32]



Obrázek 32: Podvozek MD 44 vozu DDm⁹¹⁵ [32]

Dalším v současnosti používaným typem je dvoupodlažní otevřený vůz DDm⁹¹⁶. Základní parametry vozu jsou totožné s vozem DDm⁹¹⁵ – délka 26 400 mm, vzdálenost otočných čepů 19 000 mm, kapacita 10 automobilů, užitečné zatížení 15 t. Odlišná je konstrukce skříně vozu, použity jsou jiné podvozky (obvykle typ Y30) a vůz je o tunu těžší (prázdný vůz 25 t, plně ložený 40 t). Podvozek Y30 má rozvor 2 300 mm a průměr kol 840 mm. Primární vypružení je řešeno pryžokovovými prvky typu chevron, tlumení je zajištěno jejich vnitřním útlumem. Sekundární vypružení je tvořeno vinutými pružinami, které jsou na podvozku umístěné na otočné traverze. [34]



Obrázek 33: Vůz DDm⁹¹⁶ [34]



Obrázek 34: Podvozek Y30 vozu DDm⁹¹⁶ [34]

Specifické kryté vozy pro přepravu automobilů Hccmqqr se používají ve Finsku. Jedná se o dvoudílné dvoupatrové vozové jednotky s jednonápravovým pojezdem TF25SA s maximální rychlostí 160 km/h. Pojezd je vypružený duplexními šroubovitými pružinami, podélné vedení ložiskové skříně je zajištěno ojnicí. Dále jsou na pojezdu použity hydraulické tlumiče svislých a příčných pohybů. Brzda je kotoučová se dvěma kotouči na každé nápravě. Vozy jsou vybaveny vnitřním osvětlením, ventilací a elektrickými přípojkami pro napájení nezávislých topení převážených automobilů o výkonu 2,5 kW/vozidlo. [31] [35]

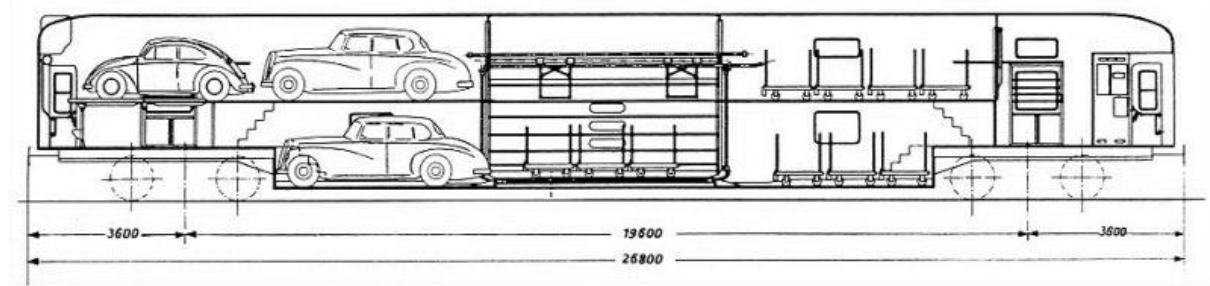


Obrázek 35: Vůz Hccmqqr [35]



Obrázek 36: Pojezd TS25SA vozu Hccmqqr [36]

Kromě popsaných vozů se v minulosti používali i odlišné koncepce. V 50. letech byl v Německu vyvinut dvoupatrový krytý vůz DPw4ümg, do kterého se auta nakládala rolovacími vraty z boku vozu a do horní patra byla zvedána výtahem. Kromě přepravy automobilů se počítalo i s možností přepravy drobného nákladu. Vůz byl vybaven podvozkem Minden Deutz 50 běžně používanými v osobních vozech, díky kterým mohl jezdit rychlostí 140 km/h. Komerčně úspěšný však tento koncept nebyl, vyrobeno bylo pouze několik kusů, místo nich byl zvolen typ DDm⁹¹⁵. [31]



Obrázek 37: Vůz DPw4ümg [37]



Obrázek 38: Nakládání vozidel do vozu DPw4ümg [38]

Specifické jednopodlažní kryté vozy se používaly ve Spojeném království. Vozidla do nich byla nakládána z boku několika dvoudílnými vraty, u kterých se jedna polovina vyklápěla vzhůru a druhá dolů, čímž byla zároveň vytvořena nájezdová rampa. Sloupky mezi jednotlivými vraty sedaly posouvat za účelem usnadnění nakládky. Vozy používaly kolébkkové podvozky s dvoustupňovým vypružením pomocí šroubových pružin. [30] [39]



Obrázek 39: Vůz pro přepravu aut používaný v autovlacích ve Spojeném království [39]

V Rakousku byl v souvislosti se zaváděním vlaků „railjet“ prověřován i koncept nového vozu pro přepravu aut v dálkových autovlacích označovaný jako „carjet“, projekt nicméně nebyl realizován. Kromě zcela nových vozů byla uvažována i přestavba starších osobních vozů, dokonce byl jeden vůz zkušebně přestaven, dále se však v projektu z důvodu nejistoty na trhu dálkových autovlaků nepokračovalo. [30] [40] [41] [42]



Obrázky 40 a 41: Vůz „carjet“ pro dálkové autovlaky [40]

1.1.3 Rychlé nákladní vozy klasického typu

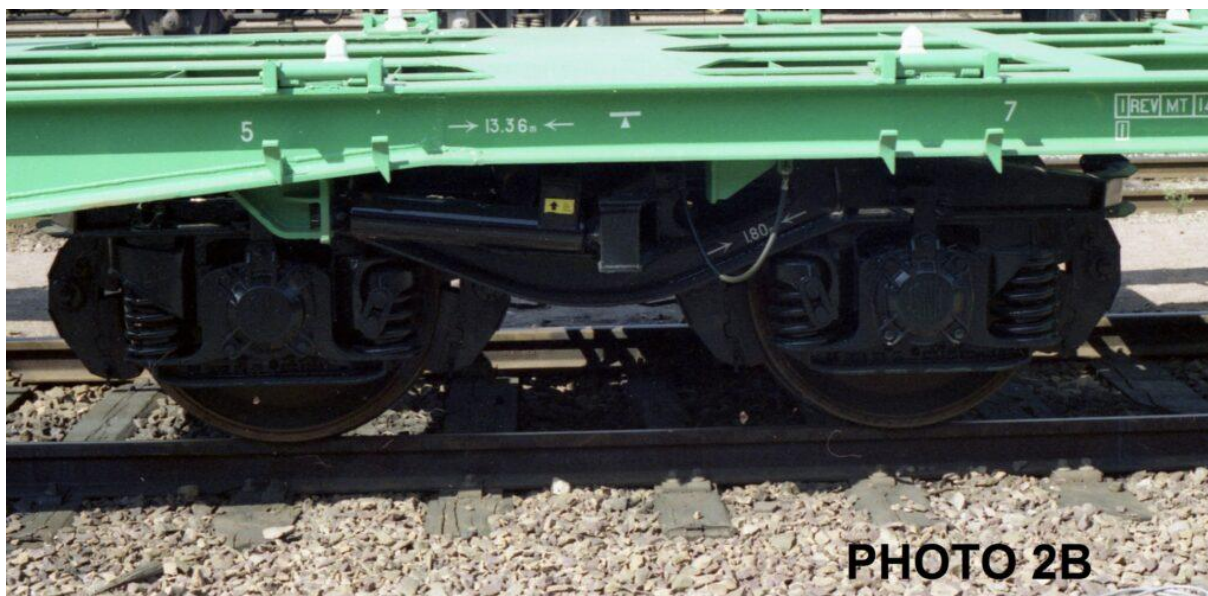
1.1.3.1 Rychlé konvenční nákladní vozy ve Francii

Rychlost 120 km/h byla u francouzských nákladních vlaků poprvé uplatněna v roce 1962 na vlacích Provence Express (Orange – Bercy). V roce 1971 se vlaky Roussillon Express (Perpignan – Rungis) staly prvními francouzskými nákladními vlaky provozovanými rychlostí 140 km/h. V 80. letech bylo zřejmé, že pro udržení konkurenceschopnosti vůči silniční dopravě v oblasti čerstvého zboží (ovoce, zelenina) a zásilek bude nutné nabídnout rychlé a spolehlivé nákladní vlaky. [43]

Ačkoliv se SNCF již od roku 1977 zabývaly vývojem rychlejšího nákladního podvozku Y 35, bylo v roce 1986 rozhodnuto o prověření možností úprav podvozky Y 25. V říjnu tohoto roku byly na trati mezi Montereau a Laroche-Migennes provedeny jízdní zkoušky s krytými vozy Gas G80 vybavenými podvozky Y 25 s tlumič vrtivých pohybů i bez nich, přičemž maximální rychlost dosahovala 170 km/h. Výsledkem zkoušek bylo zjištění, že podvozky Y 25 je možné provozovat i rychlostí 160 km/h, avšak jen tehdy, nepřesáhne-li nedostatek převýšení 130 mm a nápravové zatížení 16 t. V případě vyššího nedostatku převýšení než 130 mm by bylo nutné použít podvozky s kolébkou. Z pohledu brzd pak bylo možné použít oboustranné dvojité špalíkové brzdy, pro zachování požadovaného brzdného účinku bylo nicméně nutné dále snížit nápravové zatížení na 14 t. Vzhledem k možnosti rychlejšího zavedení do provozu oproti novým podvozkům bylo rozhodnuto o použití upravených podvozků Y 25, označovaných Y 25 GV, s tím, že nové rychlé podvozky pro nákladní vozy budou zavedeny později. [43] [44]

Podvozky Y 25 GV byly vybaveny tlumiči vrtivých pohybů, oboustrannou špalíkovou brzdou s dvojitými zdržemi a snímačem ložení. Kromě zmíněných úprav byly také seřizeny šroubovitě pružiny. Maximální nápravové zatížení podvozku činilo 14 t, vlastní hmotnost podvozku pak byla přibližně 4,8 t. Nákladní vozy byly navíc vybaveny elektropneumatickou brzdou a napájecím potrubím. Podvozky Y 25 GV byly vybaveny dva typy vozů – kryté vozy Gahkkss G16 (vzklé z vozů Gahkkss G10, 2. série) a 60ft kontejnerové vozy Sgss S61. Oba typy vozů byly nalakovány nefritově zelenou barvou. Komerční provoz spojů byl zahájen 31. 5. 1987 mezi stanicemi Lille Champs-de-Mars a Marseille-Canet pod obchodním názvem Fret Chrono. Z dopravního hlediska pro ně byla zavedena nová kategorie vlaků ME 160, vozy způsobilé provozu v této kategorii pak byly označeny nápisem „SNCF 160“. Maximální délka souprav byla omezena na 750 m včetně lokomotivy. Vzhledem k tomu, že na rozdíl od osobních vlaků

jezdících rychlostí 160 km/h nemohly tyto vlaky využít nedostatek převýšení vyšší než 130 mm, bylo nutné na příslušných tratích umístit rychlostníky speciálně pro tyto vlaky. [43]



Obrázek 42: Podvozek Y 25 GV na voze S61 [43]

V říjnu 1987 bylo přidáno spojení Perpignan – Rungis tvořené soupravou složenou výhradně z vozů G16. Spojení fungovalo pouze ve směru z jihu na sever, v opačném směru se vozy vracely pomalejšími vlaky s maximální rychlostí 140 km/h. Bylo v plánu tuto rychlost zvednout, ve zpáteční soupravě však byly řazeny i chladírenské vozy s maximální rychlostí 140 km/h, jejichž úprava by byla příliš nákladná. Vzhledem k rostoucí poptávce po přepravách s kontrolovanou teplotou bylo v roce 1992 naopak přistoupeno k nasazení chladírenských vozů v hlavním směru a snížení rychlosti spojů na 140 km/h. V roce 1988 byla nabídka rozšířena o spojení Paris Bercy – Marseille-Arenc, která byla v provozu až do roku 1996. Kategorie vlaků ME 160 byla opuštěna v roce 1998. [43]

Mezitím probíhaly práce na vývoji nového typu podvozku pro rychlé nákladní vozy, odvozeného od dříve vyvíjeného typu Y 35. Podvozek Y 35 má rozvor 2,2 m a skříň je uložena na kolébce, která je zavěšena na závěsech délky 490 mm a její příčná vůle je 50 mm. Podvozek je brzděn špalíkovou brzdou. Tento podvozek byl vytvořen i v modifikované verzi s kratšími závěsy kolébky (360 mm) a menší příčnou vůlí (40 mm). Takto řešený podvozek měl dobrou stabilitu a mohl být provozován s nedostatkem převýšení překračujícím 130 mm. Principy úspěšně ověřené na modifikovaném podvozku Y 35 byly použity u nového podvozku. [44]

Nově navržený podvozek byl označen Y 37. Stejně jako v případě podvozku Y 35, i zde byla skříň spojena s podvozkem pomocí kolébky. Vůz nemá sekundární vypružení, pouze vypružené kluznice. Primární vypružení je řešeno stejně jako v případě podvozku Y 25 pomocí šroubových pružin s třecími tlumiči. Rozvor podvozku je 2,3 m, maximální nápravové zatížení činí 18 t (rychlé vozy byly nicméně omezeny na 16 t/náprava). Maximální provozní rychlost podvozku je 160 km/h a maximální nedostatek převýšení 160 mm, při zkouškách v září 1988 jel však rychlostí až 225 km/h. Brzda podvozku je řešena kombinací čtyř ventilovaných brzdových kotoučů a jednostranných vnitřních brzdových špalíků z kompozitních materiálů, přičemž každé kolo i každý brzdový kotouč je brzděn individuální brzdovou jednotkou. Dále je podvozek vybaven senzorem ložení a protismykovým zařízením. Podvozek byl navržen ve dvou variantách – varianta Y 37 A s průměrem kol 920 mm (použitá u krytých vozů Gahkkss G13 a kontejnerových vozů Sgss S63) a varianta Y 37 B s průměrem kol 840 mm (použitá u kontejnerových vozů Sgmss S73). Uvedené vozy byly vybaveny hlavním a napájecím potrubím a potrubními zrychlovači, nebyly vybavené elektropneumatickou brzdou. Vozy byly dodávány v letech 1988 až 1992 v nefritově zeleném nátěru. [44]



Obrázek 43: Podvozek Y 37 B [44]

Zpočátku jezdily tyto vozy ve vlacích kategorie ME 160, docházelo i k provozu souprav tvořených jak vozy s podvozky Y 37, tak Y 25 GV. Vzhledem k rozdílným provozním požadavkům vozů s těmito podvozky, spočívajících například v požadavku na použití elektropneumatické brzdy v případě vozů s podvozky Y 25 GV, bylo nutné zavést určitá provozní opatření. V prvé řadě bylo upraveno označování vozů – vozy s podvozky Y 25 GV, původně označované „SNCF 160“, byly nově přeznačeny na „ME SNCF 160“ a vozy s podvozky Y 37 byly označeny na „V SNCF 160“. Dále byly definovány požadavky na řazení souprav. V případě souprav tvořených pouze vozy s označením ME SNCF 160 byla požadována elektropneumatická brzda a maximální délka vlaku byla stanovena na 750 m včetně lokomotivy. V případě souprav tvořených výhradně vozy s označením V SNCF 160 byla požadována brzda nastavena do režimu R a maximální délka vlaku byla omezena na 550 m včetně lokomotivy. V případě provozu souprav s oběma typy vozů nesměla být použita elektropneumatická brzda a délka vlaku byla omezena na 360 m včetně lokomotivy. Po dodání všech vozů V SNCF 160 v roce 1992 byla vytvořena nová kategorie vlaků MV 160 pro nákladní vlaky složené z vozů schválených pro provoz s nedostatkem převýšení 160 mm. Maximální délka těchto vlaků byla 550 m včetně lokomotivy. [44]



Obrázek 44: Vůz G13 s podvozky Y 37 A [44]

První linka využívající vozy G13 s podvozky Y 37 byla Paris Austerlitz – Toulouse, jejíž provoz započal roku 1988, tehdy ještě jako spoje kategorie ME 160. Logistiku linky zajišťovala firma Sernam, což byla dceřiná společnost SNCF. O rok později byl zahájen provoz na lince Valenton – Toulouse pro společnost Chronofroid, zabývající se převozem nákladů s kontrolovanou teplotou. Na této lince byly přepravovány chladírenské výměnné nástavby typu swap body na vozech S63 a S73. V roce 1994 byla tato linka zrušena. Linka Lille – Marseille byla v roce 1992 přearažena z kategorie ME 160 do kategorie MV 160. Po roce 1993, kdy SNCF přišly o kontrakt s významnou zásilkovou společností využívající kryté vozy, byly na této lince nasazovány výhradně vozy S73. V roce 2018 byly spoje přearaženy do nižší kategorie ME 140. V roce 1995 začal vlaky kategorie MV 160 využívat vydavatel NMPP (Nouvelles Messageries de la Presse Parisienne) pro přepravu tiskovin mezi Paříží a jižními regiony Francie. Přeprava probíhala s využitím krytých vozů G13 ve spolupráci se společností Sernam. Po četných restrukturalizacích NMPP byla přeprava postupně utlumována, až byla v roce 2016 ukončena. [44]

Na konci 90. let projevila společnost Sernam zájem o provoz nočních expresních nákladních vlaků na vysokorychlostních tratích LGV mezi stanicemi Paris-Austerlitz Chevalert a Orange a Toulouse. Chování vozu G13 s podvozky Y 37 A ve vysokých rychlostech již bylo vyzkoušeno na konci 80. let, vzhledem k noční údržbě francouzských vysokorychlostních tratí však bylo nutné prověřit účinky aerodynamických rázů na okolí vozu při průjezdu rychlostí 200 km/h. Testy proběhly úspěšně, na podvozcích bylo nicméně na jejich základě provedeno několik úprav spočívajících v novém protismykovém zařízení a umístění monitorovacích zařízení. Dále bylo omezeno nápravové zatížení na 11 t (užitečné zatížení činilo 15 t, pro srovnání – užitečné zatížení vozů G16 bylo 31,8 t a původních vozů G13 38,4 t). Upravené vozy G13 byly přearaženy na typ Gahkss G02 a opatřeny popisem SNCF LGV 200. Pro vlaky tvořené výhradně těmito vozy byla zavedena nová kategorie vlaků MVGV. Maximální délka souprav byla omezena na 220 m včetně lokomotivy, přičemž v souprava mohla být tvořena maximálně 12 vozidly. Dále byla v závislosti na trati omezena maximální hmotnost vlaků. Vlaky byly vedeny lokomotivami řady BB 22200 vybavenými přenosem návěstních signálů do kabiny strojvedoucího. [45]

První vlaky kategorie MVGV vyjely 13. října 1997 na linkách Paris-Austerlitz – Orange a Paris-Austerlitz – Toulouse Raynal. Zpočátku byla maximální rychlost omezena na 160 km/h kvůli problémům s dodávkami nových protismykových zařízení, provoz rychlostí 200 km/h byl na jihovýchodní větvi zahájen v říjnu 1998, na jihozápadní větvi pak až v říjnu 1999.

Po výstavbě nového logistického centra firmy Sernam ve Valentonu byly spoje vypravovány odsud, v důsledku čehož jihozápadní spojení nově nevyužívalo vysokorychlostní trať LGV a bylo přesunuto do kategorie MV 160. V roce 2009 byl na jihovýchodní lince opuštěn terminál v Orange a překládka se přesunula do nově vybudovaného terminálu v Miramas. Od roku 2010 spoje již nevyužívaly vysokorychlostní tratě a v roce 2011 společnost Sernam ukončila veškeré aktivity na železnici, včetně provozu těchto linek. [45]

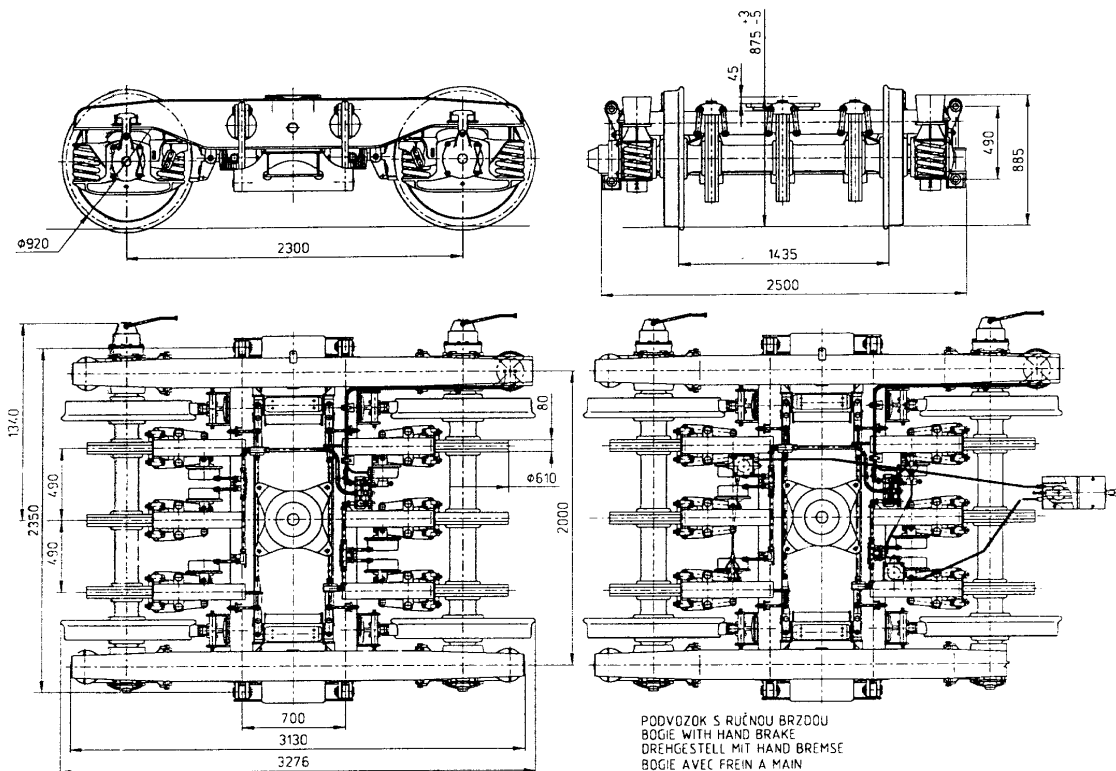


Obrázek 45: Vlak kategorie MGVV v terminálu Valenton [45]

Podvozky typu Y 37 byly vyráběny i výrobcem Tatravagonka Poprad, a to ve variantě Y 37 VR s dvěma brzdovými kotouči na nápravu pro rychlost 140 km/h při nápravovém zatížení 18 t a ve variantě Y 37 VVR se třemi brzdovými kotouči na nápravu pro rychlost 160 km/h při nápravovém zatížení 16 t. [46]



Obrázek 46: Podvozek Y 37 VVR výrobce Tatravagonka Poprad [47]



Dvojnápravový podvozok Y37 VVR

Technické parametre:

Rozchod	1 435 mm
Rázvor	2 300 mm
Priemer kolies	920 mm
Hmotnosť na nápravu max.	16 t
Maximálna rýchlosť	160 km/h
Výška gul. otočného čapu od TK (pri hmotnosti vozňa 20t)	875 $^{+3}_{-5}$ mm
Vzdialenosť klzníc	2x780 mm
Dĺžka	3 276 mm
Šírka	2 590 mm
Hmotnosť	5,8 t \pm 5%

Technical data:

Track gauge	1 435 mm
Wheel base	2 300 mm
Wheel diameter	920 mm
Maximum axle load	16 t
Maximum speed	160 km/h
Height of bogie pivot centre above the top of rail (weight of wagon 20t)	875 $^{+3}_{-5}$ mm
Distance between sidebearers	2x780 mm
Length	3 276 mm
Width	2 590 mm
Weight	5,8 t \pm 5%

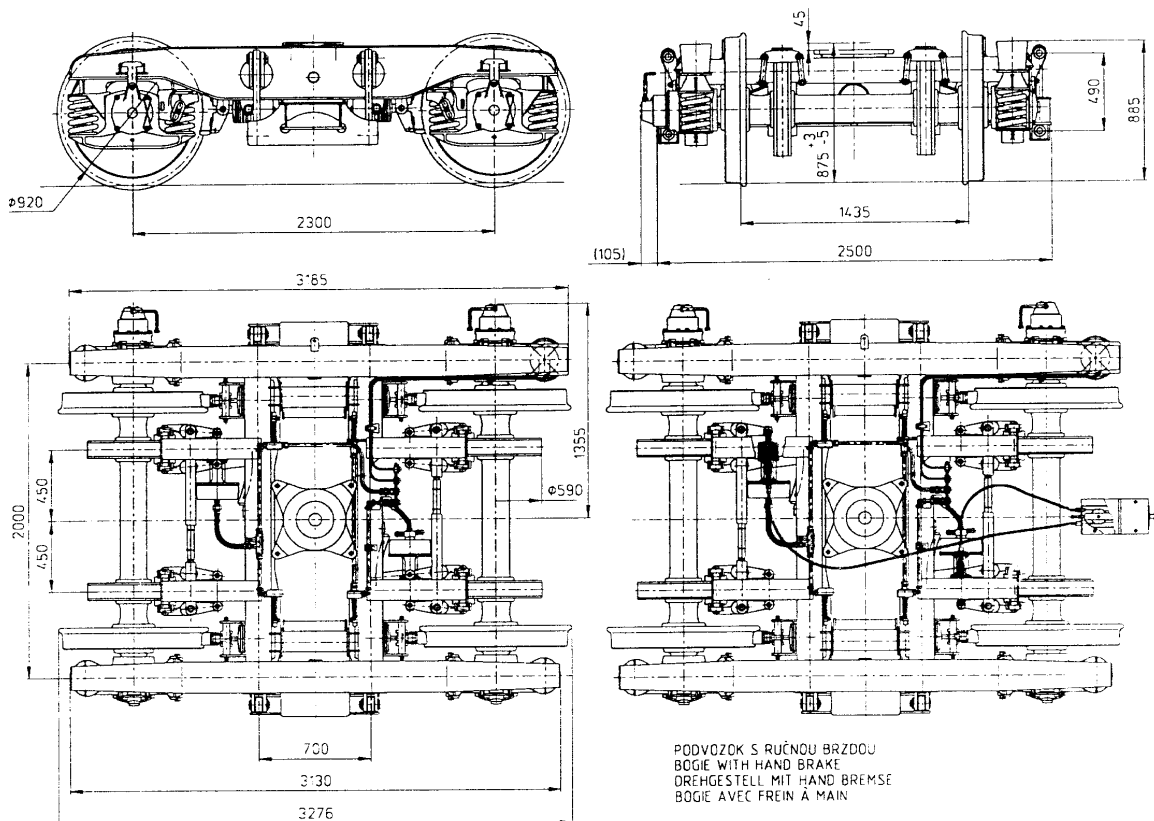
Technische Daten:

Spurweite	1 435 mm
Radsatzstand	2 300 mm
Laufkreisdurchmesser	920 mm
Radsatzlast max.	16 t
Maximale Geschwindigkeit	160 km/h
Höhe der Drehpfanne über SO (bei Wagenleer gewicht 20t)	875 $^{+3}_{-5}$ mm
Gleitstück-Mittenabstand	2x780 mm
Länge	3 276 mm
Breite	2 590 mm
Gewicht	5,8 t \pm 5%

Caracteristiques principales:

Voie	1 435 mm
Empattement	2 300 mm
Diamètre de roues	920 mm
Chargement maximal par essieu	16 t
Vitesse maximale	160 km/h
Distance entre pivot et plan de roulement (sous un wagon de 20t de masse sur rails)	875 $^{+3}_{-5}$ mm
Entraxe de lisoirs	2x780 mm
Longueur	3 276 mm
Largeur	2 590 mm
Masse totale	5,8 t \pm 5%

Obrázek 47: Technické údaje podvozku Y 37 VVR [46]



Dvojnápravový podvozek Y37/VR

Technické parametre:

Rozchod	1 435 mm
Rázvor	2 300 mm
Priemer kolies	920 mm
Hmotnosť na nápravu max.	18 t
Maximálna rýchlosť	140 km/h
Výška guľ. otočného čapu od TK (pri hmotnosti vozňa 20t)	875 $^{+3}_{-5}$ mm
Vzdialenosť klzníc	2x780 mm
Dĺžka	3 276 mm
Šírka	2 605 mm
Hmotnosť	5,7 t \pm 5%

Technical data:

Track gauge	1 435 mm
Wheel base	2 300 mm
Wheel diameter	920 mm
Maximum axle load	18 t
Maximum speed	140 km/h
Height of bogie pivot centre above the top of rail (weight of wagon 20t)	875 $^{+3}_{-5}$ mm
Distance between sidebearers	2x780 mm
Length	3 276 mm
Width	2 605 mm
Weight	5,7 t \pm 5%

Technische Daten:

Spurweite	1 435 mm
Radsatzstand	2 300 mm
Laufkreisdurchmesser	920 mm
Radsatzlast max.	18 t
Maximale Geschwindigkeit	140 km/h
Höhe der Drehpfanne über SO (bei Wagenleer gewicht 20t)	875 $^{+3}_{-5}$ mm
Gleitstück-Mittenabstand	2x780 mm
Länge	3 276 mm
Breite	2 605 mm
Gewicht	5,7 t \pm 5%

Caracteristiques principales:

Voie	1 435 mm
Empattement	2 300 mm
Diamètre de roues	920 mm
Chargement maximal par essieu	18 t
Vitesse maximale	140 km/h
Distance entre pivot et plan de roulement (sous un wagon de 20t de masse sur rails)	875 $^{+3}_{-5}$ mm
Entraxe de lisoirs	2x780 mm
Longueur	3 276 mm
Largeur	2 605 mm
Masse totale	5,7 t \pm 5%

Obrázek 48: technické údaje podvozku Y 37 VR [46]

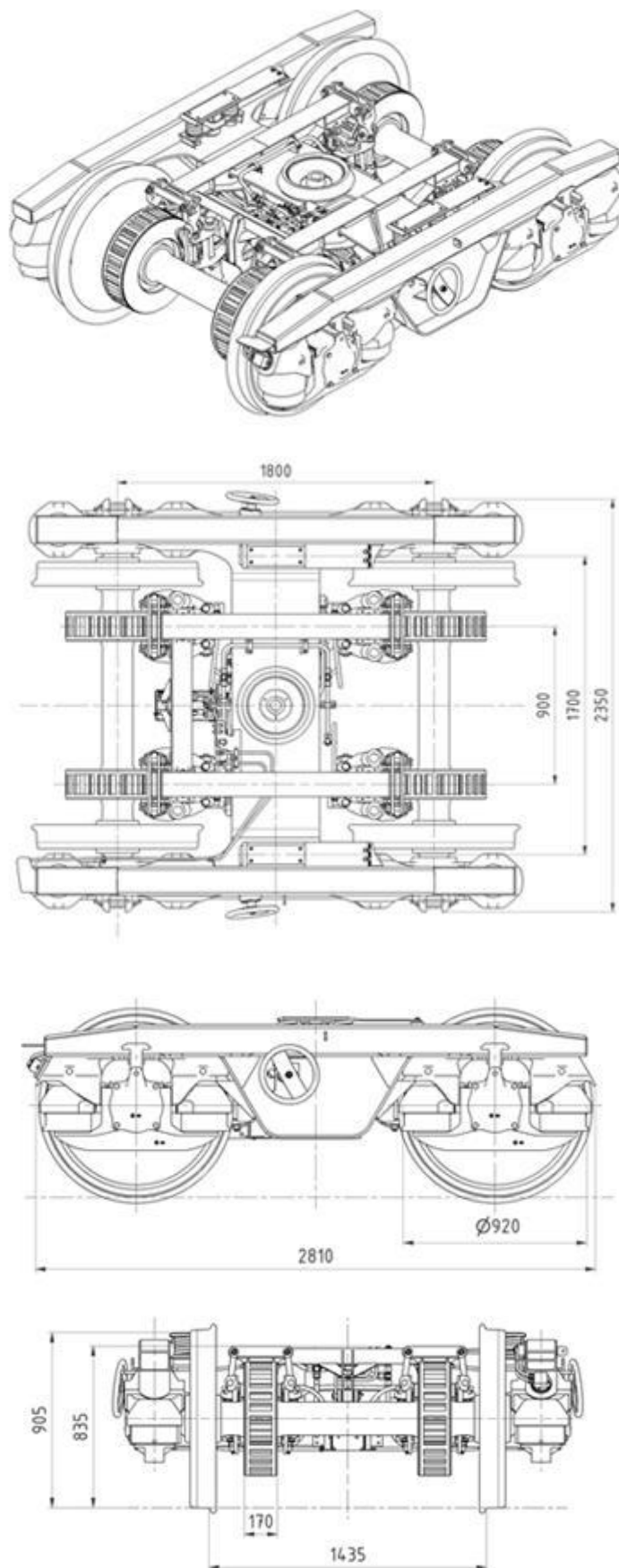
1.1.3.2 Rychlé nákladní vlaky v Německu

Německé vysokorychlostní tratě Hannover – Würzburg a Mannheim – Stuttgart byly stavěny s maximálním podélným sklonem 12,5 promile, aby mohly sloužit i nákladní dopravě (z důvodu nízkého malých sklonů však bylo nutné vybudovat mnoho umělých staveb – mostů a tunelů). Na uvedených tratích byl v roce 1991 rychlých nákladních vlaků s obchodním označením InterCargoExpress. Provozovány byly dvě linky – linka z Brém do Stuttgartu s jízdní dobou přibližně 8 hodin a linka z Hamburku do Mnichova s jízdní dobou přibližně 9 hodin. Obě linky byly zhruba o 2 hodiny rychlejší než standardní osobní vlaky. Maximální rychlost těchto spojů byla 160 km/h, což si vyžádalo nasazení speciálních vozů. Maximální hmotnost vlaků mohla být 900 t, maximální užitečné zatížení bylo 500 t a soupravy byly tažené lokomotivami řady 120. Z důvodu špatné profitability byla později rychlost spojů snížena na 120 km/h a v roce 1995 byl provoz těchto vlaků ukončen. [1] [48]

Na spojích byly nasazovány 60ft kontejnerové vozy Sgss-y 703 s podvozky DRRS a dvounápravové kryté vozy s posuvnými stěnami Hbillss-y 307. Vozy byly vybaveny elektropneumatickou brzdou a snímači ložení. Kontejnerové vozy byly dále vybaveny automatickými zajišťovacími trny. Použitý podvozek DRRS je dvounápravový podvozek s rozvorem 1,8 m, jehož primární vypružení je řešeno pryžovými odvalovacími pružinami. Každá ložisková skříň je vypružena dvěma páry těchto pružin, přičemž vypružení je dále tlumeno pomocí třecího tlumiče. Na každé nápravě byly z důvodu velkého tepelného namáhání umístěny tři brzdové kotouče. V současné době má podvozek DRRS 25LD ve svém portfoliu výrobce ELH Waggonbau Niesky GmbH, přičemž je nabízen ve variantách s maximální nápravovým zatížením 25 t (max. rychlost 100 km/h), 22,5 t (max. rychlost 120 km/h) a 18 t (max. rychlost 160 km/h). [1] [49] [50] [51]

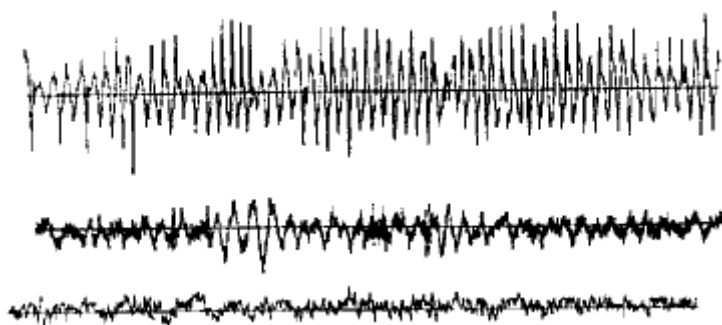


Obrázek 49: Vůz Sgss-y 703 [50]

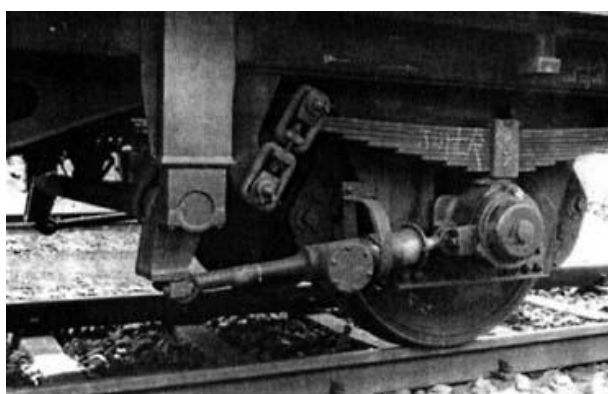


Obrázky 50 až 53: Podvozek DRRS 25LD [52]

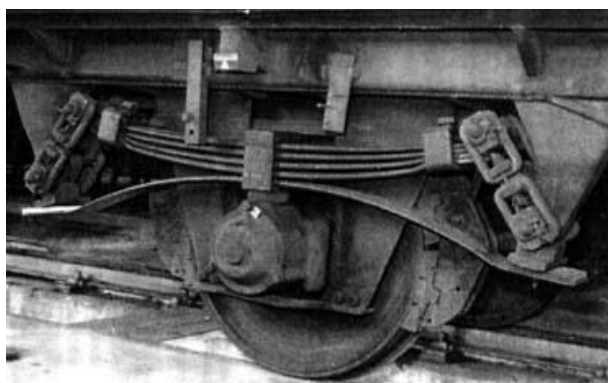
V případě vozů Hbillss-y 307 bylo nutné vyřešit problém s příčnými silami mezi kolem a kolejnicí vznikajícími v důsledku kmitání a vůle v rozsochách při vyšších rychlostech. Již koncem 80. letech byly v Německu prováděny zkoušky upraveného pojezdu s hydraulickými a třecími tlumiči. Výsledky měření při rychlosti 140 km/h jsou zobrazeny v grafu 1. Na vozech Hbillss-y 307 byly použity hydraulické tlumiče, na každé nápravě jeden (z jedné strany byl umístěn tlumič, z druhé strany byla místo tlumiče umístěna ojnice). Dále byl pojezd vybaven kotoučovou brzdou se třemi brzdovými kotouči. V rámci zkoušek jely tyto vozy rychlostí až 213 km/h. [1] [53]



Graf 1: Příčné síly při rychlosti 140 km/h (shora bez tlumení, s třecími tlumiči, s hydraulickými tlumiči) [53]



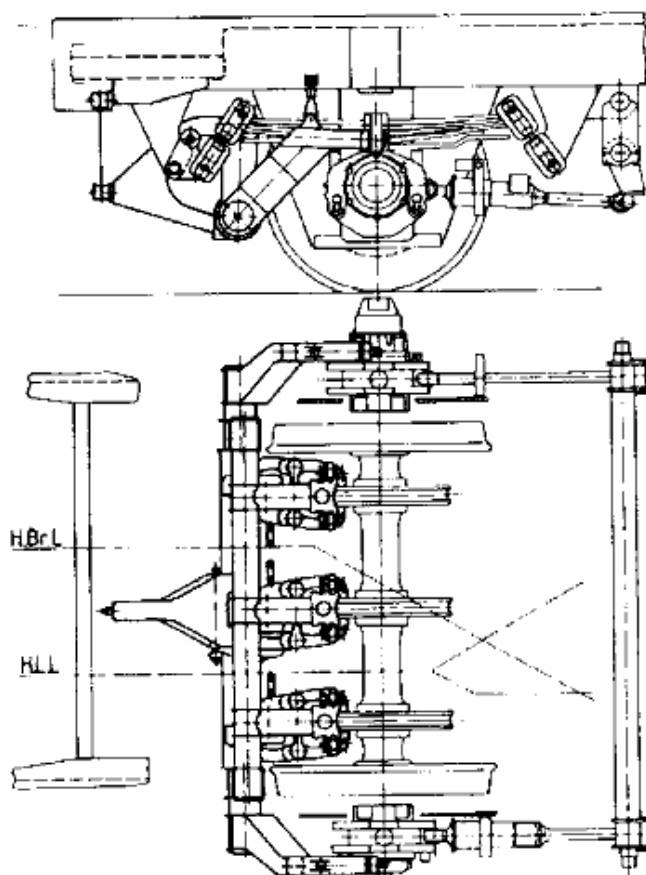
Obrázek 54: Experimentální pojezd s hydraulickým tlumičem [53]



Obrázek 55: Experimentální pojezd s třecím tlumičem [53]



Obrázek 56: Vůz Hbillss-y 307 [53]



Obrázek 57: Pojezd vozu Hbillss-y 307 [53]

V lednu 2000 spustily DB ve spolupráci s Deutsche Post nové expresní vlaky Parcel InterCity spojující Hamburk a Hannover s městy Würzburg, Mnichov, Norimberk a Stuttgart. Na spojích byly využívány kontejnerové vozy Sgss-y 703 původně jezdící na spojích InterCargoExpress a lokomotivy řady 101. Maximální rychlost souprav byla 160 km/h, v roce 2010 však byla z důvodu nedostatečné kapacity dráhy snížena na 140 km/h. Spoje fungují dodnes, přičemž dlouhodobým cílem Deutsche Post DHL je zvednout podíl železniční dopravy ze stávajících 6 % na 20 %. Zásilky jsou přepravovány ve výměnných nástavbách swap body. [1] [54] [55]

1.1.3.3 Švédské poštovní vozy

V roce 2000 byly ve Švédsku zavedeny do provozu nové dvounápravové poštovní vozy Gvlss-y. Vozy jsou vybavené pojezdy TF25SA s příčnými a svislými hydraulickými tlumiči. Vůz má kotoučovou brzdu s dvěma kotouči na každé nápravě a jeho maximální rychlost činí 160 km/h. [1]



Obrázky 58 a 59: Poštovní vůz Gvlss-y (vlevo) a jeho pojezd TF25SA (vpravo) [1]

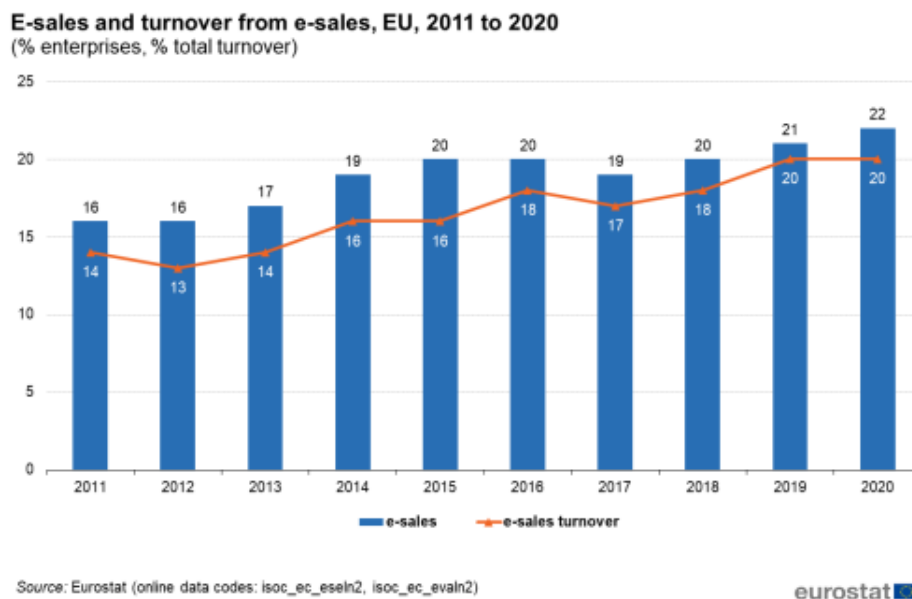
1.2 Poptávka po rychlé železniční nákladní dopravě

Poptávku je vhodné posuzovat z více pohledů. V první řadě je nutné prověřit, zda existuje poptávka po rychlé dopravě celkově a jak se vyvíjí. Dále je nutné posoudit, zda může železnice v daném segmentu nabídnout atraktivní produkt, popř. za jakých podmínek. Na závěr je vhodné zjistit, zda lze očekávat politickou podporu, která je vhodná z pohledu udržitelnosti projektu a především ochoty upravovat legislativu v případech, kdy se projekt odlišuje od standardních řešení.

1.2.1 Poptávka po rychlé nákladní dopravě

Rychlá doprava je obecně energeticky náročnější, a tudíž dražší oproti pomalejším způsobům dopravy. Světová banka uvádí, že rychlá letecká nákladní doprava je zhruba 4-5x dražší oproti dopravě silniční a 12-16x dražší než doprava námořní [56]. Z tohoto důvodu je poptávka po rychlé nákladní dopravě pouze u určitých druhů nákladů, u kterých přínosy z rychlého dodání převáží nad vyššími finančními náklady, případně jsou finanční náklady na dopravu v absolutních číslech celkově nízké a jejich nárůst je tedy v absolutních číslech akceptovatelný (typicky velmi malé a lehké zásilky). Mezi uvedené skupiny nákladů patří především poštovní a balíkové zásilky, zkazitelné potraviny, farmaceutické produkty a náhradní díly. Jak vyplývá z rešerše provedené v části 1.1, na poštu (a do určité míry na zkazitelné potraviny) cílily i dosud realizované systémy rychlé železniční nákladní dopravy.

Přeprava zásilek přímo souvisí s aktuálním megatrendem e-commerce, tedy obchodováním po internetu a následným doručováním zásilek na požadované adresy. Ačkoliv digitalizace obecně vede k omezování nutnosti listovních zásilek, balíkové zásilky díky ní zaznamenávají nárůst. Z grafu 2 je patrné, že segment a-commerce v Evropské unii dlouhodobě roste, a to jak z hlediska počtu podniků využívajících e-commerce, tak z hlediska podílu e-commerce na obrátu [57]. Příjmy z e-commerce pak v posledních letech zaznamenávají každoroční nárůst o více než 10 % (graf 3) [58].



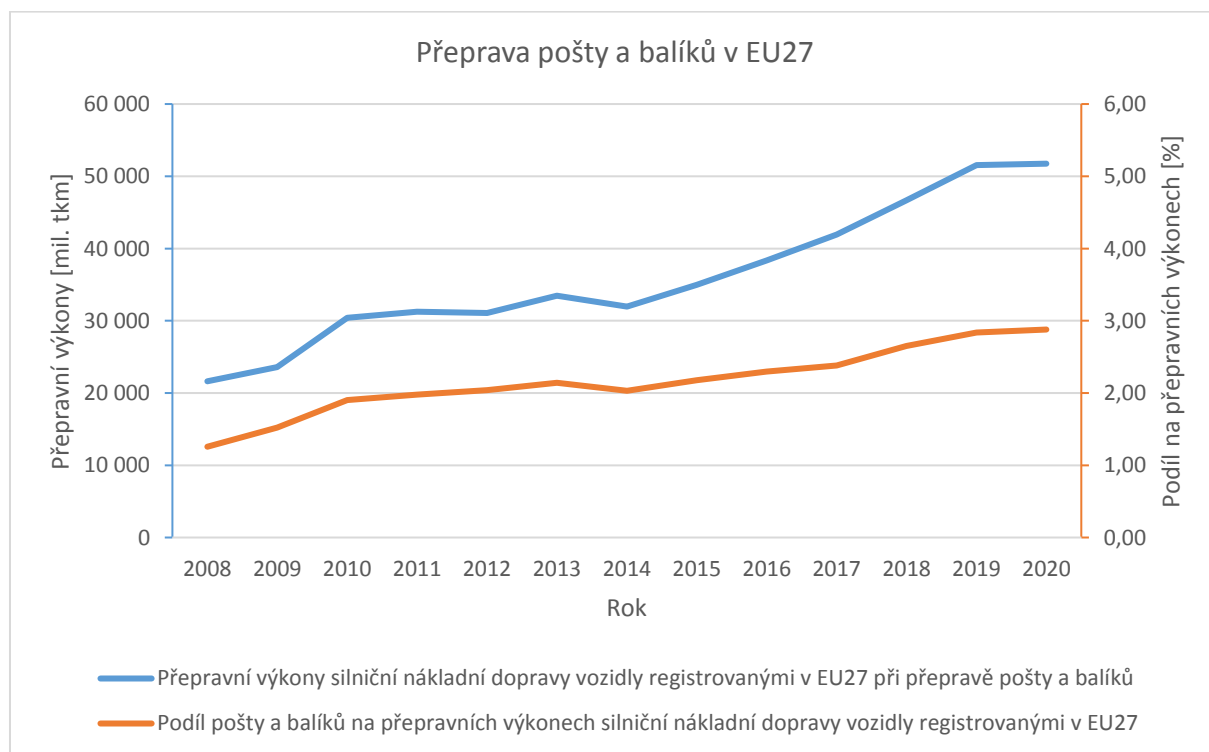
Graf 2: Podíl podniků v EU využívajících e-commerce (modrá) a podíl e-commerce na obrátu (oranžová) [57]



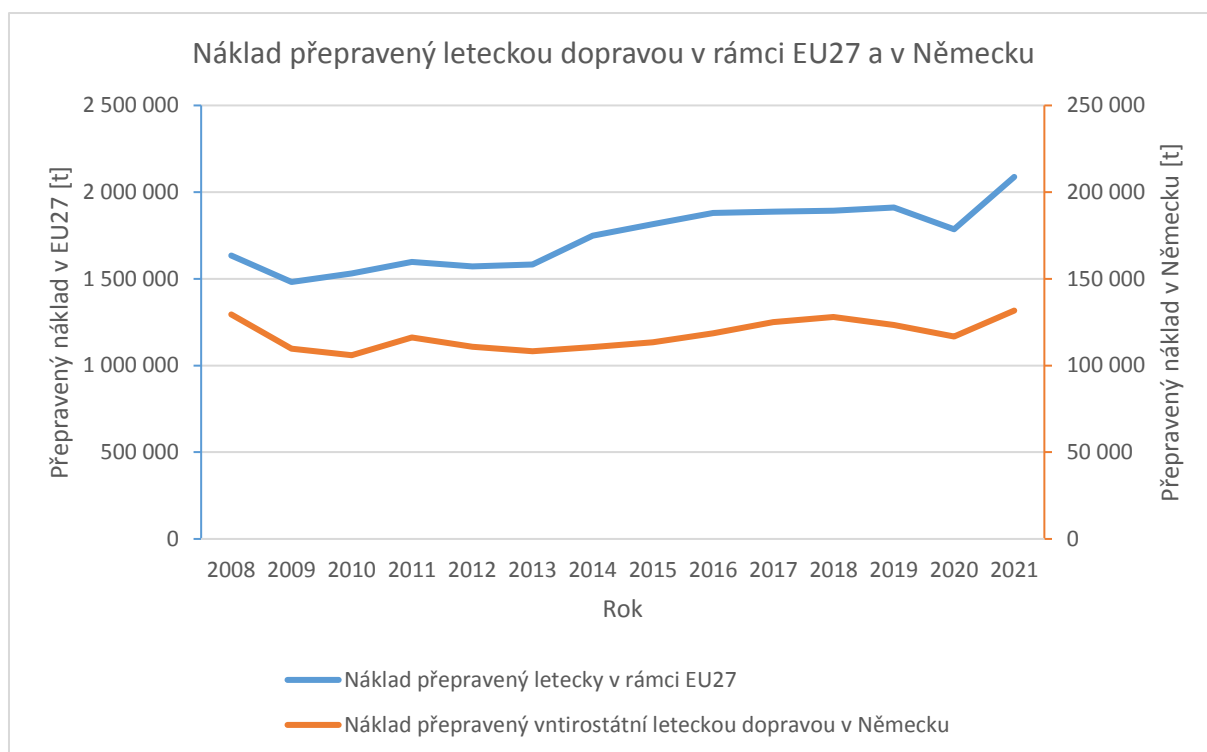
Graf 3: Příjmy z e-commerce v Evropské unii [58]

Nárůst poptávky po přepravě zásilek je patrný ze statistik Eurostatu. Mezi roky 2008 a 2020 vzrostla roční přeprava pošty silničními nákladními vozidly registrovanými v EU27 z 21 624 mil. tkm na 51 742 mil. tkm, jak je patrné z grafu 4. Podíl pošty a balíků na přepravních výkonech silniční nákladní dopravy pak ze stejnou dobu vzrostl z 1,26 % na 2,88 %. Ve statistikách je patrný rovněž nárůst letecké nákladní dopravy v rámci EU27, zobrazený v grafu 5. Z grafu je zřejmý propad po roce 2008 v důsledku ekonomické krize, který je následován víceméně souvislým růstem. Růst je pozorovatelný i v případě vnitrostátní nákladní letecké dopravy v Německu (vybráno jako modelový příklad), kde byly nicméně hodnoty z roku 2008 překonány až v roce 2020. [59] [60]

POZN.: Většina statistik Eurostatu zabývajících se nákladní silniční dopravou (např. [59]) přiřazuje státům (a skupinám států) údaje týkající se vozidel registrovaných v těchto státech. To znamená, že například přepravní výkony uvedené u Německa jsou přepravní výkony vozidel registrovaných v Německu, ujeté při cestách po Německu i v zahraničí. Nezahrnují tedy přepravní výkony vozidel registrovaných například v Polsku, i když byly tyto přepravní výkony realizovány na území Německa. Údaje o přepravních výkonech silniční nákladní dopravy realizovaných na území daného státu jsou uvedené pouze u omezeného počtu datových sad (např. [61]) a využívají se zejména pro výpočet dělby přepravní práce mezi jednotlivými druhy dopravy (modal split). V této práci je vždy uvedeno, o který z těchto případů se jedná. [62]



Graf 4: Přeprava pošty a balíků v EU27 [59]



Graf 5: Náklad přepravený leteckou dopravou v rámci EU a v Německu [60]

POZN.: Graf 5 byl vytvořen na základě dat o množství nákladů, který byl naložen do letadla v některé zemi EU25, resp. v Německu, a následně byl přepraven do jiné země EU27, resp. na jiné místo v Německu (byla zvolena datová sada „Freight and mail loaded“).

1.2.2 Možnosti železnice v oblasti rychlé nákladní dopravy

Z předchozí kapitoly vyplývá, že poptávka po rychlé nákladní dopravě na trhu je a má rostoucí trend, tudíž má význam se danou oblastí zabývat. Rychlé nákladní přepravy se v současnosti realizují zejména s využitím silniční dopravy a letecké dopravy (jak je například zmíněno v části 1.1.3.2, podíl železniční dopravy u Deutsche Post DHL je v současnosti pouze 6 %). Silniční i letecká doprava představují zavedené dopravní systémy, integrované do procesů logistických firem. Pro začlenění rychlé železniční nákladní dopravy do jejich systémů je zapotřebí, aby železniční doprava nabídla oproti silniční a letecké dopravě benefity v dostatečně široké oblasti. Železniční doprava sice má oproti jiným druhům dopravy obecné výhody (rychlost vozidel, energetická efektivita, značná elektrifikace), má však i obecné nevýhody (nižší flexibilita, nutnost překládky na poslední míli) a její vhodnost je tudíž nutné posoudit individuálně pro každý případ. V následujících podkapitolách je tedy posouzena konkurenceschopnost vůči silniční a letecké nákladní dopravě, a odhadnuta potenciální velikost trhu pro rychlé železniční nákladní vozy.

1.2.2.1 Potenciál rychlých nákladních vozů vůči silniční dopravě

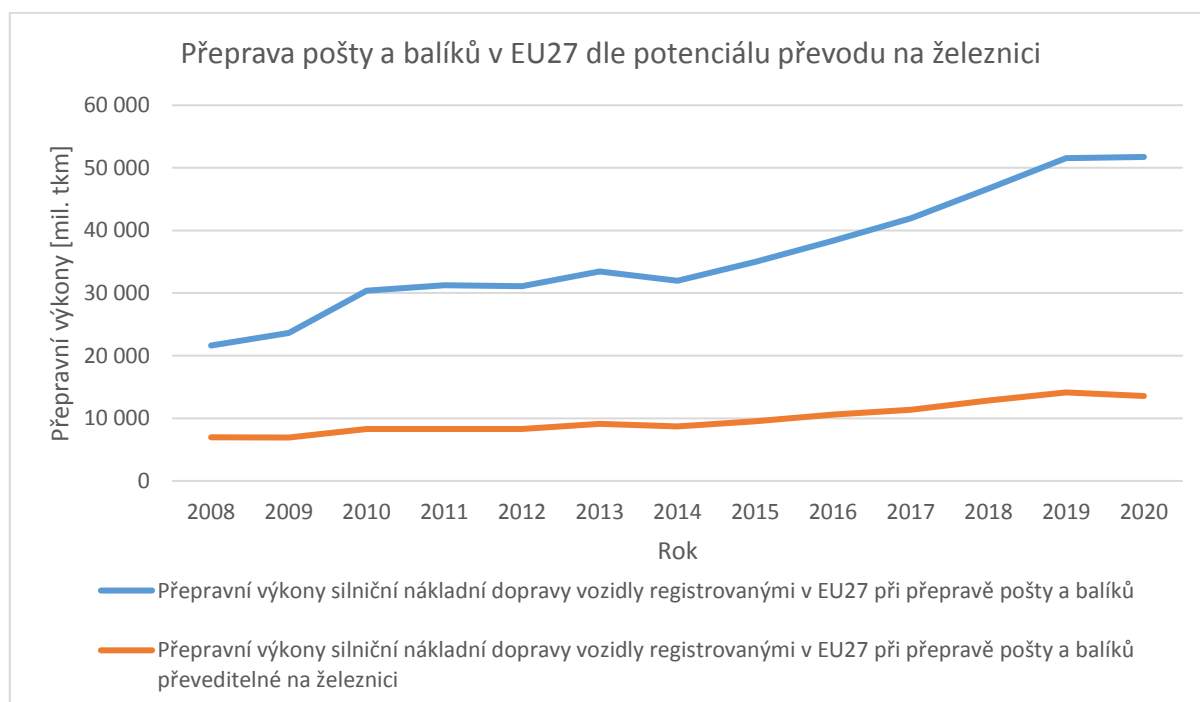
Silniční nákladní doprava návěsovou soupravou stojí dle ceníku firmy Multitrans CZ orientačně 27 až 40 CZK/km [63]. Vnitrostátní železniční přeprava silničního návěsu stojí dle ceníku ČD Cargo od zhruba 95 CZK/km při přepravě na vzdálenost 100 km přes 56 CZK/km při přepravě na vzdálenost 300 km po 39 CZK/km při přepravě na vzdálenost 800 km (při použití vozu ČD Cargo, v případě použití vlastního vozu je cena zhruba o 10 CZK/km nižší) [64]. Železniční doprava je tedy dle těchto dat o něco dražší, v případě větších vzdáleností však rozdíl není velký a při dohodnutí dlouhodobějších smluv by pravděpodobně bylo možné dostat se na pro zákazníka příznivější hodnoty. V případě technicky sofistikovanějších rychlých nákladních vozů lze očekávat vyšší pořizovací náklady a vzhledem k vyšší rychlosti jízdy větší spotřebu energie, zároveň ale lze u těchto vozů očekávat velký denní proběh a přepravu spíše lehčích nákladů, které absolutní hodnotu spotřeby energie na jeden vůz sníží. Cena rychlé přepravy je proto v tomto srovnání považována za srovnatelnou s cenou konvenční nákladní železniční dopravy. Vzhledem k uvedeným skutečnostem jsou v této analýze ceny nákladní silniční dopravy a rychlé nákladní železniční dopravy považovány za srovnatelné.

Vzhledem k podobným cenám tedy představuje hlavní faktor konkurenceschopnosti rychlost přepravy. Maximální povolená rychlost silničních nákladních vozidel nad 3,5 t je v Evropě standardně 80 km/h, maximální standardní doba řízení dle nařízení (ES) č. 561/2006 činí 9 hodin [65]. Při průměrné rychlosti necelých 70 km/h může nákladní automobil denně ujet přibližně 600 km. V případě nákladního vlaku s maximální rychlostí 200 km/h lze počítat s průměrnou rychlostí 150 km/h (např. spoje Mercitalia Fast, popsané v části 1.1.1.6, mají při maximální rychlosti 250 km/h průměrnou rychlost přibližně 180 km/h), vzhledem k této rychlosti a možnosti střídání strojvedoucích lze předpokládat denní dosažitelnou vzdálenost 2 000 km. V případě vlaku je nutné zohlednit časovou ztrátu danou synchronizací s jízdním řádem a dobu potřebnou pro návaznou dopravu. Tyto hodnoty se mohou značně lišit v závislosti na hustotě jízdního řádu (v případě smíšeného vlaku jedoucího v dvouhodinovém taktu může být průměrná doba na synchronizaci s jízdním řádem 1 hodina, v případě jednoho vlaku denně to ale může být až 12 hodin) a vzdálenosti místa vykládky od destinace (může být hned v místě vykládky, ale také 1 až 2 hodiny cesty).

Z uvedeného vyplývá, že při vzdálenostech nad 600 km je rychlá železniční doprava schopna nabídnout kratší dobu přepravy i při nízké frekvenci spojů. Za reálnou dolní hranici, kdy může železniční doprava nabídnout alespoň srovnatelnou dobu přepravy, lze považovat vzdálenost

300 km. V případě silniční dopravy je pro přepravu na tuto vzdálenost při zohlednění bezpečnostních přestávek potřeba 5 hodin. Vlák je schopen tuto vzdálenost urazit za stejnou dobu v případě vlaku spojujícího přímo dva terminály s frekvencí spojů 6 hodin (průměrná synchronizační doba 3 hodiny a 2 hodiny jízdy), nebo v případě smíšeného vlaku s frekvencí 2 hodiny a návaznou dopravou vyžadující 1 hodinu jízdy na každém konci (celkem tedy 1 hodina na přepravu do terminálu, průměrná synchronizační doba 1 hodina, 2 hodiny jízdy a 1 hodina na přepravu do destinace). Pro účely odhadu poptávky po rychlých vozech byl předpokládán přesun 50 % přepravy zásilek na železnici v případě vzdálenosti nad 500 km a 25 % v případě vzdálenosti 300-499 km, kdy je atraktivita vlaku nižší. Tyto hodnoty byly zvoleny s přihlédnutím k omezenému pokrytí území kvalitní železniční infrastrukturou, se zohledněním možných komplikací při budování terminálů a nutnosti využívat v řadě případů návaznou silniční dopravu.

V roce 2019, který nebyl ovlivněn pandemií, bylo silničními nákladními vozidly registrovanými v EU27 přepraveno celkem 51 544 mil. tkm pošty a balíků, z toho 12 454 mil. tkm na vzdálenost 300-499 km, 15 901 mil. tkm na vzdálenost 500-999 km a 6 133 mil. tkm na vzdálenost větší než 1 000 km. V případě převodu části těchto zásilek na železnici dle podílů uvedených v předchozím odstavci vychází převeditelný objem přeprav na 14 131 mil. tkm, což odpovídá 27,4 % silniční přepravy pošty a balíků. Vývoj od roku 2008 do roku 2020 je zobrazen v grafu 6. [59]

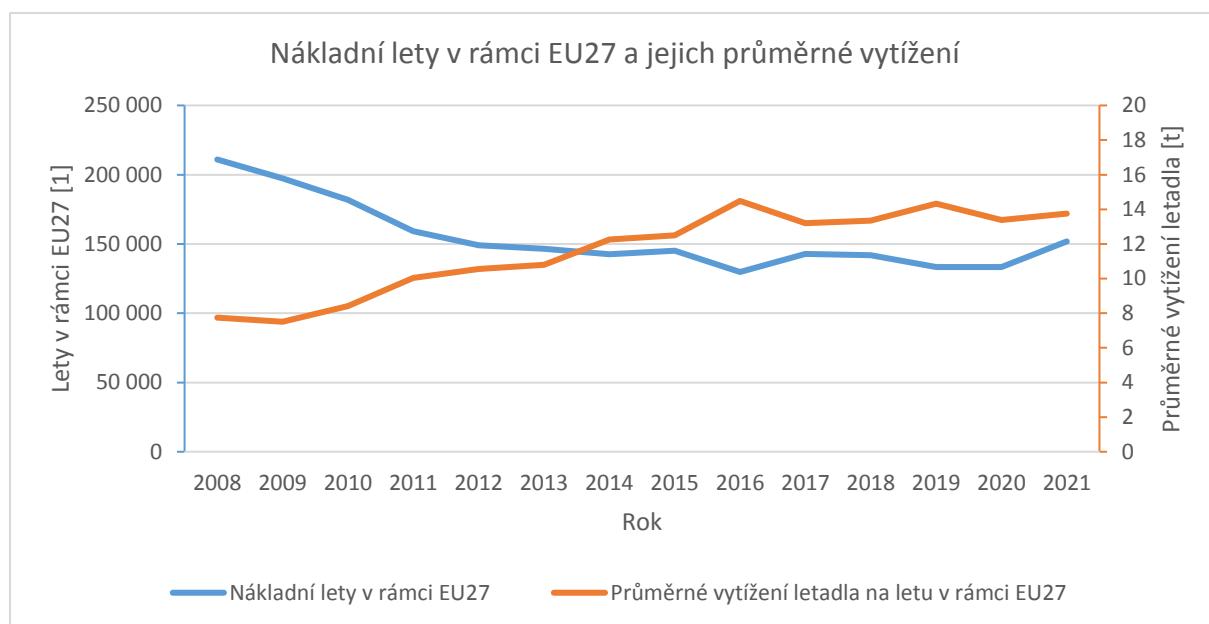


Graf 6: Přeprava pošty a balíků v EU27 dle potenciálu převodu na železnici [59]

V případě denního proběhu jednoho vozu 2 000 km, disponibility po dobu roku 95 % a průměrném vyřízení jednoho vozu nákladem o hmotnosti 20 t je pro převedení 14 131 mil. tkm potřeba 1 019 vozů. Bude-li stávající trend růstu přepravy pošty a balíků i nadále pokračovat, lze v roce 2030 předpokládat prostor na trhu i pro více než 1 500 vozů. Potenciál ostatních dříve zmíněných potenciálních nákladů (zkazitelných potravin, farmaceutických produktů a náhradních dílů) není z dostupných dat [59] možné odhadnout.

1.2.2.2 Potenciál rychlých nákladních vozů vůči letecké dopravě

Zatímco v případě silniční dopravy byl konkurenční potenciál rychlé železniční nákladní dopravy hlavně ve vyšší rychlosti, v případě letecké dopravy spočívá především v nižší ceně (jak bylo zmíněno v části 1.2.1, letecká nákladní doprava je zhruba 4-5x dražší než silniční doprava, přičemž cenu železniční nákladní dopravy lze považovat za srovnatelnou s cenou dopravy silniční) v kombinaci s přijatelnou dobou přepravy. Letecká nákladní doprava často funguje v rámci dodání zásilek do druhého dne. Na obrázku 60 je znázorněn tento proces v případě leteckého hubu společnosti DHL v Lipsku. Z obrázku je patrné, že z tohoto hubu je nutné zásilku doručit do třídícího centra během několika hodin. Za předpokladu, že odbavení letadla je stejně časově náročné jako odbavení vlaku, lze na základě uvedeného schématu usuzovat, že železniční doprava by měla být bez vážnějších komplikací použitelná do vzdálenosti odpovídající 3 hodinám jízdy. V případě průměrné rychlosti 150 km/h to odpovídá 450 km, což postačuje pro pokrytí většiny Německa. V případě lepší dostupnosti třídícího centra od železničního terminálu a toleranci prodloužení dodací doby o hodinu (případně uspíšení odjezdu o hodinu) by bylo možné využít vlak na přepravu až do vzdálenosti odpovídající 6 hodinám jízdy. Této přepravní době odpovídá vzdálenost 900 km, kterou tak lze považovat za hraniční pro zajištění fungování daného systému. V případě této vzdálenosti již je z destinací znázorněných na obrázku 61 z Lipska dostupná i Varšava, Bratislava nebo země Beneluxu.



Graf 7: Nákladní lety v rámci EU a jejich průměrné vytížení [60]

1.2.2.3 Celkový potenciál rychlých nákladních vozů

Dle provedené analýzy bylo v roce 2019 na trhu potenciálně místo pro 1 019 vozů jako náhrada části silniční přepravy pošty a balíků a pro 48 vozů nahrazujících část vnitroeurospkých nákladních letů. Při zohlednění růstu segmentu e-commerce a neznámého potenciálu v oblasti přepravy náhradních dílů, zkazitelných potravin a farmaceutických produktů lze celkový potenciál odhadnout i na více než 1 500 vozů v roce 2030.

Nutno zmínit, že se jedná pouze o hrubé odhady na základě délky cest. Na potenciál má vliv řada faktorů (např. stav a spolehlivost infrastruktury nebo management konkrétních projektů), které byly v této analýze zohledněny při stanovení hodnot převeditelného podílu. Převod 27,4 % silničních přeprav pošty a balíků a 25 % nákladních letů na železnici není přehnaně ambiciózní (při nejmenším v kontextu aktuálních politických cílů, které cílí na převod až 75 % přeprav ze silnice na železnici a vodní dopravu [67]) ani příliš pesimistický. Za zmínku stojí cíl společnosti DHL zvednout podíl železniční dopravy na přepravních výkonech z 6 % na 20 % (zmněno v bodě 1.1.3.2), což je hodnota relativně blízká uvažovanému potenciálu. Počet 1 500 vozů tedy lze považovat za střední odhad. Vzhledem k řadě nejistot je nicméně vhodné provést ještě dolní a horní odhad poptávky.

Za dolní odhad lze považovat situaci, kdy by v následujících letech došlo na trhu e-commerce ke stagnaci (přeprava balíků a pošty nicméně v období finanční krize po roce 2008 nadále rostla, jak zřejmé z grafu 4) a na železnici se podařilo převést pouze poloviční množství nákladů

(tedy 12,5 % zásilek na vzdálenost 300-499 km a 25 % zásilek na vzdálenost 500 km a více). V takovém případě by bylo na trhu potřeba přibližně 500 vozů.

Za realistický hodný odhad lze označit situaci, kdy by trh rostl předpokládaným tempem a na železnici se podařilo převést o 50 % více přeprav (tedy 37,5 % zásilek na vzdálenost 300-499 km a 75 % zásilek na vzdálenost 500 km a více), přičemž by zároveň průměrný denní proběh vozů klesl na 1 500 km a průměrné vytížení na 15 t. V takovém případě by na trhu bylo potřeba více než 4 000 vozů.

1.2.3 Politická podpora

Jak již bylo zmíněno, politická podpora je důležitá pro dlouhodobou udržitelnost projektu a ochotu měnit legislativu v případě nestandardních řešení, mezi která lze zařadit i rychlé nákladní vozy. Železniční doprava má také obecně těsnou vazbu na infrastrukturu, jejíž výstavbu a údržbu zajišťuje stát a jeho organizace. Kvalita infrastruktury je pro úspěch železniční dopravy zásadní, politická podpora je v této oblasti výhodou. V neposlední řadě může vést politická podpora k přímé či nepřímé finanční podpoře, prokáže-li se pozitivní přínos projektu, jehož ocenění je však na trhu problematické.

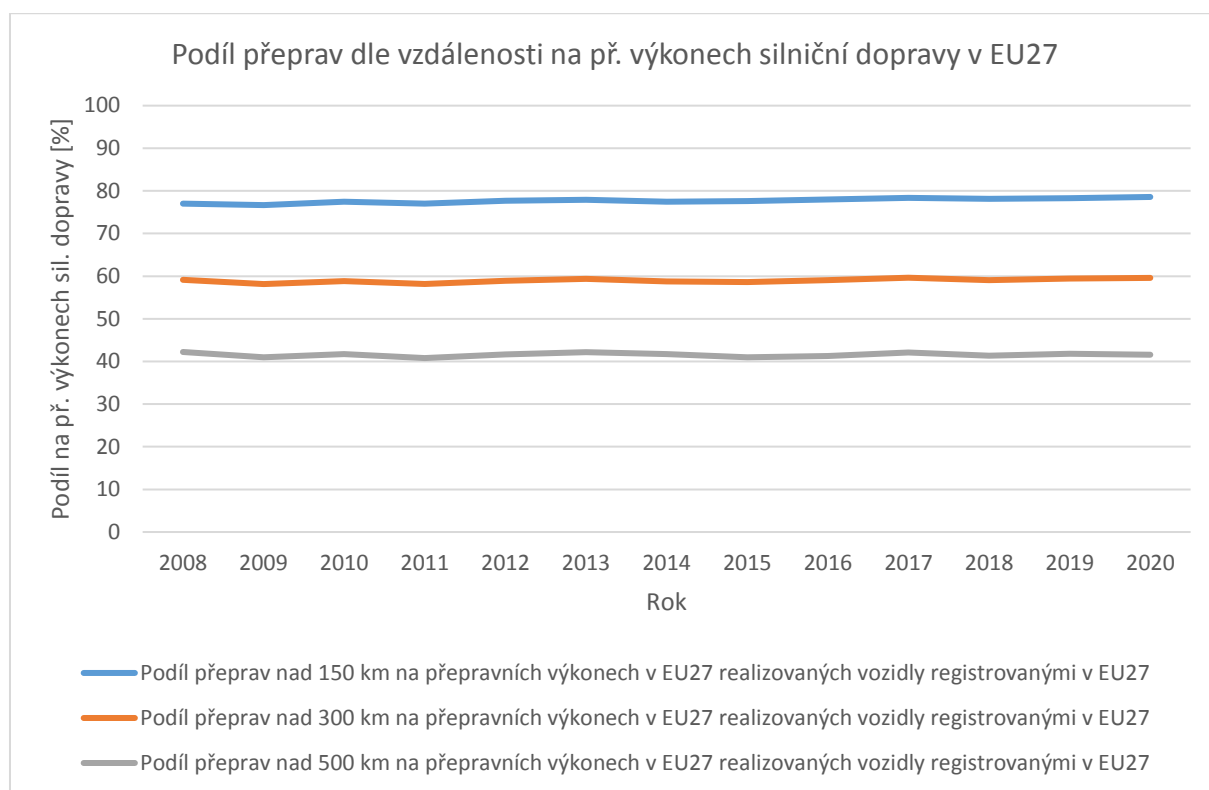
V Bílé knize o dopravě z roku 2011 (celým názvem „Bílá kniha – Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje“) byl stanoven cíl přesunu 30 % silniční nákladní dopravy nad 300 km na železniční nebo vodní dopravu do roku 2030. Dne 9. prosince 2020 představila Evropská komise na základě Zelené dohody pro Evropu novou Strategii pro chytrou a udržitelnou mobilitu, která stanovuje cíl přesout 75 % vnitrozemské nákladní přepravy zajišťované silniční dopravou na železnici a vodní cesty. [67] [68]

Jak je patrné z grafu 8, realizace tohoto cíle by si vyžádala převod prakticky veškeré silniční nákladní dopravy nad 150 km na železnici a vodní cesty. Pokud by byla většina převodu realizována kombinovanou dopravou, pak by tato vzdálenost byla ještě kratší, protože by byly statistiky ovlivněny návaznou silniční dopravou. Realizovatelnost tohoto cíle je tedy diskutabilní. Ačkoliv cíl svědčí o určité politické podpoře železniční dopravy, její podoba je dle zkušeností dopravců spíše formální. [59] [69]

Pokud by došlo k převodu přeprav pošty a balíků v objemu odhadnutém v části 1.2.2.1, došlo by v roce 2019 k převodu 0,78 % přepravních výkonů nákladní silniční dopravy na železnici (s potenciálem růstu na hodnoty přesahující 1 % do roku 2030). V kontextu

stanoveného cíle převodu 75 % přepravních výkonů ze silnic na železnici a vodní cesty sice tato hodnota nepůsobí významně, vzhledem k celkové problematičnosti splnění daného cíle by však bylo vhodné tuto příležitost využít. Navíc by provoz rychlých nákladních vozů vedl celkově ke zkvalitnění nabídky přepravních služeb.

Rychlé nákladní vozy by bylo možné využít i pro provoz smíšených vlaků, přičemž v tomto případě by jejich provoz mohl vést ke zlepšení jejich ekonomické situace i zatraktivnění nákladní dopravy skrze vyšší frekvenci spojů.



Graf 8: Podíl přeprav dle vzdálenosti na přepravních výkonech silniční dopravy v EU27 [59]

POZN.: Přepravní výkony dle vzdálenosti jsou ve statistikách Eurostatu zpracované pouze pro vozidla registrovaná v zemích EU, ne pro přepravní výkony realizované na území EU všemi vozidly. Zahrnují tedy i přepravní výkony daných vozidel mimo EU a naopak nezahrnují přepravní výkony vozidel ze zemí mimo EU na území EU. Při srovnání celkových přepravních výkonů vykonaných vozidly registrovanými v EU [59] a celkových přepravních výkonů vykonaných všemi vozidly na území EU [61] však vychází dlouhodobě odchylka pouze přibližně 3 % (přepravní výkon vozidel registrovaných v EU je zhruba o 3 % větší než přepravní výkon vozidel na území EU bez ohledu na registraci), pro potřeby hrubých analýzy lze tedy hodnoty považovat za srovnatelné.

2 Požadavky na vozidla

Požadavky na vozidla lze rozdělit do dvou skupin – požadavky kladené uživatelem, které se týkají zejména přepravních a ekonomických vlastností, a požadavky dané legislativou a technickými možnostmi. Na pomezí těchto skupin je digitální automatické spřáhlo, kterému je proto věnována samostatná část.

2.1 Uživatelské požadavky na vozidla

Splnění uživatelských požadavků je pro výrobce zcela zásadní, protože právě uživatelé vozidel jsou jejich zákazníci a splnění jejich požadavků je určující pro komerční úspěch produktů.

2.1.1 Obecné uživatelské požadavky na železniční vozidla

Od všech železničních vozidel je od jejich provozovatelů požadován ekonomický provoz, aby s nimi jejich provozovatelé mohli uspět na trhu. V některých případech se soutěž odehrává převážně mezi železničními dopravci (typicky u nákladů s vysokou afinitou k železniční dopravě – např. vnitrozemská přeprava uhlí, rud nebo ropy), v jiných ale železniční dopravci o zákazníky soutěží i s konkurenty z řad silničních nebo leteckých dopravců, což je i případ expresní přepravy.

Obecné požadavky lze shrnout do následujících bodů:

- přijatelná pořizovací cena
- přijatelné náklady na údržbu
- vysoká spolehlivost a s tím související dostupnost
- nízká hmotnost
- jednoduchá obsluha

Přijatelná pořizovací cena je důležitá nejen kvůli přímým nákladům na vozidla, ale i kvůli nákladům na kapitál a přijatelné rizikovosti projektu (vysoká pořizovací cena znamená vyšší náklady na kapitál, které v kombinaci s velkým množstvím alokovaných zdrojů vedou k vyšší rizikovosti projektu, resp. snižují hranici akceptovatelné úrovně rizika). Přijatelnost ceny závisí na podmínkách na trhu, obecně však z pohledu konstrukce vozidel platí, že by neměla být používána příliš drahá řešení, která v dané aplikaci nemají významný přínos. V případě rychlých nákladních vozů například oproti rychlým osobním vozům není nutné tolik zohledňovat jízdní komfort. Dále je potřeba vhodně zvolit rozměry vozu a počet nakládacích dveří s ohledem na přínos pro přepravovaný náklad a manipulaci s ním.

Přijatelné náklady na údržbu souvisí s požadavkem na vysokou spolehlivost a dostupnost. Pro ekonomický provoz je nutné, aby systém pro spolehlivé fungování nevyžadoval velké zálohy, a tudíž je potřeba vysoká dostupnost. Té se dosáhne vysokou spolehlivostí a efektivní údržbou. Ta by neměla být příliš častá, měla by být jednoduchá a levná. To znamená, že by neměla být používána příliš složitá zařízení náročná na (kvalifikovanou) údržbu nebo příliš drahé materiály, pokud to v daném použití nemá požadovaný přínos. V případě rychlých nákladních vozů se opět jedná například o zařízení ke zvýšení jízdního komfortu (mechatronické systémy v pojezdu, klimatizace – není-li tato výbava nutná pro splnění bezpečnostních požadavků, resp. chlazení nákladu), nebo o materiály použité pro vnitřní obložení nákladového prostoru (důležitější je odolnost než vizuální atraktivita).

Nízká hmotnost je důležitá především pro náklady spojené s jízdou vozu. Poplatky účtované provozovateli dráhy za použití dopravní cesty se typicky vypočítávají kromě jiného právě na základě hmotnosti vlaku, nižší hmotnost tedy znamená i nižší poplatky. Nižší hmotnost vede dále k nižší spotřebě energie. Například v případě sítě Správy železnic stojí v roce 2022 každá tona vlaku kombinované dopravy vybaveného ETCS 0,035 CZK/km na poplatcích za dopravní cestu [70] a 0,059 CZK/km na poplatku za trakční elektrickou energii (při spotřebě na střídavé napájecí soustavě 0,019 kWh/t a ceně 3 112,99 CZK/MWh bez DPH) [71]. Ačkoliv tyto částky nejsou na první pohled velké, při odhadovaném počtu 1 500 vozů s denním proběhem 2 000 km a 95% dostupností by při uvedených cenách každá tona navíc na konstrukci vozu způsobovala dopravců v součtu náklady o hodnotě 97,8 mil. CZK ročně.

Jednoduchá obsluha je důležitá pro snížení nákladů na školení pro práci s danými vozy i pro zajištění spolehlivého provozu i při nedostatku kvalifikovaných pracovních sil, a to jak z pohledu schopností zaměstnanců naučit se požadovaným úkonům, tak z pohledu náchylnosti ke vzniku závad vlivem neodborného zacházení.

2.1.2 Požadavky na přepravní jednotky

Dopravní systémy jsou často postaveny na síťovém pokrytí, které není možné v krátkém čase ve velkém rozsahu vybudovat nebo přebudovat. Pro úspěch dopravního systému, který vstupuje do segmentu trhu využívajícího úspěšně zavedené přepravní jednotky a způsoby manipulace je důležité, aby byl nový dopravní systém s těmito řešeními kompatibilní. Obzvláště důležité je to pak v případě systémů využívajících v nějaké formě i jiné druhy dopravy, což je i případ rychlých nákladních vozů.

Rychlé nákladní vozy by měly být využívány zejména v přepravě pošty a balíků, kde se dnes úspěšně využívají různé typy rollkontejnerů v případě silniční dopravy a různé typy leteckých kontejnerů a palet (ULD – unit load device) v případě dopravy letecké. Pro přepravu ostatních potenciálně zajímavých nákladů (zkazitelné ovoce, farmaceutické produkty, náhradní díly) přichází v úvahu využití europalet nebo zmíněných rollkontejnerů či leteckých kontejnerů, případě od nich odvozených přepravních jednotek.

2.1.2.1 Rollkontejnery

Rollkontejnery jsou ruční klecové vozíky rozměrově podobné europaletám, s nosností řádově několik set kilogramů a obvykle se čtyřmi koly, která se mohou natačat kolem svislé osy.



Obrázky 62 a 63: Rollkontejnery [72]

Typ	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]	Nosnost [kg]	Hmotnost [kg]
Wanzl 1 200 x 1 000	1 200	1 000	1 900	750	150*
Wanzl 1 200 x 800	1 200	800	1 900	750	150*
Wanzl 1 200 x 1 000 DHL	1 200	1 000	1 800	500	130*
K.Hartwall York roll container	850	670	1 500	210	40
Rollkontejner Mercitalia Fast	800	710	1 800	250	50**

*odhad dle [75]

**odhad dle [14]

Tabulka 1: Rollkontejnery [14] [72] [73] [74] [75]

Manipulace s rollkontejnery standardně probíhá ručně, v případě některých typů však může probíhat i pomocí manipulátorů (např. rollkontejnery DHL), jak je zobrazeno na obrázku 64. Nakládání do vozidel však probíhá vždy ručně, jak je zobrazeno na obrázku 16 (opětovně zobrazen níže).

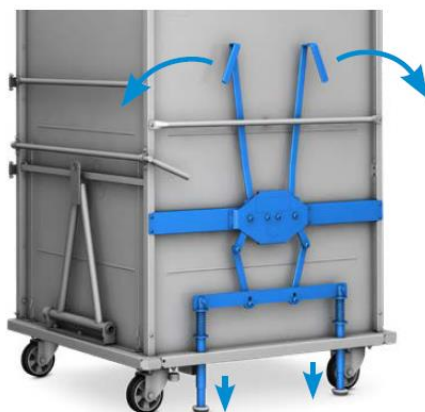


Obrázek 64: Manipulace s rollkontejnery [76]



Obrázek 16: Nakládání rollkontejneru do jednotky ETR 500 M-01 Fast [14]

Zajištění rollkontejnerů proti pohybu bývá provedeno brzděním koleček, nebo pomocí zajišťovacích noh, jak je zobrazeno na obrázku 65. V případě přepravy vlaky je nutné rollkontejnery dále zajistit proti převrácení, což se obvykle realizuje pomocí popruhů (např. Mecitalia Fast), jak je zobrazeno na obrázcích 14, 15 (znovu zobrazeny níže), nebo pomocí příček (např. Swift Express Freight), zobrazených na obrázku 24 (opětovně zobrazen na další stránce).



Obrázek 65: Zajištění rollkontejneru proti pohybu pomocí noh [72]



Obrázky 14 a 15: Nákladový prostor jednotky ETR 500 M-01 Fast [14]

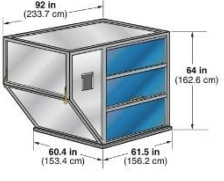
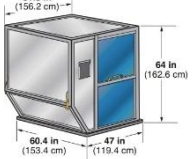
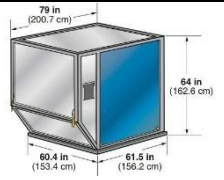
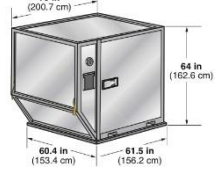
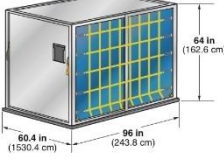
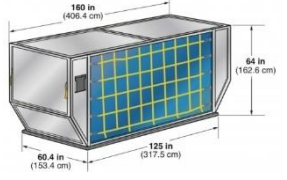
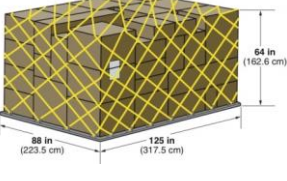
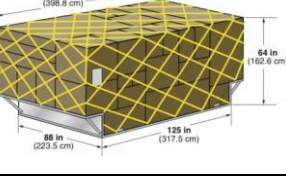


Obrázek 24: Nákladový prostor jednotky řady 321 Swift Express Freight [22]

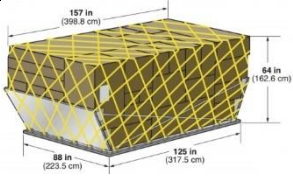
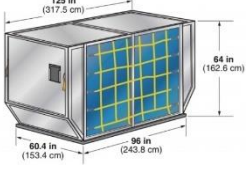


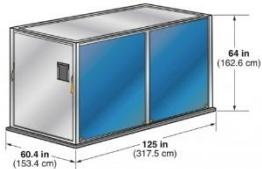
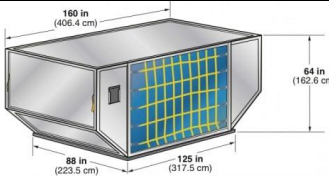
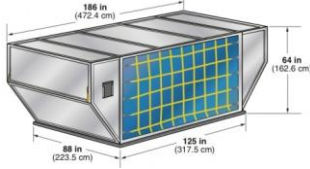
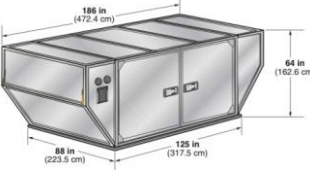
2.1.2.2 Letecké kontejnery a palety (ULD)

Letecké kontejnery a palety, označované jako Unit Load Device (ULD), jsou lehké standardizované přepravní jednotky používané v letectví již od 50. let 20. století. Vlastní hmotnost těchto jednotek se pohybuje od vyšších desítek kilogramů až po jednu tunu, maximální hmotnost včetně nákladu pak od přibližně 1,2 t po více než 11 t. Jejich konstrukce je tvarově řešená tak, aby efektivně využívaly dostupný prostor letadel. Jak je zřejmé z nadpisu, základní dělení ULD je na kontejnery a palety, vyskytují se ale i speciální modifikace např. pro přepravu automobilů nebo živých zvířat. V případě kontejnerů pak existují i varianty s kontrolovanou teplotou, přičemž se využívá izolace, studená média (suchý led) a nejnověji chlazení napájené akumulátory, které jsou součástí kontejneru. Nutno zmínit, že v letadlech je taktéž kontrolovaná teplota a na letištích se využívají speciální sklady, tudíž nejsou potřeba velké akumulátory. Kontejnery mohou být celé z pevných materiálů, nebo se někdy místo jejich dveří používají plachty a sítě. V případě palet je náklad zajištěn pomocí sítě. Konstrukce palet i kontejnerů je z lehkých materiálů, a je určena pro mnohobodovou podporu na spodní ploše. Manipulaci s ULD lze provádět pouze pomocí přesouvání po manipulačních plochách vybavených prvky pro odvalování, v některých případech je však možné k manipulaci využít vysokozdvizné vozíky. Požadavky na ULD stanovuje v Evropě certifikační specifikace ETSO-C90d, které se odkazují na normy NAS 3610, SAE AS 36100 a SAE AS 36102.

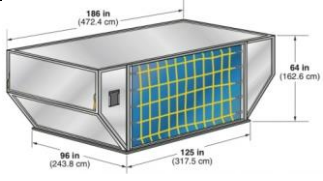
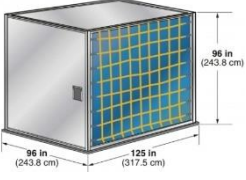
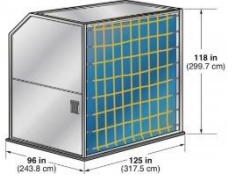

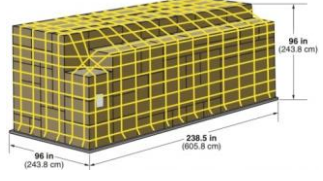
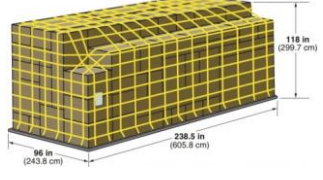
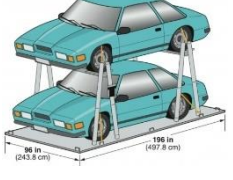
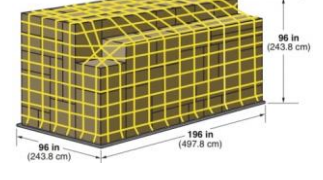
Nejrozšířenějším typem ULD jsou kontejnery LD3. Rozměry běžně používaných ULD jsou uvedeny v tabulce 2. [76] [77] [78] [79] [80]

Typ	Obrázek	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]	Max. hmotnost [kg]
LD-1		1 534	2 337	1 626	1 588
LD-2		1 534	1 562	1 626	1 225
LD-3		1 534	2 007	1 626	1 588
LD-3 Reefer		1 534	2 007	1 626	1 588
LD-4		1 534	2 438	1 626	2 449
LD-6		1 534	4 064	1 626	3 175
LD-7		2 235	3 175	1 626	4 626
LD-7 with Folding Wings		2 235	3 988	1 626	5 000

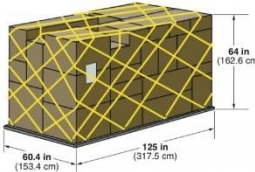
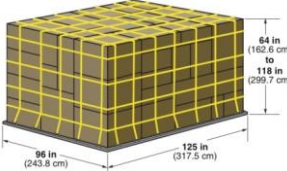
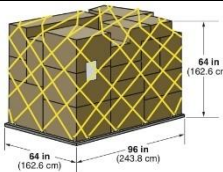

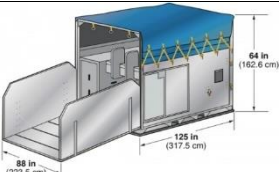
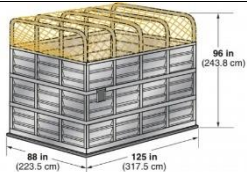
Tabulka 2 (část 1/4): ULD [80]

Typ	Obrázek	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]	Max. hmotnost [kg]
LD-7 with Angled Wings		2 235	3 988	1 626	5 000
LD-8		1 534	3 175	1 626	2 450
LD-9		2 235	3 175	1 626	6 000
LD-9 Reefer		2 235	3 175	1 626	6 000
LD-11		2 235	3 175	1 626	3 176
LD-26		2 235	4 064	1 626	6 033
LD-29		2 235	4 724	1 626	6 033
LD-29 Reefer		2 235	4 724	1 626	6 033

Tabulka 2 (část 2/4): ULD [80]

Typ	Obrázek	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]	Max. hmotnost [kg]
LD-39		2 438	4 724	1 626	5 035
M-1		3 175	2 438	2 438	6 804
M-1H		3 175	2 438	2 997	6 800
M-2		6 058	2 438	2 438	11 340
M-6		6 058	2 438	2 438	11 340
M-6 (118"H)		6 058	2 438	2 438	11 340
M-6 Twin Car Rack		4 978	2 438	-	8 900
MDP		4 978	2 438	2 438	11 300

Tabulka 2 (část 3/4): ULD [80]

Typ	Obrázek	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]	Max. hmotnost [kg]
PLA Half Pallet		1 534	3 175	1 626	3 175
PMC/P6P Pallet		2 438	3 175	1 626 - 2 997	?
PNA Half Pallet		1 626	2 438	1 626	2 449
Demi		2 235	1 575	2 007	3 016
HMA stall		2 235	3 175	1 626	3 500
Type A Pen		2 235	3 175	2 438	?

Tabulka 2 (část 4/4): ULD [80]

Jak bylo zmíněno, ULD se pohybují posouváním po ploše s rolnami, protože nemají pojezd a nejsou uzpůsobené pro zvedání jako např. námořní kontejnery (některé typy nicméně mají otvory pro vidle, umožňující také manipulaci pomocí vysokozdvížného vozíku, např. na obrázku 67). Terminály jsou proto vybaveny plochami s rolnami, umožňujícími bezproblémovou manipulaci s těmito přepravními jednotkami (obrázek 66). Z terminálu k letadlu se ULD přepravují na vozících, které jsou taktéž vybaveny rolnami. Vozíky tahá letištní traktor, běžně jich táhne několik (zobrazeno na obrázku 67). Do letadla se ULD nakládají pomocí cargo loaderů, vybavených kromě ploch s rolnami ještě zvedacím zařízením, které celou plochu i s ULD zvedne do úrovně podlahy nákladového prostoru (obrázek 68).

Přesun ULD z cargo loaderu do letadla může probíhat ručně, nebo pomocí poháněných roln. Podlaha nákladového prostoru v letadle je vybavena rolnami a zajišťovacími prvky. V prostoru dveří nákladového prostoru jsou použity rolny umožňující pohyb do více směrů (přesouvání ULD z cargo loaderu, přesouvání ULD do trupu letadla, otáčení ULD). V letadle se mohou ULD přesouvat ručně, nebo pomocí poháněných roln.



Obrázek 66: Plocha s rolnami pro manipulaci s ULD (na snímku atypický typ) [81]



Obrázek 67: Přeprava ULD na vozících k letadlu [82]



Obrázek 68: Cargo loader [83]



Obrázek 69: Nákladový prostor letadla (v popředí plocha umožňující více směrovou manipulaci) [84]

Zajištění ULD v příčném směru je provedeno pomocí vodících a zajišťovacích lišt. K zajištění v podélném směru se používají dvoudílné zajišťovací prvky. Pokud se nepoužívají, jsou sklopené v podlaze a nepřekáží tak manipulaci s ULD. Při použití se ručně vyklopí

a zajistí, přičemž dojde jak k zajištění daného ULD v podélném a svislém směru, tak k vytvoření zajišťovacího prvku v podélném i svislém směru pro další ULD (po přisunutí dalšího ULD by již nebylo možné se k tomuto prvku dostat a zajistit ho odděleně).



Obrázky 70 a 71: Prvek pro zajištění ULD (vlevo použitý, vpravo nepoužitý sklopený v podlaze) [85]

2.1.2.3 Europalety

Kromě popsaných přepravních jednotek připadají v úvahu i klasické europalety. Poprvé byly použity v 70. let 20. století v železniční dopravě, vzhledem k jednoduché konstrukci a výraznému usnadnění manipulace při jejich použití se však staly široce rozšířenou manipulační jednotkou. Výrobu europalet zaštitila mezinárodní železniční unie (UIC), která stanovila i jejich přesné parametry. Paleta by měla odpovídat i předpisům European Pallet Association (EPAL). Dodržení norem s tím související garance kvality potvrzují vypálené znaky EUR a EPAL na definovaných místech na paletě. Vyrábět, prodávat a opravovat europalety mohou pouze společnosti s certifikací. Rozměry ložné plochy europalet jsou 1 200 x 800 mm, výška europalety je 144 mm, hmotnost 20-24 kg a nosnost v mimořádných případech až 2 000 kg (zcela rovnoměrné zatížení). Manipulace s paletami probíhá pomocí vysokozdvizných vozíků nebo paletových vozíků. [86]



Obrázek 72: Europaleta [86]

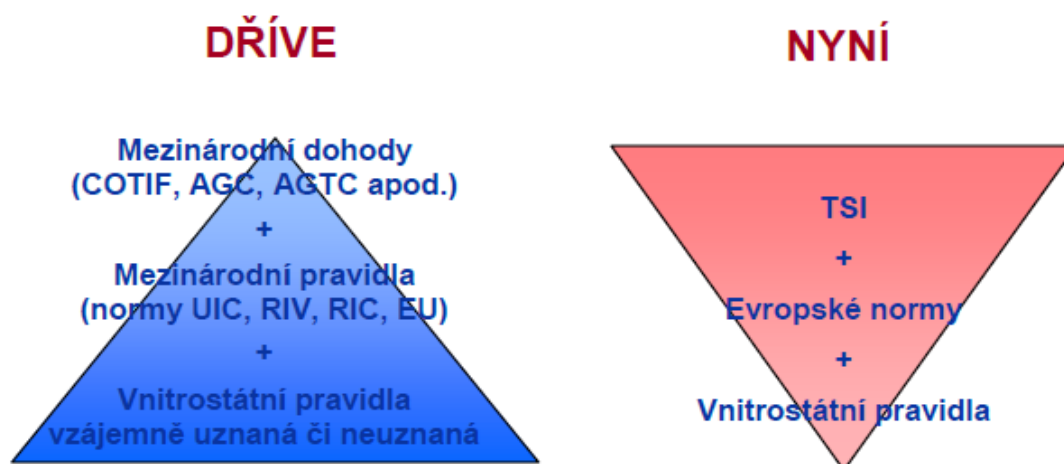
2.2 Legislativní požadavky na vozidla

Technické či právní normativní dokumenty vznikaly v režii jednotlivých podniků či států od počátku vývoje železnic. S rozvojem železniční dopravy pak začínaly být zřejmé benefity vyplývající z možné spolupráce mezi jednotlivými správami, k jejímu prohloubení však bylo nutné zavedení určité standardizace. Již v druhé polovině 19. století docházelo k uzavírání prvních mezinárodních dohod ohledně technických parametrů, jejichž předmětem bylo zejména umožnění přechodnosti vozidel mezi tratěmi různých provozovatelů. Spolupráce byla výrazněji rozvíjena na počátku 20. století, kdy vznikly mimo jiné Mezinárodní svaz pro nákladní vozy (RIV, 1921), Mezinárodní svaz pro osobní vozy (RIC, 1921) a Mezinárodní železniční unie (UIC, 1922). Ve všech těchto případech se jedná o svazy sdružující převážně železniční podniky, v období vzniku pak zejména státní železniční správy. V roce 1950 byl při UIC založen výzkumný a zkušební ústav ORE (později přejmenován na ERRI), zabývající se technickými aspekty. V druhé polovině 20. století byly dále rozvíjeny evropské EN normy a přijímány mezinárodní dohody na státní úrovni, např. COTIF nebo AGTC. [87] [88] [89] [90]

Ke konci 20. století došlo v Evropě k poklesu podílu železniční dopravy na přepravních výkonech ve prospěch automobilové a letecké dopravy, jejichž kvalita se v druhé polovině 20. století zvedla výrazněji než v případě železnice. Za účelem zlepšení konkurenceschopnosti železniční dopravy došlo v rámci Evropské unie k řadě změn, které spočívají v rozdělení unitárních železnic na správce infrastruktury, provozovatele infrastruktury a dopravce společně s otevřením trhu dalším dopravcům (vznik konkurenčního prostředí) a zvýšení standardizace pomocí Technických specifikací pro interoperabilitu (TSI). Standardizace ve 20. století se týkala zejména vozů, provoz hnacích vozidel byl nadále omezován velkým množstvím různých zabezpečovacích zařízení, rozdílnými napájecími soustavami, rozdílnými dopravními předpisy a v různých státech odlišnými předpisy pro schvalování vozidel. Cílem Technických specifikací pro interoperabilitu je odstranit většinu těchto problémů, nicméně jejich implementace nevede vždy k cílenému zjednodušení a snížení nákladů. [88] [90]

V rámci zavedení Technických specifikací pro interoperabilitu došlo k zásadní změně hierarchie celého systému. Dříve byla většina předpisů na železnici postavena na vzájemně uznaných či neuznaných vnitrostátních pravidlech, jen některé prvky byly řešeny skrze nezávazná, nicméně široce uplatňovaná mezinárodní pravidla (normy UIC, RIV, RIC), a pouze nutné minimum bylo řešeno závaznými mezinárodními dohodami (COTIF, AGTC). Jak bylo zmíněno, pravidla se soustředila zejména na kompatibilitu tažených vozidel s hnacími

vozidly a tratěmi různých železničních správ, a to prostřednictvím sjednocených postupů výpočtů a měření, umožňujících vzájemnou uznatelnost jejich výsledků pro následné rozhodnutí o podmínkách provozu daného vozidla u dané železniční správy. Pouze v některých případech byla definována mezinárodně uznatelná řešení. Po zavedení TSI je snaha zavést systém postavený na opačné hierarchii. Cílem je zavedení mezinárodních právních norem, definujících standardy do takové podrobnosti, aby byla umožněna plná přechodnost vozidel mezi železničními tratěmi různých států a provozovatelů dráhy. Na ně navazují na nižší úrovni evropské normy, které nejsou právně závazné (neodkazují-li se na ně TSI či jiná legislativa), ale obsahují výhodná řešení a postupy. Na nejnižší úrovni jsou pak vnitrostátní předpisy, definující např. výjimky ve specifických případech. Zatímco dříve tedy byly stanoveny zejména výhodné postupy a dobrovolná výhodná řešení z pohledu vzájemné spolupráce, dnes jsou řešení umožňující vzájemnou kompatibilitu předepisována povinně. Vzhledem k dlouhé životnosti železničních vozidel a potřebě značných investic na straně infrastruktury se však jedná o značně dlouhodobý proces. [90]



Obrázek 73: Srovnání systému předpisů před a po zavedení Technických specifikací pro interoperabilitu [90]

V následujících podkapitolách jsou popsány některé legislativní požadavky na rychlé nákladní vozy a jejich problémové okruhy, související s jejich aplikací na tuto oblast. Konkrétně jsou popsány požadavky TSI, specifické národní požadavky a omezení dané specifickou infrastrukturou jsou vzhledem k potenciálně velkému počtu problémových okruhů na evropské železniční síti popsány pouze na vybraných příkladech.

2.2.1 Technické specifikace pro interoperabilitu (TSI)

Systém Technických specifikací pro interoperabilitu se skládá ze směrnice o interoperabilitě a samotných TSI. Směrnice o interoperabilitě má podobu Směrnice Evropského parlamentu

a Rady. Technické specifikace pro interoperabilitu týkající se jednotlivých technických oblastí jsou pak řešeny Rozhodnutími Komise, u kterých jsou vlastní technické požadavky popsány v příloze. Aktuálně platná je směrnice (EU) 2016/797, novelizovaná směrnicí (EU) 2020/700. Směrnicí (EU) 2016/797 byla nahrazena směrnicí 2008/57/ES, která byla do té doby několikrát novelizována. Nově jsou například zmíněny soupravy tram-train a jejich vztah k TSI. K výraznější změně došlo v případě upřesňujících Rozhodnutí Komise, která jsou nově společná pro vysokorychlostní i konvenční železniční systémy. Ačkoliv jsou směrnice i nařízení a jejich novelizace zveřejňovány i v konsolidované podobě, právně závazná jsou nekonsolidovaná provedení. [91] [92] [93]

2.2.1.1 Pole působnosti

Technické specifikace pro interoperabilitu se vztahují na železniční systém Evropské unie, který je definován jako síť (vysokorychlostní i konvenční železniční tratě, systémy řízení dopravy, sledování polohy na tratích a telekomunikace) a vozidla (lokomotivy, osobní vozidla, nákladní vozidla, speciální vozidla). Nevztahuje se na systémy metra, tramvajových a městských drah a na železnice oddělené od zbytku sítě (místní dráhy apod.). Členské státy mohou z působení TSI dále vyjmout soukromé tratě používané pro nákladní dopravu jejich vlastníka nebo provozovatele, infrastrukturu pouze pro místní dopravu a různé kombinované systémy (např. systémy tram-train – zde je však požadavek na vnitrostátní předpisy, především pro zajištění bezpečnosti). [91]

Směrnice dále definuje specifické případy, kdy se TSI nemusí uplatnit. Jedním z těchto případů jsou projekty, které jsou v době počátku použitelnosti dotčených TSI v pokročilé fázi vývoje. Členské státy jsou povinny předat žádost o neuplatnění TSI a seznam těchto projektů (včetně odůvodnění) Evropské komisi do roka od vstupu každé z TSI v platnost, Evropská komise pak na základě předložených důvodů rozhodne o vyhovění dané žádosti. Dalšími případy, kdy lze podat žádost o neuplatnění TSI, jsou obnova, rozšíření a modernizace stávajících částí železničního systému, pokud by uplatnění TSI ohrozilo hospodářskou životaschopnost projektu. Žádost lze podat také v případě vozidel jezdících do třetích zemí s odlišným rozchodem nebo v případě provozu vozidel na síti geograficky oddělené od ostatních částí Evropské unie. Bez nutnosti podání žádosti je možné TSI neuplatnit po dobu provizorní opravy sítě v důsledku nehody nebo přírodní katastrofy, v takové případě postačuje informaci o dočasném neuplatnění TSI Evropské komisi sdělit. Specifickým případem jsou „inovativní řešení“, která plně nezapadají do TSI, přitom však mohou mít přínos pro železniční systém. K nim přistupovat individuálně a v případě osvědčení se zavedou v příští revizi TSI. [91] [92]

2.2.1.2 Struktura TSI

Technické specifikace pro interoperabilitu považují železniční systém Evropské unie za systém, který se skládá ze „subsystémů“ (strukturálních a funkčních), které se skládají z dílčích částí, z nichž ty významné pro interoperabilitu se označují jako „prvky interoperability“. [91]

Strukturální subsystémy [91]:

- infrastruktura
- energie
- traťové řízení a zabezpečení
- palubní řízení a zabezpečení
- kolejová vozidla

Funkční subsystémy [91]:

- provoz a řízení dopravy
- údržba
- využití telematiky v osobní a nákladní dopravě

Strukturální subsystémy i prvky interoperability jsou předmětem schvalování. Prvky interoperability musí být před uvedením na trh opatřeny „ES prohlášením o shodě“, které potvrzuje splnění příslušných TSI, v některých případech je pak požadováno ještě „ES prohlášení o vhodnosti pro použití“ (v případě prvků, u kterých je potřeba potvrzení na základě provozních zkušeností). V případě subsystémů je potřeba „ES prohlášení o ověření“, které potvrzuje splnění příslušných TSI daným subsystém, použití schválených prvků interoperability a vzájemnou kompatibilitu těchto prvků. Někdy je také předepsané posouzení rizik. Kromě globálních požadavků TSI je dále někdy nutné posouzení shody s vnitrostátními pravidly státu, ve kterém je zamýšleno užívání subsystému/prvku interoperability. Posuzování shody s TSI zajišťují prostřednictvím předepsaných postupů a zkoušek „oznámené subjekty“ (notified body), posuzování shody s vnitrostátními pravidly zajišťují „určené subjekty“ (designated body). Pro posuzování shody jsou definovány různé moduly, ze kterých si žadatel (typicky výrobce) vybere ten, který je pro něj z daných možností nejvhodnější (některé jsou nicméně např. podmíněny využíváním certifikovaného systému řízení kvality). Prohlášení, výsledky zkoušek a případné další potřebné dokumenty se zašlou Evropské železniční agentuře, která na jejich základě rozhodne o schválení. V jednom konstrukčním celku se může

vyskytovat i více subsystémů (např. osobní jednotka obsahuje subsystémy kolejová vozidla a palubní řízení a zabezpečení) a na jeden subsystém se může vztahovat i více TSI (např. nákladní vůz musí vyhovět požadavkům TSI WAG i TSI NOI, popsáným níže). [91] [92]

Výčet Technických specifikací pro interoperabilitu je uvedený v tabulce 3. Uvedené zkratky nejsou oficiální, ačkoliv jsou široce rozšířené a používány i v samotných TSI.

Zkratka	Slovní označení	Legislativa
TSI ENE	TSI energie	(EU) 1301/2014
TSI INF	TSI infrastruktura	(EU) 1299/2014
TSI LOC&PAS	TSI lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob	(EU) 1302/2014
TSI NOI	TSI hluk	(EU) 1304/2014
TSI WAG	TSI pro nákladní vozy	(EU) 321/2013
TSI SRT	TSI týkající se bezpečnosti v železničních tunelech	(EU) 1303/2014
TSI CCS	TSI řízení a zabezpečení	(EU) 2016/919
TSI PRM	TSI pro osoby se zdravotním postižením a osoby s omezenou schopností pohybu a orientace	(EU) 1300/2014
TSI OPE	TSI provoz a řízení dopravy	(EU) 2019/773
TSI TAP	TSI využití telematiky v osobní dopravě	(EU) 454/2011
TSI TAF	TSI využití telematiky v nákladní dopravě	(EU) 1305/2014

Tabulka 3: Technické specifikace pro interoperabilitu [94]

Jak bylo zmíněno, vlastní technické záležitosti TSI jsou popsány v přílohách předmětných Rozhodnutí Komise. Tyto přílohy jsou strukturované do 7 kapitol s následujícím obsahem:

- Kapitola 1: Místní oblast působnosti a obsah
- Kapitola 2: Technické pole působnosti a definice
- Kapitola 3: Základní požadavky, vazby základních parametrů na základní požadavky
- Kapitola 4: Popis subsystému, požadavky na jeho základní parametry
- Kapitola 5: Prvky interoperability
- Kapitola 6: Posuzování shody a ES ověřování
- Kapitola 7: Provádění TSI, přechodná ustanovení, výjimky

Pro rychlé nákladní vozy, u kterých se nabízí i možnost řazení ve vlcích osobní dopravy, připadají v úvahu následující TSI:

- TSI WAG – jedná se o nákladní vůz
- TSI LOC&PAS – jde o vůz pro rychlosti běžné u osobních vozů, možné smíšené vlaky
- TSI NOI – vztahuje se na kolejová vozidla
- TSI SRT – možnost provozu na trasách s tunely
- TSI TAF – jedná se o nákladní vůz
- TSI TAP – možnost řazení ve smíšených vlcích

V následujících kapitolách jsou popsány jednotlivě první čtyři z uvedených TSI, které se potenciálně mohou týkat rychlých nákladních vozů. U každé z těchto TSI je vždy zhodnocen jejich vztah k rychlým nákladním vozům. Parametry z technického pohledu relevantní pro předmětné rychlé nákladní vozy jsou zvýrazněné **tučně**.

2.2.1.3 TSI WAG

Zahrnutá oblast působnosti [95]:

Nákladní vozy s parametry:

- Rozchod 1 435, 1 524, 1 600 nebo 1 668 mm
- Nejvyšší rychlost 160 km/h
- Maximální hmotnost na nápravu nejvýše 25 t

Nákladní vozy pro přepravu nákladních automobilů

Případy uvedené mimo oblast působnosti [95]:

Mobilní zařízení pro stavbu a údržbu infrastruktury

Vozy pro přepravu motorových vozidel:

- Určené pro přepravu s cestujícími na palubě vozidel
- Určené pro použití ve vlcích osobní dopravy (dálkové autovlaky)

Vozy, u kterých je užitečné zatížení součástí struktury vozidla

Vozy, u kterých se zatížená konfigurace prodlužuje

Vozy s rozchodem 1 520 mm

Řešené oblasti [95]:

Konstrukce a mechanické části

- **Mechanické rozhraní (koncové spřáhlo; mezivozidlové spřáhlo)**
- **Pevnost**
- **Integrita (zabránění samovolnému pohybu pohyblivých částí)**

Obrys vozidel a vzájemné působení mezi vozidlem a kolejí

- **Obrys vozidel**
- **Kompatibilita s únosností tratí**
- **Kompatibilita se systémy detekce vlaků**
- **Monitorování stavu nápravových ložisek**
- **Jízdní bezpečnost (bezpečnost proti vykolejení na zborcené koleji; dynamické chování za jízdy)**
- **Pojezd (rám podvozku; vlastnosti dvojkolí, kol a náprav; nápravová ložiska, systémy změny rozchodu)**

Brzda

- **Požadavky na bezpečnost**
- **Funkční a technické požadavky (brzdicí výkonnost; tepelná kapacita; protismyková ochrana; třecí prvky špalíkových brzd)**

Podmínky prostředí

- **(teplotní pásma, EN 50125-1:2014, funkce brzdy a spřáhel)**

Ochrana systému

- **Požární bezpečnost (přepážky, materiály, kabely, hořlavé kapaliny)**
- **Ochrana proti rizikům souvisejícím s elektřinou (nepřímý a přímý dotyk)**
- **Přípojná zařízení pro návěst konce vlaku**

Zhodnocení ve vztahu k rychlým nákladním vozům:

Jak je zřejmé z popisu oblastí působnosti, nákladní vozy s rychlostí přesahující 160 km/h, mezi které se řadí i vozy s maximální rychlostí 200 km/h, leží mimo oblast působnosti TSI WAG. K rychlým nákladním vozům by bylo možné přistupovat jako k inovativnímu řešení, je však nutné prověřit platnost požadovaných mezních hodnot i pro vyšší rychlosti.

2.2.1.4 TSI LOC&PAS

Zahrnutá oblast působnosti [96]:

Motorová nebo elektrická hnací vozidla

Motorové nebo elektrické osobní jednotky s vlastním pohonem

Motorové nebo elektrické jednotky s vlastním pohonem pro přepravu nákladu

Osobní vozy a ostatní související vozy (vozy související s přepravou cestujících):

- Vozy pro přepravu cestujících
- Vozy přepravující zavazadla
- Vozy přepravující poštu
- Vozy na přepravu automobilů
- Služební vozy apod.

Zvláštní vozidla, například traťové stroje, splňující definované podmínky

Uvedené skupiny vozidel musí dále splňovat následující podmínky:

- Rozchod 1 435, 1 520, 1 524, 1 600 nebo 1 668 mm
- Maximální rychlost do 350 km/h (vyšší rychlosti řešeny jako inovativní řešení)

Případy uvedené mimo oblast působnosti [96]:

Posunovací lokomotivy

Vozidla určená k provozu na oddělených lokálních, městských a příměstských sítích

Vozidla tram-train a městská vozidla schopná provozu i na těžké kolejové infrastruktuře

Nákladní vozy včetně:

- Nákladních vozů řazených ve vlaku osobní dopravy
- Nízkopodlažních vozidel a vozidel pro přepravu nákladních automobilů
- Vozidel určených k přepravě silničních vozidel s osobami uvnitř

Pracovní konfigurace zvláštních vozidel

Řešené oblasti [96]:

Konstrukce a mechanické části

- **Mechanická rozhraní (vnitřní spřáhlo; koncové spřáhlo; pomocné spřáhlo; přístup pracovníků pro připojování a odpojování)**
- Mezivozové přechody (další požadavky v TSI PRM)
- **Pevnost konstrukce vozidla**
- **Pasivní bezpečnost**
- **Zvedání a nakolejování**
- **Upevňování zařízení na konstrukci skříně**
- **Vstupní dveře pro personál a náklad**
- Mechanické vlastnosti skel (s výjimkou čelních)
- **Stavy zatížení a hmotnost**

Vzájemné působení s kolejí a obrysy

- **Obrysy**
- **Hmotnost na nápravu a hmotnost na kolo**
- **Parametry kolejových vozidel, které mají vliv na pozemní systémy (kompatibilita se systémy detekce vlaků; monitorování stavu nápravových ložisek)**
- **Dynamické chování kolejových vozidel (Bezpečnost proti vykolejení na zborcené koleji; dynamické chování za jízdy; ekvivalentní konicita)**
- **Pojezd (rám podvozku; dvojkolí; systémy se samočinně měnitelným rozchodem)**
- **Minimální poloměr oblouku**
- Smetadla

Brzdění

- **Hlavní funkční a bezpečnostní požadavky (bezpečnostní požadavky; funkční požadavky)**
- **Typ brzdového systému**
- **Příkaz k brzdění (příkaz k nouzovému brzdění; příkaz k provoznímu brzdění; příkaz k přímočinnému brzdění; příkaz k dynamickému brzdění, příkaz k zajišťovacímu brzdění)**

- **Účinek brzdy (nouzové brzdění; provozní brzdění; výpočty související s tepelnou kapacitou; zajišťovací brzda)**
- **Součinitel adheze – protismykové zařízení (mezní hodnota součinitele adheze; protismykové zařízení)**
- Dynamická brzda – brzdový systém spojený s trakčním systémem
- **Brzdový systém nezávislý na adhezních podmínkách (magnetická kolejnicová brzda; kolejnicová brzda s vířivými proudy)**
- **Indikace stavu a poruchy brzd**
- **Požadavky na brzdy pro potřeby nouzového odtažení**

Prvky týkající se cestujících

- Sanitární systémy
- Zvukový komunikační systém
- Nouzová signalizace aktivovaná cestujícími (požadavky na informační rozhraní; požadavky na aktivaci brzdy nouzovou signalizací pro cestující; kritéria pro vlak odjíždějící od nástupiště; bezpečnostní požadavky; zhoršený režim; platnost pro vozidla určená pro použití ve volném oběhu)
- Komunikační zařízení pro cestující
- Konstrukce systému vnějších dveří
- Mezivozové (přechodové) dveře
- Kvalita vzduchu v interiérech
- Boční okna

Podmínky prostředí

- **Obecné (teplota; sníh, led a kroupy)**
- **Aerodynamické vlivy (účinky tlakové vlny na cestující na nástupišti a na pracovníky podél tratě; tlaková rázová vlna na čele vlaku, maximální kolísání tlaku v tunelech; boční vítr; aerodynamický účinek na kolejích se šterkovým ložem)**

Vnější světla a světelná a zvuková výstražná zařízení

- **Vnější světla (čelní světlomety; poziční světla; koncová světla; ovládání světel)**
- Houkačka (akustická výstraha) (hodnoty akustického tlaku výstražné houkačky; ochrana; ovládání houkačky)

Trakční a elektrické zařízení

- Trakční výkon
- Napájení
- Diesellové a jiný motorový trakční systém
- **Ochrana proti nebezpeční úrazu elektrickým proudem**

Kabina strojvedoucího a rozhraní strojvedoucí-palubní zařízení

- Kabina strojvedoucího
- Čelní sklo
- Rozhraní strojvedoucí – palubní zařízení
- Palubní vybavení a přenosná zařízení
- Úložný prostor pro osobní věci personálu
- Záznamové zařízení

Požární bezpečnost a evakuace

- **Obecné informace a členění**
- **Protipožární opatření**
- **Opatření týkající se detekce a hašení požáru**
- **Požadavky týkající se nouzových situací**
- Požadavky týkající se evakuace

Údržba

- Čištění vnějšího povrchu vlaku
- Spojka pro vyprazdňování toalet
- Zařízení pro doplňování vody
- Rozhraní pro doplňování vody
- **Zvláštní požadavky na odstavení vlaků**
- Zařízení pro doplňování paliva
- Čištění interiéru vlaku – přípojka pro dodávku elektrické energie

Dokumentace pro provoz a údržbu

- **Obecná dokumentace**
- **Dokumentace týkající se údržby**
- **Provozní dokumentace**

- **Schéma zvedání a pokyny**
- **Popisy týkající se nouzových opatření**

Zhodnocení ve vztahu k rychlým nákladním vozům:

Z definice oblasti působnosti TSI LOC&PAS vyplývá, že tyto TSI se na nákladní vozy nevztahují, a to ani v případě, jsou-li součástí vlaku osobní dopravy. Výjimkou jsou vozy pro přepravu nákladu souvisejícího s přepravou cestujících, mezi kterými jsou uvedeny i poštovní vozy, a dále nákladní jednotky s vlastním pohonem. Dominantním nákladem využívajícím rychlé nákladní vozy by dle analýzy poptávky měla být pošta a balíky, připadá tedy v úvahu možnost schválit rychlé nákladní vozy jako vozy poštovní. Tato možnost by zároveň usnadnila jejich kompatibilitu s osobními vozy v případě smíšených vlaků. Dále se nabízí možnost řešit rychlé nákladní vozy jako inovativní řešení v rámci TSI LOC&PAS. V TSI LOC&PAS je nicméně uvedena i jedna informace zajímavá z pohledu schválení dle TSI WAG – je zde přímo zmíněno, že vozidla s vyšší rychlostí, než je limitní rychlost pro posuzování dle TSI LOC&PAS (350 km/h), se posuzují jako inovativní řešení.

2.2.1.5 TSI NOI

Zahrnutá oblast působnosti [97]:

Vozidla zahrnutá do TSI LOC&PAS

Vozidla zahrnutá do TSI WAG

Provoz nákladních vozů používaných na infrastruktuře označené jako „tišší tratě“

Případy uvedené mimo oblast působnosti [97]:

(nejsou uvedeny)

Řešené oblasti [97]:

Mezní hodnoty hluku při stání

Mezní hodnoty hluku při rozjezdu

Mezní hodnoty hluku při průjezdu

Mezní hodnoty hluku v kabině strojvedoucího

Prováděcí pravidla pro provoz na tišších tratích jednotlivých zemí

Zhodnocení ve vztahu k rychlým nákladním vozům:

V případě schválení podle TSI WAG se na vůz vztahují mírnější hlukové limity, zároveň se ho však týkají ustanovení ohledně „tišších tratí“. Vzhledem k rychlosti 200 km/h je zde předpoklad použití kotoučových brzd a jiných než třecích tlumičů, tedy technologií běžně používaných na osobních vozech, v této oblasti tedy není očekáván problém v případě schvalování dle TSI WAG, ani v případě schvalování dle TSI LOC&PAS.

2.2.1.6 TSI SRT

Zahrnutá oblast působnosti [98]:

Nové, rekonstruované a modernizované tunely

Stanice v tunelech:

- Používané jako bezpečná místa
- Používané jako evakuační a záchraná místa

Vozidla zahrnutá do TSI LOC&PAS

Provoz všech kolejových vozidel projíždějících tunely

Konkrétní rizika v tunelech týkající se bezpečnosti cestujících a personálu

Případy uvedené mimo oblast působnosti [98]:

Stanice v tunelech kromě popsaných případů

Rizika:

- Zdraví a bezpečnost zaměstnanců údržby pevných zařízení
- Finanční ztráty v důsledku poškození konstrukcí a vlaků
- Neoprávněný vstup do tunelu přes portály
- Terorismus
- Rizika pro osoby v okolí tunelu, kde zřícení konstrukce mohlo mít katastrofální následky

Řešené oblasti [98]:

Infrastruktura

- Zabránění neoprávněného přístupu do prostoru únikových cest a technických místností

- Odolnost tunelových konstrukcí vůči požáru
- Reakce stavebních materiálů na požár
- Detekce požáru v technických místnostech
- Zařízení pro evakuaci
- Únikové chodníky
- Evakuační a záchraná místa
- Komunikace v případě mimořádné události
- Dodávky elektrické energie pro záchrané složky
- Spolehlivost elektrických systémů
- Komunikační prostředky a osvětlení na místě výhybky

Energie

- Členění trolejového vedení
- Uzemnění trolejového vedení

Kolejová vozidla

- **Protipožární opatření (požadavky na materiál; zvláštní opatření pro hořlavé tekutiny; monitorování zahřívání nápravových ložisek)**
- **Opatření týkající se detekce a hašení požáru** (přenosné hasící přístroje; **systemy pro detekci požáru**; automatický protipožární systém pro dieselové jednotky; **systemy pro boj proti požárům a jejich kontrolu pro kolejová vozidla pro přepravu osob**; systémy pro boj proti požárům a jejich kontrolu pro nákladní lokomotivy a nákladní motorové jednotky)
- **Požadavky týkající se nouzových stavů (systém nouzového osvětlení; kontrola kouře**; výstražná signalizace a komunikační prostředky; **zachování schopnosti jízdy**)
- Požadavky týkající se evakuace (nouzové východy pro cestující; nouzové východy z kabiny strojvedoucího)

Provozní pravidla

Pravidla údržby

Odborné kvalifikace

Zhodnocení ve vztahu k rychlým nákladním vozům:

V případě nákladních vlaků je uveden odkaz na legislativu s požadavky na vlaky s nebezpečnými věcmi, kromě toho se však považuje za vyhovující, pokud nákladní vozy splňují podmínky jednotlivých strukturálních TSI (TSI WAG apod.).

Problematický je případný provoz smíšených vlaků. Požadavek na schopnost jízdy po určitou dobu je předepsán pouze pro vozidla osobní dopavy, nikoliv pro všechny vlaky s přepravou osob (tzn. vlaky, ve kterých mohou být vozidla osobní i nákladní dopavy). Mohlo by tedy dojít k situaci, kdy nákladní vůz nebude schopen jízdy a ohrozí tak zbytek vlaku. Z pohledu bezpečnosti v tunelech by tedy bylo na místě dimenzovat klíčové prvky pro zajištění schopnosti jízdy nákladního vozu na stejnou požární úroveň, jako osobní vozy v soupravě. V TSI SRT je tato situace částečně řešena zmínkou o možnosti zajištění bezpečnosti provozním oddělením osobní a nákladní dopavy. S přihlédnutím k uvedenému pohledu by tedy bylo vhodnější vůz schvalovat jako poštovní vůz (tedy vůz osobní dopavy).

Celkově jsou požadavky na kolejová vozidla v TSI SRT řešeny formou odkazů na příslušné části v TSI LOC&PAS, vyskytuje se zde však jistá nekonzistence v českých překladech. V TSI SRT je výraz „passenger rolling stock“ přeložen jako „vozidla pro přepravu osob“, zatímco v TSI LOC&PAS je přeložen jako „vozidla osobní dopavy“ (např. body 4.2.10.3.4 TSI LOC&PAS a 4.2.3.2.4 TSI SRT, popř. body 4.1.4 TSI LOC&PAS a 4.2.3 TSI SRT). TSI SRT se odkazuje na definice v TSI LOC&PAS, kde však v české verzi uvedený pojem není. Pojem „vozidla osobní dopavy“ je v TSI souhrnný pojem zahrnující např. i poštovní vozy, překlad v TSI SRT však může budít dojem, že se netýká vozů osobní dopavy bez přepravy cestujících (např. zmíněných poštovních vozů nebo vozů pro přepravu aut cestujících). [96] [98] [99] [100]

2.2.1.7 TSI – závěry pro rychlé nákladní vozy

TSI WAG a TSI LOC&PAS mají odlišné zpracování, kvůli kterému nejde jednoduše určit, které požadavky jsou společné pro osobní i nákladní vozy. Nákladní vozy pro rychlost 200 km/h není možné jednoznačně přiřadit ani do jedné ze skupin, nabízí se celkem tři možné způsoby jejich schválení:

- 1) dle TSI WAG jako inovativní řešení
- 2) dle TSI LOC&PAS jako poštovní vozy
- 3) dle TSI LOC&PAS jako inovativní řešení

Situace je dále komplikována vazbami na další TSI, které pro nákladní i osobní vozy předepisují rozdílné požadavky v případě TSI NOI, nebo příliš nepodchycují variantu provozu smíšených vlaků v případě TSI SRT. S přihlédnutím k očekávanému složení přepravovaných nákladů (zejména pošta a balíky) a provozu převážně buď v ucelených vlacích rychlých vozů, nebo ve smíšených vlacích, se z uvedených variant jako v současnosti nejvhodnější jeví varianta 2.

2.2.2 Národní legislativa

Kromě Technických specifikací pro interoperabilitu musí nákladní vozy vyhovět i řadě národních předpisů. Jako příklad je zde možné uvést německý § 40 Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO), kde je pro vlaky nákladní dopravy předepsána maximální možná rychlost 120 km/h. Například vlaky Parcel InterCity, zmíněné v části 1.1.3.2, proto potřebovaly pro jízdu rychlostí 160 km/h výjimku z tohoto ustanovení. [101] [102]

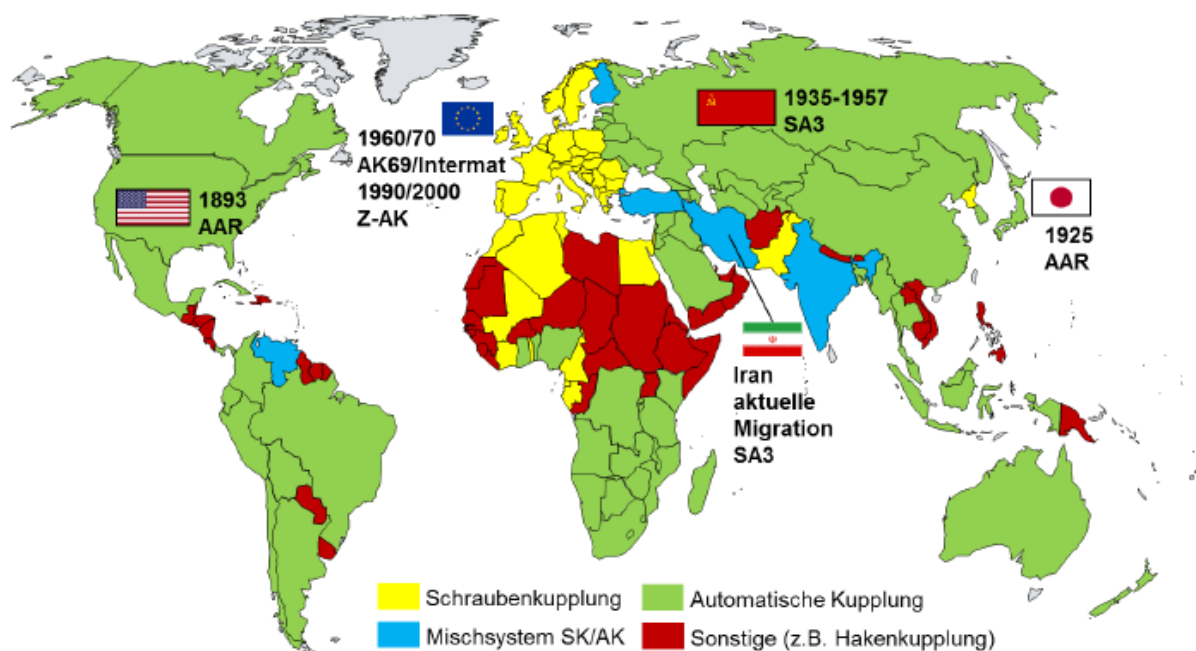
2.2.3 Omezení na konkrétní části dráhy

Na některých částech dráhy mohou být omezení nad rámec TSI i národní legislativy. Příkladem jsou omezení na vysokorychlostních tratích v Německu. Na německých vysokorychlostních tratích se často vyskytují dvoukolejné tunely, ve kterých je kvůli vzájemnému tlakovému působení je zakázáno míjení osobních a nákladních vlaků (Tunnelbegegnungsverbot). Omezení platí i pro řazení těchto vlaků – ve vlacích osobní dopravy není povoleno použití otevřených vozů pro přepravu automobilů, v případě nákladních vlaků není v těchto vlacích povolena přeprava osob, což se týká např. vojenských transportů. Kromě těchto omezení je na některých částech provoz nákladních vlaků zakázán. [103] [104] [105]

2.3 Digitální automatické spřáhlo

Železniční doprava je založená na spojování kolejových vozidel do vlaků, což vyžaduje ústrojí k přenosu podélných sil mezi vozidly, a to jak tažných, tak tlačných. Zatímco v Evropě se používá téměř výhradně oddělené spřahovací a narážecí ústrojí v podobě šroubovky a nárazníků, ve zbytku světa se nejčastěji používají automatická spřáhla zajišťující obě funkce. Důvodem pro zavádění automatického spřáhla byla bezpečnost zaměstnanců a schopnost přenášet větší síly – automatická spřáhla jsou v závislosti na typu schopna přenést tažnou sílu 1 000-2 500 kN, zatímco šroubovka v provozu pouze maximálně 500 kN, v případě sítě

Správy železnic je její přenositelná tažná síla dále omezena na 350 kN. V Evropě bylo historicky mnoho států a železničních správ na poměrně malé ploše a průměrné přepravní vzdálenosti jsou zde v porovnání s Amerikou šestinové (253 km oproti 1 476 km). Tyto zmíněné faktory způsobují, že se v Evropě příliš nevyskytují tak dlouhé vlaky jako v jiných částech světa, a tudíž zde má benefit automatického spřáhla v podobě větší přenositelné tažné síly menší význam. [106] [107]



Schraubenkupplung = šroubovka
Automatische Kupplung = automatické spřáhlo
Mischsystem SK/AK = používání šroubovky i automatických spřáhel
Sonstige = ostatní

Obrázek 74: Dominantní typy spřáhel ve světě [108]

V současné době nicméně v Evropě vstupují do popředí další výhody automatického spřáhla, které dříve neměly takový význam, případně nebyly vůbec možné. Kvůli krátkým přepravním vzdálenostem probíhá v Evropě intenzivní hospodářská soutěž mezi železniční a silniční dopravou, která klade na všechny zúčastněné subjekty vysoké nároky na efektivitu. Automatické spřáhlo s automatickým propojením hlavních a napájecích potrubí vozidel zvyšuje produktivitu umožněním rychlejšího svěšování a odvěšování vozidel při menší personální náročnosti. Současné technologie dále umožňují vybavení automatického spřáhla automatickými spojkami pro vedení elektrického napájení a datové vedení, které otevírají možnosti využití elektropneumatické brzdy, automatické zkoušky brzd, monitoringu vozů

nebo kontroly celistvosti vlaku. Aplikace těchto technologií vede kromě vyšší produktivity vozidel a personálu i k efektivnějšímu využití kapacity dráhy. [106]

Klasické dělení spřáhel dle míry automatizace je na manuální, poloautomatická (umožňují samočinné svěšení, ale ne odvěšení vozidel) a plně automatická. Toto dělení je však z pohledu možností dnešní techniky již nedostatečné, proto bylo zavedeno nové dělení s pěti úrovněmi (tabulka 4), které kromě samotného mechanického spojení zohledňuje i další funkce. [108]

Automatisierungslevel	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 5
Mechan. Verbindung	✓	✓	✓	✓	✓
Hauptluftleitung		✓	✓	✓	✓
Stromleitung			✓	✓	✓
Datenverbindung				✓	✓
Automat. Entkuppeln					✓

Mechan. Verbindung = mechanické spojení

Hauptluftleitung = hlavní potrubí

Stromleitung = vedení elektrického napájení

Datenverbindung = datové vedení

Automat. Entkuppeln = automatické odvěšení

Tabulka 4: Stupně automatizace spřáhel [108]

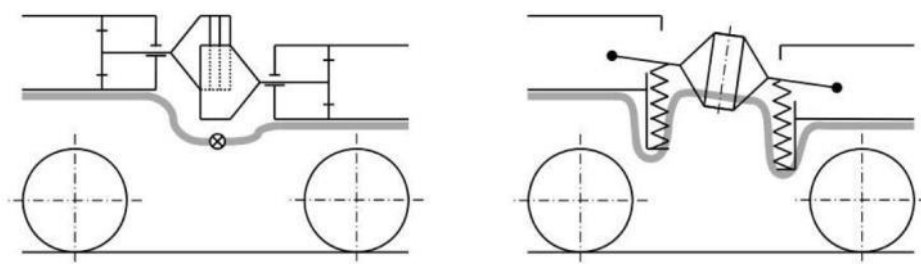
Připravované Digitální automatické spřáhlo (německá zkratka DAK, anglická DAC) je typ 4, s možností budoucího rozšíření na typ 5. Umožňuje automatické mechanické spojení vozidel, automatické spojení hlavních potrubí, automatické propojení elektrického vedení a automatické propojení datového vedení. Zavedení automatického spřáhla typu 4 místo typu 5 bylo zvoleno z důvodu možnosti jeho rychlejšího zavedení (počítá se však s možností budoucího rozšíření na typ 5). Digitální automatické spřáhlo by mělo být standardizované spřáhlo pro nákladní dopravu v rámci Evropy. [108]

Přehled používaných a zvažovaných typů spřáhel, technických řešení, přínosů a plán přechodu jsou popsány v následujících podkapitolách.

2.3.1 Vývoj a typy automatických spřáhel

Kromě uvedeného způsobu dělení podle obsluhy a funkcí se automatická spřáhla dle konstrukce dělí na „netuhá“ a „tuhá“ (obrázky 75 a 76). Netuhá spřáhla jsou ve vozech konstrukčně řešena tak, že se mohou otáčet pouze kolem svislé osy (např. při průjezdu

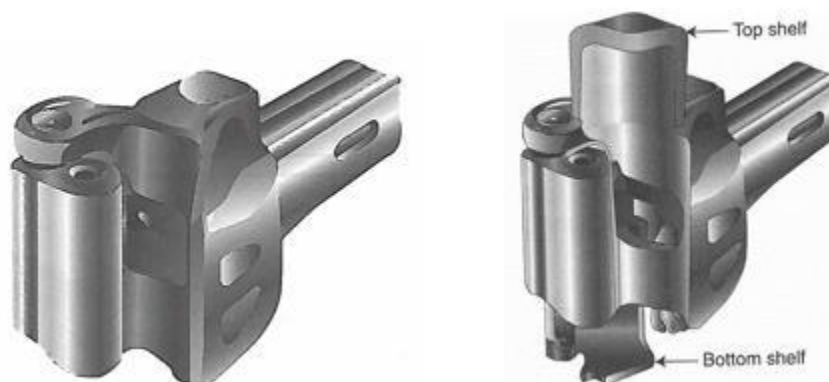
obloukem). V provozu běžně dochází k situacím, kdy jsou osy spřáhel sousedních vozů v jiné výšce, na což musí spřáhlo reagovat. U netuhých spřáhel je to řešeno umožněním vzájemného svislého posuvu hlav spřáhel. Kvůli tomu netuhá spřáhla principiálně nemohou zajistit automatické propojení dalších prvků (např. hlavního potrubí), které se tak musí spojovat zvlášť. V případě tuhých spřáhel jsou jejich hlavy pevně spojeny a výškové rozdíly jejich os jsou řešeny jejich natočením kolem osy orientované příčně vzhledem k vozu. Pevná vzájemná poloha hlav spřáhel spřažených vozů umožňuje využití automatického spřáhla i pro spojení hlavních potrubí, kabelů elektrického napájení nebo datových vedení. [108]



Obrázky 75 a 76: Netuhé spřáhlo (vlevo) a tuhé spřáhlo (vpravo) [108]

2.3.1.1 Spřáhlo Janney

Spřáhlo Janney bylo vynalezeno kolem roku 1870 a od roku 1932 je standardem v nákladní železniční dopravě v Severní Americe, Japonsku, Číně, Austrálii, Brazílii a Jihoafrické republice. Pro případné použití v Evropě je omezující obtížné spřahování v obloucích. Standardně se jedná o netuhé spřáhlo bez omezení vzájemného svislého pohybu spřažených hlav sousedních vozů, což může vést k nebezpečným situacím při vykolejení (spřáhlo jednoho vozu se může vysunout a na sousední vůz působit jako trn), v případě vozů pro přepravu nebezpečných látek se proto používá varianta s ochranným prvkem, který tomu zabrání. [108]



Obrázek 77: Spřáhlo Janney (vlevo standardní provedení, vpravo s ochranou proti vysunutí) [108]

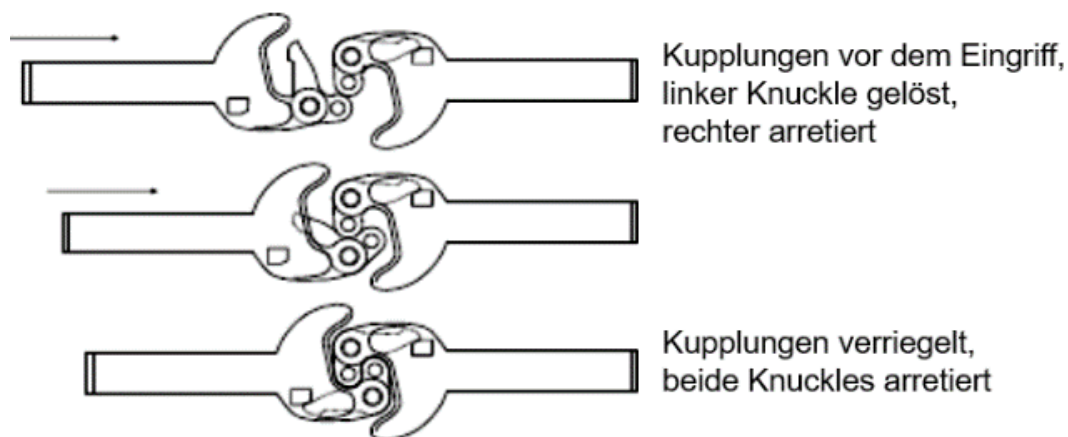
Kromě standardního netuhého provedení, označovaného jako „typ E“, existuje i provedení „typ E/F“ pro vozy s dlouhým představkem (řešení průjezdů malými oblouky) a provedení tuhé (resp. s omezením svislých posuvů na 10 mm), označované jako „typ F“, které je na boku hlavy vybaveno naváděcím trnem, který však neomezuje kompatibilitu s netuhými variantami. Byla vyvíjena i varianta typu F automatizovaná na úrovni 5, zůstala však ve fázi prototypu. Kromě zmíněných variant existuje ještě tuhá varianta „typ H“, s omezením svislých posuvů na 2 mm, která je využívána v osobní dopravě. [108]



zleva: varianta se zábranou proti vysunutí, prototyp typu F (úroveň 5), britské spřáhlo Buckeye (úroveň 5)

Obrázky 78 až 80: Varianty spřáhla Janney [108]

Princip funkce je zobrazen na obrázku 81. Spřáhlo je možné rozpojit pomocí táhel nebo k tomu určené tyče. Rozpojení stačí provést pouze na jedné hlavě. Rozpojení spřáhla při tahovém namáhání je obtížné. V případě omylu při rozpojování je možné spřáhlo znovu zajistit bez nutnosti posunování, zůstanou-li hlavy obou spřáhel v požadované pozici. Výhodou spřáhel Janney je jednoduchá konstrukce, dobrá odolnost vůči povětrnostním podmínkám a nízké pořizovací náklady. [108]



Obrázek 81: Princip spřáhla Janney [108]

2.3.1.2 Spřáhlo Willison

Spřáhlo Willison bylo vyvinuto v USA v roce 1916 v reakci na nedostatky spřáhel typu Janney. Na základě spřáhla Willison bylo vyvinuto spřáhlo SA3, které je standardem v zemích bývalého Sovětského svazu. Jedná se o netuhé spřáhlo, které tvoří pouze mechanické spojení. V 60. a 70. letech 20. stol. byla na základě spřáhla Willison vyvinuta tuhá spřáhla AK69 a Intermat, která se měla stát standardním spřáhlem v rámci Evropy. Obě uvedené varianty jsou téměř identické a umožňují spojení hlavních potrubí (jedná se tedy o úroveň automatizace 2). AK69 a Intermat jsou mechanicky kompatibilní se spřáhlem SA3, v případě jejich kombinace je nicméně nutné propojení hlavních potrubí zvlášť pomocí hadic (SA3 neumožňuje automatické propojení hlavních potrubí). V 90. letech bylo vyvinuto spřáhlo Z-AK, vycházející ze spřáhla Willison. Toto spřáhlo umožňuje automatické spojení hlavního potrubí, vyžaduje však, aby byly vozy vybavené nárazníky pro přenos tlakových sil, což má za následek vysokou hmotnost sestavy a finanční náklady. Dalšími odvozenými typy jsou spřáhla C-AKv a „Modulární spřáhlo SA3“. Spřáhlo C-AKv umožňuje automatické propojení dvou vzduchových potrubí a omezeně se používá se u rudných vlaků jezdících mezi Německem a Nizozemím. Modulární spřáhlo SA3 se v provozu pravděpodobně dosud nevyužívá. [108]



vlevo nahoře AK69

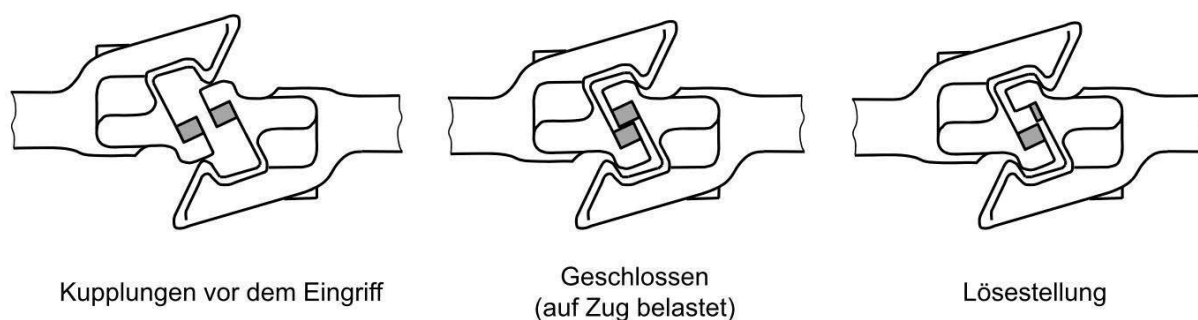
vpravo nahoře Modulární spřáhlo SA3

vlevo dole Z-AK

vpravo dole C-AKv

Obrázky 82 až 85: Spřáhla odvozená od spřáhla Willison [108]

Princip spřáhla Willison je zobrazen na obrázku 86. Výhodou tohoto spřáhla je provozní manipulace. Spřáhlo má čtyři provozní stavy: odjištěno, připraveno ke spojení, nárazník a spojeno. V případě omylu při odjištění je ho možné opět zajistit, podobně jako spřáhlo Janney. Odjištění je možné i při tahovém namáhání (u spřáhla SA3 do 7,5 kN, u C-AKv do 20 kN a u AK69 do 40 kN). Pro oddělení odjištěných hlav je potřeba vyvinout tažnou sílu, což v případě spřáhla Z-AK vedlo k určitým problémům na svážných pahrbcích (lehké vozy se oddělovaly později a dosahovaly nižších rychlostí než těžké, v důsledku čehož byly mezi vozy rozdílné mezery, což komplikovalo přestavování výhybek). Další provozní výhoda spočívá v zajištění funkčnosti i při poměrně velkých odchylkách os spřáhel (hodnoty uvedeny ve srovnání v části 2.3.1.5). Spřáhla typu Willison jsou nenáročná na údržbu a odolná vůči povětrnostním vlivům (o čemž mimo jiné svědčí dlouholetý úspěšný provoz v Rusku). Spřáhlo SA3 je ověřeno ve smíšeném provozu s vozy vybavenými šroubovkami (v takovém případě je nicméně potřeba adaptér a nárazníky). [108]



Obrázek 86: Princip spřáhla Willison [108]

2.3.1.3 Spřáhlo Scharfenberg

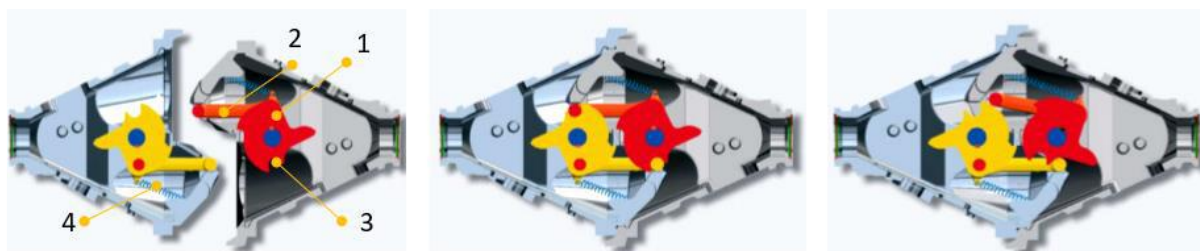
Spřáhlo Scharfenberg bylo vyvinuto mezi roky 1904 a 1907, poprvé pak bylo použito v roce 1925 v sítích S-Bahn Berlin a Hamburger Hochbahn. Jedná se o široce rozšířené spřáhlo u osobních jednotek, v nákladní dopravě se však neuchytilo. V roce 2002 se spřáhlo „Scharfenberg Typ 10“ stalo standardem v evropské vysokorychlostních dopravě. V oblasti nákladní dopravy proběhla v posledních letech řada testů. V rámci projektu „Innovativer Güterwagen“ (inovativní nákladní vůz) německého ministerstva dopravy „najelo“ spřáhlo Scharfenberg výrobce Voith více než 150 000 km. Od roku 2014 se vývojem tohoto typu spřáhla pro nákladní dopravu zabývá nákladní divize švýcarských státních drah – SBB Cargo. V rámci tohoto záměru testují od roku 2017 spřáhlo Scharfenberg Typ 10 pro nákladní dopravu od firmy Voith na demonstračním vlaku projektu „5L“. V roce 2019 bylo na veletrhu Transport Logistic představeno spřáhlo „CargoFlex Typ Scharfenberg“ s úrovní automatizace 4,

ještě téhož roku pak byl ve Švýcarsku zahájen zkušební vnitrostátní provoz zahrnující 100 kontejnerových vozů vybavených tímto spřáhlem a 25 lokomotiv vybavených hybridním spřáhlem. Od druhé poloviny roku 2019 pracuje na své verzi automatické spřáhla vycházejícího ze spřáhla Scharfenberg Typ 10 i výrobce Dellner. [108]



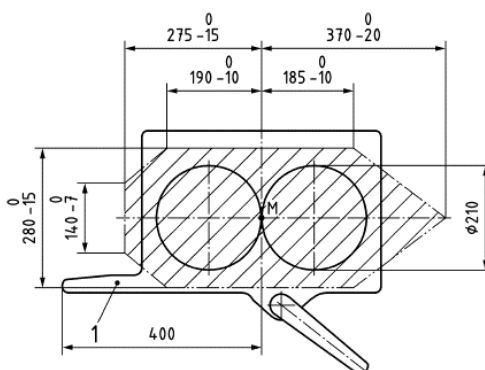
Obrázek 87: Spřáhlo CargoFlex Typ Scharfenberg [109]

Princip spřáhla Scharfenberg je zobrazen na obrázku 88. V každé hlavě je mechanismus s okem a drážkou. Při spřahování zapadne oko jedné hlavy do drážky v druhé hlavě, při rozpojování se vnitřní element pootočí, čímž dojde k vyjetí ok z drážek. Tlakové síly jsou přenášeny na spřáhle poměrně velkou plochou, oproti tomu tahové síly se přenášejí na poměrně malé ploše, očekává se tedy větší opotřebení vnitřního mechanismu. Výrobce Voith navrhuje spřáhlo pro intervaly údržby shodné s intervaly údržby nákladních vozů (5-8 let při pěti spřaženích denně). Mazání a výměna těsnění se pak musí provádět každé tři roky. [108]



Obrázek 88: Princip spřáhla Scharfenberg [108]

Spřáhlo CargoFlex funguje ve čtyřech provozních stavech: nárazník (musí být takto nastavena spřáhla na obou vozech), odjištěno, připraveno ke spojení a spojeno. Rozpojení stačí provést jen na jednom ze spojených spřáhel, přičemž u spřáhla Scharfenberg se k tomu využívají bowdeny. Zpětné zajištění v případě omylu při rozpojování je komplikované a v praxi využitelné pouze výjimečně. Spřažení je možné i při značném vyosení osy spřáhel, která může být ve vyšrafované oblasti na obrázku 89. Dle opotřebení provozovaných spřáhel se však příčné a svislé extrémní výchylky současně téměř nevyskytují. [108]



Obrázek 89: Úchopová oblast pro spojení spřáhla Scharfenberg Typ 10 dle EN 16019:2014 [108]

Často zmiňovanou výhradou k použití spřáhla Scharfenberg v nákladní dopravě je potenciální citlivost spřáhla na znečištění a námrazu kvůli otvorům na jeho čele, testy spřáhla CargoFlex v klimatické komoře však vyšly pozitivně a o odolnosti vůči nečistotám svědčí úspěšný provoz na vozech pro přepravu uhlí ve 40. letech 20. století. Vstupy hlavního potrubí jsou na vozech otevřené, na lokomotivách mají ochrannou membránu. Čištění spojek je možné pravidelným profukováním, kterým jsou čištěny spojky i dnes. Výhodou spřáhla Scharfenberg je velké množství výrobců a ve srovnání s jinými automatickými spřáhly nízká hmotnost. [108]

2.3.1.4 Spřáhlo Schwab

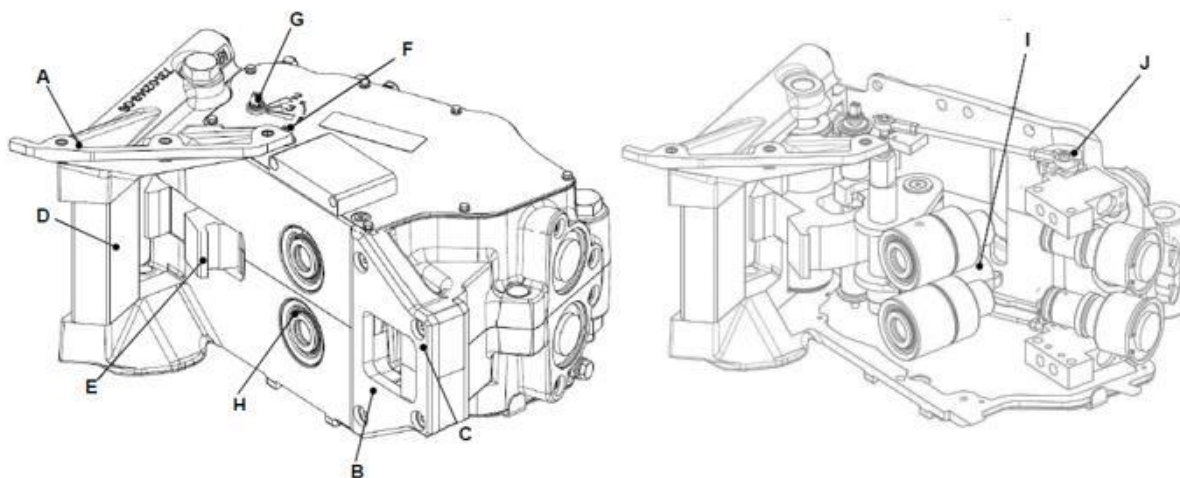
Plně automatické spřáhlo Schwab FK bylo vyvinuto v roce 2000 a nejvíce se využívá v regionální osobní dopravě ve Švýcarsku. Do roku 2019 byla jeho konstrukce pod patentovou ochranou, což vedlo k nízkému počtu výrobců. Stejně jako spřáhlo Scharfenberg, bylo i spřáhlo Schwab součástí projektu „Innovativer Güterwagen“ (inovativní nákladní vůz) německého ministerstva dopravy a od roku 2017 probíhá testování spřáhla v rámci demonstrační soupravy projektu „5L“ v režii SBB Cargo. Na veletrhu Transport Logistic byla v roce 2019 představena varianta se stupněm automatizace 4 (v osobní dopravě se vyskytuje i stupeň 5), od roku 2020 by pak měl probíhat vývoj hybridního spřáhla. [108]



vlevo spojené spřáhlo demonstrační soupravy projektu „5L“
uprostřed rozpojené spřáhlo demonstrační soupravy projektu „5L“
vpravo spřáhlo se stupněm automatizace 5 na osobní jednotce

Obrázky 90 až 92: Spřáhlo Schwab [108]

Konstrukce hlavy spřáhla je zobrazena na obrázcích 93 a 94. Centrování ve svislém směru je zajištěno pomocí zaváděcích plechů (A), centrování v příčném směru zajišťují šikmé čelní plochy hlav. Spojení je provedeno opřením prvku (C) jedné hlavy o prvek (D) a jeho zajištění pomocí prvku (E) druhé hlavy. Toto zajištění je provedeno na obou hlavách. Tahové síly jsou přenášeny pouze pevnými částmi spřáhla – kontaktem ploch (1) a (2). Pro snížení opotřebení třecích ploch je potřeba je zhruba každých 6 měsíců namazat, ostatní nároky na údržbu jsou minimální. [108]



Obrázek 93: Konstrukce hlavy spřáhla Schwab [108]



Obrázek 94: Spřáhlo Schwab (vlevo včetně vypružení, vpravo hlava) [108]

Pro rozpojení je nutné odjistit obě spojená spřáhla zvlášť, přičemž na hlavách se realizuje zasunutím prvku (E). V případě omylu při rozpojování je možné spřáhlo opět zajistit. Spřáhlo je rozpojitelé při namáhání tahovou silou až 300 kN. Umístění zajišťovacího mechanismu uvnitř spřáhla má pozitivní vliv na odolnost vůči povětrnostním vlivům, díky vzájemnému posuvu hlav ze sebe spřáhla navíc odstraňují nečistoty. Riziko usazování nečistot je v případě hlavního potrubí podobné jako v případě stávajících spojek. Na základě požadavků SBB by měl probíhat vývoj za cílem úpravy spřáhla pro fungování i ve stavu nárazníku. [108]

2.3.1.5 Srovnání různých typů spřáhel

Typ spřáhla	Janney		Willison			Scharfenberg	Schwab
	E E/F	H	SA3	AK69 Intermat	C-AKv		
Zkušenosti z nákladní dopravy	ano	ne	ano	ano	Ano	částečné	pilotní
Zatížení v tahu	1 750	1 750	2 500	1 000	1 000	1 000	1 500
Zatížení v tlaku	2 900	2 900	2 500	2 000	2 000	2 000	2 000
Vertikální rozsah	± 30	± 30	± 140	± 140	± 120	± 140	± 120
Horizontální rozsah	± 60	± 60	± 160	± 220	± 190	+ 370 - 275	± 290
Manuální natočení	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Rozpojení pod tahovou silou [kN]	ne	ne	≤ 7,5	≤ 40	≤ 20	ne	≤ 300
Funkce nárazníku	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Opětovné zajištění	ano	ano	ano	ano	ano	s omezením	ano
Spolehlivost	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
Samočinnost brzdy	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Rychlost při spojování [km/h]	-	-	-	1,5-12	1,5-12	0,5-8	0,5-8
Opotřebení při jízdě	velké	velké	velké, tolerovatelné	-	-	?	?
Opotřebení při spřahování	velké	velké	?	?	?	nízké	?
Náročnost na údržbu	střední	střední	?	nízká	nízká	nízká	velmi nízká
Pneumatické spojení	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
Elektrické a datové spojení	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
Odolnost vůči počasí/znečištění	velmi dobrá	-	dobrá až velmi dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá	dobrá	velmi dobrá
Hmotnost	velmi nízká	nízká	vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	nízká	nízká

Tabulka 5: Srovnání parametrů automatických spřáhel [106] [108]

2.3.1.6 Zavádění automatických spřáhel

Na konci 19. století docházelo v USA na železnici při posunování ke značnému množství úrazů, např. v roce 1893 bylo zaznamenáno 11 277 zranění a 433 úmrtí. Pro zvýšení bezpečnosti bylo rozhodnuto o zavedení automatického spřáhla typu Janney. Přechod začal probíhat v letech 1893 až 1900. Výsledkem bylo významné zvýšení bezpečnosti – v roce 1914 již bylo zraněno „pouze“ 2 692 zaměstnanců a počet úmrtí klesl na 171. V současné době americké železnice značně těží z dalšího benefit automatického spřáhla – větší přenositelné tažné síly, díky které mohou mít tamní vlaky délku i několik kilometrů. [108]

K přechodu na automatické spřáhlo Janney došlo v roce 1925 také v Japonsku. Příprava na přechod probíhala od roku 1918, samotná výměna spřáhel se však realizovala ve zmíněném roce 1925 během několika dnů. V současné době má železniční doprava v Japonsku pouze malý podíl na nákladní přepravě – vzhledem k topologii území je využívána zejména pobřežní námořní doprava. [108]

V Sovětském svazu probíhalo zavádění automatické spřáhla SA3 (typ Willison) mezi roky 1935 a 1957. Takto dlouhá doba je důsledkem druhé světové války. [108]

Nedávno došlo k přechodu na automatická spřáhla SA3 a AK69 (typ Willison) v Íránu. Proces začal kolem roku 2005 a v roce 2019 bylo vybaveno automatickým spřáhlem již 98,3 % vozů. Přestavba vozů probíhala při jejich pravidelné údržbě, v provozu pak byla snaha provozovat vozy s různými spřáhly v oddělených vlacích. V případě provozu smíšených vlaků byly některé vozy vybaveny spřáhlem AK69 i nárazníky. Proč byla zvolena právě spřáhla SA3 a AK69 není známé. V Íránu se vyskytují hlavně ucelené vlaky převážející suroviny, přičemž velké flotily vozů patří těžařským společnostem. Celkový počet vozů v Íránu je odhadován na 23 až 24 tisíc. [108]

V Evropě se v UIC zkoumaly možnosti zavedení automatického spřáhla již v meziválečném období. V roce 1936 byl učiněn závěr, že přechod na automatické spřáhlo nepřináší dostatečné přínosy v porovnání s vynaloženými náklady. Zavedení automatického spřáhla se začalo znovu zvažovat v 50. letech, v roce 1956 pak bylo v rámci UIC rozhodnuto o stanovení postupu pro přechod na automatické spřáhlo. Situaci komplikovalo rozdělení Evropy na Východní a Západní, kdy v Západní Evropě působila UIC a ve Východní nově vzniklý OSŽD. Nakonec bylo rozhodnuto, že Východní i Západní Evropa budou používat jiný typ spřáhla, která však budou vzájemně kompatibilní, a zároveň budou kompatibilní s typem SA3. Výsledkem byla spřáhla typu AK69 (UIC) a Intermat (OSŽD). Odlišnosti těchto spřáhel jsou popsány

v části 2.3.3. Technické požadavky na vozidla byly definovány ve vyhlášce UIC 530-1, která stanovila od 1. 1. 1974 povinnost technické přípravy vozů pro montáž zmíněných automatických spřáhel, přičemž vyhláška specifikovala požadované parametry z hlediska propojitelnosti, rozměrů a pevnosti vozů. Požadavky se nicméně nevztahovaly na vozy hned z výroby, ale až v případě montáže automatického spřáhla. Pro nové vozy hned z výroby byla zavedena povinnost splnění požadovaných parametrů až v 80. letech v souvislosti se zavedením předpisu ERRI B12 RP17 a po roce 2000 v souvislosti s normou EN 12663. Povinnost přípravy pro automatické spřáhlo skončila se zavedením TSI WAG v roce 2006. Ačkoliv byla do té doby řada vozů na montáž automatického spřáhla připravena, nebyly jím vybaveny prakticky žádné a řada z nich již byla pravděpodobně i sešrotována. [107] [108]

V současnosti se v Evropě v nákladní dopravě používají automatická spřáhla (s výjimkou testovacích provozů) pouze v ojedinělých případech, kdy je většinou vyžadována velká tažná síla. Příkladem jsou rudné vlaky jezdící z Kiruny do Narviku, jejichž hmotnost dosahuje až 8 600 t. Tyto soupravy využívají spřáhlo SA3. Spřáhlo Janney se používá u některých uhelných vlaků ve Spojeném království, několik vozů je zde vybaveno variantou tohoto spřáhla umožňující jeho otáčení kolem podélné osy vozu, což umožňuje vykládku vozů v rotačních vagonových výklopnících bez nutnosti jejich rozpojování. Přeprava dlouhých těžkých vlaků není v Evropě omezena jen povoleným namáháním šroubovky, ale i maximální délkou vlaků. Například na síti Správy železnic je maximální délka vlaků 720 m, přičemž požadavek na síti TEN-T je 740 m. Větší úspěch zaznamenává automatické spřáhlo v případě jednotek v osobní dopravě, kde je pro vysokorychlostní jednotky v TSI LOC&PAS zavedeno standardní spřáhlo Scharfenberg Typ 10. [108] [110]

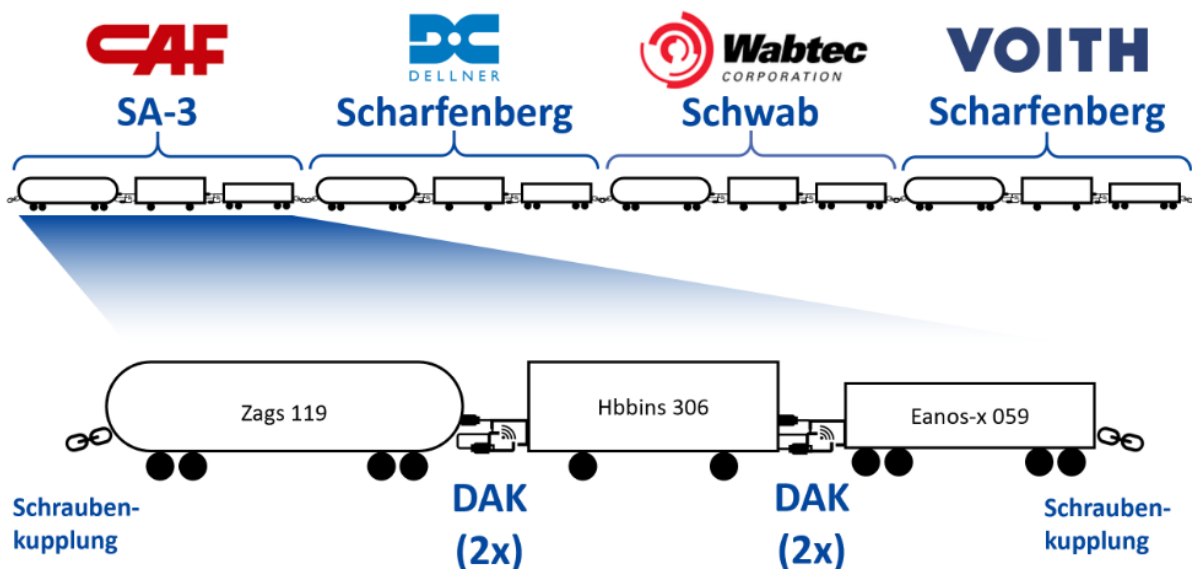
2.3.2 Automatická spřáhla ve výběru pro DAK

Výsledné Digitální automatické spřáhlo bude mít pro zajištění maximální kompatibility jednu standardizovanou spřahovací hlavu. Jedná se o drahý projekt s dlouhodobými důsledky, proto bylo důležité důkladně posoudit možnosti a vybrat nejlepší řešení. Za tímto účelem byli osloveni výrobci, kteří celkem nabídli čtyři spřáhla. Výrobce CAF nabídl spřáhlo založené na spřáhle SA3, výrobci Voith a Dellner nabídli spřáhla typu Scharfenberg a výrobce Faiveley Transport nabídl spřáhlo Schwab. Hodnocená spřáhla jsou zobrazena na obrázku 95. [111]



Obrázek 95: Automatická spřáhla zvažovaná pro DAK [112]

Uvedená spřáhla byla v letech 2020 a 2021 podrobena řadě zkoušek. Pro účely zkoušek byly vybrány tři typy vozů, reprezentující různé široce používané vozy (dlouhý cisternový vůz s dlouhými představky, dvounápravový vůz s posuvnými stěnami a otevřený vůz s krátkými představky). Pro každé spřáhlo byla vytvořena sestava těchto tří vozů s dvounápravovým vozem uprostřed, přičemž uvnitř soupravy byla použita testovaná spřáhla a na krajích byla použita klasická šroubovka a nárazníky. Souprava byla vybavena potřebnými měřicími zařízeními. [113]



Obrázek 96: Zkušební souprava pro testování DAK [112]

Provedeny byly následující zkoušky [113]:

- zkoušky pro zjištění bočních sil, ověření bezpečnosti proti vykolejení a pro ověření odolnosti spřáhla v tlaku na základě specifikace UIC 530-2
- zkoušky pro ověření funkčnosti při různých geometrických polohách vozů a různých rychlostech
- zkoušky spojení elektrického vedení
- zkoušky datového spojení
- zkoušky funkčnosti v klimatické komoře

Uvedené testování všech typů spřáhel bylo označeno jako I. fáze testování. Jejím cílem bylo vybrat design, který bude dále testován a laděn v II. fázi testování. Na základě celkového zhodnocení bylo 21. 9. 2021 rozhodnuto o výběru spřáhla typu Scharfenberg. II. fáze testování by měla probíhat do prosince 2022 a jejím předmětem by mělo být ověřování funkčnosti v reálném provozu, zejména na seřadovacích nádražích. [114]

2.3.3 Konstrukční požadavky a specifikace

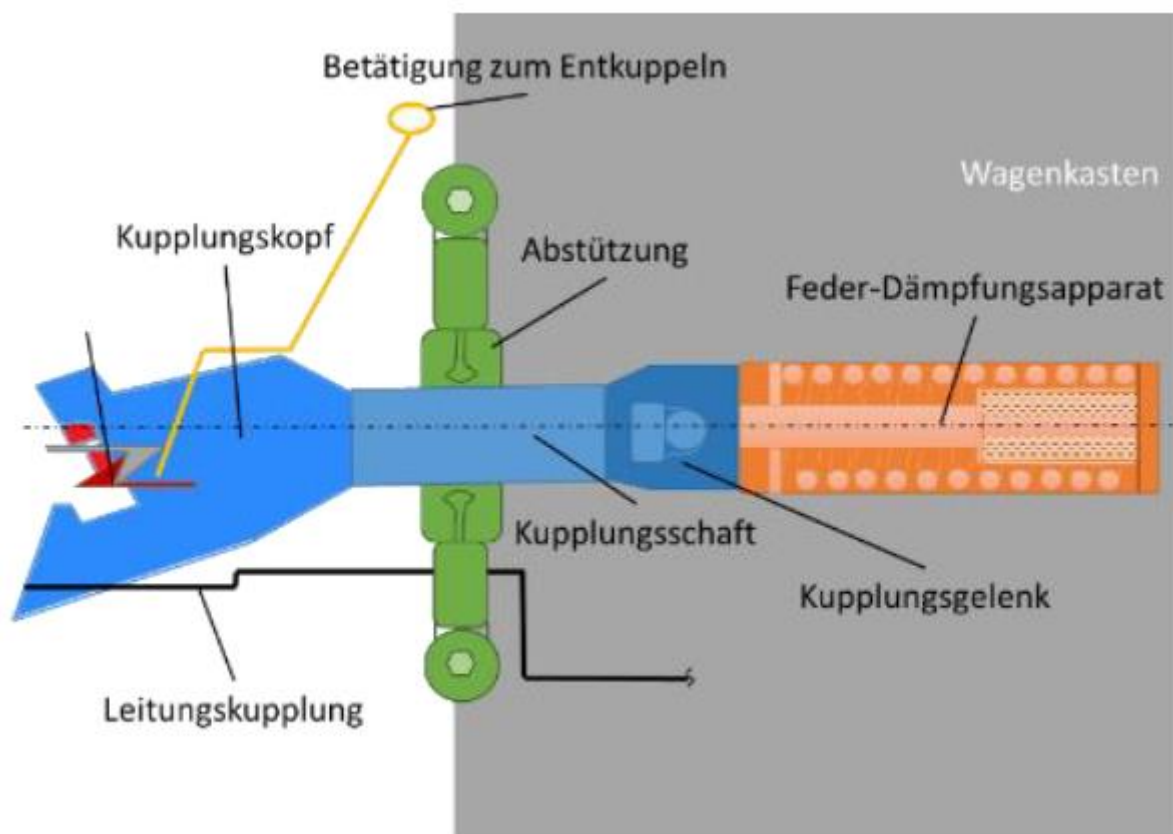
2.3.3.1 Konstrukce automatického spřáhla

Konstrukci automatického spřáhla je možné rozdělit na následující části, zobrazené na obrázku 97 [108]:

- hlavu spřáhla
- tyč spřáhla
- kloub spřáhla
- zajišťovací mechanismus
- ovládání
- podpora
- podélné vypružení (včetně tlumení)
- spojky vedení (vzduchové, elektrické, datové; nejsou použity vždy)

Dané komponenty musí umožňovat následující funkce:

- zajištění mechanické (a případně další) spojení
- přenos podélných a tlakových sil a jejich vypružení
- centrování do požadované polohy
- ovládání



Abstützung = podpora
Batätigung zum Entkuppeln = ovládání rozpojování
Feder-Dämpfungsapparat = podélné vypružení (včetně tlumení)
Kupplungsgelenk = kloub spřáhla
Kupplungskopf = hlava spřáhla
Kupplungsschaft = tyč spřáhla
Leitungskupplung = spojení vedení
Wagenkasten = skříň vozu

Obrázek 97: Části automatického spřáhla [108]

2.3.3.2 Zástavba automatického spřáhla do starších evropských vozů

Jak bylo zmíněno v části 2.3.1.6, od roku 1. 1. 1974 platila pro nové nákladní vozy povinnost přípravy konstrukce pro montáž automatického spřáhla podle vyhlášky UIC 530-1. Ve vyhlášce byly stanoveny technické požadavky týkající se následujících oblastí: [108]

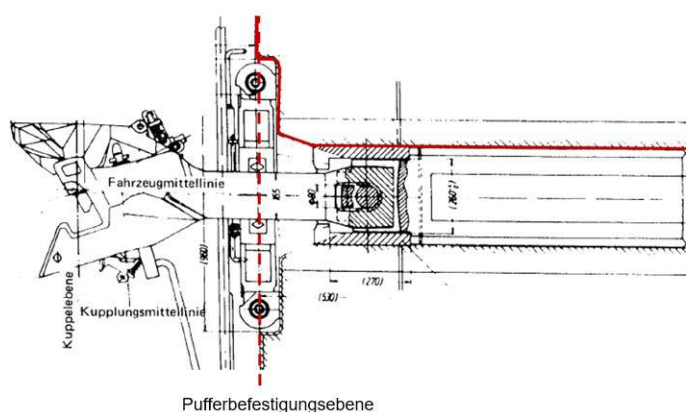
- podmínky pro zaručení funkce spřáhování
- pevnost a konstrukční požadavky na zástavbový prostor vozů
- podmínky pro bezpečný provoz z jízdně-technického pohledu
- konstrukční podmínky pro zástavbu spřáhla a jeho příslušenství

Z hlediska pevnosti bylo požadováno, aby byly vozy dimenzovány na statickou sílu 2 000 kN v tlaku a 1 500 kN v tahu. Zpočátku však musely vozy tyto požadavky plnit až v momentě, kdy do nich bylo namontováno automatické spřáhlo. Z výroby musely být pouze připraveny

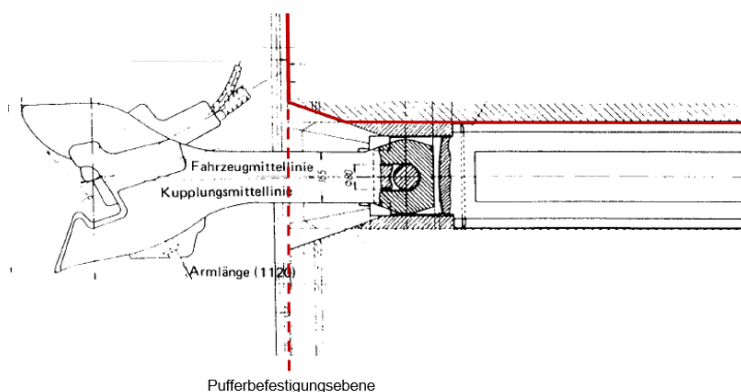
pro to, aby tam byl pro spřáhlo a případné výztuhy prostor. Situace se změnila až se zavedením předpisu ERRI B12 RP17 v 80. letech a normy EN 12663 po roce 2000 – od té doby bylo pro schválení vozů nutné dostatečné dimenzování již z výroby. Se zavedením TSI WAG 28. 7. 2006 byla povinnost přípravy vozů pro montáž automatické spřáhla nepřímo vypuštěna skrze povinné použití šroubovky, což bylo u řady vozů z ekonomických důvodů využito. [108]

Na základě uvedených informací tedy nelze předpokládat u všech nákladních vozů snadnou montáž automatického spřáhla, a to ani v případě vozů respektujících vyhlášku UIC 530-1. Před montáží automatického spřáhla je vždy nutné posoudit jejich konstrukci. [108]

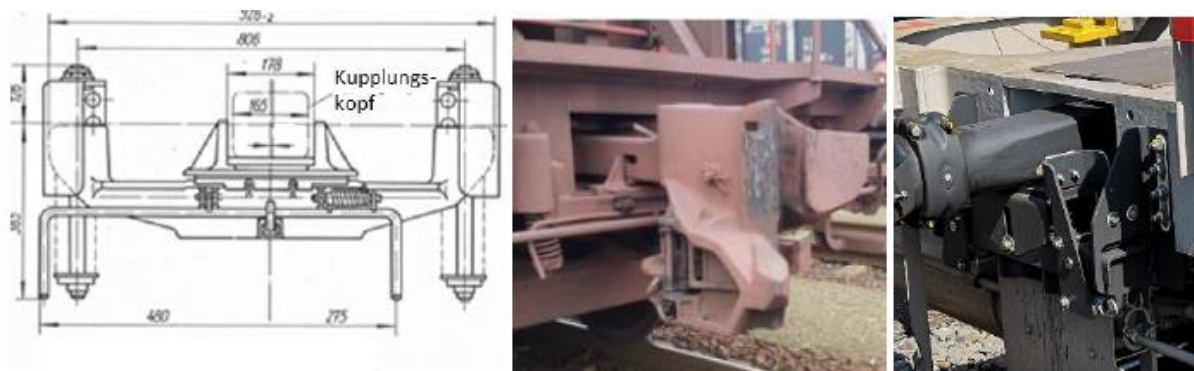
Vozy měly být navrženy pro spřáhla AK69 a Intermat, jejichž konstrukční řešení se však mírně odlišuje, a to včetně řešení zástavbového prostoru (ačkoliv z pohledu spřáhlovatelnosti jsou spřáhla kompatibilní). Spřáhlo AK69 je ve svislém směru centrováno pomocí příčné podpory vypružené pomocí dvou svislých šroubových pružin. Na této podpoře je pak umístěna další podpora, která se po ní může příčně posouvat a pomocí příčně umístěné pružiny spřáhlo centruje v příčném směru. V případě spřáhla Intermat je centrování zajištěno pomocí jedné šikmé šroubovitě pružiny, podpírající těleso spřáhla. [108]



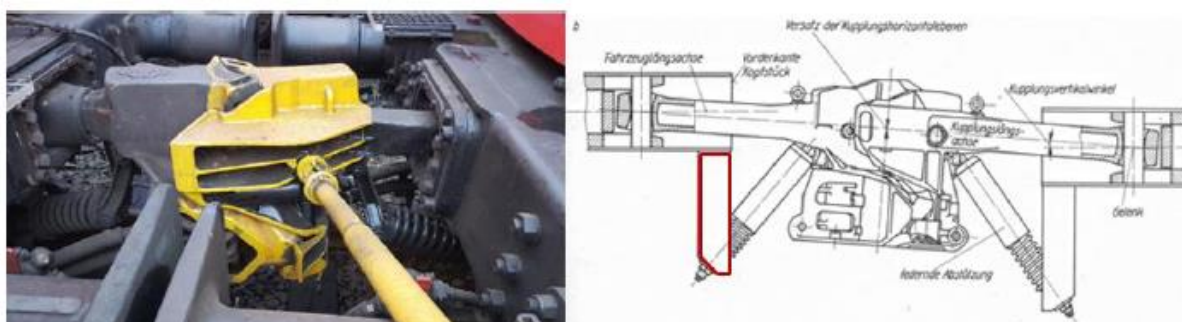
Obrázek 98: Zástavbový prostor spřáhla AK69 [108]



Obrázek 99: Zástavbový prostor spřáhla Intermat [108]



Obrázky 100 až 102: Centrování u spřáhla AK69 [108]



Obrázky 103 a 104: Centrování u spřáhla Intermat [108]

Z pohledu jízdně-technické bezpečnosti byl ve vyhláškách UIC 530-1 a UIC 530-2 stanoven požadavek na minimální podélnou tlakovou sílu, které musí vozy při průjezdu malými S-oblouky odolat, aniž by vykolejily. Její hodnota byla stanovena na 500 kN, bylo však doporučeno, aby překračovala 600 kN. Není známo, zda byla vyšší hodnota v praxi plněna, ani jaký je stav po nástupu TSI WAG v roce 2006. Nelze tedy vyloučit nutnost provedení zkoušek. Ohledně stanovení maximálních hodnot podélné tlakové síly se UIC 530-2 odkazuje na zprávy ERRI B125/RP5 a RP6, kde jsou uvedeny metody výpočtu. Je však nutné prověřit, zda je možné dané výpočty použít, protože jsou založeny na spřáhlech AK69 a Intermat. [108]

2.3.3.4 Elektrické a datové vedení

V případě Digitálního automatického spřáhla se neuvažuje s napájením velkých spotřebičů s výkonem řádově v desítkách kilowattů na vůz (např. klimatizace), ale pouze s napájením menších spotřebičů zajišťujících přidanou hodnotu při dopravních operacích a monitoring vlaku (např. elektropneumatická brzda, různé senzory a diagnostika, koncová světla, ovládání spřáhla). V oblasti datové komunikace je potřeba umožnit předávání informací pro ovládání brzd a spřáhel, informací o vozidlech, o jejich stavu, o integritě vlaku a případně informací z dalších nespécifikovaných senzorů. [111]

Potřebné množství elektrické energie bylo odhadnuto na minimálně 30 W/vůz nebo 2,5 W/m délky vozu [111]:

ovládání, komunikace, senzory:	12 W
elektropneumatická brzda (ventil):	9 W krátkodobě
telemetrie:	2 W
nabíjení baterií:	6+ W
koncová světla:	16 W
spřáhlo během manipulace:	240 W po dobu 5 s
účinnost vedení:	90 %
rezerva:	30 %

Požadavky na datové spojení jsou následující [111]:

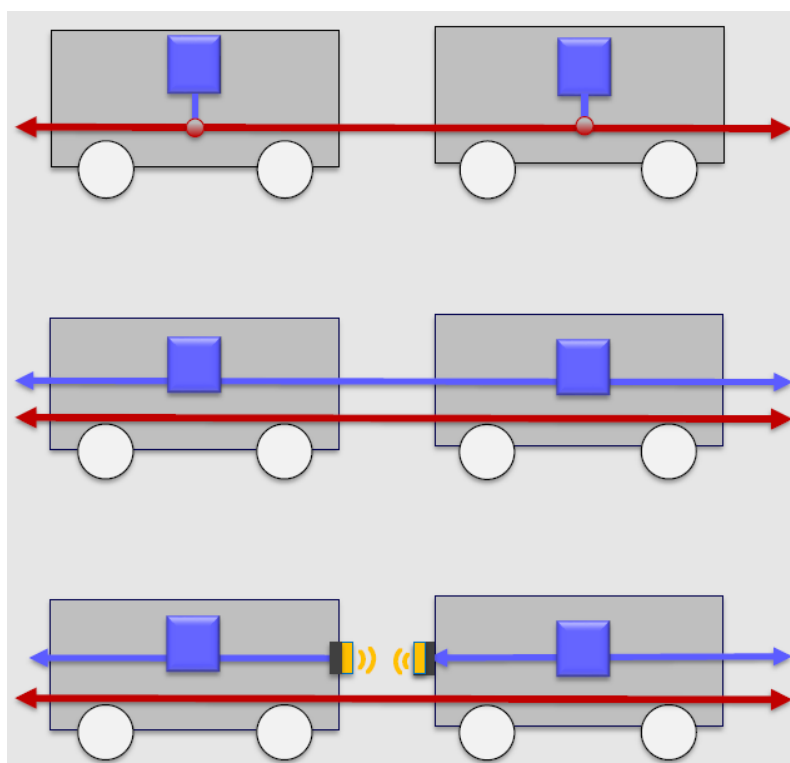
- datový tok minimálně 50-100 kBit/s (pokrytí budoucích funkcí přes 5G)
- maximálně dva kontakty pro komunikační vedení
- více než 50 zařízení na sběrnici
- funkční bezpečnost pro použití pro kontrolu integrity vlaku
- dlouhodobá dostupnost technologie
- využití průmyslových standardů
- vysoká spolehlivost
- kompatibilita protokolu různých verzí
- bezpečnost proti nežádoucím zásahům (security)

V nákladních vlacích v rámci Evropě se datové a elektrické vedení až na výjimky nepoužívá, zatímco v osobních vlacích se elektrické i datové vedení využívá běžně (např. WTB). Pro nákladní dopravu však řešení z osobní dopravy nejsou vhodná, protože nesplňují výše uvedené parametry. V zemích, kde se standardně provozují dlouhé nákladní vlaky (USA, Kanada, Austrálie) se elektrické a datové vedení používá běžně, zejména kvůli elektropneumatické brzdě. Jedná se např. o systémy ECP nebo EP60, které oba využívají společné vedení pro elektrický proud i data. Používá se běžné napětí, např. 230 V DC. V Evropě byly v druhé polovině 90. let 20. stol. realizované výzkumné projekty EBAS a FEBIS, jejichž předmětem bylo elektrické napájení a datová komunikace v nákladních vlacích. V prvním zmíněném byla využita sběrnice CAN, v druhém byla prověřována dvě řešení—společné vedení pro proud i data LON-Powerline a bezdrátová komunikace s napájením pomocí nápravových generátorů. [108]

V případě Digitálního automatického spřáhla je plánováno využití elektrického napájení 110 V DC, 70 A, přičemž na posledním voze by se započtením ztrát mělo být napětí větší než 77 V (v souladu s EN 50155). V budoucnu by mělo být možné zvednout základní napětí ze 110 V na 150 V bez potřeby technických změn na spřáhle. Spotřebiče ve vozech by měly využívat napájení 24 V DC, na které bude výchozí napětí 110 V DC transformováno. Propojení na spřáhle by mělo splňovat podmínky IP54 ve spojeném stavu a IP55 v rozpojeném stavu. Předpokládá se, že každý vůz by měl být vybaven akumulátorem o kapacitě 65-100 Wh, který umožní i při 30% nabití 2 hodiny nouzového provozu. [106] [111]

Pro datovou komunikaci jsou zvažována tři možná řešení [111]:

- 1) využití jednoho vedení pro elektrické napájení i data na bázi LON-Powerline
- 2) oddělená vedení elektrického napájení a dat, využití sběrnice CAN
- 3) kabelové vedení elektrického napájení, bezdrátové vedení dat (Wi-Fi, NFC)

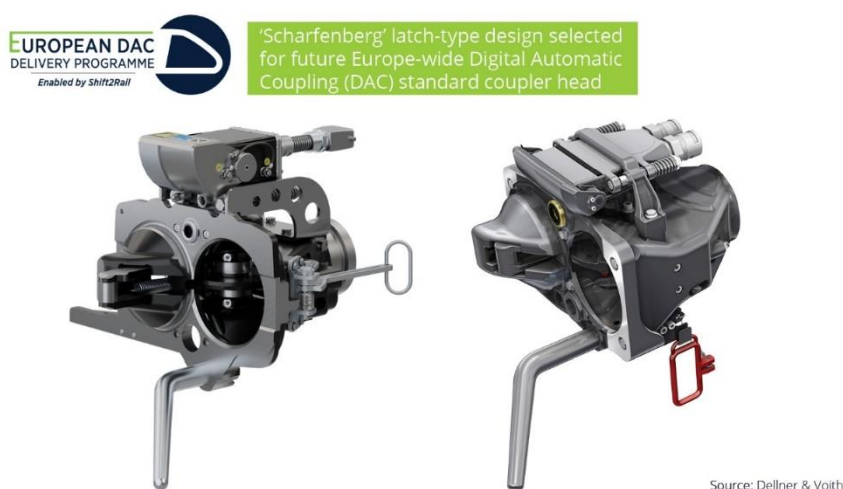


Obrázek 105: Zvažované varianty (shora: LON-Powerline, CAN, bezdrátové spojení) [111]

Pro kontrolu integrity je důležitý fail-safe přístup, tedy aby v případě poruchy detekce byl indikován horší možný stav (např. roztržení vlaku). Finální specifikace elektrického a datového vedení v současnosti (polovina roku 2022) zatím nabyla zveřejněna.

2.3.3.5 Konstrukční specifikace a kompatibilita DAK

21. 9. 2021 bylo rozhodnuto o výběru spřáhla typu Scharfenberg. V současné době stále probíhají testy, které by měly být hotové v prosinci 2022. V rámci plánované revize TSI, která by měla proběhnout na přelomu let 2022/2023, by měl být do TSI WAG a TSI LOC&PAS přidán odkaz na technický dokument Evropské železniční agentury, který by měl obsahovat specifikace alespoň mechanické a pneumatické části Digitálního automatického spřáhla. Pokud by z časových důvodů nebylo možné schválit DAK jako prvek interoperability v rámci zmíněné revize, je zde ještě možnost schválit ho jako „inovativní řešení“. [106] [115] [116]



Obrázek 106: Spřáhla DAK odvozená od spřáhla Scharfenberg Typ 10 [117]

Vzhledem k výběru spřáhla typu Scharfenberg, založeného na spřáhle Scharfenberg Typ 10 (od tohoto typu jsou odvozena spřáhla výrobců Voith i Dellner), které je standardem u evropských vysokorychlostních vlaků a hojně se využívá u osobních jednotek obecně, se nabízí možnost kompatibility Digitálního automatického spřáhla se spřáhly používanými v osobní dopravě. To by bylo zajímavé zejména z pohledu možnosti použití lokomotiv v obou segmentech železniční dopravy (osobní a nákladní), pokud by se i u osobních vozů přešlo na automatické spřáhlo. Většina lokomotiv se sice pohybuje pouze v jednom z nich, kompatibilita by však vedla k jejich vyšší interoperabilitě a usnadnila by např. odtah porouchaných vozidel z tratě nebo přetahy vozidel v rámci napěťových výluk. Oficiálně možnost kompatibility pravděpodobně nikde zmiňována nebyla (tato úvaha je tedy pouze spekulativní), může však být jedním z důvodů, proč bylo vybráno právě spřáhlo Scharfenberg. Kompatibilita by se pravděpodobně týkala pouze mechanické a pneumatické části, pro základní

použití je to však dostatečné. Případně by se teoreticky dalo specifikovat rozdílné umístění spojek napájení a datového vedení u nákladního a osobního spřáhla, které by umožnilo mít lokomotivy vybavené univerzálním spřáhlem pro kompletní propojení. V nákladní dopravě by takovéto řešení usnadnilo vícečlenné řízení lokomotiv, v současnosti však nejsou signály o tom, že by se něco takového připravovalo.

Z pohledu navrhovaného rychlého nákladního vozu je potenciální kompatibilita zajímavá pro možnost provozu smíšených vlaků. Tyto vlaky by sice (minimálně zpočátku) byly pravděpodobně tvořeny z většiny soupravami osobních vozů spojených pomocí šroubovek, v budoucnu by však mohlo dojít k přechodu na automatické spřáhlo i v případě osobních vozů.

Ačkoliv byl zvolen typ spřáhla (přesněji jeho hlavy), nebylo dosud zvoleno řešení jeho vypružení. Zde je možné použít některé z řešení uvedených v bodu 2.3.3.2, nebo nové řešení použité u spřáhla Schwab, zobrazené na obrázku 107. To využívá dvě velké pružiny a jednu menší umístěnou pod nimi. Takovéto provedení by mělo být hmotnostně příznivé a nevyžaduje příliš velký zástavbový prostor (patrně ze srovnání základního provedení a provedení pro zástavbový prostor dle UIC 530-1 na obrázku 107). Vzhledem k rozdílnému způsobu přenosu sil do konstrukce vozu (zejména příčných sil) je však nutné ověřit vliv tohoto vypružení například na riziko vykolejení (toto se týká zejména dvounápravových vozů). [108]



Obrázek 107: Vypružení spřáhla Schwab (zleva: základní, pro profil dle UIC 530-1, pro vozové jednotky) [108]

2.3.4 Přínosy Digitálního automatického spřáhla

Ačkoliv již přínosy byly nastíněny v předchozích odstavcích, přechod na DAK je finančně náročný projekt, u kterého bylo nutné detailněji prověřit bilanci nákladů a přínosů. V této podkapitole jsou popsány výsledky analýzy přínosů, finanční náklady jsou popsány v kapitole zabývající se jeho zavedením do provozu.

Určeno a ohodnoceno bylo celkem 28 možných benefitů (na německé síti), u kterých bylo hodnoceno, zda se jedná o přínos pro provozovatele dráhy (PD), dopravce (D) nebo vlastníky vozů (VV). Výsledky jsou shrnuty v tabulce 5.

Benefit	Přínos		Příjemce		
	ohodnocení [EUR/rok]	efekt	VV	PD	D
Omezení manuálních prací na seřaďovacích nádražích	25-35 mil.	vysoký			
Omezení posunování po zpětných odrazech na seřaďovacích nádražích	<1 mil.	nízký			
Zrychlení vlakotvorby	20-25 mil.	vysoký			
Delší vlaky	-	vysoký			
Těžší vlaky	25-35 mil.	vysoký			
Zrychlení vlivem režimu brzdění P	5-10 mil.	střední			
Snížení nákladů na údržbu díky nižšímu opotřebení dvojkolí vlivem bočních sil	1-5 mil.	nízký			
Snížení nákladů na údržbu eliminací údržby nárazníků	2-4 mil.	nízký			
Snížení nákladů na údržbu infrastruktury díky nižšímu opotřebení vlivem bočních sil od dvojkolí	-	střední			
Snížení hmotnosti vozu / zvýšení užitečného zatížení vozu vlivem úspory hmotnosti nárazníků	-	nízký			
Snížení hmotnosti vozu / zvýšení užitečného zatížení vozu vlivem změn konstrukce vozu	8-12 mil.	střední			
Zvýšení bezpečnosti proti vykolejení zvýšením přípustných podélných sil	-	nízký			
Zvýšení bezpečnosti práce posunovačů	4-6 mil.	vysoký			
Udržitelnost posunovacích operací při potížích s náborem nových zaměstnanců	4-6 mil.	střední			
Zvýšení rekuperace vlivem změněné podélné dynamiky vlaku	1 mil.	nízký			
Rozvoj nových segmentů trhu vlivem rychlejší přepravy a oběhů	25-35 mil.	vysoký			
Automatická zkouška brzd	50-60 mil.	vysoký			
Automatický výpočet brzdící váhy	-	nízký			
Prediktivní údržba díky palubnímu monitoringu	5-10 mil.	střední			
Efektivnější využití telematiky díky dostatečnému zásobování energií	2-5 mil.	nízký			
Zvýšení systémové rychlosti odstraněním přepínání mezi režimy brzdění G a P	-	nízký			
Kontrola integrity vlaku	10 mil.	vysoký			
Sledování ložení vozů	2-5 mil.	nízký			
Elektropneumatická brzda	8-12 mil.	vysoký			
Detekce vykolejení	-	střední			
Informace o řazení vozů	1-3 mil.	nízký			
Detekce stavu brzd (ruční, pneumatické)	2-4 mil.	nízký			
Palubní detekce horkoběžnosti ložisek	0,5-1 mil.	nízký			

POZN.: Příjemci benefitu vybarvení modře

Tabulka 6: Přínosy DAK [106]

Celkový potenciální přínos pro Německo je odhadován na 205-295 mil. EUR ročně. Potenciál pro EU27, Spojené království, Norsko a Švýcarsko byl odhadnut na základě cenové úrovně a přepravních výkonů na 758 mil. EUR (v Německu odpovídá potenciální přínos při přepočtu na tkm hodnotám 1 500-2 200 EUR/mil. tkm, např. v Polsku, České republice apod. byl na základě srovnání cenové úrovně s Německem odhadován přínos 800-1 200 EUR/mil. tkm, čímž byly následně vynásobeny přepravní výkony v dané zemi). [106]

Z tabulky 6 je zřejmé, že přínosy v podobě těžších vlaků a vyšší bezpečnosti pracovníků, které byly ve světě obecně brány jako stěžejní důvody pro zavádění automatických spřáhel, se na celkových odhadovaných přínosech podílí pouze přibližně 15 %. Mechanické a bezpečnostní aspekty celkem tvoří kolem 50 % přínosů, zbylých 50 % je dáno digitalizací. [106]

Z konstrukčního hlediska je zajímavý přínos v podobě možného snížení hmotnosti nových vozů. V případě optimalizace konstrukce pro automatické spřáhlo a použití lehkých materiálů lze vlivem jiného silového působení dosáhnout snížení hmotnosti vozu až o 1,2 t ve srovnání s vozem vybaveným šroubovkou a nárazníky. [106]

2.3.5 Přejít na Digitální automatické spřáhlo

V EU27, Spojeném království, Norsku a Švýcarsku je dle studie z roku 2019 celkem 712 265 nákladních vozů u 994 vlastníků. Z těchto vozů je 642 287 s normálním rozchodem, a z nich je přibližně 568 000 vozů součástí Všeobecné smlouvy o používání vozů (VSP). Z šetření mezi vlastníky cca 250 000 vozů vyplynulo, že 95-98 % jejich vozů je v souladu s přípravou pro automatické spřáhlo dle UIC 530-1. Na základě tohoto šetření bylo předpokládáno, že 95 % ze zmíněných 568 000 nákladních vozů je připraveno pro montáž automatického spřáhla dle UIC 530-1, tedy přibližně 539 600 vozů. V případě některých vozů není hospodárné jejich vybavení automatickým spřáhlem, např. kvůli stáří nebo provozu v ucelených soupravách. Na základě šetření mezi vlastníky vozů bylo zjištěno, že do těchto skupin lze zařadit zhruba 10-20 % vozů. Počet vozů pro montáž Digitálního automatického spřáhla byl tedy odhadnut na 432 000-485 000 vozů, přičemž celkový počet potřebných vozů může být snížen vlivem náhrady starších vozů novými s větší kapacitou a vyšší produktivitou vozů. [106]

Přejít na DAK by bylo možné realizovat i pouze u nových vozů, pak však by při současném počtu vozů a objemu výroby (v posledních letech cca 8 000 vozů ročně) tento proces trval

až 60 let. V plánu je tedy i přestavba starších vozů, přičemž celý přechod by se měl realizovat za dobu 6 let. [106]

Počet lokomotiv v Evropě pro provoz na síti s normálním rozchodem je 21 123. Vybavení 80 % z nich (podobně jako u nákladních vozů není účelné vybavovat novými spřáhly všechny) hybridními spřáhly odpovídá 17 000 lokomotiv. [106]

2.3.5.1 Smíšený provoz

Smíšený provoz může být jak současný provoz vozů s automatickým spřáhlem a šroubovkou, tak provoz automatických spřáhel s různým stupněm automatizace. Z hlediska smíšeného provozu se šroubovkami se předpokládá pokud možno oddělený provoz souprav, případně lze využít smíšené soupravy se spojovacími vozy vybavenými oběma spřáhly. Specifická situace nastává u seřadovacích nádraží. Simulace provozu ukazují na riziko jejich přetížení během migrační fáze z důvodu nutnosti oddělení vlakovtorby v případě vozů se šroubovkami a vozů s automatickými spřáhly. Kompatibilita lokomotiv by měla být zaručena použitím hybridního spřáhla. Při použití automatických spřáhel s různým stupněm automatizace je výhodné seřadit vozy za lokomotivou sestupně dle stupně automatizace, protože pak je možné výhody dané jejich vyšším stupněm automatizace alespoň omezeně využít (např. monitoring vozů). Výjimkou jsou soupravy s vozy se spřáhly se stupněm automatizace 4 a 5, kdy je možné plně využít výhody obou typů spřáhel. [106] [108]

2.3.5.2 Cena

Na základě dat z projektů „5L“ a „Innovativer Güterwagen“ byly s přihlédnutím k možným úsporám z rozsahu a výsledkům konzultací s výrobcí stanoveny následující cílové hodnoty pořizovacích nákladů (u nových vozů je odečtena úspora 1 500 EUR za nepoužité nárazníky na každém čele) [106]:

DAK pro starší nákladní vůz: 5 000 EUR (2 ks celkem 10 000 EUR)

DAK pro nový vůz (z výroby): 3 500 EUR (2 ks celkem 7 000 EUR)

Hybridní spřáhlo pro lokomotivy: 10 000 EUR (2 ks celkem 20 000 EUR)

Náklady na vybavení vozů další výbavou (senzory apod.) jsou odhadovány na 5 000 EUR/vůz. [106]

Náklady na zabudování do vozidel jsou pak následující [106]:

Doprava vozu do dílen:	500 EUR
Vybavení vozu DAK:	2 000 EUR
Doprava lokomotivy do dílen:	500 EUR
Vybavení lokomotivy hybridním spřáhlem:	4 800 EUR

Celkové náklady na vybavení jednoho vozu Digitálním automatickým spřáhlem a příslušenstvím jsou tedy v případě starších vozů až 17 500 EUR, což v kontextu ceny nákladních vozů, která se u jednoduchých nových dvoupodvozkových vozů běžně pohybuje ve vyšších desítkách tisíc EUR, není zanedbatelná částka. Uvedená cena je navíc pouze odhadem, někteří dopravci odhadují náklady vyšší (25 000-30 000 EUR/vůz) a zavádění Digitálního automatického spřáhla u nich vyvolává obavy. [106] [118] [119]

V případě lokomotiv jsou celkové náklady na jednu lokomotivu odhadovány na 25 300 EUR. Celkové náklady na přechod celého uvedeného vozového parku na Digitální automatické spřáhlo jsou pak předpokládány ve výši 6,4-8,6 miliard EUR. Dopravci, dopravní svazy a majitelé vozů pak dlouhodobě odhadují náklady na 6-10 miliard EUR. [106]

2.3.5.3 Návratnost

V případě základního scénáře, předpokládajícího přechod na DAK během 6 let (přibližně v období 2024-2030), je odhadovaná návratnost při 3% úrokové sazbě mezi 17 a 18 lety. Pozitivní je, že v případě prodloužení přechodu na 8 let dochází k prodloužení návratnosti pouze přibližně o rok. Kromě citlivosti na dobu přechodu byla prověřována i citlivost na snížení nákladů a změnu úrokových sazeb. V kontextu aktuální ekonomické situace poznamenané válkou na Ukrajině a následky koronavirové pandemie je zajímavý především vyšší odhad, počítající s 6% úrokem. V takovém případě by návratnost vzrostla na 22 až 23 let. Nutno zmínit, že bylo počítáno s roční inflací 1,4 %. Do porovnání nebyly zahrnuty úspory na externalitách, dané přechodem ze silniční dopravy na železniční dopravu (vlivem předpokládané vyšší konkurenceschopnosti železnice v důsledku zavedení DAK), na druhou stranu však nebyly zahrnuty ani vyšší náklady vyvolané současným provozem vozů se šroubovkami a automatickými spřáhly (např. nižší výkonnost seřaďovacích nádraží zmíněná v bodě 2.3.5.1). Podrobnější analýza CBA by mohla být k dispozici v souvislosti s revizí TSI. [106] [115]

3 Koncepce vozu

Na základě provedené rešerše bylo rozhodnuto, že navrhovaný vůz bude mít následující vlastnosti, jejich bližší popis je v následujících odstavcích:

Základní koncepce:

- podvozkový vůz s dvounápravovými podvozky
- jednopodlažní koncepce s rovnou ložnou plochou v celém prostoru
- konstrukční obrys G1
- navrhováno jako nákladní poštovní vůz
- nárazníky a šroubovka

Základní parametry pojezdu:

- bezkolébkové podvozky
- primární i sekundární vypružení pryžokovovými prvky
- kotoučové brzdy
- elektropneumatická brzda

Přepravovaný náklad:

- rollkontejnery
- letecké přepravní jednotky (ULD) a případně jednotky od nich odvozené
- (náklad na europaletách)

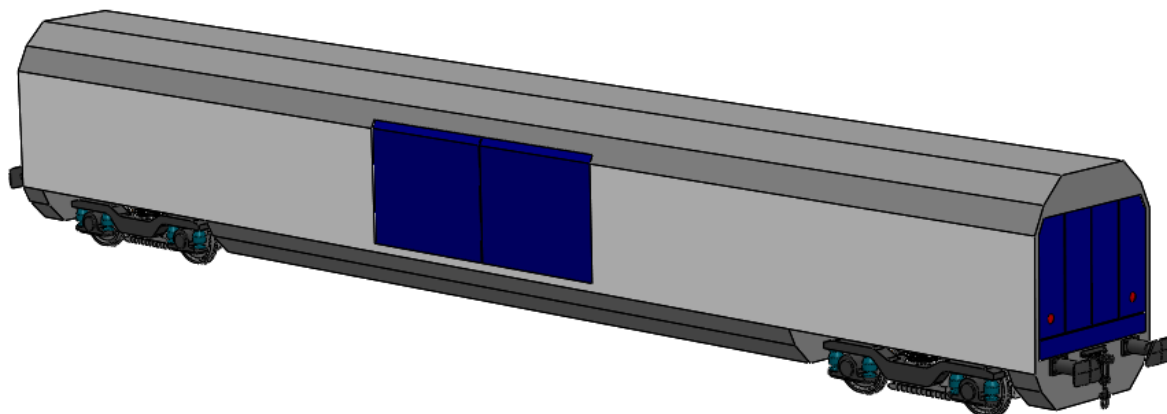
Manipulace s nákladem:

- boční vrata
- čelní vrata
- rolny v ložné ploše
- zajišťovací prvky pro ULD a ostatní náklad (rollkontejnery)

Provozní koncepce:

- provoz v ucelených vlacích
- provoz ve vlacích osobní dopravy

Typový výkres vozu je v příloze A.



Obrázek 108: Navrhovaný rychlý nákladní vůz

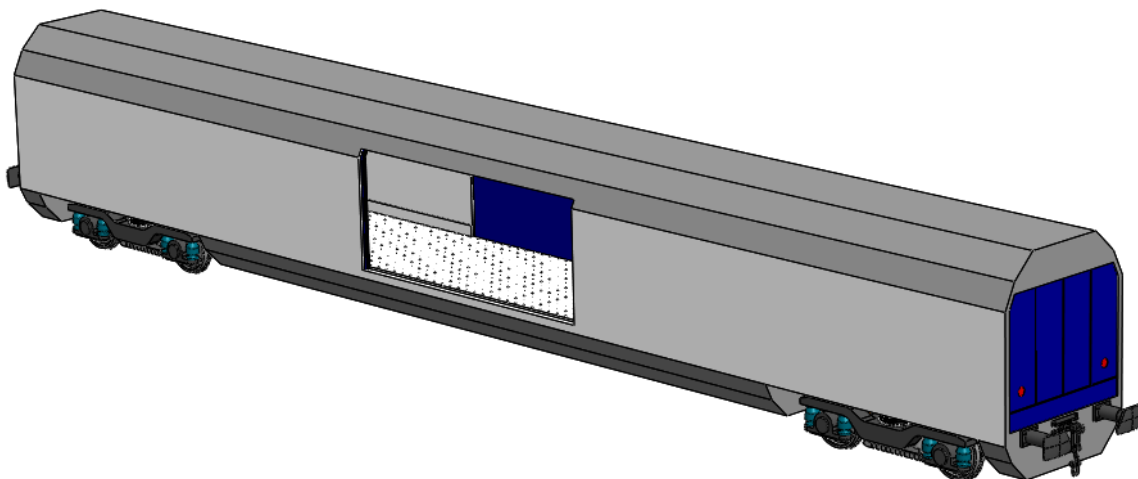
Pro navrhovaný vůz byla zvolena podvozková koncepce s dvounápravovými podvozků, protože podvozkové vozy s maximální rychlostí 200 km/h se běžně používají v osobní dopravě a v případě rychlých nákladních vlaků provozovaných rychlostí 200 km/h se také vždy jednalo o vozy s dvounápravovými podvozků. Z uvedené rešerše vyplývá, že jsou (nebo byly) provozovány nákladní vozy s rámovým pojezdem rychlostí 160 km/h, vyšší rychlost se však v případě rámového pojezdu nebo jednonápravového podvozku nevyskytuje ani u osobních vozidel (s výjimkou specifické koncepce firmy Talgo). Dosažení rychlosti 200 km/h u vozů s rámovým pojezdem nebo s jednonápravovými podvozků se tedy jeví jako značně nejisté (za přijatelných finančních nákladů). Jednopodlažní koncepce s rovnou ložnou plochou byla zvolena vzhledem ke konstrukční jednoduchosti a možnosti jednoduché manipulace s nákladem. Při použití čelních vrat je navíc možný přesun nákladu mezi vozy (může být výhodné v případě krátké nakládací hrany). Konstrukční obrys G1 byl zvolen pro umožnění provozu na infrastrukturu v rámci Evropy pokud možno bez zvláštních výjimek, neboť se předpokládá provozování těchto vozů na delších trasách, které jsou v Evropě vzhledem k velikosti států mezinárodní ve značném počtu případů. Vůz je navrhován jako poštovní nákladní vůz (tzn. bez obsluhy), protože nákladní vozy pro rychlost 200 km/h nejsou uspokojivě zahrnuty v současné legislativě, a navíc to zjednoduší případný provoz smíšených vlaků. Vzhledem k dosud nestanoveným specifikacím Digitálního automatického spřáhla a nejasné situaci ohledně jeho kompatibility s osobní dopravou je u vozu uvažováno standardní spřáhovací a narážecí ústrojí, tvořené šroubovkou a nárazníky (ve variantě pro osobní dopravu se zdvihem 650 mm). Pro usnadnění budoucí případné montáže automatického spřáhla byla nicméně zvolena minimální úroveň středů talířů nárazníků 960 mm nad temenem kolejnice.

Z rešerše vyplývá, že provoz rychlé železniční nákladní dopravy vyžaduje sofistikovanější podvozky, jejichž součástí je například kolébka, tlumiče vrtivých pohybů nebo sekundární vypružení. U daného vozu byla zvolena mechanicky jednodušší bezkolébková konstrukce s primárním a sekundárním vypružením pomocí pryžokovových prvků, které mají progresivní charakteristiku a díky vnitřnímu útlumu mohou do určité míry přispět k tlumení. Vzhledem k očekávaným brzdným výkonům a současnému trendu omezování hluku byla zvolena kotoučová brzda, která je pro rychlejší účinek, ovládání a kompatibilitu s osobními vozy řešena jako brzda elektropneumatická. Pojezd je detailněji řešen v kapitole 4.

Předpokládaným dominantním přepravovaným nákladem jsou poštovní zásilky, při jejichž pozemních přepravách se dnes často využívají rollkontejnery a v případě leteckých přeprav letecké přepravní jednotky (ULD). V navrhovaném voze je proto uvažováno zejména s přepravou těchto dvou skupin přepravních jednotek. Uvedené přepravní jednotky je možné využít i při jiných přepravách (léky, náhradní díly, zkazitelné potraviny). Tyto skupiny přepravních jednotek pokrývají dostatečný rozsah velikostí přepravovaných nákladů – rollkontejnery jsou dobře využitelné i pro menší počet menších zásilek, ULD pak umožňují hromadnější přepravy menších zásilek i přepravu nákladů o velikosti osobního automobilu a hmotnosti i nižších jednotek tun. V budoucnu by v případě dostatečného využití mělo být možné i vytvoření speciálních přepravních jednotek na základě ULD, které by byly optimalizované pro rychlou železniční přepravu. V úvahu připadá i přeprava nákladů na europaletách.

Pro nakládku jsou uprostřed vozu na každém boku navržena široká dvoukřídlá vrata (na obrázku 108 modře, otevřená na obrázku 109). Jejich křídla se zasouvají směrem dovnitř a v uzavřeném stavu se opírají o konstrukci vozu, aby bylo zabráněno jejich nežádoucímu otevření např. vlivem lakového působení v tunelech. Dovnitř se zasouvají i nakládací vrata nákladní vysokorychlostní jednotky CRRC (obrázek 20, opětovně zobrazen na další straně). Dále je vůz vybaven čelními vraty pro umožnění čelní nakládky a přesunu nákladu mezi jednotlivými vozy, pokud např. není k dispozici dostatečně dlouhá nakládací hrana. Vrata jsou řešena podobně jako u vozů pro přepravu automobilů Hcmmqqr, provozovaných ve Finsku (obrázek 34 v 1. kapitole) rychlostí 160 km/h. Horní část vrat navrženého vozu je tvořena dvěma dvoudílnými křídly (obrázek 109), spodní část se vyklápí směrem dolů na nárazníky (kvůli kontaktu s talíři nárazník nelze prodloužit křídla až po spodní hranu). Vevnitř ve voze je na každém čele složená rampa pro přemostění mezery. Ložná plocha vozu je vybavena velkým množstvím rolen pro manipulaci s nákladem bez kol (ULD, europalety) a potřebným

zajišťovacími prvky (blíže se jim věnuje část 2.1.2.2). Pro zajištění rollkontejnerů se předpokládají nasazovací příčníky a popruhy (hlavně v prostoru středních vrat), zobrazené na obrázcích v části 2.1.2.1. [15] [35]



Obrázek 109: Navrhovaný nákladní vůz s otevřenými bočními vraty



Obrázek 20 (opětovné zobrazení): Dveře nákladového prostoru vysokorychlostní jednotky CRRC [15]

Z provozní hlediska se předpokládá jak provoz ucelených vlaků, tak použití vozů ve smíšených vlacích. Výhodou provozu ve smíšených vlacích je možnost dosažení vyšší frekvence spojů a tím zvýšení atraktivity systému, může to nicméně vést k určitým provozním komplikacím (sladění potřeb cestujících a požadavků na vykládku a nakládku nákladu).

Maximální nápravové zatížení bylo zvoleno 17 t, což představuje hodnotu požadovanou např. pro jízdu po francouzských vysokorychlostních tratích. Technické údaje vozu jsou uvedeny v tabulce 7, další údaje jsou v typovém výkrese v příloze A. [1]

Délka vozu přes nárazníky	25 300 mm
Délka skříně vozu	24 000 mm
Vzdálenost otočných čepů	18 400 mm
Šířka skříně vozu	2 800 mm
Výška vozu	4 000 mm
Rozvor podvozku	2 500 mm
Rozchod	1 435 mm
Průměr kol	920 mm
Konstrukční obrys	G1
Maximální rychlost	200 km/h
Ložná plocha*	56 m ²
Ložný objem*	113 m ³
Výška ložné plochy nad temenem kolejnice (náklad na rolnách)	1 200 mm
Délka ložné plochy	23 000 mm
Šířka ložné plochy	2 450 mm
Hmotnost prázdného vozu	32 t
Užitečné zatížení vozu	36 t
Maximální hmotnost vozu	68 t
Maximální nápravové zatížení	17 t

Tabulka 7: Technické parametry navrženého vozu

3.1 Uspořádání vozu

V této části jsou popsány a zdůvodněny rozměry vozu z pohledu uživatelských potřeb. Ty byly posuzovány v kontextu rozměrů daných legislativou ve formě konstrukčního obrysu, který je popsán v části 3.2. Z praktických důvodů (odkazování na tabulku) jsou výsledné hodnoty pro zvolenou konfiguraci uvedeny již v této části v tabulce 8. Tabulka 8 obsahuje souhrn rozměrů rollkontejnerů a ULD z tabulek 1 a 2 a celkový počet těchto jednotek, který lze daných jednotek naložit do navrženého vozu ve zvolené konfiguraci.

Pokud je možné přepravovat více jednotek vedle sebe, pak je před jejich názvem uveden jejich počet. *Max. hmotnost* se pak vztahuje na součet všech těchto jednotek umístěných ve voze vedle sebe. *Počet jednotek celkem* nicméně udává počet samotných jednotek. **Oranžově** jsou zobrazeny případy, kdy není možné plně využít maximální hmotnost přepravních jednotek, **červeně** jsou zobrazeny hodnoty vylučující použití v daném voze, **tmavě žlutě** jsou označeny maximální výšky nákladu na paletách (mohou být loženy na nižší výšky) a **zeleně** jsou označeny výhodné hodnoty z pohledu využití šířky vozu. Přepravní jednotky podbarvené šedě není možné přepravovat v navrženém voze. Přepravní jednotky podbarvené zeleně jsou oproti jiným jednotkám zajímavé z pohledu rozměrů, tvaru a rozšíření na trhu (POZN.: zeleně jsou podbarvené jen jednotky, které lze ve voze přepravovat).

Typ přepravní jednotky	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]	Max. hmotnost [kg]	Počet jednotek celkem [1]	Ložení vozu [kg]
2x Wanzl 1 000 x 1 200	1 000	2 400	1 900	1 800	40	36 000
3x Wanzl 1 200 x 800	1 200	2 400	1 900	2 700	51	45 900
2x Wanzl 800 x 1 200	800	2 400	1 900	1 800	50	45 000
2x Wanzl 1 000 x 1 200 DHL	1 000	2 400	1 800	1 260	40	25 200
3x K.Hartwall York roll container	850	2 010	1 500	750	72	18 000
3x Rollkontejner Mercitalia Fast	710	2 400	1 800	900	84	25 200
LD-1	1 534	2 337	1 626	1 588	13	22 232
LD-2	1 534	1 562	1 626	1 225	13	17 150
LD-3	1 534	2 007	1 626	1 588	13	22 232
LD-3 Reefer	1 534	2 007	1 626	1 588	13	22 232
LD-4	1 534	2 438	1 626	2 449	13	34 286
LD-6	4 064	1 534	1 626	3 175	5	15 875
LD-7	3 175	2 235	1 626	4 626	6	32 382
LD-7 with Folding Wings	3 988	2 235	1 626	5 000	5	25 000
LD-7 with Angled Wings	3 988	2 235	1 626	5 000	5	25 000
LD-8	3 175	1 534	1 626	2 450	6	17 150
LD-9	3 175	2 235	1 626	6 000	6	42 000
LD-9 Reefer	3 175	2 235	1 626	6 000	6	42 000
LD-11	3 175	2 235	1 626	3 176	6	22 232
LD-26	4 064	2 235	1 626	6 033	5	30 165
LD-29	4 724	2 235	1 626	6 033	4	24 132
LD-29 Reefer	4 724	2 235	1 626	6 033	4	24 132
LD-39	4 724	2 438	1 626	5 035	4	20 140
M-1	3 175	2 438	2 438	6 804	6	47 628
M-1H	3 175	2 438	2 997	6 800	6	47 600
M-2	6 058	2 438	2 438	11 340	3	34 020
M-6	6 058	2 438	2 438	11 340	3	34 020
M-6 (118°H)	6 058	2 438	2 438	11 340	3	34 020
M-6 Twin Car Rack	4 978	2 438	-	8 900	4	35 600
MDP	4 978	2 438	2 438	11 300	4	45 200
PLA Half Pallet	3 175	1 534	1 626	3 175	6	22 225
PMC/P6P Pallet	3 175	2 438	1 626-2 997	?	6	?
PNA Half Pallet	1 626	2 438	1 626	2 449	13	31 837
Demi	1 575	2 235	2 007	3 016	13	39 208
HMA stall	3 175	2 235	1 626	3 500	6	24 500
Type A Pen	3 175	2 235	2 438	?	6	?

Tabulka 8: Přepravní kapacita navrženého vozu [14] [72] [73] [74] [75] [80]

3.1.1 Šířka nákladového prostoru

U dlouhého podvozkového vozu lze počítat s možností šířkou ložné plochy menší než 2 700 mm. Bylo tedy posouzeno, kolik přepravních jednotek daného typu lze umístit vedle sebe, aniž by byla překročena tato hodnota. V případě ULD není možné jich umístit více vedle sebe, v případě rollkontejnerů je to u daných typů možné vždy. Z pohledu ULD je dostačující šířka 2 438 mm. V případě rollkontejnerů je až na jedinou výjimku možné všechny efektivně narovnat na plochu širokou 2 400 mm (pro typ K.Hartwall York roll container by byla vhodná šířka 2 550 mm).

Na základě těchto dat byla zvolena šířka ložné plochy 2 450 mm, ve vyšších částech má pak nákladový prostor šířku 2 600 mm (která je ale omezována zajišťovacími prvky) a u stropu se mírně zužuje. Rozměry jsou uvedeny v příloze A.

3.1.2 Výška nákladového prostoru

Pro přepravu rollkontejnerů je dostatečná ložná výška 2 000 mm. V případě ULD se vyskytují hodnoty 1 626 mm, 2 007 mm, 2 438 mm, 2 997 mm. Vzhledem k tomu, že dvě nejvyšší hodnoty se vyskytují u širokých ULD, není je možné (při přihlédnutí ke konstrukčnímu obrysu) přepravovat v dlouhém podvozkovém nákladním voze s rovnou ložnou plochou ve výšce 1 200 mm nad temenem kolejnice. V případě nižších ULD k problému nedochází. Pro výsledné vybrané přepravní jednotky je postačující vnitřní výška vozu 2 100 mm., vzhledem k dostupnému prostoru však byla zvolena výška 2 200 mm (nicméně není dostupná v celé ložné šířce). Tato hodnota se týká ULD a jiných přepravních jednotek využívajících k pohybu rolny v ložné ploše (např. europalety), v případě rollkontejnerů s vlastním pojezdem je dostupná výška o 10 mm větší (rolny o 10 mm vystupují). Ložná plocha pro ULD je ve výšce 1 200 mm nad temenem kolejnice (T.K.), ložná plocha pro rollkontejnery je ve výšce 1 190 mm nad T.K. Tloušťka konstrukce s rolnami je 50 mm (resp. 40 mm mimo rolny) nad základní podlahou vozu [120].

3.1.3 Délka nákladového prostoru

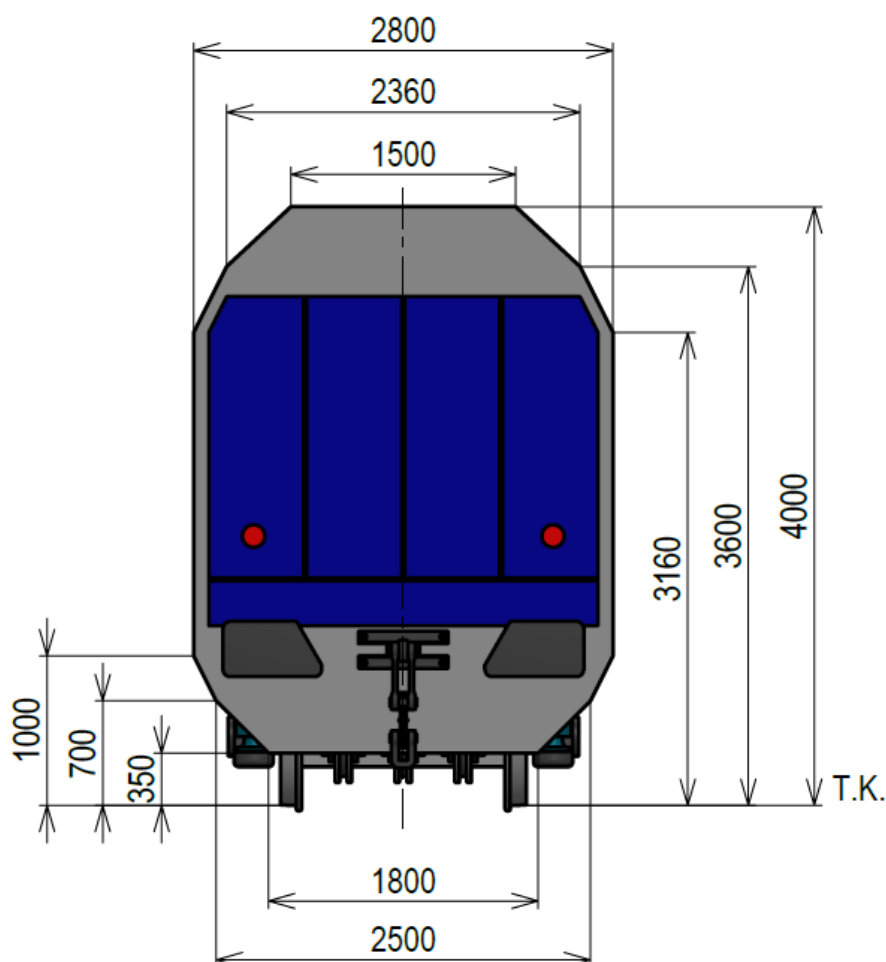
Délka nákladového prostoru byla zvolena s ohledem na vnitřní šířku umožněnou konstrukčním obrysem a snahu o maximalizaci přepravní kapacity. Při návrhu byla délka každé přepravní jednotky zvětšena o hodnotu 100 mm, vyčleněnou pro její zajištění. Na každém čele vozu je vyčleněno 500 mm délky skříně pro čelní vrata a složenou rampu pro překonání mezivozové mezery při čelní nakládce. Ložná plocha je tedy o 1 000 mm kratší než délka skříně vozu.

3.1.4 Boční vrata pro nakládání

Konstrukce bočních vrat již byla popsána v úvodu části 3. Z pohledu rozměrů jsou kritickým nákladem velké ULD. Ty největší mají rozměry 20stopého námořního kontejneru a tedy délku 6 058 mm, takto velké jsou ale pouze tři typy, z nichž jeden je pro přepravu v navrženém voze příliš vysoký. Následují typy s délkou 4 978 mm, 4 724 mm, 4 064 mm, 3 988 mm, 3 175 mm, 1 575 mm a 1 534 mm. Počet typů s délkou v rozmezí 4 000-5 000 mm je již poměrně vysoký, světlá šířka vrat tedy byla zvolena na 5 100 mm. Samotná vrata jsou pak široká 5 200 mm.

3.2 Konstrukční obrys

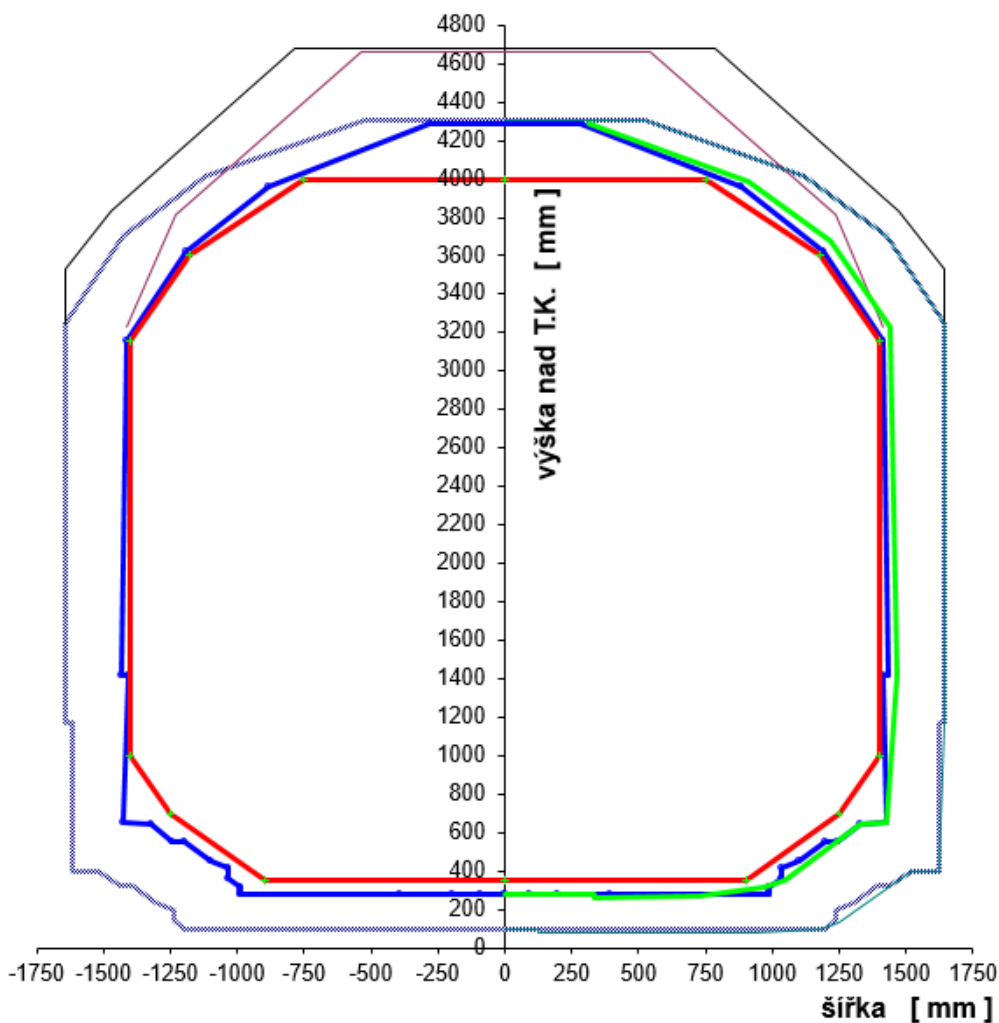
Konstrukční obrys byl vypočítán s využitím programu doc. Ing. Josefa Koláře, CSc. [121]. Na obrázku jsou uvedeny výsledné rozměry skříně vozu v příčném řezu, grafické výstupy kontroly obrysu uprostřed skříně a na představku jsou uvedeny v grafech 9 a 10.



Obrázek 110: Rozměry skříně navrhovaného vozu v příčném řezu

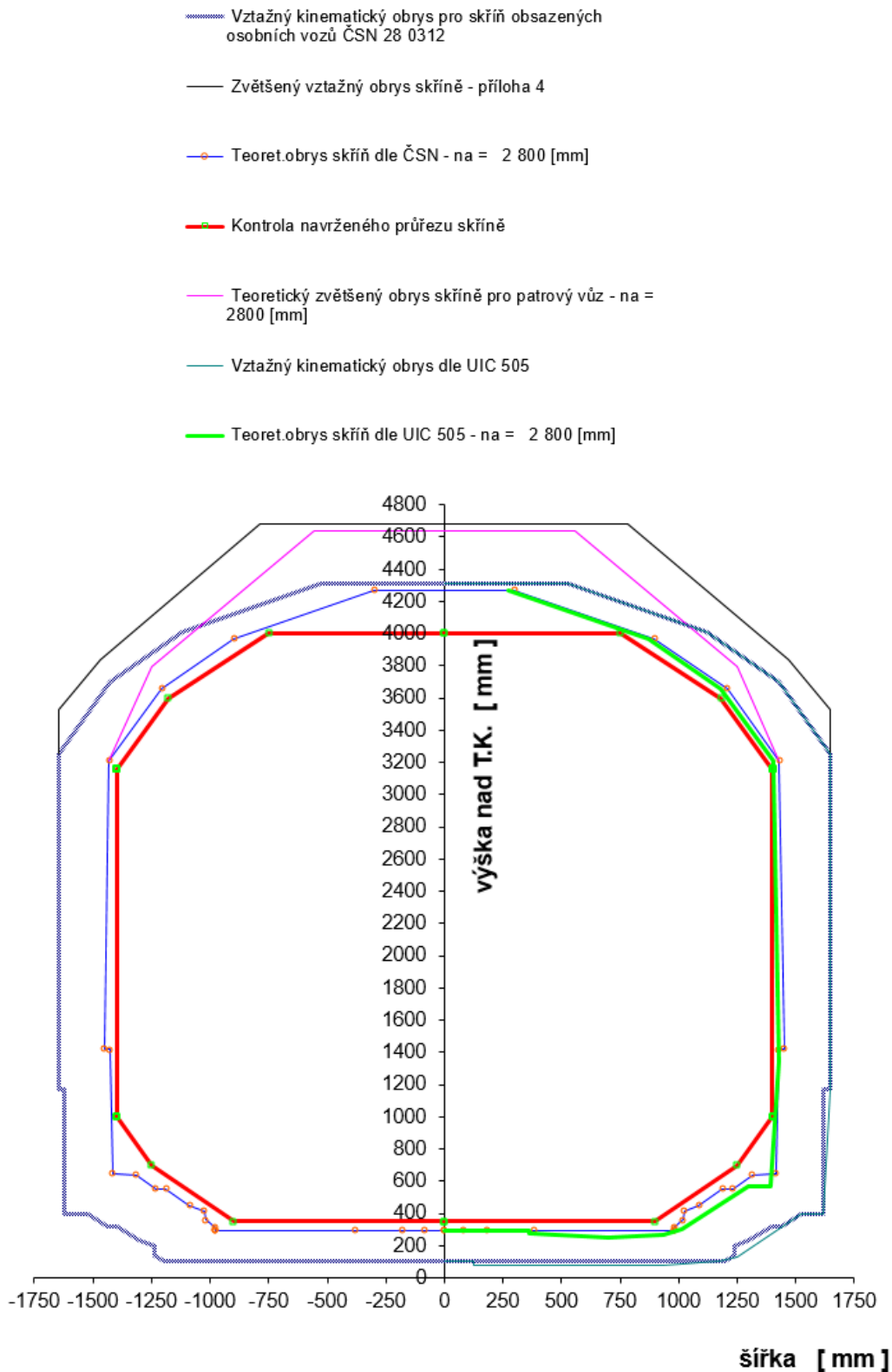
**Kinematický obrys pro konstrukci
skříně vozu dle ČSN 28 0312**
(situace uvnitř vzdáleností středů podvozků)

- Vztažný kinematický obrys pro skříně obsazených osobních vozů ČSN 28 0312
- Zvětšený vztažný obrys skříně - příloha 4
- Teoret. obrys skříně dle ČSN - ni = 9 200 [mm]
- Kontrola navrženého průřezu skříně
- Teoreticky zvětšený obrys skříně pro patrový vůz - ni = 9200 [mm]
- Teoret. obrys skříně dle UIC 505 - ni = 9 200 [mm]
- Vztažný kinematický obrys dle UIC 505



Graf 9: Kontrola konstrukčního obrysu uprostřed vozu v programu doc. Koláře [121]

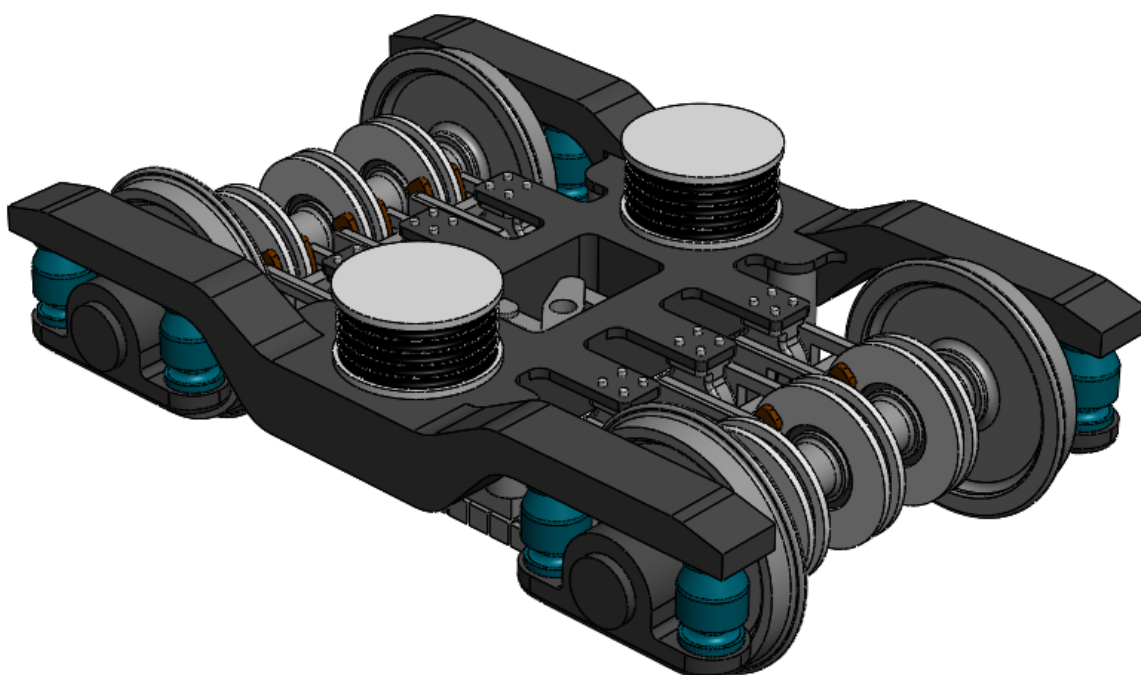
**Kinematický obrys skříně
vozu dle ČSN 28 0312
(situace na představku skříně vozidla)**



Graf 10: Kontrola konstrukčního obrysu na představku vozu v programu doc. Koláře [121]

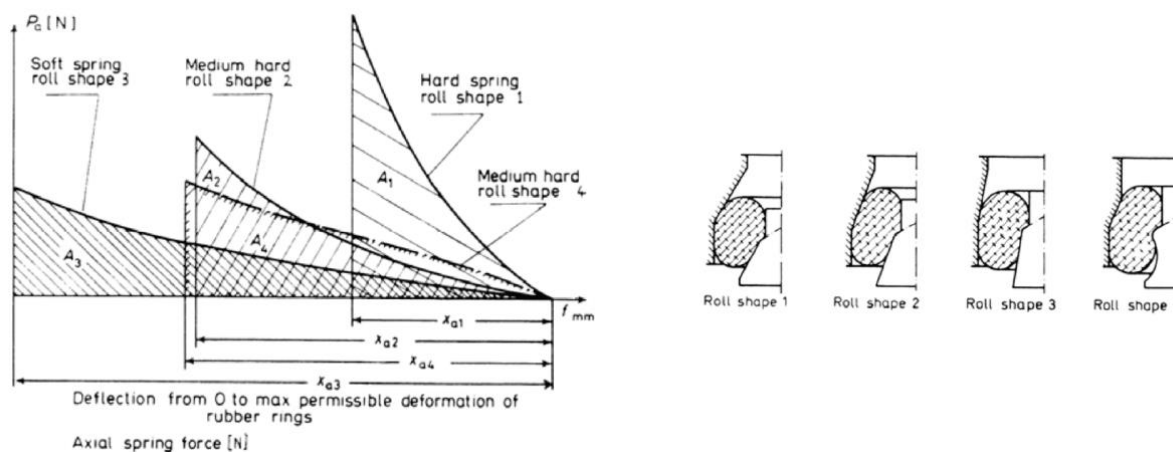
4 Koncepce pojezdu

Jak již bylo uvedeno dříve, pojezd vozu je řešen dvounápravovými podvozky s dvoustupňovým vypružením pomocí pryžokovových pružin. Koncept podvozku je zobrazen na obrázku 111. Rám podvozku je řešen jako otevřený tvaru písmene H. Každá náprava je na základě analýzy z části 4.2 vybavena třemi brzdovými kotouči, a dále je podvozek vybaven ještě magnetickou kolejnicovou brzdou. Bližší popis brzd je uveden v části 4.2. Přenos podélných sil je na obrázku řešen lemniskátovým mechanismem, může však použito i levnější řešení, bude-li vyhovující. Při návrhu obrysu se počítalo s proměnnou příčnou vůlí, nárazka na obrázku není zobrazena.



Obrázek 111: Koncept podvozku navrhovaného vozu

Primární vypružení je řešeno pomocí odvalovacích pružin (clouth rolling spring, clouth rollferder). Charakteristiku těchto pružin je možné přizpůsobit kromě změny materiálu pryže i změnou geometrie kovových částí, jak je patrné z grafu 11. Tento typ pružin byl zvolen kvůli progresivní charakteristice, vnitřnímu útlumu a vzhledem k použití mimo jiné na rychlých nákladních podvozcích DRRS je očekávána i určitá vhodnost pro nákladní dopravu z hlediska ceny a údržby. Na obrázku 111 nejsou zobrazeny tlumiče, počítá se však s jejich využitím, protože vnitřní útlum pryže není příliš velký.



Graf 11: Závislost charakteristiky odvalovací pružiny na její geometrii [122]

Sekundární vypružení je tvořeno válcovými pryžokovovými pružinami s horizontálně orientovanými plechy. Důvodem volby této koncepce je progresivní charakteristika, vnitřní útlum pryžokovových pružin a rozdílná tuhost tohoto typu pružin při namáhání na smyk (příčné pohyby a natáčení podvozku) a na tlak (přenos svislých sil). V prvotním návrhu je pružina orientována zcela svisle a má tedy stejnou tuhost při namáhání v podélném směru (natáčení podvozku) i příčném směru (příčné výchylky podvozku), v případě potřeby odlišné tuhosti je možné pružiny naklopit nebo použít jinak tvarovanou pružinu (např. obdélníkovou s tvarovanými plechy). Stejně jako v případě primárního vypružení ani u sekundárního vypružení nejsou na obrázku 111 zobrazeny tlumiče. V případě sekundárního vypružení se předpokládá použití tlumičů vrtění a tlumičů příčných pohybů. Tlumení svislých pohybů je v sekundárním vypružení v prvotním návrhu uvažováno pouze prostřednictvím vnitřního útlumu pružin. Pokud by se toto řešení ukázalo jako nedostatečné, je možné podvozek doplnit i o tyto tlumiče.

4.1 Návrh vypružení

V následujících podkapitolách je pouze okomentován postup a výsledky, výpočty jsou provedeny ve výpočtovém souboru v příloze B a dokumentovány v příloze C.

4.1.1 Návrh svislého vypružení

Pro účely návrhu svislého vypružení byl vůz modelován jako dvouhmotová soustava. Využitelný prostor pro deformaci byl určen z rozdílu mezních dovolených výšek nárazníků, od kterých byly odečteny tolerance montáže nárazníků a ojetí kol. Mezní výška osy nárazníků nad temenem kolejnice byla zvolena 960 mm, protože vůz není vybaven přechodovými můstky

(s nimi by byl požadavek 980 mm), ale je připraven pro použití automatického spřáhla (jinak by postačovalo 940 mm). Výsledný využitelný prostor pro deformaci svislého vypružení je 80 mm.

Výsledný prostor pro deformaci byl rozdělen mezi primární (50 mm) a sekundární (30 mm) vypružení. Na základě těchto hodnot a hmotnostních parametrů (tabulka 9) byly vypočítány tuhosti vypružení (tabulka 10). V obou stupních jsou použity pryžokovové pružiny s progresivní charakteristikou s exponenciálním průběhem.

Hmotnost prázdného vozu	m_0	32 000 kg
Maximální nápravové zatížení	m_n	17 t
Užitečné zatížení vozu	m_u	36 000 kg
Hmotnost podvozku	m_p	7 000 kg
Hmotnost neodpružených hmot podvozku	m_{pn}	2 500 kg
Hmotnost primárně odpružených hmot podvozku	m_{po1}	4 500 kg
Zatížení primárního vypružení prázdného vozu	m_{pr1}	27 000 kg
Zatížení sekundárního vypružení prázdného vozu	m_{pr2}	18 000 kg
Užitečné zatížení jednoho podvozku	m_{uz}	18 000 kg
Zatížení primárního vypružení loženého vozu	m_1	63 000 kg
Zatížení sekundárního vypružení loženého vozu	m_2	54 000 kg

Tabulka 9: Hmotnostní parametry vozu (v příloze C jako tabulka C1)

	Ložený vůz	Prázdný vůz
Tuhost primárního vypružení	10 473 110 N/m	4 488 476 N/m
Tuhost sekundárního vypružení	19 399 296 N/m	6 466 432 N/m
Tuhost jedné pružiny primárního vypružení	654 569 N/m	280 530 N/m
Tuhost jedné pružiny sekundárního vypružení	4 849 824 N/m	1 616 608 N/m
Souběžné vlastní frekvence netlumené soustavy	1,42 Hz	1,50 Hz
Protiběžné vlastní frekvence netlumené soustavy	4,37 Hz	4,14 Hz

Tabulka 10: Svislé vypružení vozu

Pro navržené vypružení byly spočítány vlastní frekvence souběžných a protiběžných kmitů. Vzhledem k tomu, že se jedná o nákladní vůz, byla požadována frekvence v rozmezí 1-3 Hz. Tento požadavek byl splněn (tabulka 10).

Primární i sekundární vypružení navrhovaného vozu má progresivní charakteristiku a oba stupně jsou tlumené. Určení optimálního tlumení jednotlivých stupňů vypružení je v takovémto případě komplikované, proto bylo přistoupeno k aproximaci modelu na soustavu s jedním stupněm vypružení s lineární charakteristikou, pro kterou bylo poté spočítáno vhodné tlumení. Následně bylo vypočítáno, jaké tlumení by musely mít dva sériově zapojené tlumiče, aby měly stejný účinek, a tyto hodnoty byly použity pro celkové tlumení v primárním i sekundárním stupni vypružení. Takto vypočítaná hodnota celkového tlumení každého stupně vypružení vychází na 122 061 Ns/m. Nutno zmínit, že se jedná pouze o velmi hrubé určení a pro další práci je nutné tyto hodnoty upřesnit např. na základě simulací.

Pro potřeby výpočtu obrysu je nutné spočítat maximální možné stlačení pružin. Celkový rozsah deformace (až na narážku) byl spočítán jako součet prostoru pro deformaci daného stupně vypružení a nárůstu deformace při 1,3násobku hmotnosti maximálně loženého vozu. V primárním vypružení vychází tato hodnota 65,48 mm a v sekundárním 37,16 mm. Pro výpočty obrysu byly na základě těchto hodnot zvoleny hodnoty 67 mm a 39 mm.

4.1.2 Bezpečnost proti vykolejení na zborcené koleji

Kontrolou bezpečnosti proti vykolejení se zabývá norma ČSN EN 14363:2016. Cílem je ověřit, zda je vozidlo schopné bezpečně projet po zborcené koleji, tedy zda je pojezd vozidla schopen se zborcené koleji přizpůsobit, nebo hrozí jeho vykolejení kvůli našplhání okolku (např. v důsledku příliš tuhého primárního vypružení nebo velkého odporu podvozku proti natočení). [123]

V této práci byla ze tří v normě definovaných metod zkoušení použita metoda 2, která posuzuje riziko vyšplhání okolku podle poměru vodorovné vodící síly Y a svislé kolové síly Q . Metoda 2 využívá dvě dílčí zkoušky, které jsou popsány v následujícím odstavci. V této práci byla zkouška provedena pouze výpočetně, proto byla nejvyšší povolená hodnota poměru Y/Q snížena o 10 % z hodnoty 1,2 na 1,08. Výpočty jsou uvedeny v příloze B a C. [123]

V první zkoušce se vozidlo umístí na zkušební stav, který simuluje zborcenou kolej přizvedáváním a snižováním jednotlivých kol. Měří se nejmenší hodnota svislé kolové síly. Druhá zkouška spočívá v měření vodící kolové síly Y při průjezdu po modelovém nepřevýšeném oblouku. Jak bylo zmíněno, předmětem posuzování je poměr vodící síly Y a nejmenší svislé kolové síly Q , který musí být menší než požadovaná hodnota. Při příliš velkém poměru by mohlo dojít ke kontaktu okolku s kolejnicí s dostatečným přitlakem,

kteřý by při dostatečně nízké svislé kolové síle vedl k nebezpečnému našplhání okolku. Určitá hodnota našplhání okolku je povolena (5 mm), což je zohledněno ve výpočtu zkušební zborcení. V rámci metody 2 jsou posuzovány přímo kritické veličiny (oproti metodě 3), které ovšem nejsou měřeny přímo v kritické situaci (na rozdíl od metody 1). Limitní hodnoty metody 2 tedy jsou tedy oproti metodě 3 méně konzervativní, stále jsou však konzervativnější než v případě metody 1. [123]

Pro posouzení bylo v této práci nejprve vypočítáno zkušební zkroucení dvojkolí a podvozku. Následně byly pro vypočítané hodnoty zborcení spočítány změny kolových sil při daných geometrických parametrech vozu a použitém vypružení.

V náhradě druhé dílčí zkoušky byla spočítána řídicí síla v oblouku pomocí Heumannovy metody, z ní byla následně byla spočítána vodorovná vodící síla Y .

Poměr Y/Q_{min} je u navrhovaného vozu 0,852 a je tedy menší než požadovaná hodnota 1,08; navrhované vypružení tedy vyhovuje požadavkům bezpečnosti proti vykolejení podle metody 2 dle ČSN EN 14363:2016. Hodnoty některých používaných veličin jsou uvedeny v tabulce 11.

Zkušební zkroucení podvozku	g_{lim}^+	5,00 ‰
Zkušební zkroucení skříně	g_{lim}^*	2,82 ‰
Výsledná změna kolové síly	ΔQ	8 899 N
Tíha působící na jedno kolo vozu	Q_0	39 240 N
Řídicí síla P dle Heumannovy metody	P	41 554 N
Vodorovná vodící síla Y	Y	25 858 N
Poměr $\frac{Y}{Q_{min}}$	$\frac{Y}{Q_{min}}$	0,852

Tabulka 11: Posouzení bezpečnosti proti vykolejení na zborcené koleji

4.1.3 Návrh příčného vypružení

Příčné vypružení je u navrhovaného vozu řešeno příčnou poddajností pryžokovových pružin svislého vypružení. Pro zjednodušení bylo modelováno s lineární charakteristikou a oba stupně vypružení byly řešeny nezávisle na sobě.

Uvažováno je silové působení vlivem nevyrovnaného příčného zrychlení, jehož hodnota byla stanovena s ohledem na požadavek na vysokou rychlost vozu na 1 m/s². Pro dynamické účinky

a vliv bočního větru byla uvažována rezerva 20 % dostupné příčné vůle mezi podvozkem a skříní vozu při plném ložení.

Pro výpočet tlumení byla z působící síly vypočítána ekvivalentní hmotnost, která by vyvolala stejné silové působení ve svislém směru v tíhovém poli Země. Předpokládají se shodné parametry tuhosti v horizontální rovině, tedy v příčném i podélném směru vzhledem ke skříní vozu. Výpočty jsou v přílohách B a C, některé výsledky jsou rovněž uvedeny v tabulce 12 níže. Hodnoty tlumení i příčného vypružení je pro další užití nutné optimalizovat s využitím simulací.

Příčná tuhost primárního vypružení	128 000 000 N/m
Příčná tuhost sekundárního vypružení	1 227 273 N/m
Příčná tuhost jedné pružiny primárního vypružení	8 000 000 N/m
Příčná tuhost jedné pružiny sekundárního vypružení	306 818 N/m
Příčné tlumení primárního vypružení	453 326 Ns/m
Příčné tlumení sekundárního vypružení	41 096 Ns/m

Tabulka 12: Příčné vypružení vozu

4.2 Parametry brzdy

Parametry brzdy byly počítány pro čtyři stavy vozu a pojezdu:

- 1) Ložený vůz s novými koly (průměr kol 920 mm)
- 2) Prázdný vůz s novými koly (průměr kol 920 mm)
- 3) Ložený vůz s opotřebovanými koly (průměr kol 840 mm)
- 4) Prázdný vůz s opotřebovanými koly (průměr kol 840 mm)

V následujících podkapitolách je popsán postup a shrnuty výsledky, samotné výpočty jsou uvedené v přílohách B a D.

4.2.1 Jízdní odpor

Jízdní odpory brzdí jedoucí železniční vozidla bez ohledu na účinky brzdícího systému. Jedná se například o odpory v ložiskách nebo aerodynamický odpor. Běžně se vyjadřují jako kvadratická rovnice, kde proměnnou je rychlost. Vzhledem k závislosti na rychlosti hodnota jízdních odporů při brzdění postupně klesá. Pro ohodnocení vlivu jízdních odporů při brzdění je možné použít střední jízdní odpor, který lze vypočítat například pomocí

vztahu (1) uvedeného v normě ČSN EN 14531-1:2005 (na tuto verzi v EN variantě odkazují v rámci návrhu brzd TSI LOC&PAS [96]). [124]

$$F_{Ra} = A + \frac{2}{3} \cdot B \cdot v + \frac{1}{2} \cdot C \cdot v^2 \quad (1)$$

V uvedeném vzorci (1) je v původní rychlost vozidla (z které brzdí do zastavení) a A , B a C jsou konstanty specifické pro každé vozidlo, přičemž se jedná o stejné konstanty, které daná norma uvádí v obdobném vzorci pro výpočet jízdního odporu při jízdě konstantní rychlostí. [124]

Pro účely tvorby jízdního řádu obsahuje český předpis V7 výpočtové vztahy pro stanovení jízdních odporů různých skupin vlaků, přičemž vzorce pro výpočty jízdních odporů při jízdě konstantní rychlostí mají stejnou strukturu, jako vzorec v uvedené normě ČSN EN 14531-1:2005, avšak s číselnými hodnotami konstant (vztaženými na tíhu vlaku). Na základě těchto informací byl v této práci pro výpočet jízdních odporů použit vzorec (1) a konstanty dosazeny hodnoty z předpisu V7 (po aktualizaci v roce 1992) pro vlaky kategorie R s kotoučovými brzdami. Výsledný vzorec (2) je uveden níže, jeho konkrétní aplikace je uvedena v příloze D. Užitím uvedeného vzorce nicméně vzniká nepřesnost, protože např. aerodynamický odpor nezávisí na hmotnosti vozidel. [124] [125]

$$F_{Ra} = \left(1,803 + \frac{2}{3} \cdot 0,0005 \cdot v + \frac{1}{2} \cdot 0,000233 \cdot v^2 \right) \cdot \frac{68\,000 \cdot 9,81}{1\,000} \quad (2)$$

Při brzdění z rychlosti 200 km/h je v případě loženého vozu dle (2) střední jízdní odpor 4 356 N.

4.2.2 Potřebný brzdňý účinek

Brzdící schopnosti vlaku se vyjadřují pomocí brzdících procent, která udávají poměr brzdné váhy a hmotnosti vlaku. Brzdící procenta vlaku se porovnávají s brzdícími procenty předepsanými pro jednotlivé úseky tratí, po kterých vede jeho trasa. Není-li brzdící schopnost vlaku dostatečná pro jízdu traťovou rychlostí, musí jet sníženou rychlostí, předepsanou pro dosaženou hodnotu brzdících procent. Potřebná brzdící procenta se pro jednotlivé úseky tratí stanovují podle použitých zábrzdňých vzdáleností, traťových rychlostí, zabezpečovacího zařízení a trasování tratí.

Podle brzdících procent při různých rychlostech je v informativním dodatku B normy EN 14198:2016 (tuto verzi uvádí TSI LOC&PAS v souvislosti s návrhem brzdy samostatňých vozů [96]) definováno 10 kategorií vlaků. Jako cílová hodnota pro provoz vozu

bez omezení ložení byla zvolena hodnota 210 % při rychlosti 200 km/h, která je na rozhraní kategorií R_{\max} a R_{\min} . Brzdicí procenta je možné přepočítat na zábrzdnu dráhu pomocí vztahů uvedených v normě ČSN EN 16834:2019, které byly využity i v této práci. [126] [127]

Potřebný brzdňý účinek musí být dosažen při poměru brzdňé a tíhové síly nejvýše 0,15. Vozidla s maximální rychlostí vyšší než 150 km/h a vozidla využívající při rychlosti vyšší než 30 km/h poměr brzdňé a tíhové síly vyšší než 0,11 musí být dle TSI LOC&PAS vybavena protismykovým zařízením, což se týká i navrhovaného vozu. [96]

4.2.3 Maximální brzdňý účinek adhezního brzdění

Vzhledem k definovanému maximálnímu poměru brzdňé a tíhové síly je maximální brzdňá síla na obvodu kol definována hmotností vozu. Od takto definované hodnoty byly odečteny jízdní odpory (ačkoliv zejména při vyšších rychlostech je dominantní aerodynamický odpor, který se neprojeví na styku kolo-kolejnice, a odpory v ložiskách jsou kompenzovány nutností brzdít rotační hmoty, je takto vytvořena v prvotním návrhu určitá rezerva). Dále bylo zohledněno, že maximální brzdňá síla na obvodu kol nesmí být překročena ani při opotřebovaných kolech, kdy v případě brzdění kotoučovou brzdou vlivem zachování momentu brzdňá síla na obvodu kol roste – maximální brzdňá síla při nových kolech byla omezena tak, aby nedošlo k překročení mezního poměru brzdňé a tíhové síly ani při kolech opotřebovaných.

○Součinitel rotačních hmot byl odvozen od údajů pro nákladní vozy, uvedených v normě ČSN EN 14531-1:2005. Pro ložené nákladní vozy s koly o průměru 920 mm je uveden součinitel rotačních hmot 1,02. Vzhledem k tomu, že u navrhovaného vozu bylo předpokládáno použití dvou až tří brzdových kotoučů na každé nápravě a ložený vůz má oproti běžným nákladním vozům nižší hmotnosti, byl součinitel rotačních hmot v případě loženého vozu stanoven na 1,05. V případě prázdného vozu byl zvýšen nepřímo úměrně na v závislosti na změně hmotnosti vozu. [124]

Doba náběhu brzdy byla na základě normy EN 14198:2016 stanovena na 6 s, což je doba, která je v dané normě uvedena pro vozy v režimu brzdy „R“ vybavené snímačem ložení. [126]

4.2.4 Maximální brzdná síla vyvíjená jedním kotoučem

Kromě maximální možné brzdné síly na styku kolo-kolejnice může být limitní i brzdný účinek brzdy vozidla, bylo proto řešeno i toto omezení. Pro vůz je vzhledem k navržené maximální rychlosti uvažován brzdový systém používaný u osobních vozů. Pro posouzení potřebného počtu brzdových kotoučů byly zvoleny následující údaje, které byly převzaty z [128], převod pákoví byl zvolen 1,5 na základě možného rozsahu v [129].

Technické údaje brzdové jednotky (pro jeden kotouč) [128] [129]:

Maximální tlak v brzdové jednotce:	$p = 380\,000\ Pa$
Plocha pístu brzdové jednotky:	$S = 0,03243\ m^2$
Síla v pružině:	$F = 1\,300\ N$
Účinnost pákoví:	$\eta = 0,94$
Převod pákoví:	$i = 1,5$
Součinitel tření:	$f_K = 0,35$
Třecí poloměr:	$r_t = 233\ mm$
Průměr kol:	$d = 920/840\ mm$

4.2.5 Brzdný účinek magnetické kolejnicové brzdy

Pro vozy s vyšší rychlostí než 160 km/h vyžaduje česká legislativa (vyhláška 173/1995 Sb.) použití magnetické kolejnicové brzdy. Norma EN 14198:2016 vyžaduje použití neadhezních brzd při více než 170 brzdících procentech. Navrhovaný vůz je tedy vybaven magnetickou kolejnicovou brzdou. Magnetická kolejnicová brzda se vypíná při rychlostech nižších než 50 km/h. Součinitel tření mezi magnetickou kolejnicovou brzdou a kolejnicemi byl vypočítán podle vztahu uvedeného v [128]. Pro výpočet byla zvolena byla magnetická kolejnicová brzda dodávaná firmou Alfa Union s přítlakem 84 kN [131]. [126] [130]

4.2.6 Brzdný účinek s 2 kotouči na nápravě a magnetickou kolejnicovou brzdou

Při posuzování brzdících schopností bylo nutné rozlišit oblast, ve které je využívána magnetická kolejnicová brzda a ve které využívána není. Výpočty jsou uvedeny v přílohách B a D, výsledky jsou posouzení jsou uvedeny v tabulce 13. Z nich je zřejmé, že v případě použití dvou brzdových kotoučů na nápravu a uvažovaných brzdových jednotek nesplňuje ložený vůz cílovou hodnotu 210 brzdících procent při rychlosti 200 km/h.

Stav vozu			ložený	prázdný	ložený	prázdný
Kola			920 mm	920 mm	840 mm	840 mm
brzdná síla v intervalu rychlostí 200-50 km/h	$F_{B200-50}$	[N]	78 234	72 962	82 433	72 962
brzdná síla v intervalu rychlostí 50-0 km/h	F_{B50-0}	[N]	48 444	43 172	52 643	43 172
zpomalení v intervalu rychlostí 200-50 km/h	$a_{B200-50}$	[m/s ²]	1,10	2,05	1,15	2,05
zpomalení v intervalu rychlostí 50-0 km/h	a_{B50-0}	[m/s ²]	0,68	1,22	0,74	1,22
doba zpomalení 200-50 km/h	$t_{B200-50}$	[s]	38,03	20,28	36,09	20,28
doba zpomalení 50-0 km/h	t_{B50-0}	[s]	20,47	11,43	18,84	11,43
doba do zastavení (na zábrzdě dráze)	t_z	[s]	61,5	34,7	57,9	34,7
ekvivalentní zpomalení (na zábrzdě dráze)	a_{Zekv}	[m/s ²]	0,90	1,60	0,96	1,60
brzdná dráha	s_B	[m]	1 463	784	1 384	784
zábrzdě dráha	s_Z	[m]	1 629	950	1 551	950
brzdící procenta	λ	[%]	165	291	174	291
brzdě váha	B	[t]	112	93	118	93

Tabulka 13: Brzdě účinek s 2 kotouči na nápravu a magnetickou kolejnicovou brzdou

4.2.7 Brzdný účinek se 3 kotouči na nápravě a magnetickou kolejnicovou brzdou

V případě tří brzdových kotoučů byl zvolen stejný výpočetní postup jako v případě dvou kotoučů (popsán v přílohách B a D). V této variantě bylo dosaženo 211 brzdících procent a splňuje tedy cíl definovaný v části 4.2.2 (210 %).

Stav vozu			ložený	prázdný	ložený	prázdný
Kola			920 mm	920 mm	840 mm	840 mm
brzdná síla v intervalu rychlostí 200-50 km/h	$F_{B200-50}$	[N]	100 278	72 962	106 576	72 962
brzdná síla v intervalu rychlostí 50-0 km/h	F_{B50-0}	[N]	70 488	43 172	76 786	43 172
zpomalení v intervalu rychlostí 200-50 km/h	$a_{B200-50}$	[m/s ²]	1,40	2,05	1,49	2,05
zpomalení v intervalu rychlostí 50-0 km/h	a_{B50-0}	[m/s ²]	0,99	1,22	1,08	1,22
doba zpomalení 200-50 km/h	$t_{B200-50}$	[s]	29,67	20,28	27,91	20,28
doba zpomalení 50-0 km/h	t_{B50-0}	[s]	14,07	11,43	12,91	11,43
doba do zastavení (na zábrzdě dráze)	t_z	[s]	46,7	34,7	43,8	34,7
ekvivalentní zpomalení (na zábrzdě dráze)	a_{Zekv}	[m/s ²]	1,19	1,60	1,27	1,60
brzdná dráha	s_B	[m]	1 128	784	1 059	784
zábrzdě dráha	s_Z	[m]	1 294	950	1 226	950
brzdící procenta	λ	[%]	211	291	223	291
brzdě váha	B	[t]	143	93	152	93

Tabulka 14: Brzdě účinek se 3 kotouči na nápravu a magnetickou kolejnicovou brzdou

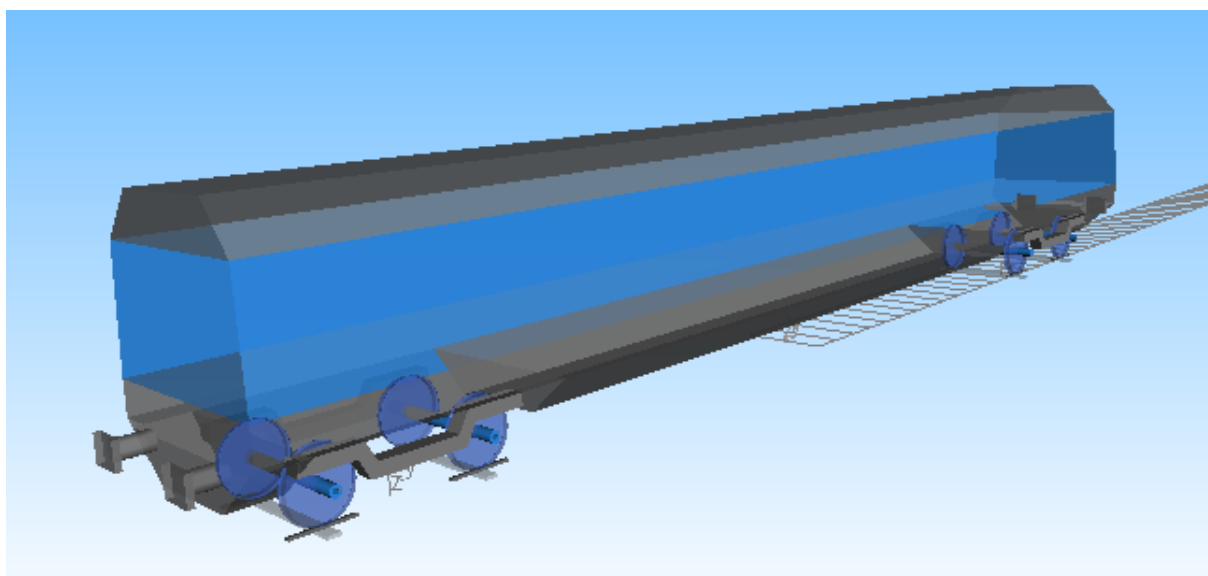
4.3 Jízdě-technické zkoušky

Jízdě-technické zkoušky jsou druhým souborem zkoušek definovaných normou EN 14363:2016 (verze předepsaná v TSI LOC&PAS [96]), následují po souboru zkoušek statických a zkoušek prováděných v malých rychlostech (např. bezpečnost proti vykolejení na zborcené koleji). Cílem je posouzení chování vozidla za jízdy na infrastruktuře s definovanými parametry, které jsou voleny tak, aby pokrývaly většinu možných situací

na železniční síti (z pohledu jízdně-technických parametrů). Posouzení se provádí při prvním schvalování typu vozidla nebo pro rozšíření jeho schválení. Obecně se vždy musí využívat traťové zkoušky, v některých definovaných případech je nicméně možné využít simulace. Traťové zkoušky se také nemusí provádět u nákladních vozů se standardizovaným pojezdem podle normy EN 16235. Měření je možné provádět úplnou nebo zjednodušenou metodou (po splnění definovaných podmínek). Naměřené hodnoty se následně statisticky vyhodnocují. [132]

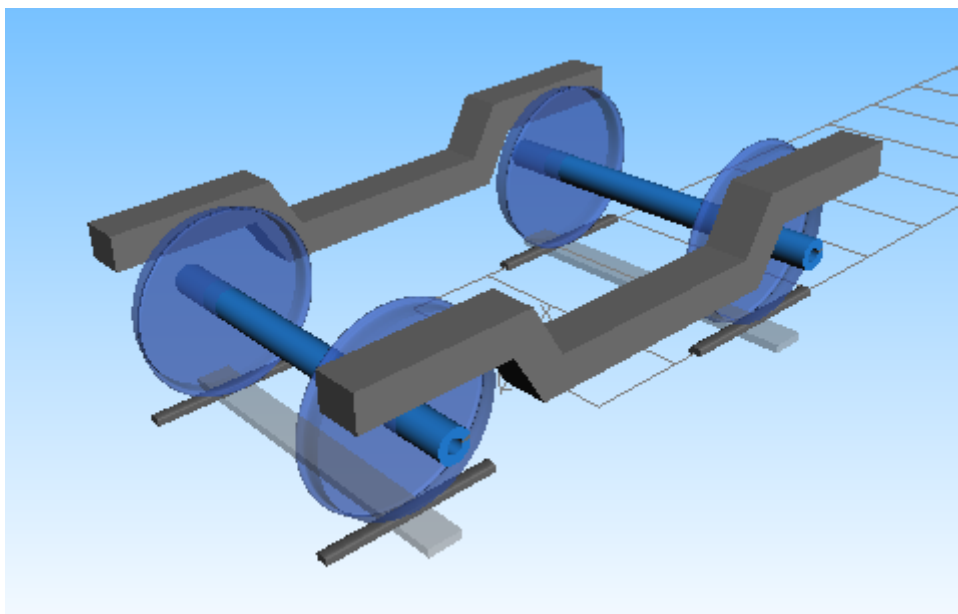
4.3.1 Model vozu v MBS Simpack

Principem modelování je vytváření zjednodušeného obrazu reality, který zachovává vlastnosti objektu potřebné pro daný účel, a naopak zanedbává vlastnosti, které pro daný účel nemají opodstatnění, a v případě jejich zohlednění dokonce mohou bez užitku zvyšovat nárok na výpočetní výkon. V případě navrhovaného modelu pro simulace jízdně-technických zkoušek je potřeba podrobnost v úrovni setrvačných vlastností oddělených hmotných celků a vymezení jejich vzájemných pohybů a ovlivňování. Byl vytvořen jednoduchý model vozu v MBS Simpack.



Obrázek 112: Model vozu v MBS Simpack

4.3.2.1 Model podvozku



Obrázek 113: Model podvozku v MBS Simpack

Tělesa

Model podvozku se skládá v základu ze tří těles: dvou dvojkolí a rámu. Pro snadnější připojení na skříň je možné podvozek doplnit ještě (téměř) nehmotným tělesem, které zabezpečuje spojení. Vzhledem k nedostatečné podrobnosti modelu podvozku byly momenty setrvačnosti odhadnuty.

		Dvojkolí	Rám
Hmotnost [kg]		1250	4500
Momenty setrvačnosti [kg·m ²]	I _x	800*	2000*
	I _y	100*	3000*
	I _z	800*	3000*
Souřadnice těžiště [m]	x _t	0	0
	y _t	0	0
	z _t	-0,46	-0,65*

*odhad

Tabulka 15: Parametry těles podvozku

Silové prvky

Primární vypružení:

Tuhost [N/m]	svislá	Prázdny vůz		Ložený vůz	
		561 059	1 309 139		$k_{1-kolo} = m_{1-kolo} \cdot g \cdot 16,946$
	příčná	16 000 000			
	podélná	16 000 000			
Tlumení [Ns/m]	svislé	15 358			
	příčné	56 666			
	podélné	56 666			
Počet prvků/podvozek [1]		4			
Souřadnice dvojkolí [m]	x_d	1,25	1,25	-1,25	-1,25
	y_d	1	-1	1	-1
	z_d	-0,46	-0,46	-0,46	-0,46
Souřadnice rám [m]	x_r	1,25	1,25	-1,25	-1,25
	y_r	1	-1	1	-1
	z_r	-0,71	-0,71	-0,71	-0,71
Stlačení na narážku [m]		0,067			
Příčná vůle [m]		0,005			

Tabulka 16: Parametry primárního vypružení

Sekundární vypružení:

Tuhost [N/m]	svislá	Prázdný vůz	Ložený vůz
		1 616 608	4 849 824
			$k_{2-pruzina} = m_{2-pruzina} \cdot g \cdot 36,62$
	příčná	306 818	
	podélná	306 818	
Tlumení [Ns/m]	svislé	30 515	
	příčné	10 274	
	podélné	10 274	
Počet prvků/podvozek [1]		2	
Souřadnice rám [m]	x _r	0	0
	y _r	0,75	-0,75
	z _r	-0,6	-0,6
Souřadnice skříň [m]	x _r	9,2	9,2
	y _r	0,75	-0,75
	z _r	-1	-1
Stlačení na narážku [m]		0,039	
Příčná vůle [m]		0,055	

Tabulka 17: Parametry sekundárního vypružení

Spojení podvozku se skříní:

Tuhost [N/m]	svislé	10 000 000
	příčné	10 000 000
	podélné	0
Tlumení [Ns/m]	svislé	0
	příčné	0
	podélné	0
Počet prvků/podvozek [1]		1
Souřadnice rám [m]	x_r	0
	y_r	0
	z_r	-0,65
Souřadnice skříně [m]	x_s	9,2
	y_s	0
	z_s	-1

Tabulka 18: Parametry spojení podvozku se skříní

Kontakt kolo-kolejnice – parametry dvojkolí a koleje:

Profil kola	S1002
Rozkolí [mm]	1 360
Průměr kola [mm]	920 mm
Typ kolejnice	UIC60
Sklon upevnění kolejnice	1:40
Rozchod koleje [mm]	1 435
Součinitel tření	0,4

Tabulka 19: Parametry kontaktu kolo-kolejnice

4.3.2.2 Model skříně

Vzhledem k nedostatečné podrobnosti modelu byly momenty setrvačnosti odhadnuty.

		Prázdný vůz	Ložený vůz
Hmotnost [kg]		18 000	54 000
Momenty setrvačnosti [kg·m ²]	I _x	120 000*	240 000*
	I _y	2 000 000*	4 000 000*
	I _z	2 000 000*	4 000 000*
Souřadnice těžiště [m]	x _t	0	0
	y _t	0	0
	z _t	-1,70*	-1,70*

*odhad

Tabulka 20: Parametry skříně vozu

Závěr

Cílem práce bylo navržení koncepčního řešení rychlého nákladního vozu, a to na základě rešerše existujících systémů, odhadu poptávky a analýzy požadavků ze strany uživatelů i legislativy. Dále bylo provedeno posouzení aktuálního stavu Digitálního automatického spřáhla a jeho možného využití v daném voze. Pro navržený vůz byla provedena kontrola konstrukčního obrysu, návrh vypružení a brzdy a posouzení bezpečnosti proti vykolejení na zborcené koleji. Na závěr byla provedena příprava modelu pro simulace jízdně-technických zkoušek.

Z rešerše provedené v první části práce vyplývá, že rychlá nákladní vozidla lze rozdělit na nákladní jednotky (konvenční i vysokorychlostní), obvykle vzniklé přestavbou jednotek osobních, dále vozy určené k provozu v osobních vlacích (vozy pro dálkové autovlaky, poštovní vozy) a rychlé nákladní vozy klasické stavby. Oproti běžným nákladním vozům mají uvedená vozidla složitější konstrukci pojezdu, spočívající např. v použití většího počtu tlumicích prvků nebo elektropneumatické kotoučové brzdy. Kromě toho mají nižší užitečné zatížení. Většina těchto vozidel je (nebo byla) využívána pro přepravu pošty.

Přeprava pošty byla určena jako nejperspektivnější oblast použití i v následné analýze poptávky. Tento segment přeprav v případě silniční dopravy neustále roste vlivem rozvoje e-commerce. Pokud by daný růst pokračoval, pak by v případě převodu 50 % silničních přeprav pošty na vzdálenost nad 500 km a 25 % silničních přeprav pošty na vzdálenost 300-499 km byl v roce 2030 v rámci EU27 prostor pro 1 500 vozů s vysokými denními proběhy a disponibilitou. Při uvedených podílech převedených přeprav by za stávajícího stavu došlo u přepravy pošty k převodu 27,4 % přepravních výkonů silniční dopravy na železnici, což odpovídá 0,78 % celkových přepravních výkonů silniční dopravy. Aktuální politické cíle jsou oproti uvedeným odhadům ambicióznější – požadují převod 75 % přepravních výkonů silniční dopravy na železnici a vodní cesty. Realnost těchto cílů je však diskutabilní, protože by to odpovídalo převodu veškerých silničních přeprav nad 150 km na uvedené druhy dopravy, takto velký přesun tedy nebyl uvažován. Uvažovaný podíl na přepravních výkonech je naopak blízký podílu 20 %, kterého má v plánu dosáhnout společnost DHL. Potenciál je i v případě převodu přeprav z letecké dopravy, oproti silniční dopravě je však při převodu 25 % vnitroeurospkých letů na železnici potřeba pouze necelá stovka vozů. Kromě přepravy poštovních zásilek je v případě rychlé železniční nákladní dopravy potenciál

i v přepravě zkazitelných potravin, farmaceutických produktů nebo náhradních dílů, tyto segmenty však pro nedostatek dat nebyly podrobně posuzovány.

Ve druhé části práce byly nejprve analyzovány požadavky zákazníků. Rychlá železniční nákladní doprava by měla být kompatibilní se stávajícími zaběhnutými systémy silniční a letecké přepravy pošty. V silniční dopravě se často využívají ruční klecové vozíky – rollkontejnery, v letecké dopravě pak letecké přepravní jednotky ULD. V případě ULD lze přepravovat i rozměrnější a těžší náklady. Obecně by pak vůz měl mít nízké provozní i pořizovací náklady.

Navazující analýza legislativy byla zaměřena zejména na oblast TSI. Z ní vyplývá, že rychlé nákladní vozy jsou do jejich stávající struktury obtížně zařaditelné – TSI WAG pro nákladní vozy se vztahuje jen na vozy s rychlostí do 160 km/h, TSI LOC&PAS se na nákladní vozy nevztahuje vůbec, s výjimkou vozů sloužících jako doplněk osobní dopravě (zavazadlové vozy, poštovní vozy, vozy pro přepravu automobilů v dálkových autovlacích). V úvahu připadá schválení navrhovaného vozu v některé z těchto TSI jako „inovativní řešení“, nebo schválení jako poštovní vůz v rámci TSI LOC&PAS. Vzhledem k tomu, že navrhovaný vůz by pravděpodobně přepravoval převážně poštu, konstrukčně se podobá osobním vozům a mohlo by být komerčně zajímavé ho provozovat i ve smíšených vlacích s vozy osobní dopravy (dosáhlo by se tak atraktivní frekvence spojů), bylo zvoleno řešení vozu jako vozu poštovního. Toto řešení by také usnadnilo provoz smíšených vlaků v tunelech, neboť v TSI SRT jsou na osobní vozy kladeny přísnější požadavky (např. požadavky na zachování schopnosti jízdy vozu i po určitou dobu požáru). Možnost provozu rychlých nákladních vozů také není vždy umožněna národní legislativou, to lze nicméně někdy řešit výjimkou.

Mimo jiné i v kontextu kompatibility nákladních a osobních vozů je zajímavý projekt Digitálního automatického spřáhla. Jedná se o spřáhlo, které by mělo umožnit automatické spojení nákladních vozů nejen po stránce mechanické, ale i propojení hlavních potrubí a elektrického a datového vedení mezi vozy. Integrace elektrického a datového vedení odlišuje tento projekt od snah o zavedení automatického spřáhla v Evropě v druhé polovině 20. století, přičemž benefity plynoucí z těchto funkcí tvoří přibližně polovinu z očekávaných přínosů, jejichž výše je v Evropě odhadována na 758 mil. EUR ročně. Odhady nákladů na přechod na Digitální automatické spřáhlo se pohybují kolem 6-10 miliard EUR a preferovaná doba přechodu je 6 let, přičemž by mělo jím mělo být vybaveno přibližně 80 % nákladních vozů volného oběhu. Lokomotivy by měly být vybaveny hybridními spřáhly. V září roku 2021 byly na základě první fáze testů ze čtyř zvažovaných variant zvoleny pro další testování dvě varianty

založené na spřáhle Scharfenberg Typ 10. Spřáhlo Scharfenberg Typ 10 je standardem u vysokorychlostních vozidel, konkrétní specifikace Digitálního automatického spřáhla však zatím nejsou známy, o případné kompatibilitě tedy lze zatím pouze spekulovat. V rámci revize TSI na přelomu let 2022 a 2023 by do TSI WAG a TSI LOC&PAS měl být přidán odkaz na technický dokument Evropské železniční agentury, definující základní požadavky.

Ve třetí části práce je navržena základní koncepce vozu a provedena kontrola obrysu. Vůz je koncipován jako podvozkový jednopodlažní nákladní vůz, vyhovující konstrukčnímu obrysu G1. S ohledem na přepravované náklady a limity konstrukčního obrysu byla délka vozu stanovena na 25 300 mm, přičemž vzdálenost otočných čepů je 18 400 mm a šířka 2 800 mm. Samotná skříň je dlouhá 24 000 mm a rozměry ložné plochy byly stanoveny na 23 000 x 2 450 mm. Součástí ložné plochy jsou rolny pro manipulaci s přepravními jednotkami bez pojezdu (např. ULD). Pro nakládání je vůz na každém boku vybaven dvoukřídlými vraty o světlé šířce 5 100 mm a dále vraty na čelech pro umožnění přesunu nákladu mezi vozy a čelní nakládku.

Pojezd vozu je tvořen dvounápravovými podvozky s rozvorem 2 500 mm a koly o průměru 920 mm. Primární vypružení je tvořeno pryžokovovými odvalovacími pružinami (clouth rolling spring, clouth rollfeder), sekundární vypružení je tvořeno pryžokovovými válcovými sloupky. Použity jsou tlumiče svislých pohybů primárního vypružení, tlumiče příčných pohybů sekundárního vypružení a tlumiče vrtivých pohybů. Přenos tažných sil je řešen lemniskátovým mechanismem. Použita je elektropneumatická brzda se třemi kotouči na každé nápravě a magnetická kolejnicová brzda. Takováto

Navržený vůz byl posouzen z pohledu bezpečnosti proti vykolejení na zborcené koleji metodou 2 podle ČSN EN 14363:2016. Vodicí síla Y byla stanovena pomocí Heumannovy metody. Navržený vůz vyhověl požadovaným hodnotám a ve zkoušce tedy obstál. Dále byla připravena data pro provedení simulací jízdně-technických zkoušek podle stejné normy v programu Simpack.

Z provedené analýzy poptávky vychází střední potenciál pro 1 500 vozů v roce 2030 při podílu železniční dopravy na přepravě pošty ve výši 27,4 %. Tato hodnota je blízka cíli společnosti DHL, kterým je zvednout podíl železniční dopravy z 6 % na 20 %. Navržený vůz tedy má zajímavý tržní potenciál, bylo tedy vhodné jeho konstrukci do budoucna detailněji rozpracovat, tedy provést podrobnější návrh konstrukce (pevnost, optimalizace tlumení) i simulace jízdně-technických zkoušek.

Zdroje

- [1] TROCHE, Gerhard. *High-speed rail freight: Sub-report in Efficient train systems for freight transport* [online]. Stockholm: KTH Railway Group, 2005 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: https://www.kth.se/polopoly_fs/1.87134!/Menu/general/column-content/attachment/0512_inlaga.pdf
- [2] WERNEC, Hans-Georg. *DB Cargo UK Class 325 EMU Royal Mail* [online]. DB Cargo UK, 2017, 20.11.2017 [cit. 2022-04-17].
- [3] BURRELL, David. Royal Mail Class 325 325003 - Stafford. In: *Flickr* [online]. 9.8.2018 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/dwbphotos/43244470704>
- [4] ROHLÍČEK, Vojtěch. *VYSOKORYCHLOSTNÍ TRATĚ: Vysokorychlostní přeprava pošty* [online]. 2012 [cit. 2022-04-20]. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní.
- [5] Swap bodies to carry mail by rail. *Railway Gazette* [online]. DVV Media International, © 2021, 23.6.2014 [cit. 2022-04-22]. Dostupné z: <https://www.railwaygazette.com/freight/swap-bodies-to-carry-mail-by-rail/39636.article>
- [6] EMMERICH, Mathias. *FRET GV RAIL HIGH SPEED CARGO IN FRANCE AND IN EUROPE* [online]. březen 2008 [cit. 2022-04-22]. Dostupné z: <https://silo.tips/download/fret-gv-rail-high-speed-cargo-in-france-and-in-europe>
- [7] Mecdepaname. TGV postal (Vollzug aus zwei Halbzügen). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 26.6.2007 [cit. 2022-04-22]. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/TGV_postal#/media/Datei:TGV_la_poste_3.jpg
- [8] Saturne. Innenraum eines TGV postal. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 24.11.2011 [cit. 2022-04-22]. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/TGV_postal#/media/Datei:TGV_Postal_interior.jpg

- [9] ROBERT, Martine. Des TGV fret pourraient voir le jour avant l'an 2000. *Les Echos* [online]. Les Echos, 2022, 27.2.1992 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.lesechos.fr/1992/02/des-tgv-fret-pourraient-voir-le-jour-avant-lan-2000-921710>
- [10] Fret GV prepares to launch. *Railway Gazette* [online]. DVV Media International, © 2021, 4.2.2008 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.railwaygazette.com/news/fret-gv-prepares-to-launch/32659.article>
- [11] *The European Very high speed Rail Freight Network* [online]. EURO CAREX, duben 2013 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://www.roissycarex.com/pdf/pressreview/112711760542_carex-pressreview.pdf
- [12] CRESPIAN, Jean-Michel. L'avenir est-il compromis pour Liège-Carex ?. *DH Les Sports+* [online]. Copyright © DHnet, 2022, 18.5.2022 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.dhnet.be/regions/liege/2022/05/18/lavenir-est-il-compromis-pour-liege-carex-DVSQALBKFFGTHKYUDLZ6G5V6LE/>
- [13] [IT] Video Mercitalia Fast: inside Italy's new high speed freight train. *DH Les Sports+* [online]. Sint-Oedenrode (The Netherlands): Railcolor-Ziemon, Copyright © 2001-2022, 29.10.2018 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://railcolornews.com/2018/10/29/it-video-mercitalia-fast-inside-italys-new-high-speed-freight-train/>
- [14] DE KEMMETER, Frédéric. Fast Mercitalia: parcels at 250km/h. *Mediarail.be – Rail Europe News* [online]. 7.11.2018 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://mediarail.wordpress.com/2018/11/07/fast-mercitalia-parcels-at-250km-h/>
- [15] Freight trains running at 350 km/h. *Cargo-partner* [online]. © cargo-partner [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://www.cargo-partner.com/trendletter/issue-25/highspeedrail-freight-in-china>
- [16] CRRC Tangshan unveils high speed freight train. *Railway Gazette* [online]. DVV Media International, © 2021, 24.12.2020 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://www.railwaygazette.com/high-speed/crrc-tangshan-unveils-high-speed-freight-train/58117.article>

- [17] BARROW, Keith. RZD develops plans for high-speed rail freight. *International Railway Journal* [online]. Copyright Simmons-Boardman Publishing, 2022, 18.10.2017 [cit. 2022-05-24]. Dostupné z: <https://www.railjournal.com/passenger/high-speed/rzd-develops-plans-for-high-speed-rail-freight/>
- [18] ABBOTT, James. ORION TARGETS FAST FREIGHT. *Modern Railways* [online]. Key Publishing, © 2022, 24.9.2020 [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://www.modernrailways.com/article/orion-targets-fast-freight>
- [19] WALTON, Simon. High-speed parcel deliveries via rail are back in the UK. *RailTech.com* [online]. Rotterdam The Netherlands: RailTech.com, © 2015–2022, 24.11.2021 [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: <https://www.railtech.com/rolling-stock/2021/11/24/high-speed-parcel-deliveries-via-rail-are-back-in-the-uk/?gdpr=deny&gdpr=accept>
- [20] *Orion* [online]. Orion, © 2022 [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: <https://orion.railopsgroup.co.uk/>
- [21] Swift Express Freight demonstrator to be tested. *Railway Gazette* [online]. DVV Media International, © 2021, 18.3.2021 [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: <https://www.railwaygazette.com/swift-express-freight-demonstrator-to-be-tested/58740.article>
- [22] Swift Express Freight EMU conversions agreed. *Railway Gazette* [online]. DVV Media International, © 2021, 19.11.2021 [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: <https://www.railwaygazette.com/uk/swift-express-freight-emu-conversions-agreed/60372.article>
- [23] NGT CARGO. *DLR Transport* [online]. Cologne Germany: © DLR Verkehr [cit. 2022-05-28]. Dostupné z: <https://verkehrsforschung.dlr.de/en/projects/ngt-cargo>
- [24] SCHUMANN, TILO, MICHAEL MOENSTERS, CHRISTIAN MEIRICH a BAERBEL JAEGER. *NGT CARGO – CONCEPT FOR A HIGH-SPEED FREIGHT TRAIN IN EUROPE* [online]. 2018-07-02, 555-565 [cit. 2022-05-28]. Dostupné z: doi:10.2495/CR180491

- [25] *VagonWEB* [online]. Pavel Dvořák [cit. 2022-05-30]. Dostupné z:
<https://www.vagonweb.cz/>
- [26] Starší aktuality. *Alan Butschek: Železniční zajímavosti* [online]. Alan Butschek, © 2001–2022 [cit. 2022-05-30]. Dostupné z:
https://www.alanbutschek.cz/text/akt_old.html
- [27] Vlaková pošta třídící zásilky při jízdě skončila před dvaceti lety. Přednost dostala velká centra. *ČT24* [online]. © Česká televize, 1996–2021, 29.5.2019 [cit. 2022-05-30]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/2827631-vlakova-posta-tridici-zasilky-pri-jizde-skoncila-pred-dvaceti-lety-prednost>
- [28] Vozy poštovní. *Alan Butschek: Železniční zajímavosti* [online]. Alan Butschek, © 2001–2022 [cit. 2022-05-30]. Dostupné z:
https://www.alanbutschek.cz/rady/rada_post.php
- [29] Poštovní čtyřnápravové vozy Postmw. *Parostroj* [online]. M. Černohorský, 2.2.2002 [cit. 2022-05-31]. Dostupné z:
https://www.parostroj.net/katalog/ov/clanky/vozy_Postmw/Postw.php3
- [30] DRNEC, Daniel. *Úloha autovlaků v dálkové železniční dopravě* [online]. Praha, 2020 [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/90691>.
Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní.
- [31] DRNEC, Daniel. *Železniční nákladní vůz pro přepravu osobních automobilů* [online]. Praha, 2019 [cit. 2022-06-02]. Dostupné z:
<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/90691>. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní.
- [32] ČD DD915. *VagonWEB* [online]. Pavel Dvořák, 2018 [cit. 2022-06-02]. Dostupné z:
https://www.vagonweb.cz/fotogalerie/CZ/CD_DDm915.php
- [33] Drehgestell Bauart Minden-Deutz: Einsatz im Intercity-Verkehr. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/Drehgestell_Bauart_Minden-Deutz

- [34] Vozy na přepravu aut typ DDm 916. *Parostroj* [online]. M. Černohorský, 5.5.2007 [cit. 2022-06-03]. Dostupné z:
https://www.parostroj.net/katalog/nv/clanky/Vozy_DDm/vozy_DDm.php3
- [35] Double deck car carrier. *Transtech* [online]. Oulu (Finland): © Copyright Škoda Transtech, 2021 [cit. 2022-06-03]. Dostupné z:
https://www.transtech.fi/products/double_deck_car_carrier
- [36] Finnish Hccmqqr / Gd wagons. *Groups.io* [online]. Groups.io, © 2022, 23.5.2018 [cit. 2022-06-03]. Dostupné z:
https://groups.io/g/uicstock/topic/finnish_hccmqqr_gd_wagons/19872245?p=,,20,0,0,0::recentpostdate%2Fsticky,,20,2,0,19872245
- [37] "Bilen med på togrejse." *Jernbanen.dk* [online]. Jernbanen.dk, Copyright © 2022, 2013 [cit. 2022-06-05]. Dostupné z:
<https://www.jernbanen.dk/forum2/index.php?mode=thread&id=4871>
- [38] DB DPw4ümg-56. *Sebtus - Dänische Eisenbahnen* [online]. Sebastian Tuschick [cit. 2022-06-05]. Dostupné z: http://www.sebtus.de/extern_db_dpw_56_dk8973.html
- [39] peter cheshire. *Motorail wagons* [online]. 7.6.2008 [cit. 2022-06-05]. Dostupné z:
<https://www.flickr.com/photos/40011/6304470530>
- [40] Autovlaky brázdí koleje už několik desetiletí. *Železničář* [online]. České dráhy, 2019, 17.10.2019, **26**(21) [cit. 2022-06-09]. železničář. Dostupné z:
https://zeleznicar.cd.cz/assets/zeleznicar/zeleznicar_21_2019.pdf
- [41] Versuchswagen "Railjet-Autotransporter" 07. *Railsi.com* [online]. Wien: Rail Services International Austria, říjen 2007 [cit. 2022-06-09]. Dostupné z:
<http://rsi.schabkar.com/shop/shop.php?detail=1264756155&back=1>
- [42] Österreichische Bundesbahnen (ÖBB). Příspěvek uživatele Daniel Drnec: Komentář Österreichische Bundesbahnen (ÖBB). In: Facebook [online]. USA: Facebook, © 2020, 24. 2. 2016 [cit. 2022-06-09]. Dostupné z:
<https://www.facebook.com/unsereOEBB/posts/1016641138374317>

- [43] LES WAGONS MARCHANDISES ET LA GRANDE VITESSE. LES ME 160. *DocRail* [online]. DocRail, © 2019 - 2022, 21.11.2020 [cit. 2022-06-11]. Dostupné z: <https://docrail.fr/les-wagons-marchandises-et-la-grande-vitesse/>
- [44] LES TRAINS DE MARCHANDISES ET LA GRANDE VITESSE. LES MV 160. *DocRail* [online]. DocRail, © 2019 - 2022, 3.12.2020 [cit. 2022-06-11]. Dostupné z: <https://docrail.fr/les-trains-de-marchandises-et-la-grande-vitesse-les-mv-160/>
- [45] LES TRAINS DE MARCHANDISES ET LA GRANDE VITESSE. LES MVGV. *DocRail* [online]. DocRail, © 2019 - 2022, 19.12.2020 [cit. 2022-06-12]. Dostupné z: <https://docrail.fr/les-trains-de-marchandises-et-la-grande-vitesse-les-mvgv/>
- [46] Podvozky Y25 a další. *Parostroj* [online]. M. Černohorský, 1.3.1999 [cit. 2022-06-14]. Dostupné z: <https://www.parostroj.net/technika/Y25/Y25.htm>
- [47] Güterwagen-Drehgestelle: Y 25 - Bauarten Y 33, (Y 35), Y 37, Y 39. *Güterwagen-Drehgestelle* [online]. Hermann Jahn, 22.9.2012 [cit. 2022-06-14]. Dostupné z: http://www.drehgestelle.de/6/Y25_ba33.html
- [48] InterCargoExpress. *Forschungs-Informationssystem* [online]. Bonn: Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), 26.2.2019 [cit. 2022-06-14]. Dostupné z: <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/402142/>
- [49] DRRSs-y bogie for rapid freight trains in Germany. *Railway PRO*. @RailwayPRO, 2013, leden 2013, 52-53 [cit. 2022-06-14]. ISSN 1841-4672.
- [50] Podvozek DRRS pro nákladní vozy. *Parostroj* [online]. M. Černohorský, 25.4.1999 [cit. 2022-06-14]. Dostupné z: <https://www.parostroj.net/technika/DRRS/DRRS.htm>
- [51] Drehgestell DRRS 25LD. *ELH Waggonbau Niesky GmbH* [online]. Niesky: ELH Waggonbau Niesky, Copyright ©2022 [cit. 2022-06-14]. Dostupné z: https://www.waggonbau-niesky.com//assets/files/downloads//WBN_Drehgestell_Datenblatt_dt.pdf
- [52] Drehgestell DRRS 25LD. *ELH Waggonbau Niesky GmbH* [online]. Niesky: ELH Waggonbau Niesky, Copyright ©2022 [cit. 2022-06-14]. Dostupné z: <https://www.waggonbau-niesky.com/produkte/drehgestelle/drehgestell-drrs-25ld/>

- [53] Pojezd dvounápravových nákladních vozů. *Parostroj* [online]. M. Černohorský, 15.5.1999 [cit. 2022-06-14]. Dostupné z:
<https://www.parostroj.net/technika/Lgnss/Lgnss.htm>
- [54] Real-time information applications and energy efficient solutions for rail freight: Deliverable 3.1 State-of-the-art and specification of innovations, demonstrations and simulations. *FR8HUB*. Borlänge (Sweden): Trafikverket, 22.8.2018 [cit. 2022-06-14].
- [55] Von der Straße auf die Schiene: in Hamburg schon Realität. *ZEIT ONLINE* [online]. Hamburg: ZEIT ONLINE, 2022 [cit. 2022-06-14]. Dostupné z:
<https://www.zeit.de/angebote/deutsche-post-dhl/parcel-intercity/index>
- [56] Air Freight: A Market Study with Implications for Landlocked Countries. *World Bank Group* [online]. Washington D. C.: The World Bank Group, © 2022, srpen 2009 [cit. 2022-06-17]. Dostupné z:
<https://www.worldbank.org/en/topic/transport/publication/air-freight-study>
- [57] E-commerce statistics: E-sales record a slight increase over recent years. *Eurostat* [online]. únor 2022 [cit. 2022-06-17]. Dostupné z:
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=E-commerce_statistics#E-sales_record_a_slight_increase_over_recent_years
- [58] Ecommerce in Europe. *Ecommerce News - Europe* [online]. De Meern The Netherlands: Online publisher Euroolutions, © Copyright 2002-2022, listopad 2021 [cit. 2022-06-17]. Dostupné z: <https://ecommercenews.eu/ecommerce-in-europe/>
- [59] Annual road freight transport by distance class with breakdown by type of goods (1 000 t, Mio Tkm, Mio Veh-km, 1 000 BTO), from 2008 onwards. *Eurostat* [online]. [cit. 2022-06-17]. Dostupné z:
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ROAD_GO_TA_DCTG/default/table?lang=en
- [60] Freight and mail air transport between reporting countries. *Eurostat* [online]. [cit. 2022-06-17]. Dostupné z:
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/AVIA_GOCC/default/table?lang=en

- [61] Territorialised road freight transport, by transport coverage – annual data. *Eurostat* [online]. [cit. 2022-06-17]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ROAD_TERT_GO/default/table?lang=en
- [62] Territorialised road freight transport (road_tert). *Eurostat* [online]. [cit. 2022-06-17]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/road_tert_esms.htm
- [63] Ceník. *Multitrans CZ s. r. o.* [online]. Pardubice: MULTITRANS CZ, © 2016 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.multitrans.cz/cenik/>
- [64] Tarif ČD Cargo, a.s. *ČD CARGO* [online]. Copyright © ČD Cargo [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.cdcargo.cz/tvz>
- [65] DHL Hub Leipzig: FACTS AND FIGURES. *DHL Home* [online]. DHL, 2022 © [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.dhl.com/de-en/home/about-us/dhl-hub-leipzig/location/facts-and-figures.html>
- [66] DHL Hub Leipzig: EUROPEAN AIR TRANSPORT LEIPZIG. *DHL Home* [online]. DHL, 2022 © [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.dhl.com/de-en/home/about-us/dhl-hub-leipzig/eat.html>
- [67] Chytrá a udržitelná mobilita: Komise představila novou strategii a akční plán v dopravě: Strategie pro udržitelnou a inteligentní mobilitu – nasměrování evropské dopravy do budoucnosti. *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. Praha (Brusel): Ministerstvo dopravy ČR (Evropská komise), 9.12.2020 [cit. 2022-06-19]. Dostupné z: https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Evropska-unie/Aktualni-temata/Chytra-a-udrzitelna-mobilita-Komise-predstavila-n/Strategie_pro_udrzitelnou_a_inteligentni_mobilitu.pdf.aspx
- [68] Koncepce nákladní dopravy pro období 2017-2023 s výhledem do roku 2030: MD_Koncepce_nakladni_dopravy_w.pdf. *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 19.2.2018 [cit. 2022-06-19]. Dostupné z: https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Evropska-unie/Aktualni-temata/Chytra-a-udrzitelna-mobilita-Komise-predstavila-n/Strategie_pro_udrzitelnou_a_inteligentni_mobilitu.pdf.aspx

- [69] Podcast: Nové Traxxy jsou jako pubertáčky, pořád něco zkouší, říká Jiří Schmidt z RegioJetu. *Zdopravy.cz* [online]. Praha: Avizer Z, Copyright © 2017-2022, 29.4.2022 [cit. 2022-06-19]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/podcast-traxxy-jsou-jako-pubertacky-porad-neco-zkousi-rika-jiri-schmidt-z-regiojetu-112555/>
- [70] Prohlášení o dráze 2021. *Www.spravazeleznic.cz* [online]. Praha: Správa železnic, státní organizace, Copyright © 2022 [cit. 2022-06-19]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/prohlaseni-o-draze-2021>
- [71] Informační systémy: Smlouva o dodávkách trakční elektrické energie. *Www.spravazeleznic.cz* [online]. Praha: Správa železnic, státní organizace, Copyright © 2022 [cit. 2022-06-19]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/dodavatele-odberatele/energetika/trakcni-elektrina/informacni-systemy>
- [72] Package roll containers. *Wanzl* [online]. Leipzig: Wanzl GmbH & Co. [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: https://www.wanzl.com/Downloads/Prospekte/Material%20handling/1674_Parcel-roll-container_EN.pdf
- [73] Package roll containers for tugger trains. *Wanzl* [online]. Kirchheim/Schwaben: Wanzl Metallwarenfabrik [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: www.wanzl.com
- [74] York roll container. *K.Hartwall* [online]. K. Hartwall, © 2022 [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: <https://k-hartwall.com/products/york-roll-container/>
- [75] L-frame Roll Container. *K.Hartwall* [online]. K. Hartwall, © 2022 [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: <https://k-hartwall.com/products/l-frame-roll-container/>
- [76] What is Aircraft ULD in Air Transport?. *IATA* [online]. © International Air Transport Association (IATA), 2022, 13.8.2021 [cit. 2022-06-21]. Dostupné z: <https://www.iata.org/en/publications/newsletters/iata-knowledge-hub/what-is-aircraft-uld-in-air-transport/>
- [77] BAXTER, Glenn a Kyriakos KOUROUSIS. *Temperature Controlled Aircraft Unit Load Devices: The Technological Response to Growing Global Air Cargo Cool Chain Requirements* [online]. 2015, **10**(1), 157-172 [cit. 2022-06-21]. Dostupné z: [doi:10.4067/S0718-27242015000100012](https://doi.org/10.4067/S0718-27242015000100012)

- [78] CS-ETSO (Evropské technické normalizační příkazy). *Úřad pro civilní letectví* [online]. Praha 6: © International Air Transport Association (IATA), © 2022 [cit. 2022-06-22]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/dokumenty/predpisy/rozhodnuti-vykonneho-reditele-easa/certifikacni-specifikace/cs-etso-evropske-technicke-normalizacni-prikazy/>
- [79] HAYWARD, Justin. Everything You Ever Wanted To Know About ULDs. *Simple Flying* [online]. simpleflying.com, Copyright © 2022, 14.3.2022 [cit. 2022-06-22]. Dostupné z: <https://simpleflying.com/everything-you-ever-wanted-to-know-about-ulds/>
- [80] Aircraft ULDs. *Caterpillar* [online]. CATERPILLAR Cargo Solutions (India) Pvt [cit. 2022-06-22]. Dostupné z: <https://www.caterpillarcargo.com/insight/air-freight.html>
- [81] DHL Express Hub Leipzig. *STILL Deutschland* [online]. © STILL [cit. 2022-06-22]. Dostupné z: <https://www.still.de/loesungskompetenz/referenzen/praxisbeispiele/detail/dhl-express-hub-leipzig.html>
- [82] BATON PASS EPISODE 02. *JAPAN AIRLINES* [online]. Copyright © Japan Airlines [cit. 2022-06-23]. Dostupné z: <https://www.jal.com/en/outline/brand/baton/episode02/#ep02>
- [83] Aircraft cargo (ULD) loader in operaton. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 13.6.2014 [cit. 2022-06-23]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aircraft_cargo_%28ULD%29_loader_in_operaton.jpg
- [84] THOMPSON, Paul. Movie – Cargo Plane Interior. *AirlineReporter* [online]. AirlineReporter, Copyright © 2022 [cit. 2022-06-23]. Dostupné z: <https://www.airlinereporter.com/2015/03/living-age-airplanes-visually-stunning-aviation-film-ages/movie-cargo-plane-interior/>

- [85] <https://safetyfirst.airbus.com/a320-family-cargo-containers-pallets-movement/>. *Safety First Airbus* [online]. © Airbus Safety First, 2022 [cit. 2022-06-23]. Dostupné z: <https://safetyfirst.airbus.com/a320-family-cargo-containers-pallets-movement/>
- [86] Europaleta. *KLAUS Timber* [online]. [cit. 2022-06-23]. Dostupné z: <https://www.klaustimber.cz/europaleta>
- [87] TAZBIREK, Pavel. *Vývoj železničního práva v českých zemích* [online]. Brno, 2018 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/rl001/>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Právnická fakulta. Vedoucí práce Jaromír TAUCHEN.
- [88] HEPTNER, Tomáš a Zdeněk MALKOVSKÝ. Vývoj kolejových vozidel z pohledu měnicích se předpisů. In: *Odborné semináře Czech Raildays 2007* [online]. Railway Builder, 2007 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: https://www.czech-raildays.cz/2007/seminare/v_1.pdf
- [89] MARUŠIČOVÁ, Danuše. Technické specifikace interoperability v oblasti železniční dopravní cesty. In: *Odborné semináře Czech Raildays 2004* [online]. Railway Builder, 2004 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: https://www.czech-raildays.cz/2004/seminare/i_1.pdf
- [90] Příručka pro používání technických specifikací pro interoperabilitu (TSI). *ERA* [online]. Evropská agentura pro železnice [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: https://www.era.europa.eu/sites/default/files/activities/docs/tsi-application-guide_cz.pdf
- [91] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2016/797 ze dne 11. května 2016 o interoperabilitě železničního systému v Evropské unii (přepřacované znění). *EUR law - EUR-Lex* [online]. [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:02016L0797-20200528&from=EN>
- [92] Guide for the application of Technical Specifications for Interoperability (TSIs). *ERA* [online]. Evropská agentura pro železnice [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: https://www.era.europa.eu/sites/default/files/activities/docs/tsi-application-guide_en.pdf

- [93] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2008/57/ES ze dne 17. června 2008 o interoperabilitě železničního systému ve Společenství (přepřacované znění). *EUR law - EUR-Lex* [online]. [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:02008L0057-20150101&from=EN>
- [94] Technical Specifications for Interoperability. *ERA* [online]. Evropská agentura pro železnice [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en
- [95] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 321/2013 ze dne 13. března 2013 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „kolejová vozidla – nákladní vozy“ železničního systému v Evropské unii a o zrušení rozhodnutí Komise 2006/861/ES. *EUR law - EUR-Lex* [online]. [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:02013R0321-20200311&from=EN>
- [96] 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. *EUR law - EUR-Lex* [online]. [cit. 2022-06-29]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:02014R1302-20200311&from=EN>
- [97] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1304/2014 ze dne 26. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „kolejová vozidla – hluk“, kterou se mění rozhodnutí 2008/232/ES a zrušuje rozhodnutí 2011/229/EU. *EUR law - EUR-Lex* [online]. [cit. 2022-06-29]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:02014R1304-20190616&from=EN>
- [98] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1303/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu týkající se „bezpečnosti v železničních tunelech“ železničního systému Evropské unie. *EUR law - EUR-Lex* [online]. [cit. 2022-06-29]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- [99] COMMISSION REGULATION (EU) No 1302/2014 of 18 November 2014 concerning a technical specification for interoperability relating to the ‘rolling stock — locomotives and passenger rolling stock’ subsystem of the rail system in the European Union. *EUR law - EUR-Lex* [online]. [cit. 2022-06-29]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02014R1302-20200311&qid=1592297722606>
- [100] COMMISSION REGULATION (EU) No 1303/2014 of 18 November 2014 concerning the technical specification for interoperability relating to ‘safety in railway tunnels’ of the rail system of the European Union. *EUR law - EUR-Lex* [online]. [cit. 2022-06-29]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
- [101] Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) § 40 Fahrgeschwindigkeit. *Gesetze im Internet* [online]. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister der Justiz [cit. 2022-07-01]. Dostupné z: https://www.gesetze-im-internet.de/ebo/__40.html
- [102] Parcel InterCity. *Forschungs-Informationssystem* [online]. Bonn: Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), 26.2.2019 [cit. 2022-07-01]. Dostupné z: <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/398754/>
- [103] MESCHÉDE, Alwin. Das Tunnelbegegnungsverbot auf der VDE 8.1. *YouTube* [online]. Google, © 2022, 5.6.2017 [cit. 2022-07-01]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=h2PmRLjEx1c>
- [104] 402.0202 - Richtlinie Trassenanmeldung gültig ab 12.12.2021. *DB Netz AG* [online]. Deutsche Bahn, © 2022 [cit. 2022-07-01]. Dostupné z: https://fahrweg.dbnetze.com/resource/blob/1359366/3b835238cb634224129b6e5af41a9cc7/402-0202_trassenanmeldung_2019-data.pdf
- [105] Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Matthias Gastel, Stefan Gelbhaar, Oliver Krischer, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/23845 –. *Deutscher Bundestag* [online]. © Deutscher Bundestag [cit. 2022-07-02]. Dostupné z: <https://dserver.bundestag.de/btd/19/248/1924864.pdf>

- [106] „Erstellung eines Konzeptes für die EU- weite Migration eines Digitalen Automatischen Kupplungssystems (DAK) für den Schienengüterverkehr“ - Schlussbericht. *BMDV* [online]. Berlin, Deutschland: Bundesministerium für Digitales und Verkehr, © 2022, 29.6.2020 [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/schlussbericht-dak-studie.pdf?__blob=publicationFile
- [107] SOUKUP, Lukáš. Digitální automatické spřáhlo pro evropskou železnici. In: *Vědeckotechnický sborník Správy železnic, státní organizace* [online]. 5/2021. Praha: Správa železnic, státní organizace, 2021, s. 3-19 [cit. 2022-07-03]. ISSN 2694-9172. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/142847030/V%C4%9Bdeckotechnick%C3%BD+sborn%C3%ADk+Spr%C3%A1vy+%C5%BEeoznic+52021.pdf/b30e6e65-3267-4635-b6f8-ba766811ffb7>
- [108] „Erstellung eines Konzeptes für die EU- weite Migration eines Digitalen Automatischen Kupplungssystems (DAK) für den Schienengüterverkehr“ - Fachbericht „Technik DAK“. *BMDV* [online]. Berlin, Deutschland: Bundesministerium für Digitales und Verkehr, © 2022, 29.6.2020 [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/fachbericht-dak-studie-technik.pdf?__blob=publicationFile
- [109] EMMERICH, Mathias. Technology SBB Cargo makes progress in wagonload automation. *Railway Gazette* [online]. 5.6.2019 [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: <https://www.railwaygazette.com/technology/sbb-cargo-makes-progress-in-wagonload-automation/48658.article>
- [110] Správa železnic chce studii k zavedení dlouhých nákladních vlaků. Před šesti lety stát zaplatil jinou na stejné téma. *Zdopravy.cz* [online]. Avizer Z, Copyright © 2017-2022, 10.6.2021 [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/sprava-zeleznic-chce-studii-k-zavedeni-dlouhych-nakladnich-vlaku-pred-sesti-lety-stat-zaplatil-jinou-na-stejne-tema-83571/>

- [111] *Öffentliche Präsentation der Zwischenergebnisse der Studie „Erstellung eines Konzepts für die EU weite Migration eines digitalen automatischen Kupplungssystems für den Schienengüterverkehr“* [online]. © hwh Gesellschaft für Transport- und Unternehmensberatung mbH, 10.12.2019 [cit. 2022-07-04]. Dostupné z: <https://docplayer.org/187869376-Im-auftrag-des-bundesministeriums-fuer-verkehr-und-digitale-infrastruktur-bmvi.html>
- [112] Digitale Automatische Kupplung (DAK) – Projektinformation –. *DAC4EU* [online]. DAC4.EU, března 2021 [cit. 2022-07-04]. Dostupné z: https://www.dac4.eu/wp-content/uploads/DAK_Projektinformation_Mrz_21.pdf
- [113] Testkonzept in Phase I. *DAC4EU* [online]. DAC4.EU [cit. 2022-07-05]. Dostupné z: <https://www.dac4.eu/testkonzept-in-phase-1/>
- [114] Betriebserprobung in Phase II. *DAC4EU* [online]. DAC4.EU [cit. 2022-07-05]. Dostupné z: <https://www.dac4.eu/betriebserprobung-phase-2/>
- [115] Questions and Answers: Webinar: TSIs Revision Package 2022, the Tool for Sustainable Railways. *ERA* [online]. 23.2.2022 [cit. 2022-07-05]. Dostupné z: https://www.era.europa.eu/sites/default/files/events-news/docs/23rd_feb._webinar_q_as.pdf
- [116] Free webinar: TSIs Revision Package 2022, the Tool for Sustainable Railways. *ERA* [online]. 23.2.2022 [cit. 2022-07-05]. Dostupné z: https://www.era.europa.eu/content/free-webinar-tsis-revision-package-2022-tool-sustainable-railways_en
- [117] European Digital Automatic Coupler: first step towards one type selection. *Europe's Rail* [online]. © Europe's Rail Joint Undertaking, Copyright 2022, 21.9.2021 [cit. 2022-07-06]. Dostupné z: <https://rail-research.europa.eu/press-releases/european-digital-automatic-coupler-first-step-towards-one-type-selection/>
- [118] ZEMAN, Jan. *Obnova vozidel vybrané železniční společnosti* [online]. Pardubice, 2019 [cit. 2022-07-06]. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/handle/10195/73125>.
Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera.

- [119] METRANS: Je digitální automatické spráhlo novinkou, které se máme bát, nebo se z ní radovat?. *Dopravní noviny* [online]. České dopravní vydavatelství, Copyright © 2004 - 2022, 3.6.2022 [cit. 2022-07-06]. Dostupné z:
<https://www.dnoviny.cz/kombinovana-doprava/metrans-je-digitalni-automaticke-sprahlo-novinkou-ktere-se-mame-bat-nebo-se-z-ni-radovat>
- [120] GET ON BOARD! U.S. Cargo Systems is helping to revolutionize moving freight via rail. *US Cargo Military and Commercial Aircraft Systems Technology* [online]. Goldsboro, NC: U.S. Cargo, Copyright © 2022 [cit. 2022-07-07]. Dostupné z:
<https://www.uscargosystems.com/railcar-technology/>
- [121] KOLÁŘ, Josef. *Výpočet kinematického obrysu osobního vozu dle ČSN 28 0312*. Praha, 2005.
- [122] *Primary Suspension Springs: Chevron, Clouth & Conical Springs*. vulcanite
- [123] ČSN EN 14363:2016. *Železniční aplikace - Zkoušení a simulace pro schvalování železničních vozidel z hlediska jízdních vlastností - Jízdní chování a stacionární zkoušky*.
- [124] ČSN EN 14531-1:2005. *Železniční aplikace - Metody výpočtů zábrzdných drah, brzdných drah a zabrzdění proti samovolnému pohybu - Část 1: Základní algoritmy*.
- [125] VOJTĚCH, Beran. *Vliv výpočtu vozidlových odporů na jízdní dobu vlaku* [online]. Pardubice, 2021 [cit. 2022-07-10]. Dostupné z:
<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/84711>. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera.
- [126] ČSN EN 14198:2016. *Železniční aplikace - Brzdění - Požadavky na brzdový systém vlaků tažených lokomotivou*.
- [127] ČSN EN 16834:2019. *Železniční aplikace - Brzdění - Brzdový výkon*.
- [128] KUNEŠ, Michal. *Brzdový systém osobního železničního vozu pro rychlost do 200 km/h* [online]. Praha, 2019 [cit. 2022-07-10]. Dostupné z:
<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/84711>. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní.

- [129] *Výrobky pro kolejová vozidla* [online]. Třemošnice: DAKO-CZ [cit. 2022-07-10].
Dostupné z: <https://adoc.pub/vyrobky-pro-kolejova-vozidla.html>
- [130] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška Ministerstva dopravy, kterou se vydává dopravní řád drah*. Ministerstvo dopravy, Vyhláška 173/1995 Sb. Dostupné také z:
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-173>. Znění 9.12.2018.
- [131] *Kolejnicové brzdy*. *Alfa Union, a.s.* [online]. Praha 4: Alfa Union, © 2022 [cit. 2022-07-10]. Dostupné z: <https://www.alfaunion.cz/produkty-kolejnicove-brzdy-detail-15>

Seznam použitých jednotek

POZN.: V případě výpočtů odkazujících se na přílohy B, C a D jsou jednotky a fyzikální veličiny definovány v těchto přílohách.

%	procento (poměrná jednotka)
°C	stupeň Celsia (jednotka teploty)
CZK/km	cena za kilometr jízdy v českých korunách (jednotka ceny dopravy)
CZK/MWh	cena za MWh v českých korunách (jednotka ceny energie)
ft	stopa (jednotka délky)
Hz	herz (jednotka frekvence)
km/h	kilometr za hodinu (jednotka rychlosti)
kN	kilonewton (jednotka síly)
kV	kilovolt (jednotka elektrického napětí)
kWh/t	kilowatthodina na tunu (jednotka měrné spotřeby energie)
m/s ²	metr za sekundu na druhou (jednotka zrychlení)
mil. tkm	milion tunokilometrů (jednotka přepravního výkonu)
mm	milimetr (jednotka délky)
mph	míle za hodinu (jednotka rychlosti)
t	tuna (jednotka hmotnosti)
tkm	tunokilometr (jednotka přepravního výkonu)
V	volt (jednotka elektrického napětí)

Seznam zkratek

AGTC	European Agreement on Important International Combined Transport Lines and Related Installations (Evropská dohoda o nejdůležitějších trasách mezinárodní kombinované přepravy a souvisejících objektech)
COTIF	Convention relative aux transports internationaux ferroviaires (Úmluva o mezinárodní železniční přepravě)
CRRC	China Railway Rolling Stock Corporation
CZK	česká koruna
ČD	České dráhy
D	dopravce
DAC	Digital Automatic Coupling (Digitální automatické spřáhlo)
DAK	Digitale Automatische Kupplung (Digitální automatické spřáhlo)
DB	Deutsche Bahn
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
ERRI	European Rail Research Institute (výzkumný institut při UIC)
EU	Evropská unie
EU27	Evropská unie po vystoupení Velké Británie
EUR	euro
EWS	English, Welsh and Scottish Railways
GBRf	GB Railfreight
max.	maximální hodnota
např.	například
NGT	Next Generation Train
NMPP	Nouvelles Messageries de la Presse Parisienne

ORE	Office for Research and Experiment (předchůdce ERRI)
OSŽD	Organizace pro spolupráci železnic
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
PD	provozovatel dráhy
POZN.	poznámka
RIC	Regolamento Internazionale delle Carrozze (Úmluva o vzájemném používání osobních vozů v mezinárodní dopravě)
RIV	Regolamento Internazionale Veicoli (Úmluva o vzájemném používání nákladních vozů)
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
TEN-T	Trans-European Transport Networks (Transevropská dopravní síť)
TGV	Train à Grande Vitesse
TGV PSE	TGV Paris Sud-Est
TSI	Technické specifikace pro interoperabilitu (upřesňující zkratky jsou uvedeny v tabulce 3 v bodě 2.2.1.2)
UIC	Union Internationale des Chemins de fer (Mezinárodní železniční unie)
ULD	Unit load device
UPS	United Parcel Service
USA	Spojené státy americké
VSP	Všeobecná smlouvy o používání vozů
VV	vlastník vozů

Seznam obrázků

- Obrázek 1: British Rail Class 325 [3]
- Obrázek 2: TGV La Poste [7]
- Obrázek 3: TGV La Poste (nákladový prostor) [8]
- Obrázek 4: TGV Fret [1]
- Obrázek 5: TGV Fret (uložení nákladu) [1]
- Obrázek 6: Uspořádání jednotky Alstom pro projekt Euro Carex [11]
- Obrázek 7: Řešení vložených vozů jednotky Alstom pro projekt Euro Carex [11]
- Obrázek 8: Uspořádání jednotky Siemens pro projekt Euro Carex [11]
- Obrázek 9: Možnosti řešení vozů jednotky Siemens pro projekt Euro Carex (čelní vůz) [11]
- Obrázek 10: Možnosti řešení vozů jednotky Siemens pro projekt Euro Carex (vložený vůz s vraty uprostřed) [11]
- Obrázek 11: Možnosti řešení vozů jednotky Siemens pro projekt Euro Carex (vložený vůz s vraty posunutými k čelu) [11]
- Obrázek 12: Možnosti řešení vozů jednotky Siemens pro projekt Euro Carex (vložený vůz s nízkopodlažní částí s vyšší výškou nákladového prostoru) [11]
- Obrázek 13: Jednotka ETR 500 M-01 Fast projektu Mercitalia Fast [13]
- Obrázek 14: Nákladový prostor jednotky ETR 500 M-01 Fast [14]
- Obrázek 15: Nákladový prostor jednotky ETR 500 M-01 Fast [14]
- Obrázek 16: Nakládání rollkontejneru do jednotky ETR 500 M-01 Fast [14]
- Obrázek 17: Upravená jednotka CR400BF naložená bednami [15]
- Obrázek 18: Vysokorychlostní nákladní jednotka CRRC [16]
- Obrázek 19: Nákladový prostor vysokorychlostní jednotky CRRC [15]
- Obrázek 20: Dveře nákladového prostoru vysokorychlostní jednotky CRRC [15]

- Obrázek 21: Nákladní verze jednotky řady 319 dopravce Orion High Speed Logistics [18]
- Obrázek 22: Nákladový prostor s kuličkovými rolnami jednotky řady 319 [18]
- Obrázek 23: Jednotka řady 321 Swift Express Freight [22]
- Obrázek 24: Nákladový prostor jednotky řady 321 Swift Express Freight [22]
- Obrázek 25: Čelo jednotky NGT CARGO [24]
- Obrázek 26: Terminál vlaků NGT CARGO [24]
- Obrázek 27: Zavazadlový vůz ČD Ds⁹⁵² [26]
- Obrázek 28: Poštovní vůz s třídírnou Postw [29]
- Obrázek 29: Uspořádání poštovního vozu s třídírnou Postw [29]
- Obrázek 30: Uspořádání poštovního vozu s třídírnou Postw [29]
- Obrázek 31: Vůz DDm⁹¹⁵ [32]
- Obrázek 32: Podvozek MD 44 vozu DDm⁹¹⁵ [32]
- Obrázek 33: Vůz DDm⁹¹⁶ [34]
- Obrázek 34: Podvozek Y30 vozu DDm⁹¹⁶ [34]
- Obrázek 35: Vůz Hccmqqr [35]
- Obrázek 36: Pojezd TS25SA vozu Hccmqqr [36]
- Obrázek 37: Vůz DPw4ümg [37]
- Obrázek 38: Nakládání vozidel do vozu DPw4ümg [38]
- Obrázek 39: Vůz pro přepravu aut používaný v autovlacích ve Spojeném království [39]
- Obrázek 40: Vůz „carjet“ pro dálkové autovlaky [40]
- Obrázek 41: Vůz „carjet“ pro dálkové autovlaky (nákladový prostor) [40]
- Obrázek 42: Podvozek Y 25 GV na voze S61 [43]
- Obrázek 43: Podvozek Y 37 B [44]
- Obrázek 44: Vůz G13 s podvozky Y 37 A [44]

- Obrázek 45: Vlak kategorie MVGV v terminálu Valenton [45]
- Obrázek 46: Podvozek Y 37 VVR výrobce Tatravagónka Poprad [47]
- Obrázek 47: Technické údaje podvozku Y 37 VVR [46]
- Obrázek 48: Technické údaje podvozku Y 37 VR [46]
- Obrázek 49: Vůz Sgss-y 703 [50]
- Obrázek 50: Podvozek DRRS 25LD (levý nadhled) [52]
- Obrázek 51: Podvozek DRRS 25LD (horní pohled) [52]
- Obrázek 52: Podvozek DRRS 25LD (boční pohled) [52]
- Obrázek 53: Podvozek DRRS 25LD (čelní pohled) [52]
- Obrázek 54: Experimentální pojezd s hydraulickým tlumičem [53]
- Obrázek 55: Experimentální pojezd s třecím tlumičem [53]
- Obrázek 56: Vůz Hbillss-y 307 [53]
- Obrázek 57: Pojezd vozu Hbillss-y 307 [53]
- Obrázek 58: Poštovní vůz Gblss-y [1]
- Obrázek 59: Pojezd TF25SA poštovního vozu Gblss-y [1]
- Obrázek 60: Schéma systému dodání zásilek do druhého dne společnosti DHL [65]
- Obrázek 61: Evropské destinace obsluhované z hubu DHL na letišti v Lipsku [66]
- Obrázek 62: Rollkontejner (otevřený) [72]
- Obrázek 63: Rollkontejner (klecový) [72]
- Obrázek 64: Manipulace s rollkontejnery [76]
- Obrázek 65: Zajištění rollkontejneru proti pohybu pomocí noh [72]
- Obrázek 66: Plocha s rolnami pro manipulaci s ULD (na snímku atypický typ) [81]
- Obrázek 67: Přeprava ULD na vozících k letadlu [82]
- Obrázek 68: Cargo loader [83]

- Obrázek 69: Nákladový prostor letadla (v popředí plocha umožňující více směrovou manipulaci) [84]
- Obrázek 70: Prvek pro zajištění ULD (použitý) [85]
- Obrázek 71: Prvek pro zajištění ULD (nepoužitý sklopený v podlaze) [85]
- Obrázek 72: Europaleta [86]
- Obrázek 73: Srovnání systému předpisů před a po zavedení Technických specifikací pro interoperabilitu [90]
- Obrázek 74: Dominantní typy spřáhel ve světě [108]
- Obrázek 75: Netuhé spřáhlo [108]
- Obrázek 76: Tuhé spřáhlo [108]
- Obrázek 77: Spřáhlo Janney (vlevo standardní provedení, vpravo s ochranou proti vysunutí) [108]
- Obrázek 78: Varianta spřáhla Janney se zábranou proti vysunutí [108]
- Obrázek 79: Varianty spřáhla Janney – prototyp typu F (úroveň 5) [108]
- Obrázek 80: Varianty spřáhla Janney – britské spřáhlo Buckeye (úroveň 5) [108]
- Obrázek 81: Princip spřáhla Janney [108]
- Obrázek 82: Spřáhla odvozená od spřáhla Willison – AK69 [108]
- Obrázek 83: Spřáhla odvozená od spřáhla Willison – Modulární spřáhlo SA3 [108]
- Obrázek 84: Spřáhla odvozená od spřáhla Willison – Z-AK [108]
- Obrázek 85: Spřáhla odvozená od spřáhla Willison – C-AKv [108]
- Obrázek 86: Princip spřáhla Willison [108]
- Obrázek 87: Spřáhlo CargoFlex Typ Scharfenberg [109]
- Obrázek 88: Princip spřáhla Scharfenberg [108]
- Obrázek 89: Úchopová oblast pro spojení spřáhla Scharfenberg Typ 10 dle EN 16019:2014 [108]
- Obrázek 90: Spřáhlo Schwab – spojené spřáhlo demonstrační soupravy projektu „5L“ [108]

- Obrázek 91: Spřáhlo Schwab – rozpojené spřáhlo demonstrační soupravy projektu „5L“ [108]
- Obrázek 92: Spřáhlo Schwab – spřáhlo se stupněm automatizace 5 na osobní jednotce [108]
- Obrázek 93: Konstrukce hlavy spřáhla Schwab [108]
- Obrázek 94: Spřáhlo Schwab (vlevo včetně vypružení, vpravo hlava) [108]
- Obrázek 95: Automatická spřáhla zvažovaná pro DAK [112]
- Obrázek 96: Zkušební souprava pro testování DAK [112]
- Obrázek 97: Části automatického spřáhla [108]
- Obrázek 98: Zástavbový prostor spřáhla AK69 [108]
- Obrázek 99: Zástavbový prostor spřáhla Intermat [108]
- Obrázek 100: Centrování u spřáhla AK69 [108]
- Obrázek 101: Centrování u spřáhla AK69 [108]
- Obrázek 102: Centrování u spřáhla AK69 [108]
- Obrázek 103: Centrování u spřáhla Intermat [108]
- Obrázek 104: Centrování u spřáhla Intermat [108]
- Obrázek 105: Zvažované varianty (shora: LON-Powerline, CAN, bezdrátové spojení) [111]
- Obrázek 106: Spřáhla DAK odvozená od spřáhla Scharfenberg Typ 10 [117]
- Obrázek 107: Vypružení spřáhla Schwab (zleva: základní, pro profil dle UIC 530-1, pro vozové jednotky) [108]
- Obrázek 108: Navrhovaný rychlý nákladní vůz
- Obrázek 109: Navrhovaný nákladní vůz s otevřenými bočními vraty
- Obrázek 110: Rozměry skříně navrhovaného vozu v příčném řezu
- Obrázek 111: Koncept podvozku navrhovaného vozu
- Obrázek 112: Model vozu v MBS Simpack
- Obrázek 113: Model podvozku v MBS Simpack

Seznam tabulek

- Tabulka 1: Rollkontejnery [14] [72] [73] [74] [75]
- Tabulka 2: ULD [80]
- Tabulka 3: Technické specifikace pro interoperabilitu [94]
- Tabulka 4: Stupně automatizace spřáhel [108]
- Tabulka 5: Srovnání parametrů automatických spřáhel [106] [108]
- Tabulka 6: Přínosy DAK [106]
- Tabulka 7: Technické parametry navrženého vozu
- Tabulka 8: Přepravní kapacita navrženého vozu [14] [72] [73] [74] [75] [80]
- Tabulka 9: Hmotnostní parametry vozu (v příloze C jako tabulka C1)
- Tabulka 10: Svislé vypružení vozu
- Tabulka 11: Posouzení bezpečnosti proti vykolejení na zborcené koleji
- Tabulka 12: Příčné vypružení vozu
- Tabulka 13: Brzdný účinek s 2 kotouči na nápravě a magnetickou kolejnicovou brzdou
- Tabulka 14: Brzdný účinek se 3 kotouči na nápravu a magnetickou kolejnicovou brzdou
- Tabulka 15: Parametry těles podvozku
- Tabulka 16: Parametry primárního vypružení
- Tabulka 17: Parametry sekundárního vypružení
- Tabulka 18: Parametry spojení podvozku se skříní
- Tabulka 19: Parametry kontaktu kolo-kolejnice
- Tabulka 20: Parametry skříně vozu

Seznam grafů

- Graf 1: Příčné síly při rychlosti 140 km/h (shora bez tlumení, s třecími tlumiči, s hydraulickými tlumiči) [53]
- Graf 2: Podíl podniků v EU využívajících e-commerce (modrá) a podíl e-commerce na obrátu (oranžová) [57]
- Graf 3: Příjmy z e-commerce v Evropské unii [58]
- Graf 4: Přeprava pošty a balíků v EU27 [59]
- Graf 5: Náklad přepravený leteckou dopravou v rámci EU a v Německu [60]
- Graf 6: Přeprava pošty a balíků v EU27 dle potenciálu převodu na železnici [59]
- Graf 7: Nákladní lety v rámci EU a jejich průměrné vytížení [60]
- Graf 8: Podíl přeprav dle vzdálenosti na přepravních výkonech silniční dopravy v EU27 [59]
- Graf 9: Kontrola konstrukčního obrysu uprostřed vozu v programu doc. Koláře [121]
- Graf 10: Kontrola konstrukčního obrysu na představku vozu v programu doc. Koláře [121]
- Graf 11: Závislost charakteristiky odvalovací pružiny na její geometrii [122]

Seznam příloh

- Výkres A: Typový výkres nákladního vozu
- Příloha B: Výpočty návrhu vypružení a brzdy
- Příloha C: Výpočtová dokumentace návrhu vypružení
- Příloha D: Výpočtová dokumentace návrhu brzdy