



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Lukáš Syrový

**Železniční nákladní terminál s vazbou  
na citylogistiku**

Bakalářská práce

**2022**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



**K612** ..... **Ústav dopravních systémů**

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Lukáš Syrový**

Studijní program (obor/specializace) studenta:

**bakalářský – DOS – Dopravní systémy a technika**

Název tématu (česky): **Železniční nákladní terminál s vazbou na citylogistiku**

Název tématu (anglicky): Railway Freight Terminal Related to City Logistics

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Rešerše zahraniční literatury - zapojení železnice do citylogistiky.
- Analýza procesů při překládce zásilek mezi silniční a železniční dopravou (technické prostředky, časová náročnost) se zohledněním distribuce drobných/kusových zásilek v rámci velkých měst (citylogistika).
- Rámcový návrh železničního nákladního terminálu pro překládku kusových/paletových zásilek s vazbou na citylogistiku.

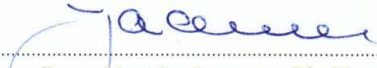



- Rozsah grafických prací: stanoví vedoucí bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Voženílek, V., & Strakoš, V. (2009). City Logistics: Dopravní problémy města a logistika. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého.  
Cempírek. (2010). Logistická centra. Pardubice: Institut Jana Pernera.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Lukáš Týfa, Ph.D.**  
**Ing. Martin Vachtl**


Datum zadání bakalářské práce: **30. září 2021**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **8. srpna 2022**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

  
Ing. Martin Jacura, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu dopravních systémů

  
doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

  
Lukáš Syrový  
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....30. září 2021

## Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu docentu Týfovi a panu inženýru Vachtlovi za veškeré konzultace, rady, připomínky a odborné vedení při zpracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své rodině, která mě během mého studia nadstandardně podporovala. Poděkování patří i všem mým kamarádům, kteří mě motivovali k psaní této práce a zároveň mi pomohli se závěrečnou revizí textu.

## Čestné prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem k tomu pouze zdroje uvedené na konci práce, a to v souladu s Metodickým pokynem o etické 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 platném znění.

V Praze dne 8. srpna 2022

.....  
*Lymový*  
.....  
podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Železniční nákladní terminál s vazbou na citylogistiku

Bakalářská práce

srpen 2022

Lukáš Syrový

## **Abstrakt**

Předmětem této bakalářské práce je zpracování rešerše dostupné literatury, ve které je již využita možnost zapojení železnice do citylogistiky. Dále jsou zde uvedeny možné způsoby překládky zásilek včetně jejich parametrů. Na základě vhodného vyhodnocení je stanovena potřebná doba k překládce zásilek mezi železničním vozem a terminálem. Výsledkem je rámcový návrh železničního terminálu sestavený z požadavků pro jeho zhotovení a provoz.

## **Klíčová slova**

železniční doprava, citylogistika, nákladní terminál, překládková technika, požadavky terminálu

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FACULTY OF TRANSPORTATION SCIENCES

Railway Freight Terminal Related to City Logistics

Bachelor thesis

august 2022

Lukáš Syrový

## **Abstract**

The bachelor thesis deals with a search of available literature, which already uses the possibility of the involvement of railways in city logistics. Furthermore, possible methods of transshipment of shipments are presented, including their parameters. Based on a suitable evaluation, the time required to tranship shipments between the railcar and the terminal is determined. The result should be a draft design of the railway terminal based on the requirements for its making and operation.

## **Keywords**

railway transport, city logistics, freight terminal, transshipment technique, requirements to terminal

# Obsah

Úvod .....	7
1 Základní popis logistiky .....	8
1.1 Kapacita logistické dopravy .....	8
1.2 Logistická centra a jejich funkce.....	9
1.3 Územní plánování.....	10
1.3.1 Železniční doprava .....	10
1.4 Základní technologie logistiky v rámci obsluhy města .....	11
1.5 Problém poslední míle.....	12
2 Napojení železnice na citylogistiku v zahraničí .....	14
2.1 TGV La Poste .....	14
2.2 ICE-G.....	18
2.3 The Royal Mail train.....	18
2.4 Orion High Speed Logistics .....	20
2.5 InterCity RailFreight.....	22
2.6 Mercitalia Fast .....	23
2.7 Zavedení nákladních tramvají jako součást citylogistiky.....	26
2.8 Studie zavedení lehké železnice pro přepravu zboží .....	27
2.9 Shrnutí .....	29
3 Analýza procesů při překládce zásilek .....	31
3.1 Dopravní vozíky.....	31
3.1.1 Bezmotorové dopravní vozíky .....	31
3.1.2 Motorové dopravní vozíky .....	32
3.2 Roltejner .....	34
3.3 Doba potřebná k překládce zásilek .....	35
3.4 Shrnutí .....	42
4 Rámcový návrh železničního terminálu.....	43
4.1 Kritéria pro zhotovení návrhu .....	43
4.2 Možná řešení kolejového schématu terminálu .....	45
5 Závěr .....	47
Použité zdroje.....	49

## Seznam použitých zkratek

Carex	Cargo Rail Express
CRRC	China Railway Rolling Stock Corporation
DB	Deutsche Bahn (dříve Deutsche Bundesbahn)
EMU	Electric multiple unit
ETR	Eletto Treno Rapido (označení rodiny italských vysokorychlostních vlaků)
FedEx	Federal Express
GVD	Grafikon vlakové dopravy
ICE	Intercity-Express
ICE-G	Intercity-Express-Güter
IPR	Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy
LC	Logistické centrum
LPG	Liquified Petroleum Gas
NGT	New Generation Train
POD	Prohlášení o dráze
SNCF	Société nationale des chemins de fer français (Národní společnost francouzských drah)
TGV	Train à Grande Vitesse (označení pro vysokorychlostní vlaky)
VRT	Vysokorychlostní železniční trať
ŽP	Životní prostředí



## Úvod

V současné době je velká snaha o vzájemnou koordinaci mezi nákladní dopravou silniční a železniční. Poptávka po službách doručovacích společností s ohledem na pandemii COVID-19 značně narostla. V případě silniční dopravy je výhodou flexibilita, naopak nevýhodou je menší objem přepravy nákladní soupravy, větší zatížení ŽP a větší pravděpodobnost vzniku kongescí na silniční síti. U železniční dopravy je výhodou větší délka soupravy (v ČR, dle POD, činí nejvyšší povolená délka nákladního vlaku 750 m na hlavních tratích), větší ložná hmotnost, nižší zatížení ŽP, a naopak úzkým hrdlem je kapacita současné železniční sítě a nedostatečná plošná obsluha území. Tato práce pojednává o železniční dopravě jako hlavním segmentu dálkové nákladní dopravy, včetně možností jízdy vlaků do center měst vedoucích k eliminaci jízd nákladních automobilů. Kvůli tomu, že vyšší prioritu při přidělování kapacity na hlavních tratích na konvenční železniční síti v České republice mají vlaky osobní dopravy, dochází k nedostatku volných časových poloh vlaků nákladní dopravy. Navrhovaná koncepce této práce uvažuje s budoucí sítí VRT, která se aktuálně nachází ve fázi projektování dílčích úseků. Práce uvažuje nákladní expresy, které by využívaly jak konvenční síť, tak síť VRT. Uvažovaná trasa těchto expresů by měla být Praha – Brno. Rychlost by měla být alespoň 200 km/h. Uvedená rychlost je zvolena jako minimální pro provoz na síti VRT a k dosažení vyšší konkurenceschopnosti vůči silniční dopravě. Pro navýšení kapacity dráhy a zároveň nižší cestovní doby je vhodné uvažovat vyšší rychlost nákladních vlaků. Jako vhodného přepravní jednotky pro přepravu prostřednictvím těchto expresů jsou uvažovány ucelené zásilky s možností paletizace či jiné vhodné přepravní jednotky pro jednodušší manipulaci při nakládce a vykládce.

Tato práce stanovuje kritéria návrhu železničního nákladního terminálu s vazbou na citylogistku, na který má navazovat vhodný dopravní prostředek pro lokální obsluhu sídel. V České republice bylo zpracováno velmi málo návrhů, které by odpovídaly výše uvedené koncepci. Během zpracování práce byla uskutečněna exkurze do depa České pošty v pražských Malešicích. Informace získané v rámci této exkurze nepřinesly žádné významné informace pro další zpracování. V první části práce je popsána základní koncepce citylogistiky. Dále je pokračováno popisem zahraničních zkušeností s železničními terminály s vazbou na citylogistiku, ze kterého by se následně vycházelo jako vzor pro výsledné řešení. Poté následuje popis procesů překládky zásilek, jednak z hlediska vhodné techniky k manipulaci, tak z hlediska časové náročnosti manipulace se zásilkami. Zpracování probíhalo s paralelně vznikající prací, která se zabývá výběrem vhodných vlakových souprav pro expresní železniční nákladní dopravu. Některé poznatky jsou použity i v této práci. Cílem práce je vyhodnocení zahraničních konceptů nákladní přepravy, zhodnocení vhodných prostředků ovlivňující dobu pobytu soupravy a stanovení rámcových požadavků na samotný terminál.

# 1 Základní popis logistiky

K vymezení pojmu logistika existuje velké množství definic, ale v této práci je uvažováno pouze s následující definicí. Dle Cempírek a kol. [1] je definována následovně: „*Logistika je souhrn činností systematicky zaměřených na získání materiálů z primárních zdrojů a všechny mezivstupy pro zhotovení konečného výrobku až po ukončení jeho životnosti včetně jeho likvidace nebo recyklace, s výjimkou vlastních výrobních procesů a procesů směny. Cílem logistiky je minimalizovat celkové náklady při dosažení potřebné úrovně zákaznického servisu.*“ [1]

Citylogistika ve světě využívá mnoho nástrojů pro zlepšení organizace městského zásobování. Jejím cílem je obecně eliminace negativních účinků z nákladní dopravy ve městě. Dle Cempírek a kol. [1] je definována následovně: „*Citylogistika patří mezi interdisciplinární odvětví, které se snaží sjednotit několik oblastí šetření a analýz. Citylogistice je ve světě věnována stále větší pozornost s ohledem na narůstající nežádoucí vlivy. Mezi nežádoucí vlivy patří zejména dopravní přetížení, které způsobuje kolize mezi osobní a nákladní dopravou a kolize při jejich styku s pěší a cyklistickou dopravou. Nákladní doprava se výrazně podílí na negativním zatížení životního prostředí včetně poškození kulturních památek.*“ Potíže jsou zřetelné zejména v úzkých ulicích historických center. [2] Samotná citylogistika se zabývá cílem zabezpečit nutnou dopravní obsluhu podnikatelských jednotek na území center s co nejnižšími jízdami výkony obslužných vozidel. [3]

## 1.1 Kapacita logistické dopravy

Dle Svobody [4] je kapacita logistické dopravy ovlivňována především následujícími aspekty:

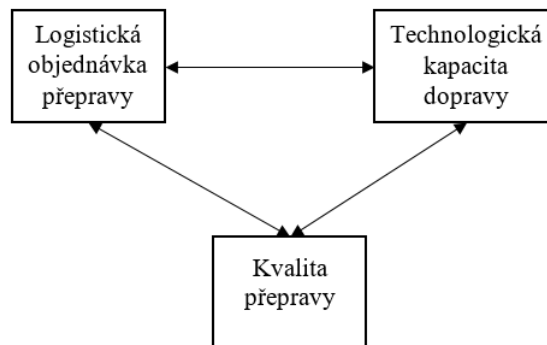
- *kapacita stabilních prostředků využívaných logistickou dopravou (dopravní cesty, dopravní uzly apod.),*
- *kapacita dopravních prostředků,*
- *soulad kapacit dopravních cest, dopravních uzlů a dopravních prostředků,*
- *optimální technologie dopravního procesu využívajícího danou technickou základnu.*

Dle Svobody [4] je dopravní soustava v logistickém systému funkční, budou-li ve vzájemné proporcionalitě 3 faktory (viz Obr. č. 1) – logistická objednávka dopravy, technologická kapacita dopravy, kvalita přepravy.

- *logistická objednávka dopravy – určuje kvalitativní úroveň přepravy a zároveň klade nároky na technologické kapacity dopravní soustavy*
- *technologická kapacita dopravy – ovlivňuje logistickou objednávku dopravy, je-li technologická kapacita dopravy dostatečně vysoká, může při stanovené kvalitě*

*snižovat až minimalizovat potřeby kapacit ostatních činností oběhového procesu, zejména skladování a manipulaci*

- *kvalita přepravy – vznik nároků na dopravu lze charakterizovat jako náhodný proces, který je ovlivňován řadou faktorů statického i dynamického charakteru, pro vyšší kvalitu přepravy je nutné zabezpečovat větší rezervy technologické kapacity, v opačném případě omezuje nabídku [4]*



Obr. č. 1: Schéma kapacity logistické dopravy, převzato z [4]

## 1.2 Logistická centra a jejich funkce

Dle Cempírka [1] jsou činnosti spojené s logistikou, dopravou a skladováním základními činnostmi logistických center (dále LC). LC sdružují dopravní proudy a podporují spolupráci mezi jednotlivými dopravci a druhy dopravy. Na jedné straně slouží ke styku sdružených dálkových přeprav a na druhé straně stykovými body místních, regionálních nebo městských přeprav.

Cempírek [1] označil jako hlavní funkce LC následující body:

- *návaznost dopravních módů (železniční, silniční, vodní a letecký),*
- *přeprava zboží v přepravních jednotkách kombinované dopravy (kontejnery, výměnné nástavby, silniční návěsy, bimodální návěsy, ...),*
- *překládka kusového zboží, zboží na paletách,*
- *skladování zboží různých druhů (hromadné substráty, zboží na paletách, nebezpečné zboží, zboží vyžadující speciální uskladnění apod.),*
- *shromažďování a distribuce zboží v rámci spádové oblasti logistického centra,*
- *ekonomické efekty u zboží (balení, uložení, fixace, paletizace). [1]*

## 1.3 Územní plánování

Dle Cempírka [1] jsou důležitými aspekty při výběru vhodné lokality pro umístění logistického centra územní plánování a možnost napojení na další dopravní módy. Podstatou územního plánování by měla být účelná organizace aktivit v území a snaha o harmonizaci činností člověka a přírodních procesů. Dle Voženílka a Strakoše [5] si je většina středoevropských měst z hlediska vývoje víceméně podobná. Evropská města totiž vznikala především v místech, kde byly splněny základní podmínky pro bezpečné přebývání osob.

Základní koncept struktury města je dán dle Voženílka a Strakoše [5] dlouholetým vývojem:

- *historické centrum se nachází u vodního toku poblíž brodu nebo vyvýšeniny,*
- *výrobní areály postavené v posledních 150 letech se nacházejí vně od pásu parků,*
- *sídliště se nacházejí na okraji měst,*
- *nové technologické zóny jsou lokalizovány na okraji měst při hlavních dopravních tazích,*
- *nové výrobní podniky jsou mimo zastavěnou oblast města.*

### 1.3.1 Železniční doprava

Vedení železniční dopravy napomohlo k výrazným změnám v rozvoji města. Vedení trasy nedosahovalo takových parametrů, které by naplňovaly dnešní požadavky. Vzhledem ke složité historii stavby železničních tratí není vedení trasy na některých tratích úplně optimální, zejména z hlediska poloměrů směrových oblouků. Docházelo také k častým problémům s majetkovým vypořádáním. Velkou výhodou bylo také zapojení velkého množství vleček k průmyslovým nebo těžebním objektům, které přímo navazovaly na hlavní tratě. Železnice spojila většinu velkých měst a rozšířila možnosti obchodování a výroby, což mělo za následek další rozvoj a vývoj lidského poznání. [5]

V dnešní době dochází spíše k rušení železničních vleček, avšak existují i případy, kdy došlo k jejich obnově. K rušení dochází zejména z důvodu upřednostnění silniční nákladní dopravy oproti železniční. Vybudování nových vleček je velmi nákladné (infrastruktura, zabezpečení, údržba apod.) a navíc je na hlavních tratích současné železniční sítě velký problém s kapacitou. Některé vlečky naopak nepodléhají procesu rušení zejména kvůli nákladné investici na její odstranění.

V České republice je aktuálně v provozu 1474 vleček. Jejich počet za uplynulých 26 let poklesl o více než 800. V roce 1995 jich bylo v České republice provozováno celkem 2322. Pokles jejich počtu se ale v posledních letech zpomaluje. [6] Nej hustší síť železničních vleček se nachází na Ostravsku, což je dáno zdejší důlní činností. Nejdelší vlečka v pravidelném provozu

se nachází v úseku Rakšice – jaderná elektrárna Dukovany. Její délka činí 18,3 km a byla vystavěna v roce 1974. [7]

V minulosti měla také železnice výrazný vliv k utváření města z pohledu jeho funkcí. V případě průjezdného nádraží a vzniku kolejové linie vznikala výrazná bariéra v dalším rozvoji města. Došlo tak na rozdělení obytné a průmyslové části města. Příkladem takových měst je například Vyškov, Olomouc nebo Přerov. [5]

Zmínku ohledně zapojení železnice do citylogistiky, v dřívějších dobách v ČR, byla dohledána ve studii citylogistiky od organizace IPR. Dominantní zapojení železnice do citylogistiky v Praze bylo zprostředkováno přes nákladové nádraží Žižkov, ale po změně ekonomických poměrů v 90. letech železnici takřka výhradně nahradila silniční doprava a teprve nyní se postupně začínají objevovat obchodní případy, které železnici do procesu city logistiky znovu zapojují (např. dovoz minerálních vod Mattoni z Kyselky do Mostkovic u Prostějova). [2] Vlečka ze stanice Vojkovice nad Ohří do areálu Mattoni (obec Kyselka) je jeden z příkladů obnovených vleček.

## **1.4 Základní technologie logistiky v rámci obsluhy města**

Dopravní obsluha města a území, pomocí nákladní dopravy, se považuje za součást logistické technologie a systému. V takových systémech je obecná snaha, pomocí vhodných metod, uspořádat činnosti tak, aby optimálně fungovaly s co nejnižšími náklady. [5] Mezi základní koncepty logistické obsluhy města je možné považovat 3 základní technologie – Hub and Spoke, Gateway a Cross-Docking, jejíž definice byly převzaty podle Svobody [4].

### **Hub and Spoke**

Technologie spočívá v tom, že pro určitý územní celek je vybudováno logistické centrum k němuž se vztahují dva systémy dopravní obsluhy:

- vnější systém – zabezpečuje možnosti přepravy velkých zásilek dostatečně kapacitní k tomu, aby přepravil veškeré množství zboží v ročních i týdenních špičkách (využití více druhů dopravy i jejich kombinace)
- vnitřní systém – je jím prováděna obsluha vnitřního území přilehlého k logistickému centru [4]

Vlastní technologie poté spočívá ve sdružování menších zásilek do větších celků, které jsou po přepravě vnějšími systémy opět rozdruženy. Použití této technologie je vhodné pro malé až středně velké aglomerace. Dálková přeprava mezi centry je zajišťovaná jednotlivými druhy dopravy v pravidelném cyklu (časté využití kontejnerů). Výhodou této technologie jsou menší

náklady na dopravu, ekologická výhodnost a nižší zatížení silniční sítě. Naopak nevýhodou můžou být větší investiční náklady a nepoužitelnost pro vzdálenější relace. [5]

### **Gateway**

Používá se zejména pro logistickou obsluhu hustě osídlených aglomerací v systémech citylogistiky. Dle velikosti může být koncept technologie jednostupňový nebo dvoustupňový. Na přepravně významných vstupech do centra města jsou vybudovány vstupní brány, které mají charakter logistických center. V těchto branách dochází ke spojování či dekonsolidaci (rozdělení na jednotlivé kusové zásilky), manipulace se zásilkami, zabezpečení svozu a rozvozu zásilek. Dvoustupňová technologie se používá v případech, kde je území centra velmi obsáhlé nebo je zásilka určena pro více příjemců nacházející v různých částech města. [4][5]

### **Cross - Docking**

Využívá výhody začlenění distribučního centra jako článku do dodavatelského řetězce mezi větší počet dodavatelů na jedné straně a maloobchodní síť na druhé straně. Distribuční centrum třídí, kompletuje a expeduje zásilky přímo do jednotlivých obchodních jednotek. Rozhodující postavení má distribuční centrum, které je napojeno na dopravní infrastrukturu a je vybaveno zařízením pro manipulaci se zásilkami a balení zásilek. [5]

Ve velkých městech a aglomeracích je možno použít kombinaci všech 3 výše uvedených technologií. [5]

## **1.5 Problém poslední míle**

Problém poslední míle je možné charakterizovat jako poslední cestu zásilky z distribučního centra ke koncovému zákazníkovi. Na první pohled se to jeví jako jednoduchý úkol, ale vzhledem k vyšší neurčitosti systému je to velmi obtížná úloha. Do procesu přepravy zásilek vstupuje mnoho faktorů, které ovlivňují poptávku. Těmito faktory mohou být např. období před Vánocemi, kdy je poptávka po zásilkách nejvyšší nebo naopak opačný extrém jsou letní prázdniny, kdy je na druhou stranu poptávka minimální. Dále je nutné zahrnout i stále probíhající pandemii COVID-19, která velmi podpořila poptávku po doručovacích službách. Na základě této variace poptávky je velmi obtížné dimenzovat kapacitu přepravy a následně vytížení okolní dopravní sítě. Všechny tyto problémy podtrhují skutečnost, že přeprava zboží na poslední míli tvoří dle výpočtů minimálně 28 % celkových nákladů na přepravu. Tato skutečnost je dána tím, že vzniká velmi vysoký čas a náklady pro doručení 1 kusu zboží pro konkrétního zákazníka. Ve výsledku tedy dochází k neúměrné ceně zboží pro prodejce. [8]

K naplnění požadavků životního prostředí a ke snížení kongescí ve městech je vhodné využití vozidel s alternativními pohony či menších vozidel. Jako vhodný alternativní pohon je možné považovat elektřinu, vodík či zemní plyn. Ke všem těmto pohonům je nutné mít vybudovanou další napájecí/plnicí/dobíjecí infrastrukturu. Dostupnost stanice pro plnění zemního plynu není problematická vzhledem k většímu rozšíření tohoto druhu paliva. V současné době je však cena za kg stlačeného plynu srovnatelná jako za litr nafty, což může tento pohon znevýhodnit. Větší potenciál má tedy vodík, který zatím nemá dostatečnou infrastrukturu. U vodíku se však vyskytují další problémy, které jeho rozšíření komplikují. K problémům patří například výroba, přeprava, skladování a tankování. Elektrický pohon naráží na dojezd a započtení potřebné doby pro nabíjení. V tomto ohledu je však za poslední dobu učiněn velký pokrok a vznikají rychlonabíjecí stanice. Nejekologičtější přepravu tak ve výsledku tvoří nákladní kola, které však mohou mít problémy s kapacitou. Využití menších vozidel je výhodné z hlediska manipulace v úzkém prostředí historických center měst. V případě obsluhy menšími vozidly je třeba brát v patrnost, že tato vozidla vytvářejí, vzhledem k nižší kapacitě, vyšší četnosti doručovacích cest mezi sídly a distribučním centrem. [9] Kromě úpravy konfigurace ze strany automobilové dopravy je možné vzít v úvahu i zapojení tramvajové dopravy či podzemní dráhy. Tyto možnosti jsou však natolik specifické, že je nutné jejich důkladné prověření a stanovení kritérií, na základě kterých by tento typ přepravy mohl fungovat. [10]

Řešení problému poslední míle pomocí železniční dopravy je možné uchopit několika způsoby. První možností je zavedení železniční dopravy do centra měst, kde by byl vybudován vhodný terminál, ve kterém by docházelo k překládce zásilek a následně by doručení poslední míle proběhlo ekologickou formou dopravy. Druhou možností je přeprava zásilek klasickými vlaky osobní dopravy. Ve vozech by byly vyčleněny prostory pro uložení zásilek. Jako distribuční centra by byly považovány železniční stanice, kde by mohly vzniknout boxy k vyzvednutí či uložení zásilek. Tato varianta má však úskalí kvůli snížení kapacity vlaku osobní dopravy, personální náročnosti a zvýšení pobytu vlaku ve stanicích. Třetí možností, které je obdobná druhé variantě, je vložení nákladních vozů do klasického vlaku osobní dopravy. Tato možnost je však nejméně vhodná a obsahuje větší množství nevýhod. Přidáním dalších vozů může dojít k překročení normativu hmotnosti, což může vést k zapřažení další lokomotivy nebo prodloužení jízdních dob. Tato opatření by vedla ke zvýšení nákladů a celkové neefektivitě provozu. V některých osobních stanicích by mohl být problém s délkou nástupišť, horší manipulací s vlakem a potřeba vytvoření dalšího zázemí k manipulaci se zásilkami. V případě provozu jednotek by tato varianta byla velmi těžko proveditelná.

Z výše uvedeného vyplývá, že je velký potenciál se zabývat tímto fenoménem a hledat nové možnosti, jak vyřešit poslední část dodavatelského řetězce. V následující části budou následovat příklady řešení přepravy zásilek ze zahraničí, které se opírají o předchozí kapitulu.

## 2 Napojení železnice na citylogistiku v zahraničí

V této kapitole jsou popsány zahraniční zkušenosti s napojením železnice na citylogistiku. Železniční dopravu je možné využít pro přepravu zásilek blíže do centra, ale není možné ji využít k přepravě „od dveří ke dveřím“. Na základě těchto zkušeností je možné hledat inspiraci pro řešení situace v České republice.

Dle rychlostí je možné železniční nákladní dopravu rozdělit do kategorií, které jsou uvedeny v Tab. č. 1. Konvenční nákladní přeprava je v současnosti nejvíce rozšířená kategorie, ale kvůli menšímu rychlostnímu rozsahu je méně konkurenceschopná vůči ostatním módům dopravy. Právě kvůli nedostatečné rychlosti je pro některé typy komodit nutné hledat jiné možnosti přepravy.

Tab. č. 1: Rozdělení železniční nákladní dopravy dle typu rychlosti, zdroj: [11]

kategorie	rychlostní rozsah [km/h]
konvenční nákladní přeprava	80–120
rychlá nákladní přeprava	120–160
velmi rychlá nákladní přeprava	161–200
vysokorychlostní nákladní přeprava	> 200

Kromě klasického nákladního vlaku existuje také možnost kombinace osobního vlaku s prostorem pro přepravu nákladu, který má díky přepravě cestujících vyšší prioritu při přidělování kapacity dráhy. Příkladem takové přepravy je OverNight Express provozovaný v relaci Amsterdam – Milano. [11]

### 2.1 TGV La Poste

Jedná se o jeden z prvních systémů vysokorychlostní nákladní železnice. Systém byl provozován ve spolupráci společností SNCF a francouzské pošty v letech 1984 až 2015. Vlaky jezdily v nočních hodinách v relacích mezi městy Paris, Mâcon a Cavailon. Díky rychlosti až 270 km/h se ve své době jednalo o nejrychlejší nákladní vysokorychlostní soupravy. K tomuto účelu bylo vytvořeno celkem 6 souprav TGV Paris Sud-Est (PSE), které se skládaly z 10 vozů, z nichž dva byly motorové se stanovištěm strojvedoucího.

První zmínky o vzniku tohoto projektu pochází od roku 1975, takže spuštění pravidelného provozu zabralo téměř 10 let. Vzhledem k probíhající ropné krizi v 70. letech byla snaha snížit spotřebu pohonných hmot a ukázalo se, že by TGV mohlo tento problém vyřešit. Vzniklo mnoho studií, které prověřovaly možnosti zavedení nákladní VRT a zabývaly se vhodnými opatřeními, které by bylo nutné provést pro pravidelný provoz. Tím bylo například umístění dveří, systémy kontroly zatížení, vyvážení atd. Stávající stanice byly vyhodnoceny jako nevyhovující a byly proto navrženy nové specializované terminály. K úpravám byly vytipovány



3 stanice: Paris-Charolais, Mâcon-Vinzelles a Lyon-Montrochet. Podoba terminálů byla uzpůsobena tak, aby umožňovala přímé spojení mezi silničními a železničními překládkovými plochami. Pro účely provozu nákladních expresů byly v roce 1982 získány 2 kompletní vlakové soupravy. Do roku 1984 probíhala závěrečná organizační ustanovení, jako např. specifikace speciálního vybavení vlaků, testy zatížené, výstavba infrastruktury, školení personálu apod.

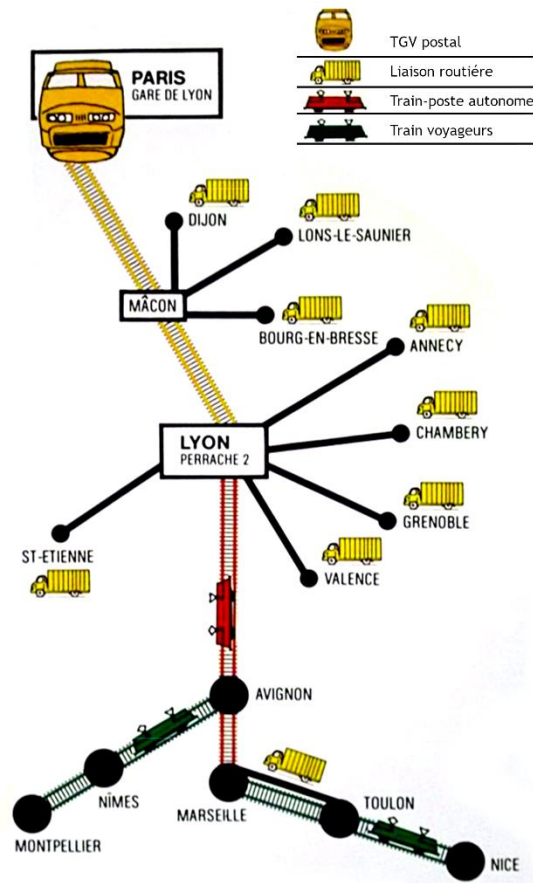
První pravidelné spoje začaly z města Paris vyjíždět 1. října 1984. Již od prvních jízd byly podrobně sledovány veškeré provozní parametry, díky nimž docházelo k postupnému zefektivňování provozu. Na základě úspěchu systému byla snaha o rozšíření systému s dalšími středisky TGV, ale k tomuto kroku však nedošlo. V počátcích provozu byly vypravovány 2 vlaky, a sice v 19:41 a 22:30 s odjezdem z města Paris. Za první rok provozu bylo vypraveno 485 párů vlaků, které přepravily přes 48 000 tun pošty a urazily přes 210 000 km při přepravní rychlosti přes 260 km/h. Provoz poštovních vlaků byl nově zaveden i do zastávky Macon. Dle dostupných informací byla doba pobytu soupravy ve stanici Macon 10 minut. Byla to vhodná ukázka multimodální přepravy, kde docházelo k překládkám silniční, železniční i letecké dopravy. Koncepce provozu je znázorněna na Obr. č. 2.

Od roku 1986 byly prověřovány další možnosti rozšíření systému i vzhledem k nově vznikající síti TGV Atlantique. Dokonce vznikla i řada možných inovací, které by zkvalitnily systém. Jednalo se např. o vyšší kvalitu zázemí pro pracovníky na překladištích, třídící oddíl v koncovém voze atd. I přes atraktivitu nebyla bohužel rentabilita a vysoká cena investic takového systému vyhovující. V 90. letech 20. století se ukázal tento koncept jako velmi efektivní a umožnil tak organizaci nového poštovního doručovacího řetězce. V roce 1994 proto byla trasa nákladního expresu prodloužena z města Lyon do města Cavaillon. Díky tomu začal jezdit 3. poštovní vlak a bylo zrušeno překladiště ve městě Lyon.

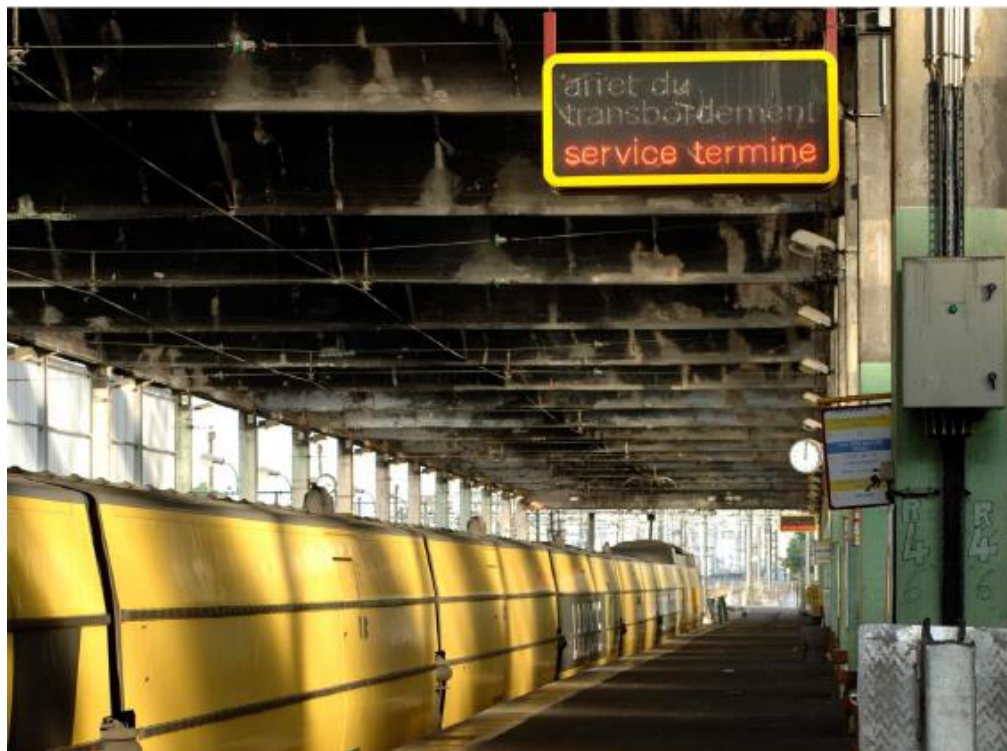
Na Obr. č. 3 a Obr. č. 4 je možné vidět podoby překladišť ve městech Paris a Lyon. Z Obr. č. 5 je možné vyzorovat, že jako překládková technika se používaly roltejnery, do kterých se vkládaly balíčky, pytle nebo košíky s dopisy. Pohodlné naložení proběhlo pomocí sklopné rampy. Takto rozříděná pošta byla dále v roltejnerech pohodlně přeložena do nákladních automobilů a rozvezena do okolních sídel.

Provoz systému TGV La Poste byl ukončen kvůli narůstající ztrátovosti, způsobené zmenšujícím se objemem přepravy, zapříčiněným narůstající konkurenceschopností silniční dopravy. Dalšími důvody byly zvyšující se provozní náklady a také v té době již 30 let staré soupravy, vyžadující modernizaci. Dle oficiálního vyjádření La Poste se jednalo také o neflexibilní časové polohy vlaků, nepřiměřenou cenu a náročnost řízení celého projektu vůči hodnotě přepravovaného zboží.

Z výše popsaného systému byl odvozen navazující projekt Euro Carex.[12][13]



Obr. č. 2: Koncepcie provozu systému TGV La Poste do roku 1994, zdroj: [13], upraveno



Obr. č. 3: Podoba stanice Paris-Charolais s poštovní službou TGV, zdroj: [12]



Obr. č. 4: Terminál ve stanici Paris-Charolais s vlaky TGV Paris Sud-Est, zdroj: <https://twitter.com/alexisdebled/status/1065001821272514567>



Obr. č. 5: Nakládka vlaku TGV La Poste pomocí roltejnérů, zdroj: <https://www.leisl.com/edition-macon/2015/06/28/la-fin-d-une-epoque-a-la-plateforme-du-tgv-postal>

## 2.2 ICE-G

ICE-G byl koncept vysokorychlostní nákladní železniční přepravy v Německu. Základem měla být již fungující síť ICE, která začala sloužit v roce 1991. Mezi lety 1987 až 1991 probíhaly studie, které měly posoudit, zdali je tento koncept vhodný. Jako vhodné pro přepravu byly vytipovány léky, chemické výrobky, výpočetní technika, drobné stroje a jejich součásti, a dále například časopisy a noviny. Byla také posuzována možnost doplnění či nahrazení kapacit expresní letecké přepravy poštou. Z důvodu snadné ruční manipulace na rampách a zvedacích plošinách byly jako vhodné přepravní jednotky uvažovány roltejnery. Překládka byla uvažována na běžných osobních nástupištích osobní dopravy. Předběžné studie vypadaly velmi přívětivě s dostatečným tržním potenciálem. Zamýšlené relace byly Hamburg – Hannover – Norimberk – München a Hamburg – Hannover – Frankfurt – Stuttgart – München. V plánu bylo propojit 17 logistických center v Německu. Vzhledem ke společné vlakové cestě s klasickými osobními vlaky bylo nutné uvažovat provoz v nočních hodinách, a sice mezi 20. hodinou a 4. hodinou ranní. Velkou výhodou mohla být široká nabídka možného ukončení vlaků. Jízdy vlaku mohly končit buď v osobních stanicích, logistických centrech, střediskách pošty či překladištích kombinované dopravy. Obdobně jako u projektu Parcel InterCity se vyskytnul problém s nižší rychlostí vlaků ICE-G na vysokorychlostních tratích, což by mohlo způsobovat zdržování osobní dopravy. Pro denní jízdy byly zkoumány i další možné technologie provozu. Jednalo se například o spojení polovičního vlaku ICE-G s osobním vlakem. [11][14]

Nákladní vlaky měly převzít koncepci první generaci vlaků ICE umožňující rychlosti až 250 km/h. Úvahy počítaly s tím, že by koncové vozy soupravy zůstaly beze změny a došlo by k úpravě pouze vložených vozů. Vložené vozy měly být konstruovány na 36 až 40 roltejnery. Základní plocha těchto roltejnery měla mít rozměry 1000 mm x 1200 mm s maximální hmotností 350 kg. Součástí vozů by byly i rampy pro nakládání a vykládání roltejnery na plošinách o výšce 76 cm. V prvních fázích provozu bylo počítáno s ručním nakládáním, které mělo být později zautomatizované. [14] Závěrečná ustanovení vyhodnotila případný provoz jako neefektivní, primárně z důvodu společného provozu nákladních a osobních vlaků na jedné trati. Nákladní vlaky by z důvodu nižší provozní rychlosti musely vyčkávat v dopravnách, čímž by kvůli častému zastavování a vyčkávání přišly o svou hlavní výhodu, kterou byla rychlost přepravy. [11]

## 2.3 The Royal Mail train

Zapojení železnice k přepravě pošty doznalo ve Velké Británii v roce 1996 velké změny. Společnost Royal Mail s tehdejšími sektorem britských železnic Rail Express System vytvořily novou koncepci přepravy pošty. Dnes je provozovatelem této služby společnost DB Cargo UK.

Se změnou koncepcí byla zřízena nová síť s pevným jízdním řádem pro nové elektrické jednotky řady 325 (viz Obr. č. 7). Naopak byla zcela zastavena přeprava pošty v rámci klasických osobních vlaků. Nové soupravy umožňovaly přepravu nákladu až rychlostí 100 mph (161 km/h). Jako hlavní trasy systémů jsou uvedeny relace London – Warrington – Glasgow a relace London – Newcastle. V současnosti probíhá přeprava mezi 4 základními poštovními depy – Shieldmuir, Warrington, Princess Royal Distribution Centre (London) a Low Fell. [16] Společnost Royal Mail předpokládá díky zvýšené prioritě vlaků vysokou přesnost provozu. Dodnes je v provozu 15 souprav řady 325, které zajišťují každý den 10 spojů. Každá z těchto souprav je složená ze 4 vozů a měří přes 80 metrů. [11] V případě potřeby přepravy většího množství nákladu je možné využít mnohočlenného řízení a získat tak až 12 vozovou soupravu. V základním řazení je jednotka schopna převézt 48 tun nákladu, což odpovídá 235 York kontejnerům. [16] Na každé straně soupravy se nachází roletové dveře a výklopná plošina, která má nosnost 12 tun a slouží pro manipulaci s nákladem. Výhodou popisovaných jednotek je z hlediska údržby a nákupu náhradních dílů zaměnitelnost trakčních zařízení s hojně rozšířenou jednotkou řady 319 pro osobní přepravu. [15]

Koncepce nákladních terminálů je uzpůsobena tak, že v rámci každé osobní stanice se nachází speciální nákladní terminál. (viz Obr. č. 7) Uspořádání nástupišť pro nakládku a vykládku je souběžné s hlavními kolejemi.

Jako přepravní jednotka byly speciálně pro Royal Mail navrženy tzv. York kontejnery. Ty se kromě nosnosti 500 kilogramů, umožňující přepravu až 28 nádob na dopisy, vyznačují také gumovými kolečky pro snadnou manipulaci. Podoba kontejneru je zobrazena na Obr. č. 6. [17]



Obr. č. 6: York kontejner, zdroj: [17]



Obr. č. 7: Jednotka řady 325 u vykládkové rampy, zdroj: <https://images.app.goo.gl/MihG8Ki4dmvGqSGx5>

## 2.4 Orion High Speed Logistics

Nejnovějším dohledaným systémem rychlé nákladní železniční přepravy je projekt Orion ve Velké Británii, který byl spuštěný 23. 11. 2021 v relaci z Wembley do Shieldmuir (Glasgow) pro společnost Royal Mail. Společnost Eversholt, která se zabývala přestavbou vysloužilých elektrických jednotek řady 319 a 321 z osobní dopravy, umožnila využít tyto soupravy nadále v oblasti logistických služeb. Jedná se o 4 vozové soupravy, kdy každý vůz uveze přibližně 10 tun nákladu. Jednotka je schopná dosáhnout rychlosti až 160 km/h s ložnou hmotností kolem 40 tun na soupravu. Obdobně jako u jednotek 325 je možné využití mnohočlenného řízení. V rámci rekonstrukce došlo k odstranění sedadel, montáž nové podlahy a upevňovacího systému. Ve vybraných částech podlahy se nacházejí válečkové koule, které spolu se širokými dveřními otvory umožňují snadnou manipulaci a zaaretování přepravovaných palet. Dále obsahuje boční úchyty pro popruhy k uchycení roltejnerů, které jsou známé u lehkých silničních vozidel. Interiér této jednotky je možné vidět na Obr. č. 8. [18] Rekonstruované jednotky jsou přeznačeny na řadu 769 a jsou nově schopné provozu v duálním režimu. Mohou tak obsluhovat i neelektrifikované tratě či překladiště pomocí vznětového motoru. V provozu jsou prozatím 2 jednotky tohoto druhu a dalších 6 je ve fázi rekonstrukce. [19] Výšku podlahy železničního vozu nad temenem kolejnice se nepodařilo dohledat.

Částečným důvodem pro vznik tohoto projektu byla pandemie COVID-19, která zapříčinila změnu trendu v online nakupování. Tento trend zapříčinil větší potenciál pro využívání kurýrních služeb. Kvalitní a spolehlivá přeprava dálkové dopravy je nutná pro udržitelnou citylogistiku. [20]

První zkušební jízda proběhla 7. 7. 2021, kdy vlak dorazil do hlavní stanice London-Euston, která se nachází přímo v centru města (viz Obr. č. 9). Ihned po příjezdu došlo k otevření dveří, vyklopení plošin k nástupišti a následovalo přeložení nákladu do nákladních kol, které zajistily další distribuci zboží po centru města.[21] Jako vhodné přepravní jednotky jsou uvažovány roltejnery, palety a kontejnery. Veškeré kroky by měly být propojeny do online rezervačního systému, který má za cíl usnadnit vyzvednutí a doručení. [22] [23]

Projekt celkově slibuje částečné řešení problémů s nedostatkem řidičů kamionů a s trendem zvyšujících se cen pohonných hmot. Řešení se přímo týká i otázky životního prostředí, kdy se většina firem zabývá otázkou dekarbonizace. Díky vhodné dostupnosti řady železničních stanic ve městě London může být řešena i otázka snížení vjezdu nákladních vozidel do centra města. Od roku 2008 začaly být ve městě zřizovány zóny s nízkými emisemi, což značně omezuje a prodražuje jízdu nákladního automobilu. Poplatek za jednodenní vjezd nákladního automobilu do centra města London činí 300 liber. V roce 2022 je plánováno spuštění přepravy zásilek na dalších trasách. [21]



Obr. č. 8: Způsob provedení interiéru rekonstruované soupravy řady 768, zdroj: [18]



Obr. č. 9: Vykládka zkušebního Orion expressu ve stanici London-Euston, zdroj: [21]

## 2.5 InterCity RailFreight

InterCity RailFreight je britská společnost, která se zabývá možností rychlé přepravy zásilek po železnici. Klíčovou myšlenkou je spolupráce s mnoha dalšími návaznými segmenty (např. poradenství, kurýrní služby, aj.). V obecné rovině dochází k propojení různých kurýrních služeb, což je řízeno z dispečerského pracoviště. Pro přepravu zásilek využívá společnost vlaky osobní dopravy, které jsou schopny dosáhnout rychlosti až 125 mph. [24] K manipulaci se zásilkami dochází na standardních osobních železničních stanicích s vybudovaným zázemím pro kurýrní služby, které zajišťují další distribuci. Velkou výhodou je velká nabídka využitelných vlakových spojů, a z toho vyplývající časová flexibilita, nevýhodou jsou naopak vysoké personální nároky na manipulaci se zásilkami. [25] Speciální kapitolou je přeprava zboží se specifickými podmínkami (např. zdravotnický materiál nebo potraviny), k jejichž dopravování jsou využívány zapečetěné izolované boxy s průběžným sledováním teploty. Ve vybraných stanicích jsou poté zásilky předány jednotlivým kurýrním službám, které se starají o další distribuci. [26]

Návazná doprava je organizována například na základě spolupráce s kurýrní společností Wego zabývající se přepravou zásilek na poslední míli. Společnost Wego byla založena v roce 1998 se sídlem ve městě Nottingham. Strategií společnosti je zlepšení kvality ovzduší ve městech za pomoci vozidel s minimálními emisemi (např. nákladní elektrokola, elektrické automobily). Doručování zásilek pomocí jízdního kola má výhodu především ve snadné obsluze vzrůstajícího množství pěších zón v nejužších centrech měst. Zároveň je prokázáno, že výrazně zkracují potřebný čas k dodání zásilky. Ke zlepšení životního prostředí na delší



vzdálenosti je využíváno osobních vysokorychlostních vlaků, ve kterých je rezervovaný prostor pro uskladnění zásilek. Základní schéma provozu je zobrazeno na Obr. č. 10. [27]



Obr. č. 10: Schéma využití železnice při přepravě zásilek s návaznou dopravou na poslední míli, zdroj: <https://www.wegocouriers.co.uk/services/#tab-3172c235fd3c65e6a37>

## 2.6 Mercitalia Fast

Mercitalia Fast je projekt, který využívá vysokorychlostní železniční tratě na území Itálie. První trasa byla spuštěna společností Mercitalia Logistics v listopadu 2018. Jednalo se o trasu z jižního města Caserta (terminál Maddaloni-Marcianise) do severního města Bologna (terminál Interporto Bologna). Bologna je označována jako jeden z nejdůležitějších logistických uzlů v zemi.

K vozbě je používána jediná, z osobního provozu již vyřazená jednotka řady ETR 500, složená z 2 hnacích elektrických vozů a 12 vložených, netrakových. Každý vložený vůz je schopen pojmout 64 roltejnů o rozměrech 70x80x180 centimetrů s nosností 220 kilogramů. Délka soupravy činí přibližně 360 metrů. Fotografie při nakládce jednoho z roltejnů je zobrazena na Obr. č. 11. Celkový objem zátěže odpovídá 18 nákladním automobilům nebo dvěma nákladním letadlům. Služba je určena k přepravě rychle doručitelného zboží, čehož využívají např. expresní kurýři, logističtí operátoři apod. V terminálech se nakládka a vykládka roltejnů provádí pomocí výsuvných ramp, které spojují překladiště s úrovní podlahy vlaku. [28] Přibližné uspořádání terminálu ve městě Caserta je možno zhlédnout na Obr. č. 12.

Hlavním důvodem vzniku projektu byla podpora udržitelných logistických operací s podporou italské vlády na intermodalitu v nákladní dopravě. Velkým potenciálem intermodální přepravy je snížení provozních nákladů a ztráty zboží, což je však podmíněno vybudováním dostatečně

rychlé přepravní sítě. To umožnilo eliminovat větší zpoždění při dodávkách zboží. Velmi důležitým aspektem je nutnost přiblížení železnice k městským centrům, což vede ke snížení nákladů a zvýšení konkurenceschopnosti vůči silniční přepravě. [29] Podle výkresové dokumentace vložených netrakčních vozů odpovídá výška podlahy nad temenem kolejnice 1,2 metru. Výkres vloženého vozu je zobrazen na Obr. č. 13. Za povšimnutí stojí pouze 1 nakládací rampa, ve které je zrovna odbavována uvedená jednotka ETR 500. Snímek přímo z místa, terminálu Maddaloni-Marcianise, je zobrazen na Obr. č. 14.

K návazné dopravě byla nalezena zmínka o možnosti pilotní spolupráce společností Mercitalia Logistics a Fiat Chrysler Automobiles. K provozu na poslední míli, tedy ke konečnému zákazníkovi, byl vytipován vůz Fiat E-Ducato. Prototyp nového silničního vozu E-Ducato představuje plně elektrickou verzi vozidla Fiat Ducato. Díky svému elektrickému pohonu bude zajištěna efektivita a nízkoemisní provoz. Pro doručování z terminálu Maddaloni-Marcianise (poblíž jihoitalského města Caserta) je uvažován denní kilometrický oběh vozu E-Ducato 110 km, k čemuž by měly stačit akumulátory s kapacitou 47 kWh. Kapacitu akumulátorových baterií je možné zvětšit, a zajistit tak dojezdovou vzdálenost 200–360 km. Vzhledem k dynamice jízdy vozidel na úrovni městské logistiky by bylo vhodné využít vyšší kapacitu baterie. Objem nákladu je dimenzovaný od 10–17 m<sup>3</sup> se zatížením až 1950 kg. Tato informace pochází z roku 2020, ale bohužel k ní nebyly nalezeny žádné další podrobnosti.

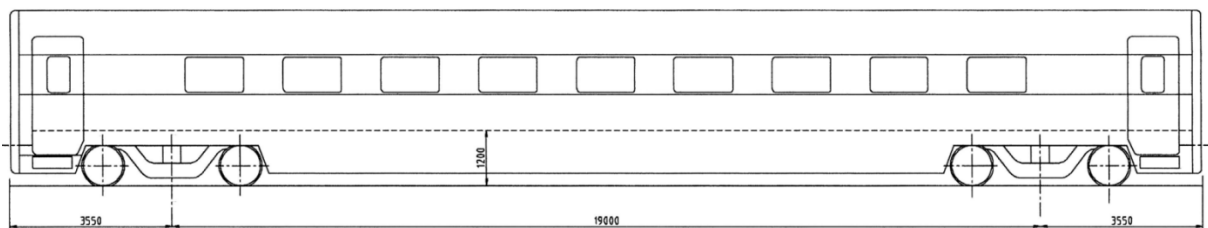
V budoucnosti je v plánu rozšířit služby Mercitalia Fast na další terminály, umístěné v hlavních italských městech obsluhovaných vysokorychlostní sítí. Jsou vytipována následující města: Turín, Novara, Milán, Brescia, Verona, Padova, Řím a Bari. [30]



Obr. č. 11: Řešení uspořádání jednotky a skladu při manipulaci se zásilkami, zdroj: [29]



Obr. č. 12: Letecký snímek terminálu Maddaloni–Marcianise, zdroj: google maps



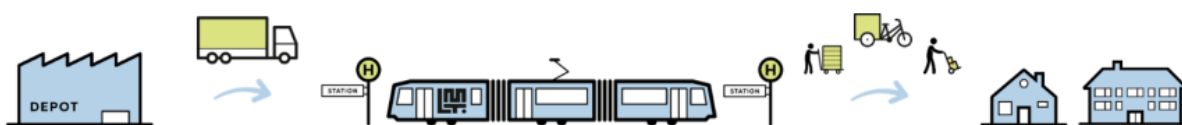
Obr. č. 13: Výkres vloženého vozu jednotky ETR 500, zdroj:  
<http://www.rotaie.it/Rotaie.it.data/Disegni/etr500%201classe.jpg>



Obr. č. 14: Jednotka ETR u vykládací rampy, zdroj:  
[https://www.ilgiornaledellalogistica.it/news/aziende/presentato-il-nuovo-servizio-mercitalia-fast-dal-terminal-di-maddaloni-marcianise/#prettyPhoto\[gal\\_2\]/0/](https://www.ilgiornaledellalogistica.it/news/aziende/presentato-il-nuovo-servizio-mercitalia-fast-dal-terminal-di-maddaloni-marcianise/#prettyPhoto[gal_2]/0/)

## 2.7 Zavedení nákladních tramvají jako součást citylogistiky

Výzkumná laboratoř Frankfurt University of Applied Sciences provedla výzkum využití tramvají pro přepravu balíků z hlediska doručení na poslední míli. Výzkum probíhal s využitím konzultací se společnostmi VGF a Hermes. Motivem pro provedení tohoto průzkumu je snižování emisí. Snižování emisí by mělo být postupně dosaženo přechodem na silniční vozidla s elektrickým pohonem. Zde se však stále vyskytuje problém s nedostatkem parkovacích míst, což by mohly vyřešit právě tramvaje. Ze skladů na kraji města by místo kamionové dopravy bylo využito tramvají pro přepravu zásilek. Schéma zamýšlené koncepce je zobrazeno na Obr. č. 15. Na základě analýz bylo dokázáno, že současná tramvajová síť je vhodná pro přepravu balíků do mnoha míst této sítě. Projekt měl definovaná kritéria pro nakládku a vykládku, přičemž nesměl být narušen pravidelný tramvajový provoz. Dalším důležitým aspektem je manipulace mezi nástupištěm a podlahou tramvaje. K použití roltejnérů musí plošiny umožňovat manipulaci na úrovni terénu. Dále bylo zjištěno, že v době výzkumu nebyly k dispozici žádné vhodné přepravní jednotky pro použití v tramvajích. Kromě kompatibility s tramvajemi je nutné zajistit i kompatibilitu s nákladními koly, přičemž přepravní jednotky by měly být uzavíratelné. Na základě výše uvedených požadavků byly následně vyvinuty prototypy přepravních jednotek. Ke spuštění tohoto konceptu je nezbytné provést další výzkum. Dále chybí vyřešit legislativní záležitosti, ať už možnost přepravy nákladu společně s cestujícími nebo vybudování příslušné infrastruktury (sklady pro cargo kola, úschovna přepravních boxů). Rovněž existuje velký potenciál přepravy balíků pomocí podzemní dráhy (např. metro). [31]



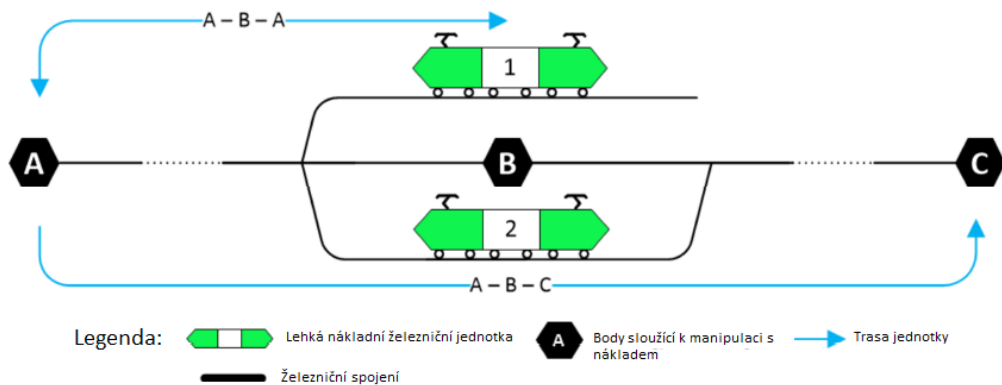
Obr. č. 15: Schéma konceptu nákladní tramvaje k zajištění citylogistiky, zdroj: [32]

Snahy o zavedení nákladních tramvají byly i v jiných městech. Obdobný systém funguje od roku 2011 (poslední informace o provozu z roku 2015) ve městě Kyoto v Japonsku. Zde se jedná však pouze o přepravu pro společnost Yamato Transport, která si pronajímá tramvajové vozy využívané pro běžnou osobní dopravu. V pokročilých fázích příprav byl provoz ve městě Amsterdam, ale kvůli finanční krizi a nedostatečné podpoře nebyl projekt dokončen. [31] [32] Informace o kombinaci přepravy nákladů pomocí železnice s návazností tramvajové dopravy nebyly nalezeny kvůli malému rozsahu provozu.

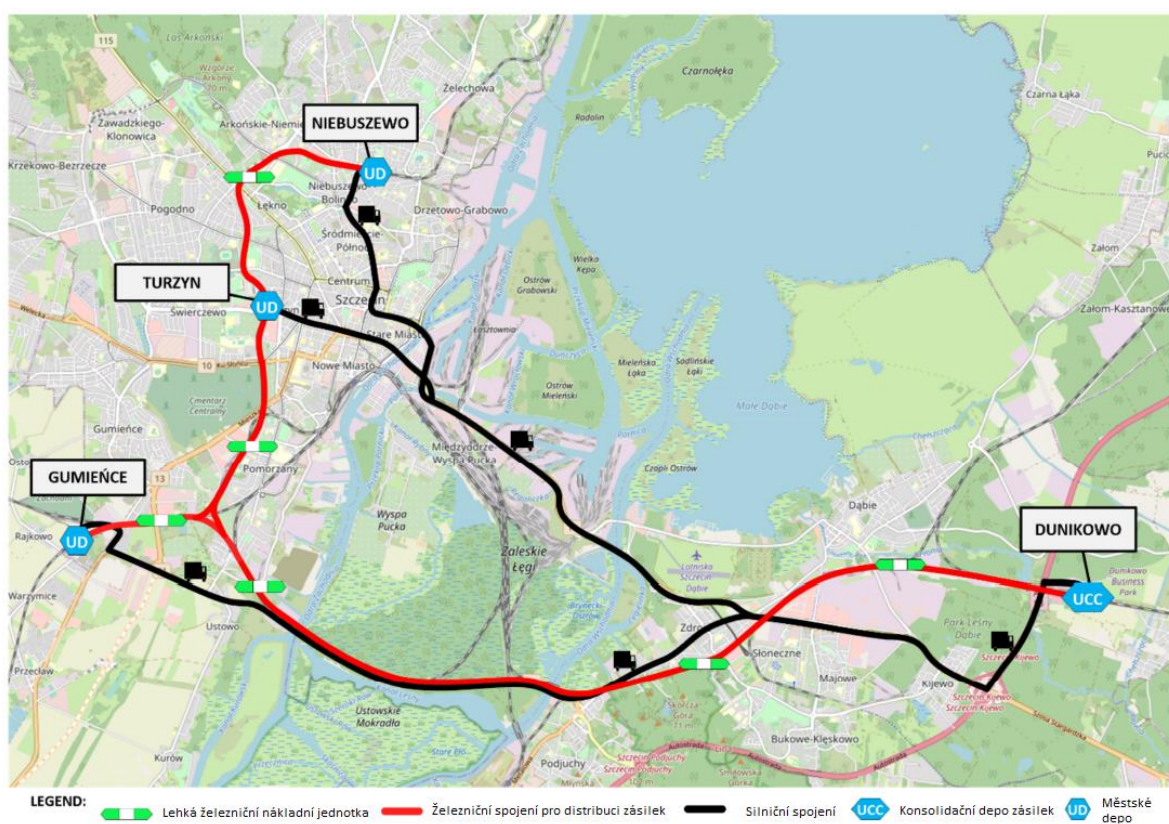
## 2.8 Studie zavedení lehké železnice pro přepravu zboží

Na základě studie [33] byla posuzována možnost zavedení lehké železnice pro přepravu nákladu. Koncepce by částečně řešila i problém doručení na poslední míli. Pro studii bylo uvažováno polské město Szczecin. K tomuto účelu byla uvažována obousměrná nákladní jednotka, která byla tvořena 2 čelními vozy, obsahujícími stanoviště strojvedoucího, a minimálně 2 další netrakové vozy. Vzhledem k obousměrnosti soupravy je možné odstranit nadbytečný posun lokomotivy. Kratší délka vlaku je velmi výhodná pro zjednodušení manipulace v rámci jízdy po železničních vlečkách, kdy není třeba posunovat jednotlivé díly. Vlak, který by zajišťoval výše uvedené služby, může být poháněn různými trakcemi. V rámci výzkumu je uvažováno s elektrickou jednotkou, ale k zajištění větší flexibility se může jednat i o hybridní jednotka. Použití jednotky nezávislé trakce (motorová) není s ohledem na životní prostředí doporučeno. Schéma rozvozu zásilek znázorňuje Obr. č. 16.

Dále byl ve studii popsán současný stav zásobování dodávkami v rámci města Szczecin a byly navrženy trasy, které by napomohly odstranit neekologická dodávková vozidla se spalovacími motory na území města. Jednodušší možností ke zlepšení situace je náhrada dodávkami s elektrickým pohonem. S tímto řešením však nedochází ke zklidnění dopravní situace ve městě, ať už se jedná o dopravní kongesce či problémy s parkováním a následnou manipulací nákladu. Aby bylo možné vyhovět požadavkům na kapacitu, je nutné řešit návaznou dopravu pomocí lehkých užitkových vozidel. Díky jejich menším rozměrům a bezemisní jízdě je možné přepravit zásilky ke koncovým zákazníkům dle podmínek zóny čisté dopravy. Použití lehkých nákladních elektrických vozidel však naráží na problém malého dojezdu a nízké přepravní kapacity. Na základě těchto problémů je třeba provoz lehkých elektrických vozidel regulovat a vytvořit městské depo, ve kterém by se distribuovaly zásilky z oblastí mimo centrum města. V těchto depech by proběhly následující úkony: překládka na vozidla, která by splňovala podmínky pro vjezd do samotného centra, nabíjení elektrických vozidel a možnost krátkodobého skladování zásilek. Pro umístění dep byly vtipovány 3 lokality (Gumieńce, Turzyn, Niebuszewo), které se nacházejí v těsné blízkosti železničních stanic. Tyto stanice jsou napojeny na další objekty občanské vybavenosti, sídliště, průmyslové zóny apod. K doplnění a konsolidaci zásilek bylo vytvořeno depo v oblasti Dunikowo, které by sloužilo pro všechny provozovatele. Zmíněné městské konsolidační depo je ve velmi strategické poloze navázané jak na rychlostní silnice, tak na železniční síť pomocí vlečky. Studie dále posuzovala 2 koncepce provozu. Minimální varianta uvažovala pouze se zavedením nízkoemisní zóny v centru, takže by v městském depu docházelo k překládce zásilek z diesellových dodávek na nízkoemisní vozidla. Rozšířená varianta naopak využívá železnici, po které by se zásilky z konsolidačního depa rozvážely dále do městských dep, ve kterých by probíhala překládka na nízkoemisní vozidla. Obě varianty jsou zobrazeny na Obr. č. 17.



Obr. č. 16: Koncepce provozu lehké nákladní železniční jednotky, upraveno, zdroj: [33]



Obr. č. 17: Návrh řešení obou koncepcí provozu ve městě Szczecin, upraveno, zdroj: [33]

Studie dále provedla výpočty, na základě kterých byla celková ložená hmotnost vlaku stanovena na 45 tun, což odpovídá přibližně 30 lehkým nákladním vozidlům. Využití lehké železnice v procesu distribuce zásilek by dle propočtů ušetřilo 422 eur za externí náklady na dopravu. Závěrem studie je doporučení využití tohoto systému ve městě Szczecin. Pro možnost uplatnění tohoto konceptu v jiných městech by bylo třeba provést dílčí studie a posouzení dle místních poměrů. Zásadní omezení mohou představovat následující aspekty: stav železniční infrastruktury, kapacita přilehlých železničních tratí, nákup vhodných železničních vozidel a politická podpora města. [33]

## 2.9 Shrnutí

U zjištěných systémů dochází především k přepravě pošty a drobných zásilek. Kromě zde popsaných systémů existuje mnoho dalších, které se zabývaly přepravou pošty (např. EuroCarex, Post InterCity a další). V práci jsou zmíněny celkem 4 funkční systémy, které se zabývaly přepravou pošty (TGV La Poste, Mercitalia Fast, The Royal Mail train a Orion High Speed Logistics). První zmíněný systém již není funkční, nicméně je možné se jím inspirovat při provádění budoucích výzkumů. Systém Mercitalia Fast je spíše zkušebního charakteru, jelikož provozuje pouze 1 nákladní jednotku a jeho případný rozvoj je stále vyhodnocován. Další koncept, společnosti The Royal Mail train, využívá pro přepravu zásilek přestavěné jednotky z osobní dopravy, což je rovněž velmi výhodné k využití při návrhu. Přestavba jednotky umožní ušetřit finance a zároveň zjednodušit legislativní procesy se zařazením do běžného provozu. Poslední a zároveň nejnovější systém, se jménem Orion High Speed Logistics, byl spuštěn v Anglii v roce 2021 ve zkušebním provozu. Jeho funkce je na podobné bázi jako u systému The Royal Mail train. Na rozdíl od něj je v tomto případě kladen větší důraz na řešení problému poslední míle. V terminálu, kde dochází k vykládce železniční jednotky, je zkoordinována návaznost na nákladní kola, případně elektrické dodávky, které zajišťují rozvoz ke konečnému zákazníkovi.

Obecným trendem pro vysokorychlostní nákladní dopravu je nahrazování klasické soupravy pomocí vysokorychlostní jednotky. Výhody jednotky jsou např. jednodušší manipulace, menší aerodynamický odpor a s ním spojené jednodušší dosažení vyšší rychlosti. Nevýhody mohou být například následující: provozně nedělitelná souprava a nemožnost nakládky některých komodit. Překládka surovin je ve většině případů uskutečňována v samostatných terminálech oddělených od osobní dopravy – v tomto případě je vlaková souprava směřována přímo do logistického areálu, kde dochází k překládce. Jako výhodná přepravní jednotka se používají roltejnery, u kterých je zajištěna dobrá manipulace a možnost přímé překládky mezi jednotlivými dopravními módy. U ložné kapacity by měl být dodržen požadavek přípustné hmotnosti na nápravu, který u jednotek VRT činí obvykle 17 tun/nápravu (pro rychlost 320 km/h). Francouzské a italské vysokorychlostní jednotky dimenzovaly přepravu nákladu na 120–140 tun. V porovnání s britskými systémy rychlé nákladní přepravy, které mají dimenzovanou ložnou hmotnost na 40–50 tun.

Podle plánovaných projektů je možné usoudit, že obdobné koncepce železniční nákladní dopravy budou přibývat. V současnosti je v plánu vybudovat následující síť VRT: North Bothnia Line (Švédsko), High Speed 2 (Anglie), Rail Baltica (Finsko, Estonsko, Litva, Lotyšsko, Polsko), VRT v České republice a mnohé další systémy. V předběžných studiích nových sítí VRT je vždy zmínka o možném zavedení vysokorychlostní nákladní dopravy. Česká republika

však zatím tuto možnost neplánuje a prozatím počítá na síti VRT s provozem pouze osobní dopravy.

Mimo klasickou koncepci přepravy (překládka ve skladu) byl popsán anglický systém InterCity ReilFreight, který přepravuje balíky mezi klasickými stanicemi osobní dopravy. Tento systém pokrývá více možností řešení problému poslední míle.

Zajímavá možnost, jak je možné provést řešení problému poslední míle, byla zmíněna ve studii z frankfurtské univerzity ve městě Frankfurt am Main. V této studii byla prověřována možnost zavedení tramvají jako součást logistického řetězce. Tramvaje by převážely zásilky z překládkových terminálů do centra města, kde by došlo k překládce na nákladní kola. Tímto řešením by došlo ke zlepšení životního prostředí a dopravní situace ve městě. Využití tohoto typu přepravy v České republice by bylo finančně nákladné a došlo by k řadě legislativních problémů.

K řešení problému citylogistiky železniční dopravou byla nalezena studie využití lehké železnice pro přepravu zásilek mezi distribučními centry s použitím městské železnice v polském městě Szczecin. Tento koncept se ukázal jako velmi výhodný, ovšem pro dosažení efektivity je třeba dodržet určité podmínky.



### 3 Analýza procesů při překládce zásilek

Překládku zásilek je možné rozdělit do 3 kategorií podle stupně automatizace. Rozdělení tak může být na manuální, poloautomatické a plně automatické překládání zásilek. Plně automatizované překládky zásilek jsou stále ve vývoji a ve vypracované rešerši nebyly nalezeny žádné takové systémy. V rámci studia literatury byly nalezeny zmínky o 2 koncepcích automatické nakládky, a sice NGT Cargo a CRRC Tangshan. Vzhledem k neurčitosti systémů jim není, v dalších částech textu, věnována další pozornost. Použití pouze manuálního překládání zásilek je v dnešní době nevhodné, jelikož prodlužuje čas potřebný k překládce zásilek a celkově vede k neefektivitě práce. Dále budou tedy rozebrány poloautomatické systémy překládky zásilek.

#### 3.1 Dopravní vozíky

Jedná se o silniční či kolejová vozidla s motorem či bez motorového pohonu, pohybujících se na kolech, určených k dopravně-manipulačním operacím a k loženým operacím.

##### 3.1.1 Bezmotorové dopravní vozíky

Bezmotorové dopravní vozíky je možné definovat jako bezkolejové mechanizační prostředky, které jsou poháněny pouze lidskou silou a jsou určeny převážně pro vnitřní závodní dopravu a menší skladové operace, které se vykonávají nepravidelně. Vhodnost těchto prostředků je použití při menším objemu nákladu a na kratší vzdálenost. Ruční vozíky by měly být užívány na tvrdé a rovné podlaze. [34]

Podle konstrukčního provedení je možno na základě [34] bezmotorové vozíky rozdělit následovně:

- a) jednokolové a dvoukolové vozíky,
- b) plošinové vozíky (tříkolové a vícekolové ruční vozíky),
- c) nízkozdvížné ruční vozíky,
- d) vysokozdvížné ruční vozíky,
- e) jeřábové vozíky.

Konkrétním příkladem této techniky může být ruční vozík pro přepravu palet či ruční dvoukolový vozík – tzv. rudl.

Nejpoužívanější jsou **dvoukolové ruční vozíky**. Rudl je zobrazen na Obr. č. 18. Vozík tohoto typu se skládá z kovového rámu, 2 držadel a malé plošiny ve spodní části. Hmotnost vozíku činí 10 až 25 kg s nosností až 500 kg. U tohoto typu vozíků je třeba dbát velký důraz na bezpečnost, jelikož existuje riziko přejetí či přiražení končetin. [35]



Obr. č. 18: Dvoukolový ruční vozík – rudl, zdroj: <https://www.b2bpartner.cz/>

Další velmi početnou skupinou jsou **bezmotorové nízkozdvížné vozíky**, které se používají především pro manipulaci s paletami, na kterých je umístěno zboží. Nosnost vozíků je až 2000 kg a výška zdvihu 0,5 m. Zdvih vidlicového rámu je hydraulický, ovládaný kývaným pohybem oje ve svislé rovině. Spouštění je ovládáno nožní pákou. Vyšší třída je tvořena vysokozdvížnými vozíky, které umožňují zdvih až do výšky 1,6 m při nosnosti do 1000 kg. Použití je vhodné pro stohování palet ve skladu. Příklad takového vozíku je zobrazen na Obr. č. 19.



Obr. č. 19: Ruční nízkozdvížný vozík, zdroj: [mevatec.cz](http://mevatec.cz)

### 3.1.2 Motorové dopravní vozíky

Druhou skupinou dopravních vozíků jsou motorové vozíky, které již disponují vlastní pohonnou jednotkou pro uvedení do pohybu. Použití je obdobné jako u bezmotorových dopravních vozíků. Dle druhu pohonu je možné na základě [34] vozíky rozdělit na:

- a) vozíky se zážehovým motorem,
- b) vozíky se vznětovým motorem,
- c) vozíky s pohonem na plyn,
- d) vozíky s elektrickým pohonem,
- e) vozíky s hybridním pohonem.

**Vozíky se zážehovým motorem** jsou plněny benzínem. Vozíky se spalovacím motorem při stejné hmotnosti mají vyšší výkon než vozíky s elektromotorem, mají vyšší jízdní rychlost a stoupavost, lépe vyrovnávají otřesy. Nosnost těchto vozíků se pohybuje od 600 do 3500 kg. Nevýhodou jsou výfukové plyny, což omezuje jejich použití ve vnitřních prostorech. Účinky výfukových plynů lze částečně tlumit pomocí katalyzátorů. [34]

**Vozíky se vznětovým motorem** jsou plněny naftou. Charakterizují se robustnější konstrukcí s větší odolností vůči vnějším vlivům, díky čemuž se využívají zejména ve venkovním prostředí. Nosnost se pohybuje od 1600 kg do 32000 kg. Oproti benzínovým vozíkům mají ve výfukových plynech nižší obsah CO<sub>2</sub>. Použití vozíků se spalovacími motory je obdobné ručním vozíkům. [34]

**Vozíky s pohonem na plyn** je možné využít ve vnitřních prostorech a tam, kde nelze provozovat vozíky se spalovacím motorem. Nosnost je podobná jako u benzínových vozíků. Nejčastějším typem plynu je tzv. LPG, což jsou zkapalněné ropné plyny. Je však nutno podotknout, že je třeba dbát na bezpečnost, jelikož LPG je těžší než vzduch. LPG se tedy vyskytuje při zemi a je tedy zakázáno skladovat jej v podzemních prostorách či v blízkosti země. [34]

**Elektrické dopravní vozíky** jsou napájeny prostřednictvím akumulátorové baterie. Alternativou může být napájení pomocí vysokofrekvenčního kabelu či motorgenerátoru. Nosnost vozíků je do 5 tun. Ze všech motorových vozíků jsou nejčastěji používané ve skladech. Starší typy vozíků jsou vázané na dobíjecí stanici, novější typy ji mají zabudovanou rovnou v rámci konstrukce. Nejčastějším typem akumulátoru jsou olověné akumulátory, ale postupně se prosazují výhodnější a efektivnější lithium-iontové baterie. Výhodou je absence výfukových plynů, nevýhodou může být nutnost dobíjení baterií při intenzivním provozu. K práci se používají zejména nízkozdvíhové a vysokozdvíhové akumulátorové vozíky. [34]

**Nízkozdvíhové akumulátorové vozíky** se používají na horizontální přemístění a ložné operace s nízkým zdvihem do 2,5 m. Nosnost vozíku je od 1000 kg do 5000 kg. Maximální rychlost činí 6 km/h. Vozíky je možné koncipovat se stanovištěm pro stojícího či sedícího řidiče nebo bez stanoviště řidiče, kdy řidič během jízdy kráčí za vozíkem a řídí ho prostřednictvím oje. Nejvíce využívaným typem je vidlicový nízkozdvíhový vozík, jehož pracovním nástrojem je vidlice, která

je nevhodnější pro manipulaci se zbožím na paletách. Alternativou tohoto typu jsou ploštinové vozíky, které umožňují manipulaci se zbožím, které není na paletách. [34]

**Vysokozdvížené akumulátorové vozíky** jsou s vysokým zdvihem vidlice, který činí minimálně 1,2 m. Jejich použití se předpokládá k loženým operacím, zvedání, ukládání, stohování, a přemísťování břemen na kratší vzdálenosti. Nejrozšířenější skupinu tvoří právě vysokozdvížené akumulátorové vozíky, proto mohou být vyrobeny v dalších provedeních, např. čelní, jeřábové apod. Obvyklé provedení je možné shlédnout na Obr. č. 20. [34]



Obr. č. 20: Vysokozdvížený elektrický vozík, zdroj: [https://tor-industries.cz/1038-large\\_default/elektricky-vysokozdvizny-vozik-12t-30m-cdd12r-e30.jpg](https://tor-industries.cz/1038-large_default/elektricky-vysokozdvizny-vozik-12t-30m-cdd12r-e30.jpg)

### 3.2 Roltejner

Roltejner je přepravník, který se řadí do kategorie přepravních jednotek. Jedná se o konstrukci, která je složena z pojízdné části s kolečky a části k umístění zásilek. Tato část je ohraničena pomocí mříží, aby nedošlo ke ztrátě zásilek. Svým charakterem tento přepravník připomíná klec. Udávaná nosnost tohoto přepravníku je 300–500 kg a vzhledem ke svému charakteru je velmi vhodný pro přepravu zásilek v poloautomatizovaném režimu. Pomocí roltejnerů mohou být zásilky nejen přepravovány, ale i skladovány. To ovšem pouze za předpokladu dostatečného množství těchto přepravních jednotek. Výhodou těchto přepravníků je snadná manipulace při nakládce do železničního vozu, možnost jednoduché aretace koleček a uchycení mříží roltejnerů pomocí uchycovacích popruhů. Nevýhodou je větší podíl ruční práce při nakládce či třídění zásilek do roltejnerů. Příklad podoby roltejneru je zobrazen na Obr. č. 21. [36]



Obr. č. 21: Roltejnery, zdroj: <https://alvla.cz/kontejner-gr-sd/>

### 3.3 Doba potřebná k překládce zásilek

Ke konstrukci grafikonu vlakové dopravy, vytvoření oběhů souprav a následně určení počtu potřebných souprav je nutné stanovit nejen jízdní doby mezi jednotlivými dopravnami na trati, ale také dobu potřebnou pro obrat soupravy. Tato doba je určena především z doby potřebné k vykládce a nakládce zásilek do vlaku. Jízdní doby mezi jednotlivými dopravnami je možné použít ze studie proveditelnosti VRT v relaci Praha – Brno. V případě zvolení jiné relace by bylo nutné softwarové prověření jízdních dob.

V rámci výpočtu je uvažováno s paralelně vznikající prací kolegy Martina Chlupa, která se zabývá návrhem vhodné soupravy k zajištění koncepce přepravy zásilek. V paralelní práci je uvažováno jako s vhodnou přepravní jednotkou s roltejnery, jehož základní vlastnosti jsou popisovány v předchozí podkapitole. Celkový počet roltejnery vychází z upořádání netrakovní jednotky pod obchodním označením RailJet. Právě s touto soupravou je uvažováno, že by mohla být přestavěna a následně využita pro přepravu zásilek. Maximální provozní rychlost soupravy činí 230 km/h. Vstupem do výpočtu je 366 roltejnery. 42 roltejnery je možné umístit do řídicího vozu a 54 do běžného vloženého vozu. Na 1 roltejnery o rozměrech (1000 x 800 x 1800) mm připadá ložená kapacita 1,3 m<sup>3</sup>. Nosnost 1 roltejnery je uvažována 400 kg. Na základě [38], kde jsou popsány bezpečnostní doporučení při práci s roltejnery, je uvažováno s průměrnou rychlostí pohybu roltejnery 1 m/s. Pro urychlení obratu soupravy je uvažováno s naloženými roltejnery, tedy není nutné započítat čas potřebný k naložení roltejnery. Poslední parametr nutný pro výpočet je dráha, po které se roltejnery pohybuje. Dráha je zjišťována odměřováním ze schématu v programu AutoCAD. Část soupravy, která slouží k manipulaci se zásilkami, má délku 181,86 m. Každý ze 7 vozů disponuje na obou stranách v prostřední části širokými dveřmi, kterými je možné vykládat 2 roltejnery současně. Nakládání 2 roltejnery současně není ve výpočtu zohledněno.

Ve výpočtu je uvažováno využití aritmetické posloupnosti [37], tedy následující matematické vztahy:

První člen aritmetické posloupnosti:

$$t_1 = \frac{s_1}{v_R}$$

Výpočet  $n$ -tého členu aritmetické posloupnosti:

$$t_n = t_1 + (n - 1) \times d$$

Součet prvních  $n$  členů aritmetické posloupnosti:

$$T_n = \frac{n \times (t_1 + t_n)}{2}$$

Hodnota difference byla stanovena následovně:

$$d = \frac{s_R}{v_R} = \frac{2 \text{ m}}{1 \text{ m/s}} = 2 \text{ s}$$

Legenda:

$t_1$  – nejdelší čas potřebný k přesunutí zásilek mezi skladem a železničním vozem [s]

$s_1$  – manipulační dráha zásilky, odměřeno ze schématu v programu AutoCAD [m]

$s_R$  – dráha, o kterou se liší jednotlivé přesunuté zásilky,  $s_R = 2 \text{ m}$

$v_R$  – rychlost pohybu roltejneru, na základě [38],  $v = 1 \text{ m/s}$

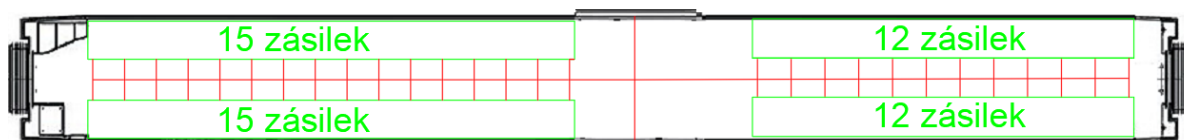
$n$  – počet zásilek, které je možné přesunout z/do nákladového segmentu ve vlakové soupravě tak, aby byla difference konstantní [-]

$d$  – difference, jejíž hodnota je dána rozdílem časů mezi jednotlivými přesunutými zásilkami,  $d = -2 \text{ s}$

$t_n$  – čas, za který je přesunut určitý počet zásilek, který koresponduje s konstantní diferencí a nákladovým segmentem [s]

$T_n$  – součet časů, který je zapotřebí pro přesun zásilek mezi nákladovým segmentem a skladištěm [s]

nákladový segment – prostor ve vlakové soupravě, do kterého je možné vložit určité množství zásilek, lišící se o diferenci dráhy, viz Obr. č. 22



Legenda:

- nákladový segment
- dráha pro přepravu zásilek

Obr. č. 22: Vysvětlení pojmu nákladový segment a zobrazení dráhy k přesunutí zásilek, zdroj: vlastní zpracování

### Příklad výpočtu:



Obr. č. 23: Schéma zásilek a jejich dráha operující v příkladovém výpočtu na jednostranné nákladové rampě, zdroj: vlastní zpracování

Ve výpočtu je přepravováno 12 roltejnů z vloženého vozu do skladu. Počet zásilek (ve výpočtu označeno jako  $n$ ) vychází z velikosti nákladového segmentu, který byl stanoven v paralelně vznikající práci. Na Obr. č. 23 je možné vidět schéma uspořádání zásilek vůči vlakové soupravě v rámci výpočtu. Na situaci je zobrazena dráha nejvzdálenější zásilky, další vzdálenosti jsou vypočteny na základě diference jako další členy aritmetické posloupnosti. Základní hodnotou pro výpočet je první člen aritmetické posloupnosti  $t_1$ , který je stanoven na základě podílu odměřené dráhy a rychlosti roltejneru, což je rovno času pohybu roltejneru z nejvzdálenějšího místa nákladového segmentu do nejvzdálenějšího místa skladu (v příkladu

se jedná o místo s číslem 79). Odměření v programu AutoCAD je pro tento výpočet stanovena hodnota dráhy  $s_1 = 56 \text{ m}$ .

$$t_1 = \frac{s}{v_R} = \frac{56 \text{ m}}{1 \text{ m/s}} = 56 \text{ s}$$

Pro výpočet posledního členu resp. zásilky je nutné stanovit hodnotu difference. Z rozměru roltejneru (0,8 m) a konstantní vzdálenosti mezi jednotlivými roltejnerými (0,2 m) vychází vzdálenost 1 m. Jelikož dochází ke zkracování vzdálenosti na obou stranách, tak je uvažováno s hodnotou  $d = -2 \text{ m}$ .

$$t_{12} = t_1 + (n - 1) \times d = 56 \text{ s} + (12 - 1) \times (-2) \text{ s} = 34 \text{ s}$$

Čas potřebný k manipulaci s 12 zásilkami na stanovené dráze je dle následujícího výpočtu:

$$T_{12} = t_{vns1} = \frac{n \times (t_1 + t_{12})}{2} = \left( \frac{12 \times (56 + 34)}{2} \right) \text{ s} = 540 \text{ s}$$

Obdobným způsobem jsou stanoveny další časy, které ve výsledku tvoří minimální potřebný pobyt soupravy v terminálu. Výpočet je proveden pro 4 varianty. Jedná se o 2 dispoziční řešení terminálu (s oboustrannou nebo jednostrannou nakládací rampou) a dále se zohledněním počtu pracovníků provádějící manipulaci se zásilkami (dostatečný počet zaměstnanců pro urychlení obratu soupravy a menší počet zaměstnanců).

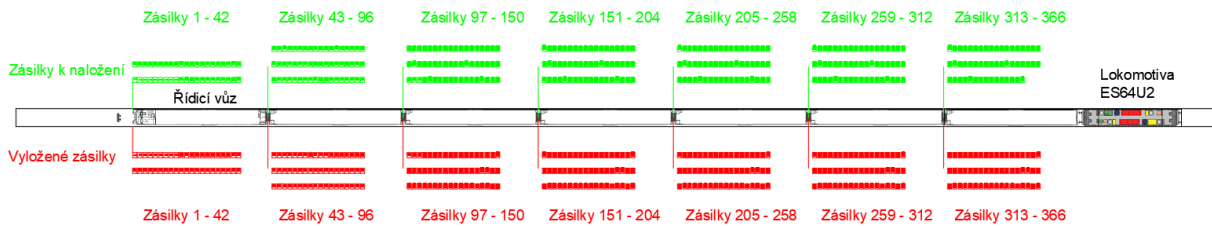
#### Předpoklady pro výpočty s vyšším počtem pracovníků:

- vyšší počet zaměstnanců,
- zanedbání doby chůze pracovníka s prázdným roltejnerem,
- synergický efekt, který umožňuje provádět výpočet pro 1 vůz,
- menší kapacita řídicího vozu je zanedbána a je považována za stejnou kapacitu jako u klasických vložených vozů, rozdíl může být využit jako rezerva,
- vzhledem k menšímu prostoru v železničním voze je počítáno s vykládkou a nakládkou zásilek samostatně.

#### **Varianta s oboustrannou nakládací rampou a vyšším počtem pracovníků**

V této variantě je jednotka přistavena k oboustranné rampě, kdy je možné provést z 1 strany vykládku a z druhé strany nakládku. Tato varianta má velkou výhodu v tom, že nemůže dojít k záměně roltejnerů a celkové uspořádání je přehledné. Schéma podoby překládky je zobrazeno na Obr. č. 24. Výpočet doby potřebné k nakládce uvažuje s dostatečným počtem zaměstnanců, kteří budou zajišťovat vykládku a nakládku zásilek. Rozložení zásilek je po obou stranách soupravy symetrické, proto jsou časové hodnoty zjištěny pro 1 stranu a ke zjištění celkového času poté vynásobeny dvěma.





Obr. č. 24: Schéma rozložení roltejnerů v případě oboustranné rampy, zdroj: vlastní zpracování

Výpočet doby potřebné k manipulaci se zásilkami:

$$t_{1'} = 2 \times \sum_{1}^4 t_{ns} = 2 \times (246 + 327 + 276 + 252) s = 2 \times 1101 s = 2202 s = 37 \text{ min}$$

Legenda k výpočtu:

$t_{1'}$  ... celkový čas potřebný k vyložení/naložení zásilek pro oboustrannou nakl. rampu [min]

$t_{ns}$  ... čas potřebný k manipulaci se zásilkami z/do nákladového segmentu do/ze skladiště [s]

Hodnoty, které vstupují do výpočtu, jsou stanoveny obdobným postupem, který je korespondující s výše uvedeným příkladem výpočtu. Z výpočtu vychází minimální čas 37 minut. Vzhledem k tomu, že výpočet je velmi přibližný, tak je nutné připočítat rezervu. K dalšímu zpracování je vhodné dobu obratu soupravy v terminálu stanovit na 60 minut.

### Varianta s jednostrannou nakládací rampou a vyšším počtem pracovníků

V této variantě se nachází jednostranná rampa, kdy je třeba počítat s delší dráhou manipulace a je možné použití pouze dveří na 1 straně. Legenda k výpočtu je obdobná jako v předchozím případě. Členy, které byly pozměněny, jsou uvedeny pod výpočtem. Pro vyložení zásilek byly použity hodnoty z varianty s oboustrannou nakládací rampou. Zásilky, které jsou z vlaku vyloženy, musí urazit 2x větší vzdálenost než zásilky, které budou naloženy. Uspořádání roltejnerů při nakládce a vykládce zásilek je zobrazeno na Obr. č. 25.

Výpočet doby potřebné k nakládce:

$$t_{2'} = \sum_{1}^4 t_{vns} + \sum_{1}^4 t_{nns} = (246 + 327 + 276 + 252 + 795 + 747 + 510 + 540) s = 3693 s$$

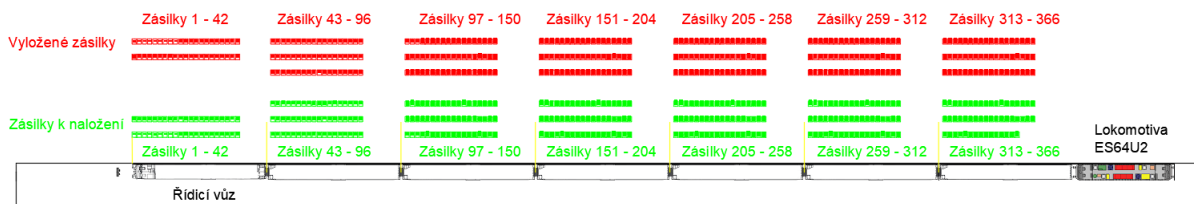
$$t_{2'} = 3693 s = 62 \text{ min}$$

Legenda:

$t_{2'}$  ... celkový čas potřebný k vyložení/naložení zásilek pro jednostrannou nakl. rampu [min]

$t_{vns}$  ... čas potřebný k vyložení zásilky z nákl. segmentu soupravy do skladiště [s]

$t_{nns}$  ... čas potřebný k naložení zásilky do nákl. segmentu soupravy ze skladiště [s]



Obr. č. 25: Schéma rozložení roltejnery ve variantě jednostranné rampy, zdroj: vlastní zpracování

Hodnoty, které vstupují do výpočtu, jsou stanoveny obdobným postupem, který je korespondující s výše uvedeným příkladem výpočtu. Čas potřebný k manipulaci se zásilkami je stanoven přibližně na 62 minut. Oproti předchozí variantě je možno si povšimnout časového rozdílu, který činí 25 minut. Tento rozdíl způsobuje delší vzdálenost pro vyložení zásilek. K dodržení času obratu je k vypočtenému času připočtena rezerva. V případě využití této varianty by bylo vhodné stanovit dobu pobytu soupravy na 90 minut.

V následujících variantách výpočtu budou zohledněny následující předpoklady:

- nižší počet zaměstnanců (přibližně 1 na vůz),
- připočítání doby chůze pracovníka s prázdným roltejnery ( $v_{ch} = 5 \text{ km/h} = 1,4 \text{ m/s}$ ),
- synergický efekt, který umožňuje provádět výpočet pro 1 vůz,
- pracovníci se vrací po stejné dráze,
- zanedbání menší kapacity řídicího vozu.

### Příklad výpočtu doby chůze:

Princip výpočtu je totožný jako v předchozím vysvětlení. Jediná změna je rychlost chůze, což je označeno indexem „CH“ a rozdílnou rychlostí při výpočtu 1. členu aritmetické posloupnosti.

$$t_{1CH} = \frac{s}{v_{CH}} = \frac{56}{1,4} \text{ s} = 40 \text{ s}$$

$$t_{12CH} = t_1 + (n - 1) \times d = 40 \text{ s} + (12 - 1) \times (-2) \text{ s} = 18 \text{ s}$$

$$t_{12CH} = t_{vCH} = \frac{n \times (t_{1CH} + t_n)}{2} = \left( \frac{12 \times (40 + 18)}{2} \right) \text{ s} = 348 \text{ s}$$

Pro zvolenou situaci (pěší přesun „na prázdko“ po uložení 12 roltejnery) je stanovena doba 348 s.

### Varianta s oboustrannou nakládací rampou a nižším počtem pracovníků

Výpočet času pro manipulaci se zásilkami je v této variantě rozšířen o dobu chůze pracovníka bez roltejnery, což je označeno druhým členem vzorce. Symetrické rozložení zásilek na obou stranách rampy umožňuje provedení výpočtu pro 1 stranu a následné vynásobení dvěma

pro výslednou hodnotu času. K zajištění bezpečnosti práce jsou veškerá desetinná čísla zaokrouhlena nahoru.

$$t_{3'} = 2 \times \sum_1^4 t_{ns} + 2 \times \sum_1^4 t_{vCH}$$

$$t_{3'} = 2 \times (246 + 327 + 276 + 252) s + 2 \times (139 + 262 + 182 + 145) s$$

$$t_{3'} = 3658 s = 61 \text{ min}$$

Legenda:

$t_{3'}$  ... celkový čas potřebný k vyložení/naložení zásilek pro oboustrannou nakl. rampu [min]

$t_{ns}$  ... čas potřebný k manipulaci bez zásilek z/do nákladového segmentu soupravy do/z skladiště [s]

Hodnoty, které vstupují do výpočtu, jsou stanoveny obdobným postupem, který je korespondující s výše uvedenými příklady výpočtů (čas chůze s roltejnerem a bez roltejneru). Ve variantě oboustranné nakl. rampy s menším počtem pracovníků je stanoven čas pro manipulaci se zásilkami na 61 minut. Po započítání různých provozních rezerv je v tomto případě doporučováno uvažovat s obratovým časem 90 minut.

#### **Varianta s jednostrannou nakládací rampou a nižším počtem pracovníků**

$$t_{4'} = \sum_1^4 t_{vns} + \sum_1^4 t_{nns} + \sum_1^4 t_{vCH} + \sum_1^4 t_{nCH} =$$

$$t_{4'} = (246 + 327 + 276 + 252) s + (795 + 747 + 510 + 540) s +$$

$$+(512 + 499 + 351 + 348) s + (139 + 262 + 182 + 145) s$$

$$t_{4'} = 6131 s = 103 \text{ min} = 1 \text{ h } 43 \text{ min}$$

Legenda:

$t_{4'}$  ... celkový čas potřebný k vyložení/naložení zásilek pro jednostrannou nakl. rampu [min]

$t_{vCH}$  ... čas chůze pracovníka bez roltejneru od vyložené zásilky [s]

$t_{nCH}$  ... čas chůze pracovníka bez roltejneru od naložené zásilky [s]

Hodnoty, které vstupují do výpočtu, jsou stanoveny obdobným postupem, který je korespondující s výše uvedenými příklady výpočtů (čas chůze s roltejnerem a bez roltejneru). K zajištění bezpečnosti práce jsou veškerá desetinná čísla zaokrouhlena nahoru. Ve variantě jednostranné nakl. rampy s menším počtem pracovníků je stanoven čas pro manipulaci se zásilkami na 103 minut. Po započítání různých provozních rezerv je v tomto případě doporučováno uvažovat s obratovým časem 150 minut.

### 3.4 Shrnutí

Za vhodnou manipulační jednotku byl zvolen roltejner, který dále vstupuje do výpočtu času pobytu soupravy v terminálu. Jeho použití odstraňuje potřebu další překládkové techniky.

Stanovení potřebného času bylo vypočítáno pro 4 různé varianty (zohledňující počet zaměstnanců a uspořádání roltejnerů v terminálu) pomocí aritmetické posloupnosti. Veškeré stanovené časy pro jednotlivé varianty jsou uvedeny v Tab. č. 2. Výsledné časy v minutách byly vždy, kvůli bezpečnosti práce a spolehlivosti, zaokrouhleny nahoru na celá čísla. V obratových časech jsou zahrnuty bezpečnostní rezervy pro případné komplikace při obratu soupravy. Obratové časy byly zvoleny a zaokrouhleny tak, aby vycházely v násobcích taktu k sestavení přehlednějšího GVD. Vzhledem k těsně navrženému GVD na VRT v relaci Brno – Praha je autorem doporučeno použití modelu s větším počtem zaměstnanců a s oboustrannou rampou. V tomto provedení je stanoven obratový čas na 60 minut. Před samotným uvedením této služby do provozu je nutné provést přesnější výpočet pomocí počítačové simulace s případným provedením experimentální nakládky/vykládky roltejnerů.

Tab. č. 2: Celkový přehled časů pro jednotlivé výpočtové varianty, zdroj: vlastní zpracování

typ rampy	označení	počet zaměstnanců	celkový čas [min]	obratový čas [min]
oboustranná	$t_3'$	méně	61	90
	$t_1'$	více	37	60
jednostranná	$t_4'$	méně	103	150
	$t_2'$	více	62	90

Čas pobytu soupravy v terminálu nesmí být stanoven na úkor bezpečnosti. Výsledné řešení ke stanovení optimálního času obratu soupravy je závislé na počtu zaměstnanců a podoby GVD.

## 4 Rámcový návrh železničního terminálu

Na základě zkoumaných zahraničních systémů v 2. kapitole je možné usoudit, že existuje spousta možností, jak by mohl samotný železniční terminál vypadat. V dalších částech textu budou v jednotlivých bodech probrány veškeré aspekty, které jsou při samotné koncepci terminálu rozhodující, a zároveň je zobrazeno několik schémat terminálu, které vycházejí z výzkumu autora z minulosti. Návrh terminálu uvažuje s provozem vlaků, které budou schopny jízdy na VRT s minimální rychlostí 200 km/h (ideálně i vyšší).

### 4.1 Kritéria pro zhotovení návrhu

V této podkapitole budou rozebrána veškerá kritéria, která jsou pro návrh terminálu zásadní. Kritéria byla stanovena následující: výška rampy a vzdálenost od koleje, koncepce toku zásilek, provozované soupravy, návazná doprava, přepravované zásilky a přepravní jednotky, umístění terminálu a napojení na železniční infrastrukturu.

#### 1) Výška rampy a vzdálenost od koleje

V současné době jsou rozměry uspořádání kolejí vůči nakládacím rampám určeny na základě vyhlášky MD č. 177/1995 Sb. (Stavební a technický řád drah). Tato vyhláška však platí pro běžné nákladní vozy. Ve vyhlášce jsou stanoveny výšky ploch pro manipulaci se zbožím. V § 16 a odstavci (4) je možné vyčíst následující hodnoty. Je-li uvažován normální rozchod, pak pro výšku horní plochy boční rampy je dána hodnota 1100 mm nad temenem přilehlé kolejnice. Vzdálenost od středu přilehlé kolejnice pak musí být 1725 mm. Pro čelní rampu je stanovena výška 1300 mm nad temenem kolejnice. [39] K provozování nastíněné koncepce nákladního provozu je nutné prověřit a stanovit nové normalizované hodnoty vzdálenosti kolejí vůči nakládacím rampám (výška nad temenem kolejnice a vodorovná vzdálenost od osy kolejí), které by odpovídaly provozu netrakových jednotek. Dále je nutné dbát na vhodnou výšku nakládací rampy vůči dveřím jednotky tak, aby nedocházelo ke kolizi dveří vůči hraně nakládací rampy.

#### 2) Koncepce toku zásilek

První možností koncepce je samostatný nákladní terminál, kde dochází k manipulaci se zásilkami, které jsou následně pomocí manipulační techniky překládány do vozidel návazné dopravy. Druhou možností je přizpůsobení nástupiště osobní stanice, ve které by docházelo k nakládce/vykládce zboží přímo do osobního vlaku. Třetí možností je vyčlenění části prostoru osobní stanice, ve které by vznikem příslušné infrastruktury (skladovací prostory, překládková místa apod.) docházelo k manipulaci se zbožím. Zároveň by zde mohl být umožněn odběr zásilek přímo cílovým zákazníkem. Pro práci je zvolen samostatný nákladní terminál, který není součástí osobní železniční stanice.

### **3) Provozované soupravy**

Volba provozované nákladní soupravy je důležitým kritériem pro stanovení délky rampy. Dalším kritériem je druh soupravy, který je rozhodující pro výslednou podobu kolejiště. V případě hlavového uspořádání terminálu je pro efektivnější provoz a zkrácení dob pobytu soupravy vhodné zvolit ucelenou jednotku nebo soupravu s řídicím vozem. V případě použití klasické lokomotivy s vozy je nutné počítat čas na obrat soupravy a přizpůsobit terminál pro tyto účely. V návrhu terminálu je uvažována netrakční jednotka Viaggio Comfort (obchodní název RailJet). Jeden vůz má délku 26,54 m a v dnešním řazení se jednotka skládá ze 7 vozů (včetně řídicího) a lokomotivy ES64U4. Délka soupravy bez lokomotivy je uváděna 185,8 m. Při celkové bilanci je celková délka soupravy přibližně 205,38 m. [40] Pro případné rezervy je tedy uvažováno s minimální délkou boční rampy s hodnotou 230 m. V rámci této hodnoty je nutné počítat i se zábrzdou délkou, která určuje umístění zarážedla vzhledem k začátku čelní rampy.

### **4) Návazná doprava**

Druh návazné dopravy upravuje dispozici terminálu tak, aby byla manipulace se zásilkami co nejjednodušší a nejefektivnější. Jako vhodná návazná doprava se jeví použití nákladní kol či dodávek s elektrickým pohonem. Výsledné řešení je dáno uvažovanou obsluhou sídel a dopravním řešením okolí. Zde je nutné brát v potaz kvalitu dopravní infrastruktury.

### **5) Přepravované zásilky a přepravní jednotky**

Velikost a druh přepravovaných zásilek má velký vliv pro velikost skladových prostor. Vzhledem k zamýšlené koncepci (tedy přepravě balíků) je uvažováno s hlavní přepravní jednotkou s roltejny. Vzhledem k jednoduchosti použití se tato přepravní jednotka ukázala jako nejvhodnější pro následné zpracování. Použití palet by znamenalo použití manipulační techniky, která byla představena v kapitole 3.

### **6) Počet vlaků a obrat terminálu**

Počet vlaků je pro stavební uspořádání zcela zásadní požadavek, který ovlivňuje počet kolejí s nakládací rampou. Výpočet potřebné doby k překládce zásilek stanovil minimální obrat soupravy. Výpočet dále ukázal vhodnost využití oboustranné nakládací rampy, která velmi ušetří čas. Ze zjištěného počtu vlaků a na základě volné kapacity dráhy je možné dále dimenzovat maximální kapacitu a obrat nákladního terminálu. Tato maximální kapacita by byla teoretická a reálný obrat terminálu by závisel na poptávce zboží, která by zahrnovala výhledovou rezervu. Ve výsledku by vznikl kompromis mezi kapacitou dráhy a počtem vlaků.

## **7) Umístění terminálu**

Ke splnění účelu terminálu, tedy řešení problému poslední míle a zlepšení dopravní situace ve městě, je nutné vhodné zvolení polohy terminálu. Toto kritérium se prolíná se stanovením návazné dopravy, jelikož je velmi závislé na napojení na další dopravní infrastrukturu. Vhodné umístění terminálu je co nejbližší centru města, což by vedlo k odstranění kamionové dopravy a náhradou ekologičtější a na objem přepravy výhodnější dopravou po železnici. Dalšími ovlivňujícími faktory může být vhodnost napojení dalších módů dopravy (např. letecká doprava). Toto řešení není však kompatibilní s uvažovaným konceptem přepravy.

## **8) Napojení na železniční infrastrukturu**

Napojení na železniční infrastrukturu je zcela zásadní kritérium, jehož provedení je zapotřebí prověřit. Zapojení logistického areálu na železniční síť je provedeno pomocí vlečky. Vlečka může být zapojena přímo do dopravní nebo na širokou trať. S ohledem na trasování vlečky a provozované soupravy je nutné stanovit optimální směrové a výškové poměry. Na základě délky vlečky je třeba zvolit vhodnou traťovou rychlost, aby nedocházelo ke ztrátovým časům při jízdě po vlečce. Další možností řešení může být napojení současných logistických areálů, které jsou v blízkosti železnice.

## **4.2 Možná řešení kolejového schématu terminálu**

Na základě [41] jsou popsány 4 návrhy terminálů, které byly vyhodnoceny jako vhodné pro splnění výše uvedené koncepce. Vzhledem ke stručnému popisu těchto terminálů v původní práci je dále přidán komentář zahrnující výhody a nevýhody jednotlivých řešení. Koncepce terminálů je možné shlédnout na Obr. č. 26 a nad ním je umístěn popis ke každé variantě.

### **1) Hlavové uspořádání s jednostrannou nakládací rampou**

Hlavové zakončení terminálu je vhodné pro přepravu zásilek z jednoho místa na druhé, tedy bez nějaké další mezilehlé stanice. V praxi je tento typ terminálu využíván pro přepravu pošty. Konkrétním příkladem je distribuční centrum Willesden ve městě London. Výhodou tohoto uspořádání je úspora místa a vyšší přehlednost, naopak nevýhodou může být horší manipulace se soupravou. V případě použití jednotky či soupravy s řídicím vozem je tato nevýhoda odstraněna.

### **2) Hlavové uspořádání s oboustrannou nakládací rampou**

Jako alternativa k předchozí variantě je uspořádání s oboustrannou rampou, která se v předchozím výpočtu ukázala jako výhodná. Výhodnost spočívá v rychlejším obratu soupravy, které bylo dosaženo lepším uspořádáním roltejnů v terminálu. Nevýhodou jsou vyšší nároky na prostor, což může zmenšit počet kolejí k manipulaci se zásilkami. Dále může být snížen počet souprav, které by mohly být v terminálu odstaveny.

### 3) Průjezdní uspořádání

Průjezdní provedení terminálu je vhodné pro dálkové relace nákladních vlaků, které tuto stanici využijí jako mezilehlou. Výhodou tohoto uspořádání je jednodušší manipulace s vlakovou soupravou, naopak nevýhodou mohou být vyšší nároky na prostor. V tomto případě by mohl být i problém zapojení nakládací rampy na kolejovou síť.

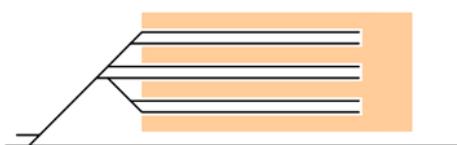
### 4) Pilovité uspořádání

Pilovité uspořádání terminálu není moc častým druhem v železniční dopravě. Je vhodné pouze pro rozřazování jednotlivých vozů. Pro ucelenou jednotku je toto uspořádání nevhodné. Nevýhodou tohoto uspořádání je jeho větší finanční náročnost, kvůli většímu počtu výhybek. Další nevýhodou může být menší manipulační prostor a kratší užitečná délka koleje. Výhodou může být úspora místa.

### 5) Pilovité uspořádání – variantní

V porovnání s předchozí variantou je v tomto případě větší manipulační plocha, ale stále jsou zde problémy jako v předchozím případě. Pro další úvahy je pilovité uspořádání terminálu nevhodné.

1. Hlavové uspořádání s jednostrannou nakládací rampou



**Legenda:**

- Oranžový obdélník: Prostor pro překládku zásilek
- Černá čára: Hlavní trať
- Černé čáry: Koleje součástí terminálu

2. Hlavové uspořádání s oboustrannou nakládací rampou



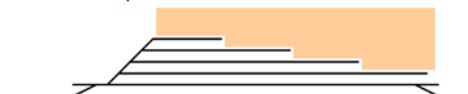
3. Průjezdní uspořádání



4. Pilovité uspořádání



5. Pilovité uspořádání - variantní



Obr. č. 26: Schémata kolejového řešení nákladního terminálu, zdroj: [41], upraveno



## 5 Závěr

V úvodní části práce byla zdůrazněna nutnost kooperace jednotlivých módů dopravy k zajištění efektivity a udržitelnosti. V první kapitole byly představeny základní logistické technologie, definice citylogistiky a byly zvýrazněny aspekty pro vhodné umístění logistického centra. Důvody pro řešení citylogistiky jsou následující: přetížení současné dopravní sítě, ekologické problémy a zvyšující se nároky na vyšší kvalitu přepravy. Do problematiky citylogistiky patří i problém poslední míle, který je možné charakterizovat jako poslední cestu zásilky z distribučního centra ke koncovému zákazníkovi. Problémy citylogistiky a poslední míle je nutné řešit ekologickými druhy dopravy, mezi které patří i železniční doprava. Začlenění tohoto druhu dopravy je velmi komplikované a na základě studované literatury nepřineslo vždy nejlepší výsledky. Velký důraz je třeba dbát na interoperabilitu a nastavení prvotních kritérií systému. Koncepce železniční dopravy je možné využít pro přepravu zásilek blíže do centra, ale není možné ji využít k přepravě „od dveří ke dveřím“.

Z hlediska možného řešení problému se nabízelo několik možností. Studium zahraničních systémů bylo klíčové k promyšlení koncepce provozu. Nakonec se jako optimální ukázalo řešení železniční dopravou, která by přepravila zásilky do vhodně umístěného terminálu, kde by byla návaznost na další ekologické druhy dopravy. Toto rozhodnutí bylo zvoleno z následujících systémů nákladní přepravy (např. TGV La Poste a Mercitalia Fast). Další varianty, jako je nákladový prostor v rámci osobní stanice (např. The Royal Mail train) nebo přeprava zásilek v rámci osobních vlaků (např. InterCity RailFreight), se ukázaly jako méně vhodné. K řešení problému byla také nalezena studie využití lehké železnice pro přepravu zásilek mezi distribučními centry, které by využívalo městské železnice v polském městě Szczecin. Tohle řešení je velmi specifické a jeho uplatnění velmi závisí na místních poměrech (např. hustota železniční sítě v daném městě). V rámci prvotního šetření byla snaha o získání informací o plánech v České republice, ale bohužel se nepodařilo dostat k žádné relevantní informaci. Z tohoto důvodu byla prováděna rešerše zahraniční literatury.

Dalším milníkem bylo stanovení vhodné překládkové techniky, které bylo vyřešeno pomocí roltejneru. Výhoda roltejneru spočívá v tom, že zároveň plní funkci přepravní jednotky. Na základě zvolení roltejneru a vnitřního uspořádání soupravy RailJet, která by zajišťovala provoz, byly vytvořeny 2 varianty uspořádání terminálu s 366 roltejnerů, což odpovídá kapacitě soupravy. Jedná se o oboustrannou a jednostrannou boční rampu. Dalším kritériem byl počet zaměstnanců, což spolu s upořádáním nakládacích ramp vytvořilo celkem 4 výpočetní varianty. Zamýšlený provoz uvažované koncepce byl zvolen v relaci Praha – Brno na síti VRT, kde se v současné době projektují dílčí úseky. Navržený GVD v této relaci počítá s větším počtem vlaků s minimálními následnými mezidobími. Z tohoto důvodu byl doporučen nejkratší

pobyt soupravy, který byl získán z varianty, která disponuje oboustrannou nakládací rampou s větším počtem zaměstnanců. V této variantě činí obrátový čas 60 minut. Časová úspora obrátového času soupravy při použití oboustranného uspořádání nakládací rampy činí 30–60 minut na základě počtu zaměstnanců, kteří provádějí manipulaci s roltejnery. Vypočtené časové hodnoty pro všechny varianty jsou uvedeny v Tab. č. 2, která se nachází v podkapitole 3.4. Výsledné řešení ke stanovení optimálního času obratu soupravy je závislé od počtu zaměstnanců a podoby GVD.

K návrhu samotného terminálu bylo stanoveno 8 základních požadavků, které vycházejí zejména z rešerše zahraničních studií a systémů. Jedná se o následující kritéria: výška rampy a vzdálenost od koleje, koncepce toku zásilek, provozované soupravy, návazná doprava, přepravované zásilky a přepravní jednotky, počet vlaků, obrat terminálu, umístění terminálu a napojení na železniční infrastrukturu.

Celkově byly naplněny hlavní cíle práce, které byly nastíněny v úvodu. Ze zjištěných poznatků v této práci je možné nadále pokračovat v dalším výzkumu v diplomové práci. V diplomové práci by mohl být zpracován detailnější návrh, který by mohl být umístěn do konkrétní lokality, kde by byly řešeny širší vztahy a zapojení do stávající železniční sítě. Jako vhodná místa pro návrh terminálu by mohly být lokality poblíž plánované sítě VRT s využitím opuštěných železničních pozemků. Dále by mohla být řešena problematika výšky a vzdáleností kolejí vůči nakládacím rampám ke stanovení normových hodnot, které by odpovídaly provozu netrakovních jednotek RailJet.

## Použité zdroje

- [1] CEMPÍREK, Václav. *Logistická centra*. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2010. ISBN 978-80-86530-70-3.14949
- [2] Studie city logistiky na území hlavního města Prahy. IPR Praha[online]. Praha: Institut plánování a rozvoje hl. města Prahy, 4/2019 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: [https://iprpraha.cz/uploads/assets/dokumenty/2019-05-09\\_studie\\_citylogistiky.pdf](https://iprpraha.cz/uploads/assets/dokumenty/2019-05-09_studie_citylogistiky.pdf)
- [3] Studie CITY Logistika města Brna. Dokument.tips [online]. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2013 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://dokumen.tips/documents/studie-city-logistika-mesta-brna.html?page=1>
- [4] SVOBODA, Vladimír. *Dopravní logistika*. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 978-80-01029-14-5.
- [5] VOŽENÍLEK, Vít; STRAKOŠ, Vladimír. *City logistics: dopravní problémy města a logistika*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-244-2317-3
- [6] Přehled provozovaných a zrušených vleček. Drážní úřad české republiky [online]. Praha: Drážní úřad, 15. 12. 2021 [cit. 2022-02-11]. Dostupné z: <https://www.ducr.cz/cs/aktuality/1094-prehled-provozovanych-a-zrusenych-vlecek>
- [7] Vlečka Rakšice - jaderná elektrárna Dukovany. Správným směrem [online]. Jiří Kalina, 2014 [cit. 2022-02-11] Dostupné z: <http://spravnym.smerem.cz/Tema/Vle%C4%8Dka%20Rak%C5%A1ice%20-%20jadern%C3%A1%20elektr%C3%A1rna%20Dukovany>
- [8] FRANKE, Lena Sophie. *The famous "last mile" problem explained: Parcel delivery is still inefficient and online commerce is increasing the number of parcels exponentially* [online]. 26.1.2021 [cit. 2022-06-24]. Dostupné z: <https://morethandigital.info/en/the-famous-last-mile-problem-explained/>
- [9] MAES, Jochen ; VANELSLANDER, Thierry. *The use of rail transport as part of the supply chain in an Urban logistics context: Parcel delivery is still inefficient and online commerce is increasing the number of parcels exponentially* [online]. 1/2011 [cit. 2022-06-24]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/289421547\\_The\\_use\\_of\\_rail\\_transport\\_as\\_part\\_of\\_the\\_supply\\_chain\\_in\\_an\\_Urban\\_logistics\\_context](https://www.researchgate.net/publication/289421547_The_use_of_rail_transport_as_part_of_the_supply_chain_in_an_Urban_logistics_context)

- [10] TANIGUCHI, Eiichi; G. THOMPSON, Russell. *City Logistics 1: New Opportunities and Challenges* [online]. 2018 [cit. 2022-06-24]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119425519>
- [11] *Real time network management and simulation of increasing speed for freight trains* [online]. In: . Borlänge: Trafikverket, 2020, s. 37-63 [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://projects.shift2rail.org/download.aspx?id=b9ede0f3-667b-4144-9549-af4b2cb4938f>
- [12] TGV postal. *Wikipedia* [online]. Wikipedia, 2022 [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: [https://fr.wikipedia.org/wiki/TGV\\_postal](https://fr.wikipedia.org/wiki/TGV_postal)
- [13] GOSSELIN, Clément. 1984 : Le TGV postal sur les rails. Comité pour l'Histoire De La Poste. Université Paris-Sorbonne, 2015, s. 1-12 [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: [https://www.laposte.fr/chp/mediasPdf/Gosselin\\_TGV\\_postal.pdf](https://www.laposte.fr/chp/mediasPdf/Gosselin_TGV_postal.pdf)
- [14] ICE-G. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://de.wikipedia.org/wiki/ICE-G>
- [15] British Rail Class 325. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2022 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/British\\_Rail\\_Class\\_325](https://en.wikipedia.org/wiki/British_Rail_Class_325)
- [16] *DB Cargo UK Class 325 EMU – Royal Mail* [online]. CEO of DB Cargo UK, 2017 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: [https://www.ews.tu-berlin.de/fileadmin/fg98/aushaenge/2017-wise/2017-11-20\\_EWS\\_Werner\\_DB\\_Cargo\\_Postzug\\_UK.pdf](https://www.ews.tu-berlin.de/fileadmin/fg98/aushaenge/2017-wise/2017-11-20_EWS_Werner_DB_Cargo_Postzug_UK.pdf)
- [17] *York Roll Container* [online]. Anglie: envosort, 2000 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://envosort.co.uk/product/york-roll-container/>
- [18] *ORION TARGETS FAST FREIGHT* [online]. Anglie: modernrailways, 2020 [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: <https://www.modernrailways.com/article/orion-targets-fast-freight>
- [19] News about Orion Express. *Orion.railopsgroup* [online]. Velká Británie: orion.railopsgroup, 2021 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://orion.railopsgroup.co.uk/news/>
- [20] *Inside Eversholt's Swift light logistics project* [online]. Anglie: envosort, 2021 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://www.railfreight.com/railfreight/2021/08/02/inside-eversholts-swift-light-logistics-project/>

- [21] High speed UK rail freight service aims to overtake trucks for logistics. *ft* [online]. Londýn: Financial Times, 2021 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.ft.com/content/1ae200db-edce-406f-aaf7-07a21a98c9f6>
- [22] Orion's Class 768 freight unit breaks cover. *Modernrailways* [online]. Velká Británie: Modern Railways, 2021 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.modernrailways.com/article/orions-class-76-freight-unit-breaks-cover>
- [23] Freight EMU operations poised for growth. *Modernrailway* [online]. Velká Británie: modernrailways, 2022 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.modernrailways.com/article/freight-emu-operations-poised-growth>
- [24] Basic information. *Parcelandpostaltechnolyinternational* [online]. Velká Británie: parcel and postal technoly international, 2020 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.parcelandpostaltechnologyinternational.com/news/delivery/intercity-railfreight-expands-same-day-delivery-network.html>
- [25] InterCity RailFreight expands same-day delivery network. *Parcelandpostaltechnolyinternational* [online]. Velká Británie: parcel and postal technoly international, 2020 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.parcelandpostaltechnologyinternational.com/news/delivery/intercity-railfreight-expands-same-day-delivery-network.html>
- [26] Logistics giant links over 100 UK trains to cargo bikes for last mile. *Cyclingindustry* [online]. Velká Británie: cycling industry, 2020 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://cyclingindustry.news/logistics-giant-links-over-100-uk-trains-to-cargo-bikes-for-last-mile/>
- [27] Your route to a cleaner, less congested city. *Wego* [online]. Velká Británie: Wego, 2020 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.wegocouriers.co.uk/services/>
- [28] MERCITALIA FAST: THE WORLD'S FIRST HIGH-SPEED RAIL FREIGHT SERVICE. *Rail.nridigital* [online]. Itálie: rail.nridigital, 2018 [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: [https://rail.nridigital.com/future\\_rail\\_feb19/mercitalia\\_fast\\_the\\_world\\_s\\_first\\_high-speed\\_rail\\_freight\\_service](https://rail.nridigital.com/future_rail_feb19/mercitalia_fast_the_world_s_first_high-speed_rail_freight_service)
- [29] Fast Mercitalia: parcels at 250km/h. *Mediarail.wordpress* [online]. Mediarail, 2018 [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: <https://mediarail.wordpress.com/2018/11/07/fast-mercitalia-parcels-at-250km-h/>

- [30] Mercitalia Fast: the world's first high-speed rail freight service. *Railway-technology* [online]. New York: RAILWAY TECHNOLOGY, 2019 [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: <https://www.railway-technology.com/features/mercitalia-fast-service/>
- [31] *Using trams for parcels in Frankfurt (D): the lessons learned* [online]. Anglie: citylogistics, 2020 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <http://www.citylogistics.info/projects/using-trams-for-parcels-in-frankfurt-d-the-lessons-learned/>
- [32] LastMileTram Empirische Forschung zum Einsatz einer Güterstraßenbahn am Beispiel Frankfurt am Main [online]. Frankfurt am Main, 2020 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: [https://www.frankfurt-university.de/fileadmin/standard/Hochschule/Fachbereich\\_1/FFin/Neue\\_Mobilitaet/Veroeffentlichungen/2020/Abschlussbericht\\_LastMileTram.pdf](https://www.frankfurt-university.de/fileadmin/standard/Hochschule/Fachbereich_1/FFin/Neue_Mobilitaet/Veroeffentlichungen/2020/Abschlussbericht_LastMileTram.pdf)
- [33] PIETRZAK, Krystian; PIETRZAK, Oliwia; MONTWIŁŁ, Andrzej. *Effects of Incorporating Rail Transport into a Zero-Emission Urban Deliveries System: Application of Light Freight Railway (LFR) Electric Trains* [online]. 2021 [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/20/6809/htm>
- [34] LIŽBETIN, Ján. *Technologie nákladní přepravy*. České Budějovice: VŠTE, 2019. ISBN 978-80-7468-139-4.
- [35] Bezmotorové vozíky. *Encyklopedie BOZP* [online]. ebozp.vubp, 2020 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: [https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Bezmotorov%C3%A9\\_voz%C3%ADky](https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Bezmotorov%C3%A9_voz%C3%ADky)
- [36] OUDOVÁ, Alena. *Logistika. Logistika: základy logistiky* [online]. Aktualizované 2. vydání. Prostějov: Computer Media, 2016, s. 48-49 [cit. 2022-06-15]. ISBN 978-80-7402-238-8. Dostupné z: <https://www.preskoly.sk/upload/stuff/files/276306-ukazka.pdf>
- [37] Aritmetická posloupnost. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Aritmetick%C3%A1\\_posloupnost](https://cs.wikipedia.org/wiki/Aritmetick%C3%A1_posloupnost)
- [38] ROEBUCK, Brian ; NORTON, Graham. *Safety of roll containers* [online]. Health and Safety Laboratory for the Health and Safety Executive, 2002 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: [https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr009.pdf?fbclid=IwAR03Y2uab6J0ZUL2UbrsSzPGr9jOi6jxILLQa9UrbwbJz\\_hQ-fSHFHng4sM](https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr009.pdf?fbclid=IwAR03Y2uab6J0ZUL2UbrsSzPGr9jOi6jxILLQa9UrbwbJz_hQ-fSHFHng4sM)

- [39] *Vyhláška MD č. 177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah v platném znění k 29. 8. 1995.* Praha: Ministerstvo dopravy, 1995.
- [40] Railjet. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001, 2022 [cit. 2022-07-12]. Dostupné z: <https://de.wikipedia.org/wiki/Railjet>
- [41] TROCHE, Gerhard. *High-speed rail freight: Sub-report in Efficient train systems for freight transport* [online]. Stockholm: KTH Railway Group, 2005 [cit. 2022-06-11]. Dostupné z: [https://www.kth.se/polopoly\\_fs/1.87134.1550157093!/Menu/general/column-content/attachment/0512\\_inlaga.pdf](https://www.kth.se/polopoly_fs/1.87134.1550157093!/Menu/general/column-content/attachment/0512_inlaga.pdf)