

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
**DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA**  
**KATEDRA TECHNOLOGIE A ŘÍZENÍ DOPRAVY**

**PERIODICKÁ DOPRAVA  
NA DOPRAVNÍCH SÍTÍCH  
A JEJÍ OPTIMALIZACE**

**DIZERTAČNÍ PRÁCE**

**AUTOR: Ing. Jan Hrabáček**

**ŠKOLITEL: doc. Ing. Pavel Drdla, Ph.D.**

**2010**

**UNIVERSITY OF PARDUBICE**

**THE JAN PERNER TRANSPORT FACULTY**

**DEPARTMENT OF TRANSPORT TECHNOLOGY AND CONTROL**

**PERIODIC TRAFFIC AT TRANSPORT  
NETWORK AND ITS OPTIMIZATION**

**PhD THESIS**

**AUTHOR: Ing. Jan Hrabáček**

**SUPERVISOR: doc. Ing. Pavel Drdla, Ph.D.**

**2010**

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše. **Nesouhlasím** s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích 3.9.2010

.....  
Ing. Jan Hrabáček

## **Abstrakt**

Disertační práce se zabývá posouzením možností dosažení potřebného hranového času  $t_H$  díky projíždění vybraných zastávek a stanic. Cílem je navrhnout rámcovou metodiku výběru těchto přepravních bodů a dále posoudit možnosti a dopady do jejich alternativní obslužnosti. Práce se dále zabývá porovnáním dopadů do vybraných nákladových složek a rovněž posuzuje dopady do modal-split po zavedení nové nabídky obslužnosti. Některé závěry ověřuje na aplikovaných příkladech.

## **Klíčová slova**

Taktová doprava, integrovaný taktový jízdní řád, modal split, veřejná doprava, projíždění zastávek a stanic.

## **Abstract**

PhD thesis deals with considering of necessary edge time achieving due to not-stopping policy in particular railway stops and stations. The aim is to propose general methodology of these traffic points selection. Also the possibility and impact of substitutional passenger service will be considered. Next goals concern comparing of selected operational costs and public transport modal split for old and new solution of passenger services.

## **Keywords**

Cyclic Timetable Transport, Clock-face interval timetable, modal-split, public transport, passing through the stations and stops.

## **Poděkování**

Rád bych na tomto místě poděkoval všem, kteří mi jakýmkoliv způsobem pomohli při psaní mé disertační práce, ať už projevem neskutečné trpělivosti v dennodenním soužití, cennou radou, či kontrolou a korekcemi vytvořeného textu. Rovněž bych chtěl poděkovat všem, kteří mi dali prostor a důvěru načerpat praktické i teoretické znalosti v České republice i v zahraničí a umožnili mi nabyté znalosti aplikovat i v praxi. Bez těchto skutečností by patrně tato práce nikdy nevznikla.

# Obsah

<b>0 Obecný úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Současný stav studované problematiky</b> .....	<b>4</b>
1.1 Taktový jízdní řád .....	4
1.1.1 Základní principy, vymezení pojmů .....	4
1.1.2 Zákonitosti a nutné podmínky pro realizaci taktového a integrovaného taktového jízdního řádu .....	10
1.1.3 Ideální řešení ITJŘ .....	13
1.1.4 Neideální řešení ITJŘ, nutné optimalizace .....	17
1.1.5 Výhody a nevýhody taktové dopravy .....	21
1.1.6 Úloha dopravního plánování při řešení cílové nabídky v rámci ITJŘ .....	25
1.2 Souhrnný přehled stavu poznání k dané problematice .....	26
1.3 Historický vývoj realizace taktové dopravy u nás a v zahraničí na železnici .....	34
1.3.1 Všeobecný přehled .....	34
1.3.2 Nizozemí .....	36
1.3.3 Německá spolková republika, sjednocené Německo po roce 1993 .....	36
1.3.4 Švýcarsko .....	38
1.3.5 Česká republika .....	39
<b>2 Definování cíle a metodologie disertační práce</b> .....	<b>42</b>
2.1 Formulace cíle .....	42
2.2 Okrajové podmínky zadání .....	42
2.3 Metodika postupu řešení .....	43
2.4 Hypotéza .....	43
<b>3 Metody zpracování a způsob řešení</b> .....	<b>44</b>
3.1 Základní dynamické parametry ovlivňující jízdu vlaku .....	44
3.1.1 Základní vymezení .....	44
3.1.2 Pohybová rovnice vlaku .....	45

3.1.3	Odporové síly .....	50
3.1.4	Adheze .....	57
3.1.5	Adhezní poměr a počáteční zrychlení .....	58
3.1.6	Trakční výkon hnacího vozidla .....	59
3.1.7	Měrný výkon .....	60
3.1.8	Trakční charakteristika .....	61
3.1.9	Vyšetřování pohybu vlaku - stanovení jízdních dob - .....	63
3.1.10	Specifická spotřeba energie pro jízdu .....	64
3.1.11	Dílčí závěr - Shrnutí základních parametrů vozidel .....	66
3.2	Dostupnost a nabídka železniční osobní dopravy jako součásti dopravy veřejné	76
3.2.1	Základní předpoklady a rozdělení .....	76
3.2.2	Prostorové pokrytí veřejnou dopravou (VD) .....	77
3.2.3	Spojení s místním centrem, resp. důležitým uzlem .....	95
3.2.4	Parametry nabídky veřejné dopravy .....	102
3.2.5	Dílčí závěr - dostupnost a nabídka VD .....	103
3.3	Dopravní odpor a jeho využití při posouzení modal split .....	106
3.3.1	Modal split v osobní dopravě .....	106
3.3.2	Metody pro stanovení modal split .....	108
3.3.3	Dílčí závěry - dopravní odpor .....	116
3.4	Ekonomika provozu osobní dopravy .....	118
3.4.1	Základní předpoklady .....	118
3.4.2	Náklady .....	118
3.4.3	Výnosy .....	138
3.4.4	Dílčí závěr - ekonomika provozu .....	139
<b>4</b>	<b>Dosažené výsledky .....</b>	<b>142</b>
4.1	Metodika výběru železničních zastávek vhodných v případě potřeby k neobsloužení vlakem .....	142
4.1.1	Přepravní význam místa zastavení .....	142

4.1.2 Dopravní význam místa zastavení .....	148
4.1.3 Doba pobytu .....	148
4.1.4 Nahraditelnost jiným způsobem obslužnosti .....	149
4.1.5 Dílčí závěr - metodika výběru .....	151
4.2 Metodika řešení projíždění zastávek a stanic, aplikované příklady, příklady z praxe .....	153
4.2.1 Obecné důvody a možnosti krácení jízdních dob .....	153
4.2.2 Navržená metodika řešení .....	155
4.2.3 Aplikace metodiky na zvolených příkladech .....	156
4.2.4 Možnosti obslužnosti území a linek skrze projíždění vybraných zastávek - příklady z praxe .....	163
<b>5 Přínosy pro rozvoj vědní disciplíny a praxi .....</b>	<b>170</b>
5.1 Přínosy disertační práce .....	170
<b>6 Závěr .....</b>	<b>171</b>
<b>7 Summary .....</b>	<b>172</b>
<b>8 Literatura a odkazy .....</b>	<b>173</b>
<b>9 Seznam zkratk .....</b>	<b>178</b>
<b>10 Seznam tabulek .....</b>	<b>180</b>
<b>11 Seznam obrázků .....</b>	<b>182</b>
<b>12 Seznam příloh .....</b>	<b>186</b>
<b>13 Seznam publikovaných prací autora .....</b>	<b>187</b>



## 0 Obecný úvod

Periodický jízdní řád patří k charakteristickým a standardním rysům nabídkové formy jízdního řádu především veřejné dopravy jak na železnici tak mimo ní. Pravidelná nabídka spojů v daném a pravidelně se opakujícím časovém sledu (tzv. intervalu nebo taktu) je jeho charakteristickým rysem. Dlouhodobě je tato forma využívána v oblasti městské hromadné dopravy. Na železnici a posléze i na linkách dálkové a regionální autobusové dopravy lze její počátky vysledovat na přelomu 60. a 70. let 20. století. Širší využití a význam nastal zhruba o jedno desetiletí později. Průkopnickými zeměmi byly především Nizozemí, Německo a Švýcarsko, mimo Evropu pak Japonsko.

Periodická nebo systematická forma nabídky spojů v pravidelném intervalu nesmí být chápána jako samoučelné řešení, ale naopak jako jeden z důležitých principů podpory atraktivity veřejné dopravy v oblasti mobility a přepravy osob. Zajištění mobility osob prošlo v euroatlantickém prostředí dvěma diametrálně odlišnými směry. Zatímco v USA a Kanadě je tato záležitost realizována převážně individuální automobilovou dopravou a jen v místech s dostatečným a konkurenceschopným přepravním potenciálem je zajišťována dopravou veřejnou (MHD - vybrané aglomerace, příměstská doprava, dálková autobusová doprava, letecká doprava), Evropa se vydala směrem trochu odlišným. Veřejná přeprava osob v dálkovém nebo regionálním segmentu je i nadále více či méně chápána jako nedílná součást udržitelného rozvoje všech typů regionů od aglomeračního až po venkovský s řídkou hustotou osídlení. Tato filosofie však spolu nese nutnost tuto službu ze strany států, regionů a obcí finančně podporovat, aby byla vůbec ekonomicky realizovatelná. Zvýšená mobilita osob daná masovou dostupností automobilů pak nutí její objednatele a provozovatele k hledání co největší atraktivity a efektivity, tak aby poměr mezi vynaloženými celospolečenskými prostředky a jejich užitkem byl co největší. Nástrojem k dosažení tohoto optima je sofistikované dopravní plánování, zahrnující řešení celé problematiky od modelování poptávky, vlastní technologie nabídky, dopady do potřebného vozidlového parku, infrastruktury a zázemí až po propagaci a marketing celého výsledného řešení.

Pravidelná intervalová nabídka spojů má za cíl přiblížit nabídku veřejné dopravy dopravě individuální. Jedním z důležitých předpokladů nahlížení na veřejnou hromadnou dopravu je její chápání jako celku skládajícího se z vzájemně spolupracujících a doplňujících se druhů dopravních prostředků a soustav. Cílem této spolupráce by měla být spokojenost zákazníka/cestujícího s přepravní službou, a to zejména v přesnosti, rychlosti, dostupnosti,

pohodlí a bezpečnosti. To vše za cenu přiměřenou dané skupině obyvatelstva. Není-li tato premisa dostatečně naplněna, klesá celospolečenská užitenost dopravy veřejné.

Realizace periodické dopravy má pro jednotlivé druhy dopravy svá specifika. Zatímco autobusová doprava je z hlediska plánování relativně flexibilní a z pohledu systémového řešení a trasování omezena v zásadě jen kongescemi v přepravních špičkách, je u kolejové dopravy situace o něco komplikovanější. Specifickým rysem jakékoliv kolejové dopravy je pevně určená jízdní dráha kolejového vozidla. Je tím podmíněna nejen samotná jízda soupravy (vlak, metro, tramvaj) a její charakteristika, ale též nutnost řešit potkávání spojů opačného směru, resp. především u železnice předjíždění pomalejších vlaků vlaky rychlejšími (výhybny, stanice, kolejové spojky). U železniční dopravy je dále nutno řešit kapacitu stanic a větších dopravních uzlů. Toto vše klade nároky na zajištění bezpečnosti provozu (zamezení protisměrných jízd na trati, zabránění najetí vlakových souprav, atd.). Druh zabezpečení ovlivňuje kromě jiného též celkovou dobu jízdy vlaku, jeho rychlost, pobyty ve stanicích apod. Toto se spolu s profilem trati, uspořádáním a polohou dopraven (včetně počtu traťových kolejí) a trakčními a jízdními vlastnostmi vozidel promítá do konstrukce jízdního řádu. Nezanedbatelnou roli hraje rovněž interakce s dopravou nákladní, jejíž požadavky se mohou s požadavky na dopravu osobní v mnoha směrech střetávat.

Nadstavbou běžné linkové periodické dopravě je tzv. Integrovaný taktový jízdní řád (ITJŘ), kde je kromě pravidelně se opakující liniové obsluhy sledována síťová provázanost a minimalizace přestupních dob ve vybraných místech potkávání jednotlivých linek, provozovaných v daném taktu. Cílem tohoto síťového efektu je minimalizace celkové přepravní doby cestujícího z místa A do místa B. Tato forma obslužnosti je nejnáročnější na preciznost plánování a na požadavky z hlediska okrajových podmínek. Zásadní požadavek je na velikost tzv. hranového času mezi dvěma taktovými uzly, kde je předpokládána oboustranná přestupní vazba. Dosažení tohoto hranového času lze realizovat kombinací opatření týkajících se úprav infrastruktury, pořízením odpovídajících vozidel a v neposlední řadě realizací nabídky spojů (jízdní řád). Toto vše se následně promítá do nákladů celého systému. Realizace potřebných opatření je dále záležitostí určitého období, které je tím delší, čím větší požadavky na daný typ okrajové podmínky jsou (týká se to především infrastruktury).

Zaměření této práce je především na řešení problematiky optimalizace periodické nabídky v oblasti veřejné dopravy. Hlavní úsilí bude směřováno na stanovení potřebného hranového času mezi dvěma taktovými uzly tam, kde nelze střednědobě počítat se zásadními úpravami infrastruktury. Dosažení daného hranového času díky zkrácení jízdních dob je tak

možné buď nasazením vhodných vozidel nebo projížděním vybraných zastávek. Záměrem bude posoudit metodiku a kritéria pro výběr těchto míst zastavení vhodných k projetí, dopady do kvality dopravní obslužnosti dotčené oblasti a možnosti její alternativní obsluhy. Rovněž bude učiněn pokus posoudit ekonomické dopady zvoleného alternativního řešení oproti referenčnímu stavu.

# 1 Současný stav studované problematiky

## 1.1 Taktový jízdní řád

### 1.1.1 Základní principy, vymezení pojmů

Pojem takt, resp. taktová doprava se v odborném pojmosloví dopravy rozšířil teprve po druhé světové válce [1]. Samotný pojem takt je synonymem pro slovo rytmus, což znamená pravidelné střídání či opakování zvuku nebo částí nějakého děje [68]. V oblasti problematiky jízdního řádu může fungovat jako protiklad k výrazu volný jízdní řád. Tento výraz je do určité míry uměle vytvořeným pojmem, vyjadřující původní formu konstrukce tras (nejen) vlaků přepravujících cestující do zavedení taktové dopravy v oblasti dopravy jako takové.

U volného jízdního řádu je u jednotlivých spojů sledována taková časoprostorová poloha, která reflektuje odpovídající přepravní potřeby a proudy (např. ranní a odpolední špička do/ze zaměstnání, přeprava studentů, přípoje od/na/mezi vlak/y stejné či vyšší kategorie) ve vybraných částech dne. Provozní charakteristiky jednotlivých spojů stejné kategorie a relace zpravidla vykazují různé parametry (odlišné jízdní doby, délka, hmotnost a složení vlaku, pobyty ve stanicích, křižování atd.).

V případě taktového jízdního řádu je cílem naopak rovnoměrné pokrytí dané sítě (tratě, části tratě) obecně (nejen) osobní dopravou v rámci celého tzv. dopravního dne (dopravní den – období cca 4 - 24 h). Četnost obsluhy (takt) závisí na přepravních prouděch v dané síti v různých částech dne a na různých úsecích. Předpokladem je unifikace přepravních charakteristik i v případě různých složení souprav, či při nasazení různých hnacích vozidel. Cílovým stavem může být samozřejmě i stejná skladba vozidel v dané skupině relací.

Jak již bylo řečeno, pojem takt se začal používat až po druhé světové válce. Nejedná se o jediný výraz tohoto významu. Předchůdcem slova takt, resp. taktový jízdní řád je výraz tuhý jízdní řád. Do určité míry se dá polemizovat, které z výše uvedených slov je přesnějším antonymem pojmu volný jízdní řád, resp. zda jsou tyto pojmy vůči sobě rovny.

Roland Haudenschild [1] popisuje pojem tuhý jízdní řád (německy der starre Fahrplan), charakterizuje ho jako protipól pohyblivému/flexibilnímu jízdnímu řádu (jiný výraz pro volný jízdní řád) a chápe ho jako opakování časů odjezdu a příjezdu vlaků na dané trati, či stanici každou hodinu ve stejnou minutu. Předpokladem je stejná cestovní rychlost a konstantní následné mezidobí dotčených vlaků. Tuhý jízdní řád je zde spíše nadřazen výrazu

taktový jízdní řád a lze spíše odtušit, že velikost periody se pohybuje v násobku celých hodin (1h, 2h atd.), příp. vybraných celých násobků minut (např. 10, 15, 20, 30 min)

Jako alternativu umožňující určité odchylky oproti konstantnímu intervalu je týmž autorem zmiňován „proměnlivý tuhý jízdní řád“ („wechselnd starrer Fahrplan“), kde lze předpokládat 2-3 odchylky během dne, např. v přepravní špičce za účelem respektování časových poloh spojů z hlediska dojížděky do škol a do zaměstnání, případně zpět. Toto se týká úměrně i odchylek v následných mezidobích.

Pro rytmický jízdní řád (der rhythmische Fahrplan) je uvedeno několik možných variant výkladu. Zaprvé je chápán jako tuhý jízdní řád se stejnou opakující se časovou periodou, jejíž velikost nemusí být nutně 1h. Uváděno je časové rozmezí 1,5 – 4 hodiny. Další možností významu je překrytí různých skupin vlaků s různými tuhými JŘ na stejně pojížděných tratích, případně jsou takto myšleny vlaky v různých periodách, které jsou ve vybraných stanicích vzájemně provázány přestupní vazbou, což vytváří určitý rytmus.

Dnes běžně používaný pojem taktový jízdní řád je v [1] místy chápán jako poddruh tuhému jízdnímu řádu. Jeden z významů je velikost taktu 4 hodiny. Jinde je naopak dáván na úroveň jízdnímu řádu tuhému.

Na tomto místě je vhodné ukončit spíše akademickou debatu nad správným pojmoslovím, resp. jeho správným používáním. V německy mluvícím prostoru je dnešním standardním odborným pojmem výraz taktový jízdní řád („Taktfahrplan, Takt“). Slovo tuhý jízdní řád se prakticky nepoužívá. Pojem takt byl použit u německých drah DB v roce 1971 na sloganu propagujícím zavedení pravidelné nabídky dálkových spojů Intercity ve 2h taktu. Dále je v tomto směru zajímavý text [2] popisující reakce na pojmy taktový a tuhý ve vztahu k chápání jízdního řádu ze strany laické veřejnosti ve Švýcarsku. Zatímco výraz tuhý jízdní řád vyvolával spíše negativní asociace spojené s jízdním řádem (jízdní řád, který se již nikdy nezmění, zatuhlý), byl pojem taktový jízdní řád chápán jako jízdní řád s vlaky vedenými v určitém pravidelném rytmu (časovém odstupu).

V případě chápání pojmu takt, resp. taktový se u české odborné veřejnosti objevují v některých případech dva termíny s mírně odlišným významem. Výraz takt je chápán jako časový interval v násobku celých hodin (1h, 2h takt). Časová perioda v násobku minut (5, 10, 15, 20, 30 atd.) je pak vyjádřena slovem interval. Společným výrazem pro obojí je pak chápán spíše pojem periodický jízdní řád. Jednoznačný úzus však v tomto směru zejména v běžné praxi nikdy dodržován nebyl.

V rámci této práce budou pro zjednodušení jako ekvivalentní chápány následující výrazy:

- jízdní řád:
  - taktový,
  - intervalový,
  - systematický,
  - periodický,
- označení časového odstupu mezi spoji:
  - perioda,
  - takt,
  - interval.

Z časoprostorového hlediska lze taktový jízdní řád dále rozdělit na:

- směrový takt – vazba vlaků jednoho směru dané linky,
- takt linky – stejný takt vlaků jedné linky v obou směrech,
- takt trati – více linek dohromady na jedné trati, všechny linky vůči sobě v daném taktu, takty všech linek jsou stejné,
- síťový takt – více tratí dohromady, předpokladem stejný takt na všech tratích.

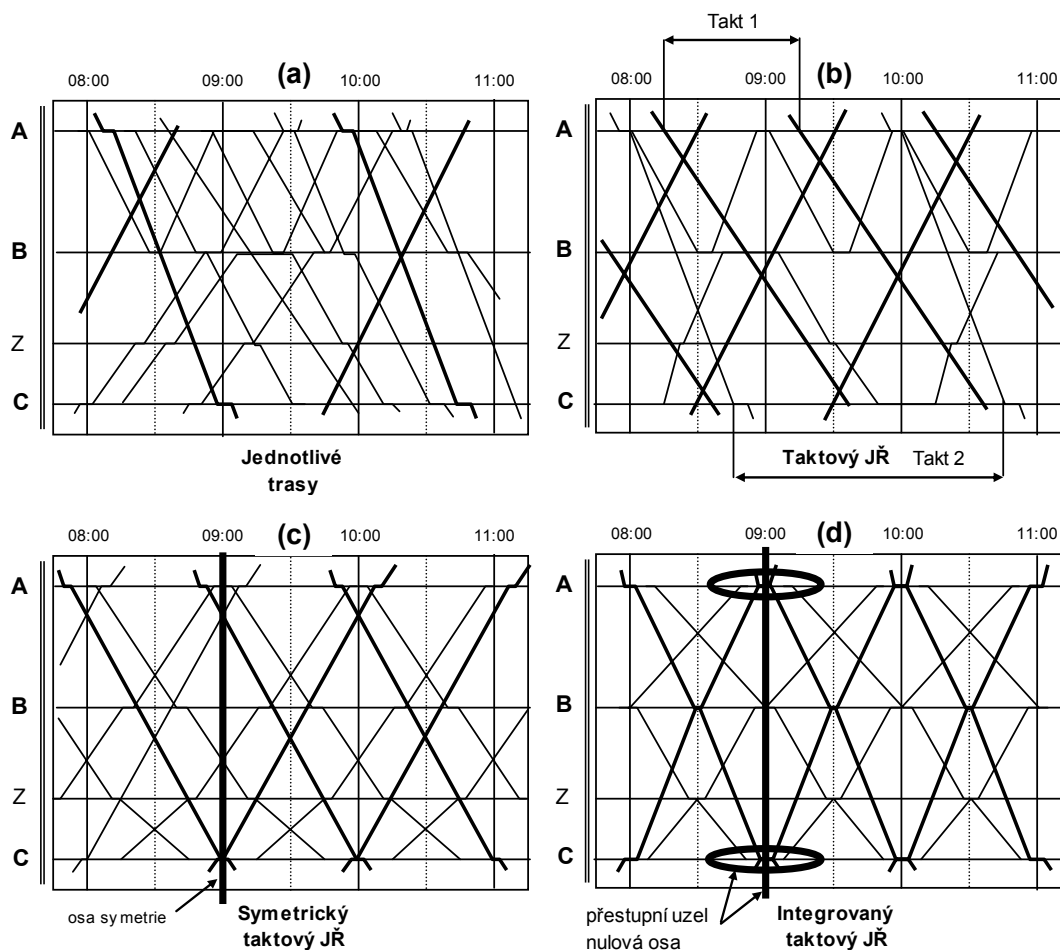
Christian Liebchen [4] rozděluje možné uspořádání dopravy dle pravidelnosti a vzájemné provázanosti trochu jiným způsobem (viz obrázek 1-1). Struktura dopravy podle volného jízdního řádu odpovídá řešení a). Varianta b) představuje taktovou formu jednotlivých linek, nicméně vazba mezi jednotlivými linkami je spíše nahodilá. Navíc varianta c) znázorňuje symetrickou variantu taktového jízdního řádu. Oproti předchozímu příkladu mají všechny linky stejnou osu symetrie. Varianta d) znázorňuje tzv. integrovaný taktový jízdní řád (ITJŘ). Tato speciální forma taktového jízdního řádu je charakteristická stejnou osou symetrie a časoprostorově se opakujícími uzly, ve kterých jsou zajištěny v ideálním případě veškeré systémové vazby mezi všemi linkami. Aby tyto vazby mohly fungovat, je nutné dodržet určité matematické předpoklady. Této problematice se bude věnovat kapitola 1.1.2.

V této části budou ozřejměny pojmy spojené s taktovým jízdním řádem a dále bude snaha tyto pojmy uvést do širších souvislostí a současně blížeji představit charakteristické vlastnosti taktového jízdního řádu.

Základní pojmy vztahované k taktovému jízdnímu řádu jsou následující:

- takt,

- hranový čas,
- symetrie,
- osa symetrie,
- taktový uzel,
- integrovaný taktový jízdní řád.



Obrázek 1-1 Příklady taktového jízdního řádu, Zdroj: autor

**Takt** – jak již bylo v předchozích částech zmíněno, představuje takt (interval, perioda) pravidelný časový odstup mezi jednotlivými spoji. Hodnota taktu se pohybuje od jednotek minut po celé hodiny. U volného jízdního řádu se dá zjednodušeně konstatovat, že hodnota taktu se rovná 24 hodin. V železniční dopravě a linkové autobusové dopravě se hodnota taktu pohybuje běžně mezi cca 10 minutami až 4 hodinami. V městské hromadné dopravě jsou běžné intervaly zpravidla mezi 1-60 minutami.

**Hranový čas** (též Systémová jízdní doba) – potřebná doba mezi dvěma taktovými uzly, v případě síťových systémových vazeb (ITJŘ) je její hodnota celistvým násobkem příslušné

velikosti taktu. Hranový čas se skládá z vlastní jízdní doby, pobytů v uzlech a nácestných stanicích z přepravních a dopravních důvodů a z vyrovnávacích časů (opět v případě ITJŘ).

**Symetrie** – taktový symetrický jízdní řád v ideálním případě předpokládá splnění stejných parametrů obou směrů stejné linky. Jedná se o:

- stejný počet vlaků v obou směrech
- stejné jízdní a přestupní doby v příslušných úsecích a stejné doby pobytů ve stejných stanicích a zastávkách
- jednotné jízdní vlastnosti (rovnoběžný symetrický NJŘ)

**Osa symetrie** – stanovený čas v závislosti na velikosti zvolené periody, zajišťuje vazbu mezi oběma směry linky provozované v taktu. V tento čas dochází k pravidelnému potkávání (míjení nebo křížování) spojů jedné linky po celé provozní období JŘ. Pokud je třeba zajistit systémové vazby mezi jednotlivými linkami, je nutné, aby tyto měly stejnou osu symetrie. Jako základ je v rámci Evropy brána osa symetrie k celé hodině (X.00). Systémové časy potkávání spojů jedné linky v závislosti na velikosti taktu jsou uvedeny v tabulce 1-1.

*Tabulka 1-1 Osa symetrie v závislosti na velikosti taktu, Zdroj: autor*

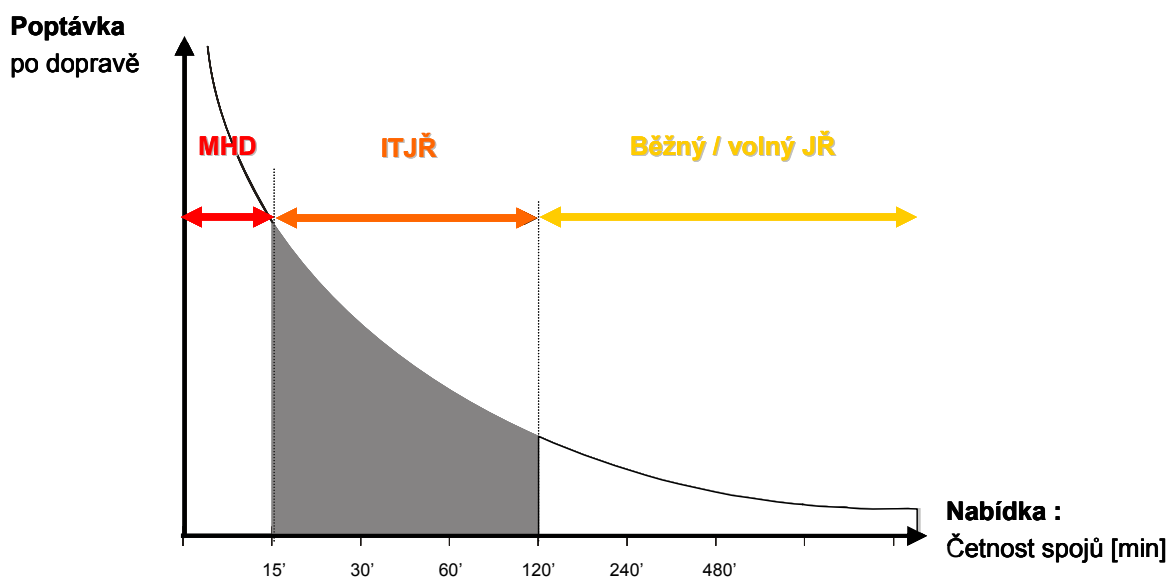
Takt	Osa symetrie – potkávání spojů 1 linky
2h	X.00
1h	X.00, X.30
30 min.	X.00, X.15, X.30, X.45
20 min.	X.00, X.10, X.20, X.30, X.40, X.50

**Taktový uzel** – místo, kde dochází k pravidelným systémovým vazbám mezi spoji jedné linky (křížování na jednokolejné trati) nebo více linek (zpravidla přestupní vazby, v případě společné trasy více linek je možné i křížování na jednokolejné trati). V rámci taktového přestupního uzlu přijíždějí jednotlivé spoje před časem symetrie a po uplynutí příslušné doby (přestupní doba, staniční intervaly, vyrovnávací časy) po tomto čase z uzlu odjíždějí.

**Integrovaný taktový jízdní řád** – nadstavba běžnému taktovému jízdnímu řádu. Zavádění taktové dopravy na jednotlivých tratích nutně vyvolává obdobný efekt na ostatních tratích do taktem dotčené ústíci, zejména v případě, pokud je potřeba zajistit přípojné vazby mezi nimi. Tam, kde mají být zachovány rychlé a obousměrné přestupní vazby mezi jednotlivými linkami, je nutno na tento přestupní uzel pohlížet jako na uzel taktový. Aby bylo možno provozovat tento provázaný systém v rámci příslušné sítě ve všech požadovaných taktových



uzlech, je nutno, aby byly dodrženy potřebné hranové časy mezi těmito taktovými uzly. Smysluplnost a důležitost zachování systémových přestupních vazeb je o to větší, čím delší velikost taktu je. Naopak při kratších intervalech je možné předpokládat větší akceptovatelnost volnější přestupní doby. V rámci nabídky během celého dne je však nutno vycházet z nejnepříznivější situace pro cestujícího, tj. z hodnoty nejdelšího taktu příslušné linky. Na obrázku 1-2 je znázorněno rozmezí smysluplnosti realizace ITJŘ. Toto se pohybuje zhruba mezi intervalem 15 – 120 minut. Pro kratší interval než 15 minut není nijak nutno sledovat pravidelné systémové přestupní vazby, naopak při nabídce spojů nad velikost taktu 2h, není již zcela zásadní, zda dané spoje jedou v taktu či nikoliv. Limitní hranicí mezi taktovým a volným jízdním řádem je nabídka v 4h taktu. Na druhé straně spektra se (v některých případech s nižší senzitivitou cestujících na velikost přestupní doby) dá konstatovat, že minimálně v případě 15 minutového intervalu není nutno (v krajním případě) pevné systémové vazby sledovat. Efekt ITJŘ v zajištění rychlých přestupních vazeb sleduje hlavní cíl minimalizace celkové doby přepravy v rámci obsluhované sítě.



Obrázek 1-2 Využití ITJŘ v železniční dopravě, Zdroj: [6]

### 1.1.2 Zákonitosti a nutné podmínky pro realizaci taktového a integrovaného taktového jízdního řádu

Pravidelně opakující se procesy v rámci systematického jízdního řádu umožňují jejich vyjádření pomocí matematických rovnic. V opačném gardu je splnění určitých matematických předpokladů nutnou podmínkou realizace taktového jízdního řádu (TJŘ) a ITJŘ. Jedná se jednak o zajištění vlastního provozu v daném taktovém rastru a jednak k dosažení potřebných přestupních vazeb v rámci taktových uzlů. Okrajové podmínky se týkají závislosti mezi osou symetrie, hranovým časem a vlastní velikostí taktu. Podmínky mají dva stupně. První se vztahuje k symetrickému TJŘ a druhý k ITJŘ.

V rámci symetrického TJŘ jsou vlaky příslušné linky mezi sebou vázány vazbou v taktových uzlech (přestup, křižování). Nachází-li se na jedné trati více takovýchto uzlů, je zřejmé, že doba jízdy mezi nimi musí odpovídat určité hodnotě. Určení této hodnoty vychází z předpokladu, že k daným vazbám dochází v těchto uzlech opakovaně za dobu taktu  $t_T$ . Pravidlo, které stanovuje, že během dopravního pobytu v taktovém uzlu musí být ve stanici všechny vlaky, mezi kterými je plánovaná vazba, se vztahuje i na spoje opačného směru. Z toho vyplývá, že hranový čas mezi dvěma uzly se musí rovnat minimálně vždy celistvému násobku poloviny doby zvoleného taktu:

$$t_H = n \cdot \frac{t_T}{2} \quad (1-1)$$

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

$t_H$  hranový čas mezi taktovými uzly [min/hod]

$t_T$  velikost taktu [min/hod]

Na obrázku 1-3 je graficky znázorněn příklad na modelové jednokolejné trati. Velikosti taktu  $t_T = 1h$  odpovídá minimální hranový čas  $t_H = 30$  minut. Při velikosti taktu  $1h$  je patrné, že stávající stanice A, B a C nestačí pro realizaci řešení nabídky spojů a bylo tedy nutné vybudovat 2 výhybny V1 a V2, kde se vlaky křižují. Časová vzdálenost výhyben a sousedních stanic odpovídá polovině násobku zvoleného taktu. Při  $2h$  taktu by již nebyly výhybny V1 a V2 potřebné. V rámci uvedeného pravidla tak dochází k potkávání protisměrných spojů téže linky vždy v čase odpovídajícího polovině násobku zvoleného taktu. V případě taktových uzlů na jednokolejných tratích tak vychází ideální polohy dopraven

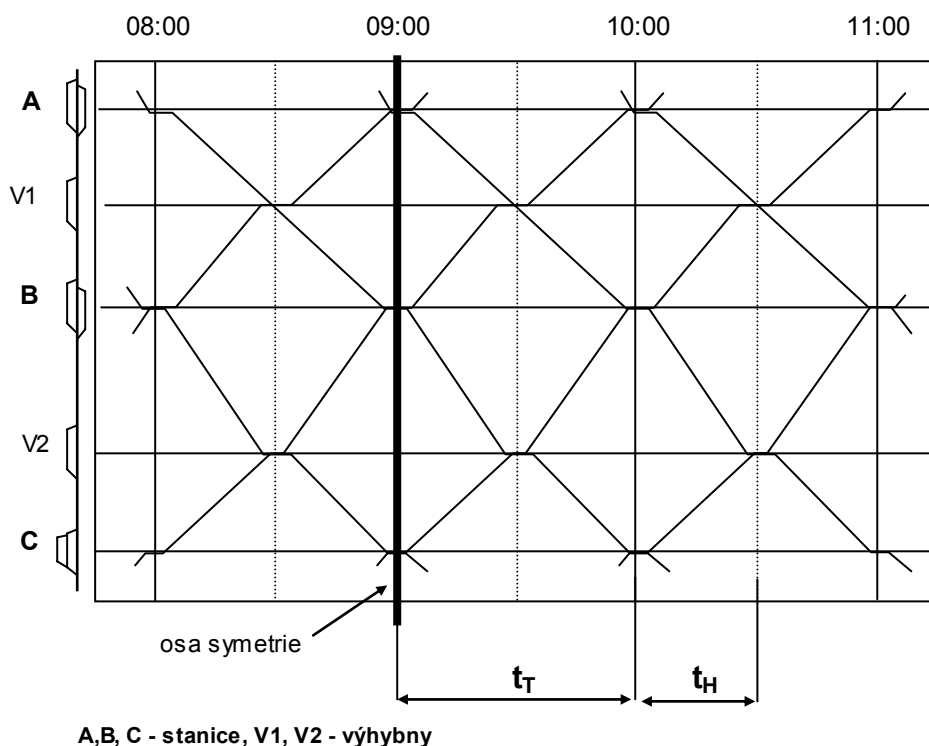
potřebných pro křižování (příp. pro přestup) bezprostředně z již zmíněného pravidla. Z tohoto pravidla se dá dále odvodit počet dopraven nutných ke křižování mezi dvěma uzly:

$$n_{Kr} = \frac{2 \cdot t_H}{t_T} - 1 \quad (1-2)$$

$n_{Kr}$  počet stanic potřebných na křižování zaokrouhlený nahoru [-]

$t_H$  hranový čas mezi taktovými uzly [min/hod]

$t_T$  velikost taktu [min/hod]



Obrázek 1-3 Vztah velikosti taktu a hranového času, Zdroj: autor

Hranová rovnice je dostačující pro symetrický TJŘ. V případě aplikace ITJŘ je nutno zkoordinovat hranové vazby tak, aby šlo tyto propojit v rámci dané sítě (přestupní vazby, křižování). Platí tzv. „kruhová rovnice“ [3], kdy suma všech hranových časů v daném n-úhelníku, který vytváří uzavřenou síť (lze uzavřít smyčku), se rovná celistvému násobku taktu  $t_T$  (příklad pro 3 - úhelník - obrázek 1-4):

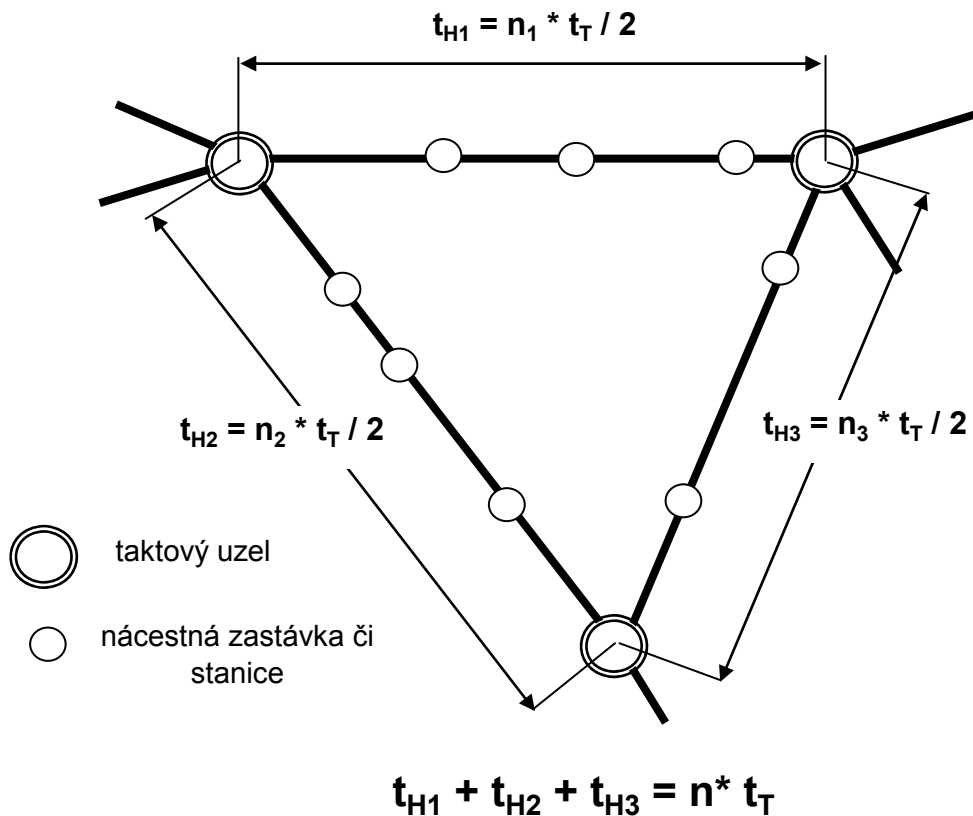
$$t_{H1} = n_1 \cdot \frac{t_T}{2} \quad t_{H2} = n_2 \cdot \frac{t_T}{2} \quad t_{H3} = n_3 \cdot \frac{t_T}{2} \quad (1-3)$$

$$t_{H1} + t_{H2} + t_{H3} = n_1 \cdot \frac{t_T}{2} + n_2 \cdot \frac{t_T}{2} + n_3 \cdot \frac{t_T}{2} = \sum_{i=1}^m n_i \cdot \frac{t_T}{2} = n \cdot t_T \quad (1-4)$$

$n = 1, 2, 3 \dots$

$t_{Hi}$  hranový čas mezi taktovými uzly na příslušných hranách n-úhelníku [min/hod]

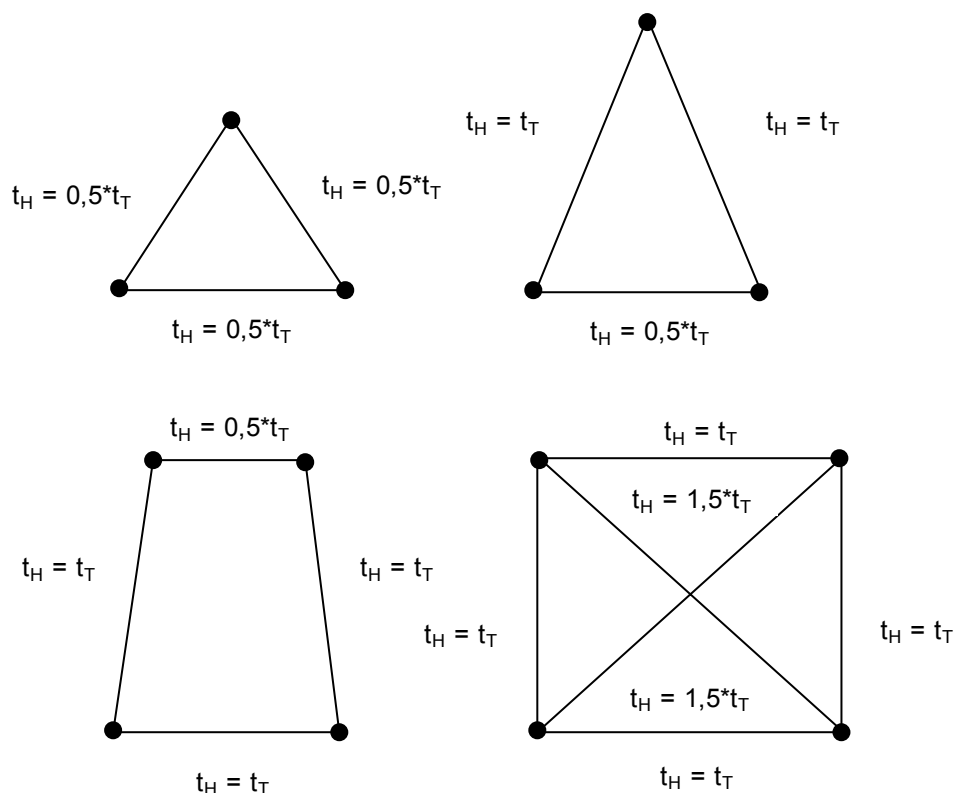
$t_T$  velikost taktu [min/hod]



Obrázek 1-4 Vztah velikosti taktu a jednotlivých hranových časů v rámci uzavřené sítě,

Zdroj: autor

Dané okrajové podmínky jednoznačně determinují síť a její základní parametry pro realizaci ITJŘ. Zdroj [3] uvádí některé modelové příklady sítí, které za daných podmínek nevyhovují výše uvedeným pravidlům (viz obrázek 1-5).



Obrázek 1-5 Příklad nemožné realizace ITJŘ při daných hodnotách hranových časů,  
Zdroj: [3]

### 1.1.3 Ideální řešení ITJŘ

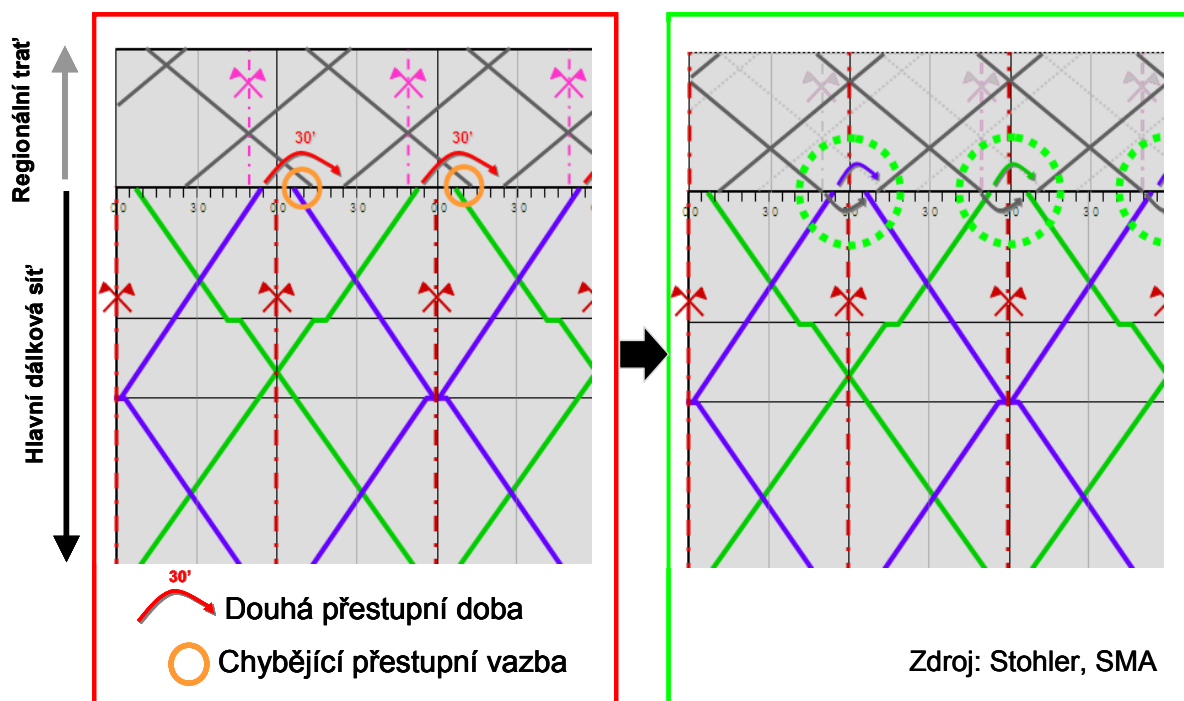
Pro realizaci ideálního ITJŘ musí být současně splněny 4 následující základní podmínky [3]:

- jednotný takt v rámci sítě,
- jednotná osa symetrie,
- splnění podmínky pro hranový čas,
- splnění podmínky pro kruhové rovnice.

Podmínka jednotného taktu je důležitá zejména při kombinaci různých sítí železniční dopravy v různých obdobích během dne a týdne (příměstská, regionální a dálková doprava, špička, sedlo). Vhodně zvolená velikost periody umožní zachovat pravidelné přípojné vazby i v případě odlišných taktů dvou systémů na železnici. Ideální je posloupnost intervalů 15, 30, 60 a 120 minut, jelikož od nejkratšího intervalu vzestupně je každý menší násobkem všech ostatních větších. Při kombinaci intervalů 30 a 60 minut různých linek potkávajících se v příslušném taktovém uzlu, je zachována přestupní vazba každou hodinu. Tento systém je

rovněž jednodušší z hlediska požadavků na trasy, jelikož prodloužení hodnoty intervalu mezi dvěma spoji nepotřebuje zavedení nové trasy. Tato intervalová skladba je používána ve většině zemí se zavedenou taktovou dopravou, typickým příkladem je Švýcarsko. Jinou taktovou rodinou, typickou spíše pro Německo, je posloupnost 20, 40, 60 a 120 minut. Tento systém je při použití intervalu 40 minut do určité míry méně přehledný, neboť kombinace tras se opakuje jednou za dvě hodiny (je nutno si pamatovat, zda je momentálně lichá či sudá hodina), což navíc při kombinaci s intervalem 60 minut vytváří vazbu pouze 1x za dvě hodiny. Přehlednější je interval 20 minut, jelikož násobkem 60 minut zapadá pravidelně do celé hodiny. Při rozvolnění intervalu z 20 na 30 minut jsou nutné 2 trasy (např. pracovní den vs. víkend), což není při konstrukci jízdního řádu zejména na hustě pojižděných sítích zcela ideální (prakticky nutno konstruovat 2 jízdní řády). Jak již bylo řečeno, je tato nabídka typická pro Německo. Na území ČR je momentálně realizována na trati Liberec – Tanvald (interval 40 minut).

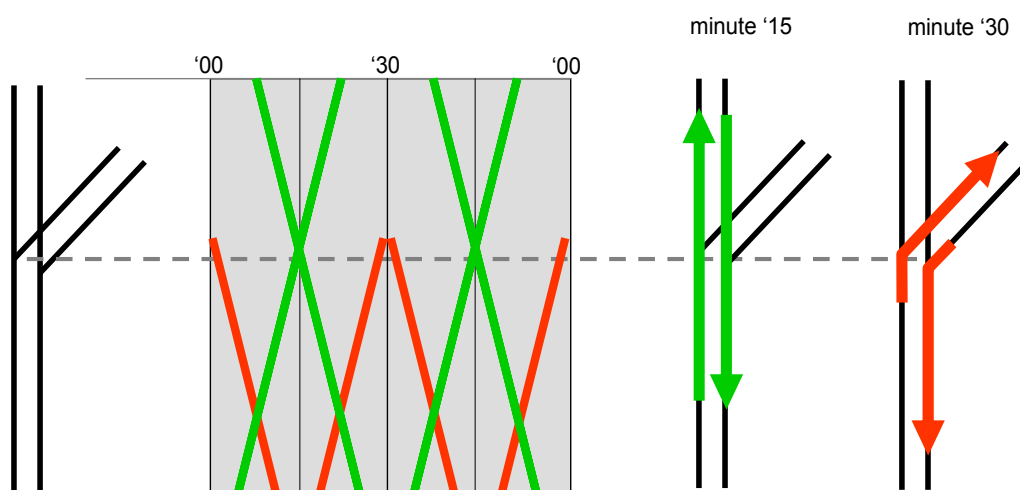
Čistě teoreticky je možno zvolit libovolnou hodnotu intervalu (25,5 minuty, 41 minut atp.), praktické omezení vychází z hodiny čítající 60 minut, a to zejména tam, kde je požadavek na nějakou smysluplnost provázání různých systémů dálkové dopravy. V rámci čistě izolovaných systémů je to jen na akceptovatelnosti ze strany cestujících, zájmech objednatele a schopnostech dopravce se s daným taktem srovnat.



Obrázek 1-6 Příklad různé a stejné osy symetrie dvou taktových systémů, Zdroj: [6]

Jednotná osa symetrie je předpokladem pro funkčnost systémových vazeb. Toto platí jak pro přestupní vazby, tak pro křižování vlaků v dopravných na trati.

Na obrázku 1-7 je uvedeno optimální využití kapacity úrovnového místa odbočení na širé trati, v případě 2 linek, které mají stejnou osu symetrie. V reálném provozu však lze najít systémy s odlišnými osami symetrie. Na území České republiky se osa symetrie odvíjí od polohy linek tzv. Eurotaktu Berlin – Praha – Břeclav – Wien/Budapest. Rozhodným bodem je uzel Břeclav. Hodnota osy symetrie v JŘ 2009/10 byla X.58,5. Nedrží-li paralelní systém přesně stejnou hodnotu, jak tomu je např. u příměstské dopravy v Brně, vede kombinace obou odlišných os symetrie např. k nestejnému předjíždění příměstských vlaků IDS JMK v různých stanicích vlaky EC (Hrušovany u Brna a Vranovice). Jiný příklad odlišné osy symetrie je v systému příměstské dopravy na Ostravsku. Zde je osa vychýlena cca o 5 minut dříve oproti Eurotaktu, což je dáno polohou špičkových vlaků, které naváží pracovníky na směnu, ve stanicích Třinec a Ostrava Kunčice.



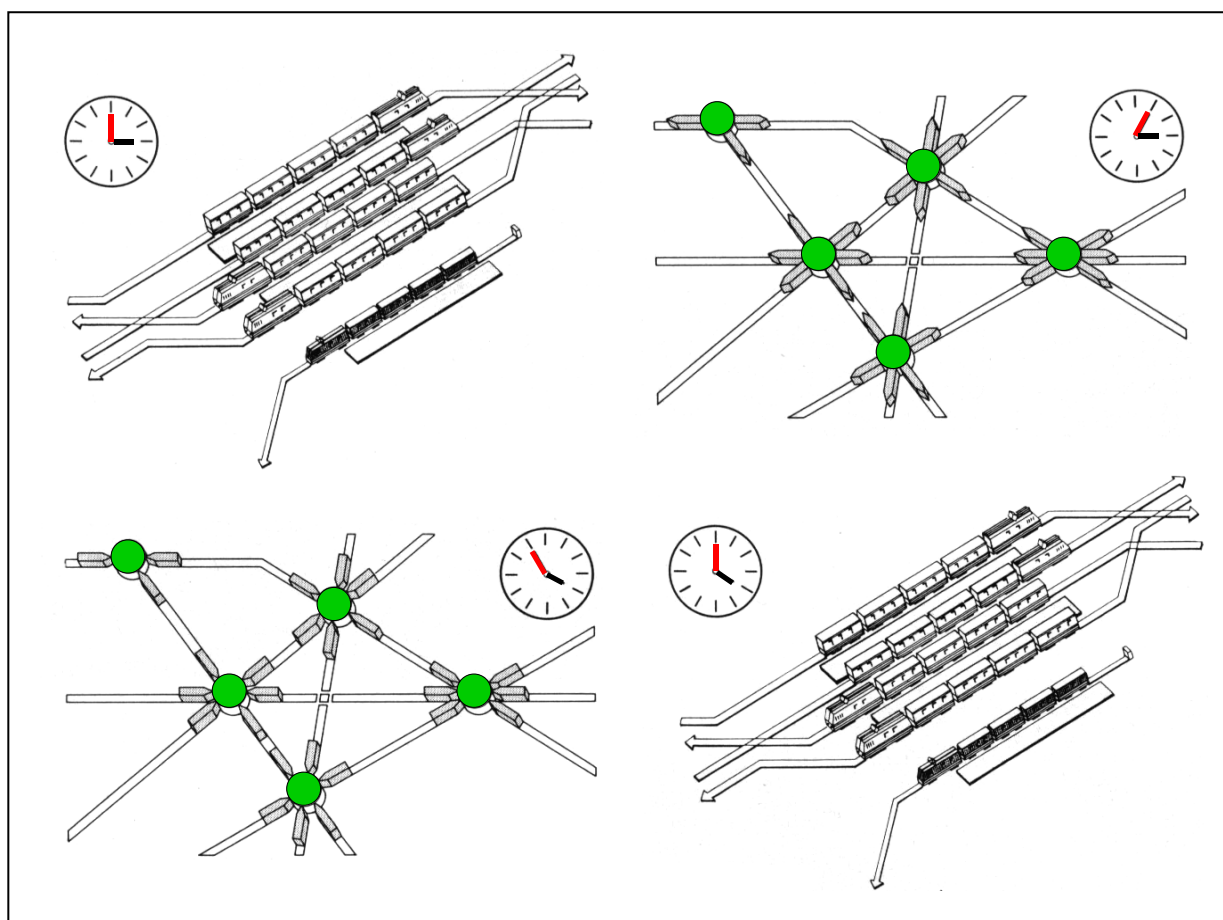
Obrázek 1-7 Příklad optimálního využití infrastruktury při stejné ose symetrie, Zdroj: [6]

Ideální realizace zbylých dvou podmínek (hranových čas, kruhová rovnice) byla zmíněna v předchozí části.

Požadavky na systémové vazby ITJŘ jsou důležité zejména v sedlových provozních časech při delších hodnotách intervalu (60, 120 min). Zatímco ve špičkových časech při dostatečně krátkém intervalu se zkracuje střední doba čekání až na cca 7,5 minuty při 15 minutovém intervalu, může znamenat nedodržení tzv. Rendezvous principu (setkávání spojů více linek v daném uzlu současně tak, aby byly zajištěny vzájemné přestupní vazby) v taktovém uzlu na jedné lince dobu čekání až 120 minut, což je při stejné veliké hodnotě

periody nabídky spojů naprosto nežádoucí. Je proto nutné, aby celý systém byl primárně postaven na fungování systémových vazeb při delších intervalech. Výše uvedená skutečnost platí i pro styk dvou linek s velmi odlišnou velikostí hodnoty taktu. Pokusy nizozemských železnic NS o realizaci přibližného taktu 10 minut realizované v JŘ 2009/10 mohou mít systémové nedostatky právě v případech přestupních vazeb na linky s intervalem delším.

Velké skupiny v taktových uzlech kladou požadavky na jejich uspořádání a plynulost provozu. Taktový uzel by měl být dále schopen pojmout všechny spoje, mezi kterými má být zajištěna přestupní vazba.



Obrázek 1-8 Rendezvous princip ITJR, Zdroj: [6]



### 1.1.4 Neideální řešení ITJŘ, nutné optimalizace

V reálném stavu není vždy v počátku snahy o zavedení ITJŘ zcela možné naplnit podmínky nutné pro jeho realizaci. Do okamžiku realizace cílového stavu je tak potřebné respektovat určitá systémová omezení jako je např. [3]:

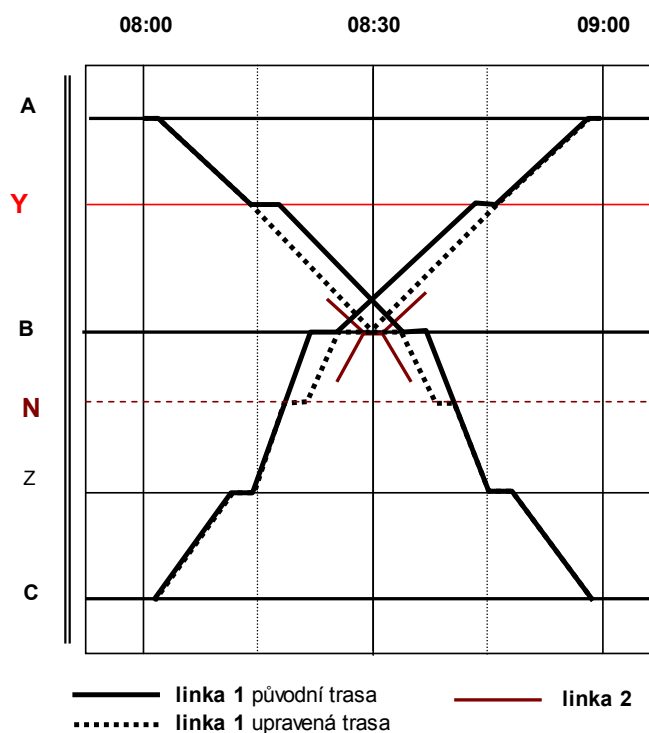
- neobsluhování všech míst zastavení, dané zastávky nejsou obsluhovány vůbec nebo jiným druhem dopravy,
- přidání míst zastavení,
- nedodržení přestupních vazeb v taktovém přestupním uzlu mezi vybranými linkami nebo realizace pouze směrových přestupních vazeb,
- zavedení dodatečných linek či spojů mimo taktové schéma,
- variace nabídky pro zajištění přestupních vazeb,
- nevedení všech vlaků ve stejném taktu v rámci jedné linky,
- vhodná organizace provozu v taktových uzlech.

Daná přechodná opatření mohou mít i trvalý charakter, pokud není zejména z finančních důvodů možné provést optimalizační opatření pro fungování ideálního ITJŘ. Dopad uvedených přechodných řešení může vést v případě jejich dlouhodobého trvání ke snížení atraktivity systému a úbytku cestujících. Snahou by tedy mělo být, aby daná opatření postihla jejich co nejmenší počet. Zmíněné situace mohou též nastat v případě, že potenciální taktové uzly leží blízko sebe a oba nelze realizovat s komplexní přestupní vazbou ke stejné ose symetrie. Příkladem jsou stanice Olomouc a Přerov, kde nelze realizovat současné přestupní vazby mezi linkami dálkové dopravy v čase X.00.

K projíždění vybraných zastávek dochází v případě, že aktuální hranový čas je delší než potřebný. Metodice výběru zastávek a dopadu na cestující se bude dále tato práce zabývat v dalších kapitolách, proto nebude na tomto místě dále rozvíjena.

Přidání nových zastávek je možno realizovat v okamžiku, kdy je aktuální hranový čas výrazně kratší než potřebný. Prakticky jsou dvě možnosti jak jej uměle prodloužit. Jedna z nich je dlouhý pobyt ve vybrané stanici či zastávce (viz příklad z linky U10 Ústeckého kraje Postoloprty – Louny – Lovosice - Česká Lípa, kde jsou v zastávce Libochovice město zavedeny vyrovnávací pobyty cca 10 minut – viz obrázek 1-10). Druhá možnost je přidání dodatečného zastavení (viz obrázek 1-9) u zrychlených projíždějících vlaků v zastávce, kterou projíždějí, u zastávkových vlaků možným dobudováním nové zastávky. Toto je výhodné zejména v silně osídlených aglomeračních oblastech. V případě, že je aktuální hranový čas výrazně delší než potřebný, tj. blíží se polovině násobku zvoleného taktu, se nabízí otázka,

zda jej rovněž nezkrátit a upravit celý systém. Toto je rovněž příklad již zmiňované linky Postoloprty – Česká Lípa, kde by se v případě zkrácení jízdní doby v úseku Lovosice – Louny a odstranění vyrovnávacího pobytu v zastávce Libochovice město podařilo zkrátit systémovou jízdní dobu o 30 minut. Toto samozřejmě vede ke změně symetrie a přestupních vazeb v některých systémových uzlech, v konkrétním případě by to znamenalo zásah do přípojných vazeb ve stanicích Louny a Postoloprty.

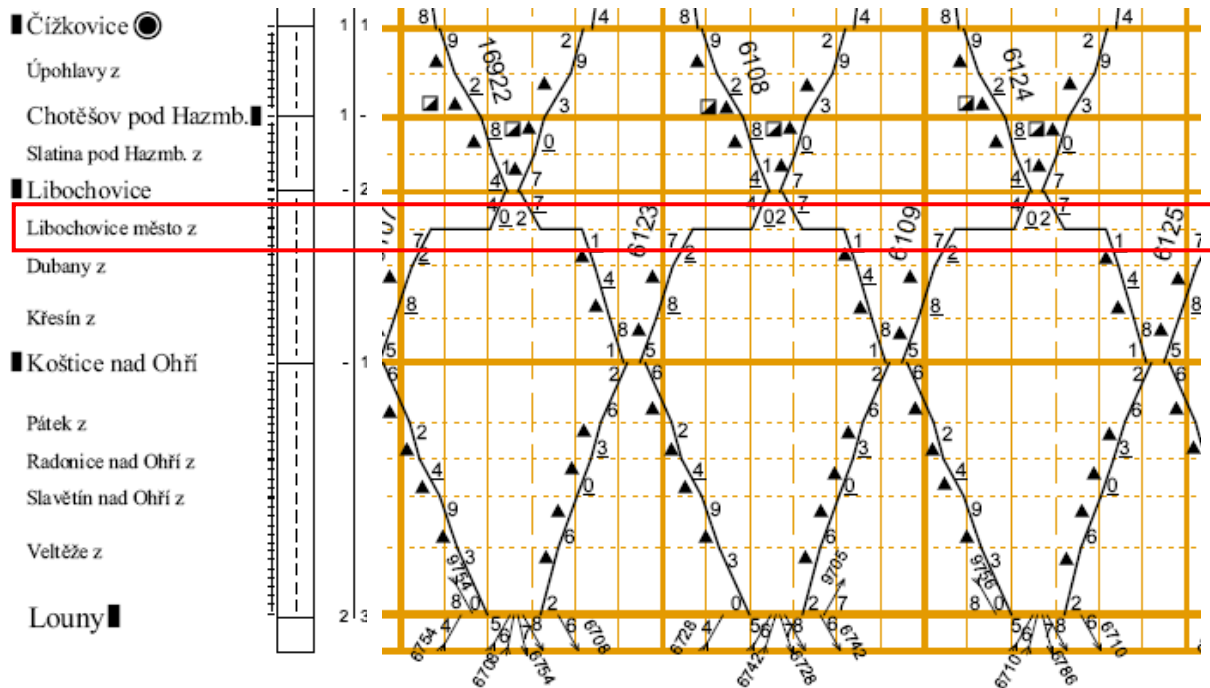


Obrázek 1-9 Kombinace nutného projetí zastávky Y a přidání možné nové zastávky N z důvodu dosažení potřebných hranových časů pro dosažení přestupních vazeb v taktovém uzlu B, Zdroj: autor

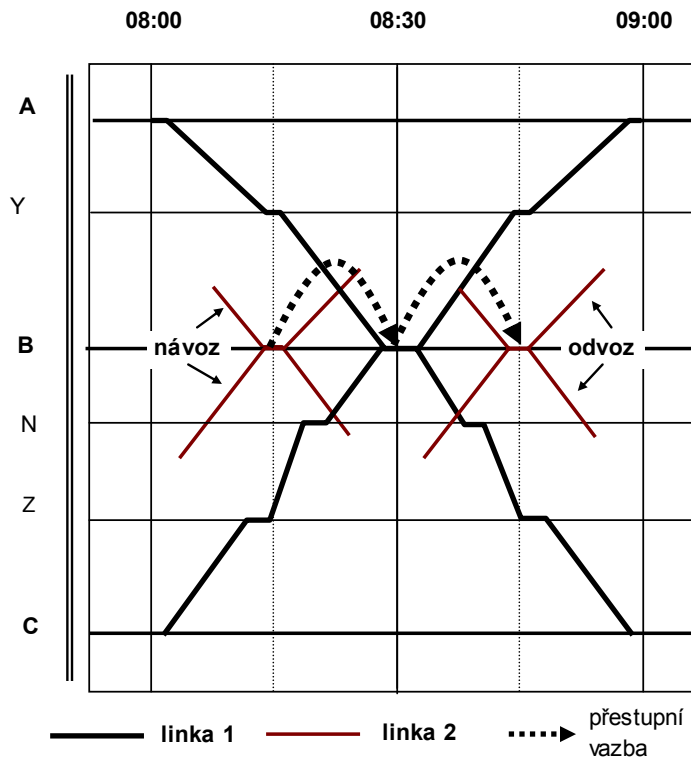
Nedodržení některých přípojných vazeb v taktových uzlech mezi vybranými linkami může být nejen z důvodu nedostatečného hranového času, ale též z možného nedostatku přestupních hran v taktovém uzlu při více linkách najednou. Dopad na cestující a délka doby přestupu závisí na velikosti taktu dotčené linky. Z hlediska celého systému je toto řešení vhodné tam, kde je možno „obětovat“ minoritní přepravní proud. Částečně lze tento problém vyřešit jednostrannou směrovou přestupní vazbou.

Pokud výše uvedená řešení nepřichází v úvahu, je nutno doplnit systém o další spoje, které tuto přestupní vazbu zajistí, ať už pouze ve špičkových časech nebo po celé období provozu. Prakticky obdobnou je další zmíněná varianta zajištění přestupní vazby mezi linkou o nižší frekvenci spojů (např. 60, 120 min.) a linkou o vyšší frekvenci spojů (20, 30 min.)

v případě, že není možno realizovat rychlou přestupní vazbu mezi oběma spoji obou linek v jednom okamžiku (viz obrázek 1-11). Pak jeden ze spojů linky o kratším intervalu slouží jako spoj navázející cestující k lince o delším intervalu a následný pak jako ten, který cestující odváží. Všechna zmíněná řešení o posílení počtu spojů z důvodu zajištění přestupní vazby mohou být limitována finančními prostředky dopravce (v případě spojů na komerční riziko) resp. objednavatele (v případě spojů v objednávce). Ne vždy je proto toto dopravní řešení možné.



Obrázek 1-10 Vyrovnávací pobyty spojů linky U11 v zastávce Libochovice město, Zdroj: autor a [70]



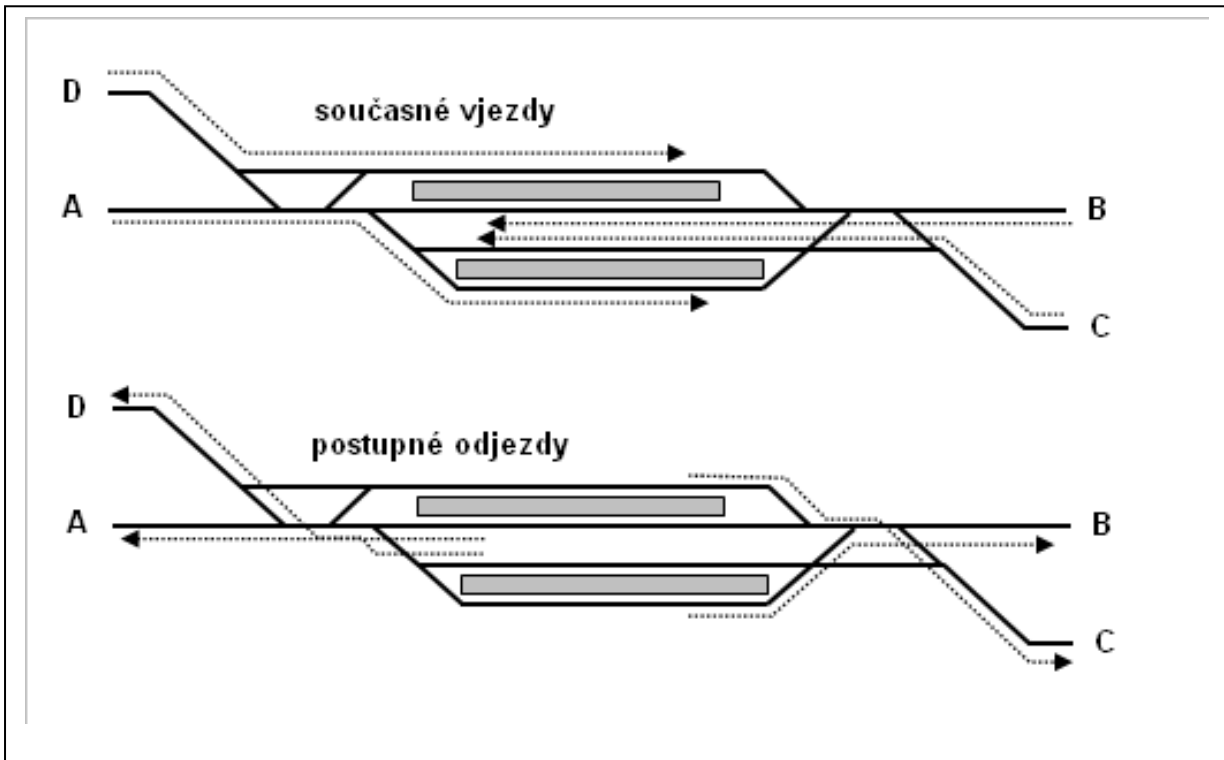
Obrázek 1-11 Realizace přestupních vazeb mezi 2 linkami o různém intervalu, Zdroj: autor

Alternativní vedení vybraných spojů mimo taktový rastr linky je další možnost, jak ve špičkových časech zajistit chybějící přestupní vazbu mezi dvěma linkami. Toto řešení má však několik omezujících podmínek s dopady do provozu ostatních spojů, resp. ekonomiky:

- zřeknutí se přestupních vazeb vybraných spojů v jiných taktových uzlech,
- omezení ze strany křížování na jednokolejných tratích v případě, že je tato uzpůsobena pouze na taktový rastr provozu,
- dostatečná kapacita dopravní cesty ve zbytku pojižděné sítě,
- v případě nedostatečné doby obratu nutnost nasazení dodatečné náležitosti na obratový vlak s negativními dopady do nákladů.

Vhodnou organizací vlakových cest jednotlivých vlaků v taktovém uzlu lze rovněž docílit časové úspory. Jeden z příkladů [8] je uveden na obrázku 1-12. Modelový příklad představuje stanici, kde dochází k úrovnovému křížení směrů relací A-B a C-D. Uvedená stanice funguje jako taktový uzel. Za předpokladu, že jsou ve stanici umožněny současné vjezdy a stanice i přilehlé tratě jsou vybavené zabezpečovacím zařízením 3. kategorie, je vhodné, aby ke křížení vlakových cest došlo až při odjezdu vlaků ze stanice. Tím dojde

ke zkrácení pobytu vlaků ve stanici, resp. ke zkrácení celkového salda přestupních dob, což má dopad do velikosti hranového času mezi taktovými uzly. Situaci může dále ovlivnit, zda je přístup k nástupištím mimoúrovňový nebo úrovňový (zde je důležitá poloha přechodů).



Obrázek 1-12 Možná organizace jízdy vlaků ve stanici s úrovňovým křížením relací, Zdroj: [8]

### 1.1.5 Výhody a nevýhody taktové dopravy

Jako každý systém v lidské činnosti má organizování dopravy v rámci systematického jízdního řádu své výhody, ale též negativní dopady. Fenomén taktového jízdního řádu vyvolává pozitivní i negativní emoce na straně jeho příznivců i odpůrců. V globálu se dá konstatovat, že převládají pozitivní aspekty, nicméně za předpokladu, že jeho realizace vychází z kvalitního středně a dlouhodobého dopravního plánování, které je schopno zaručit stabilní řešení, případně postupné dílčí kroky k jeho naplnění.

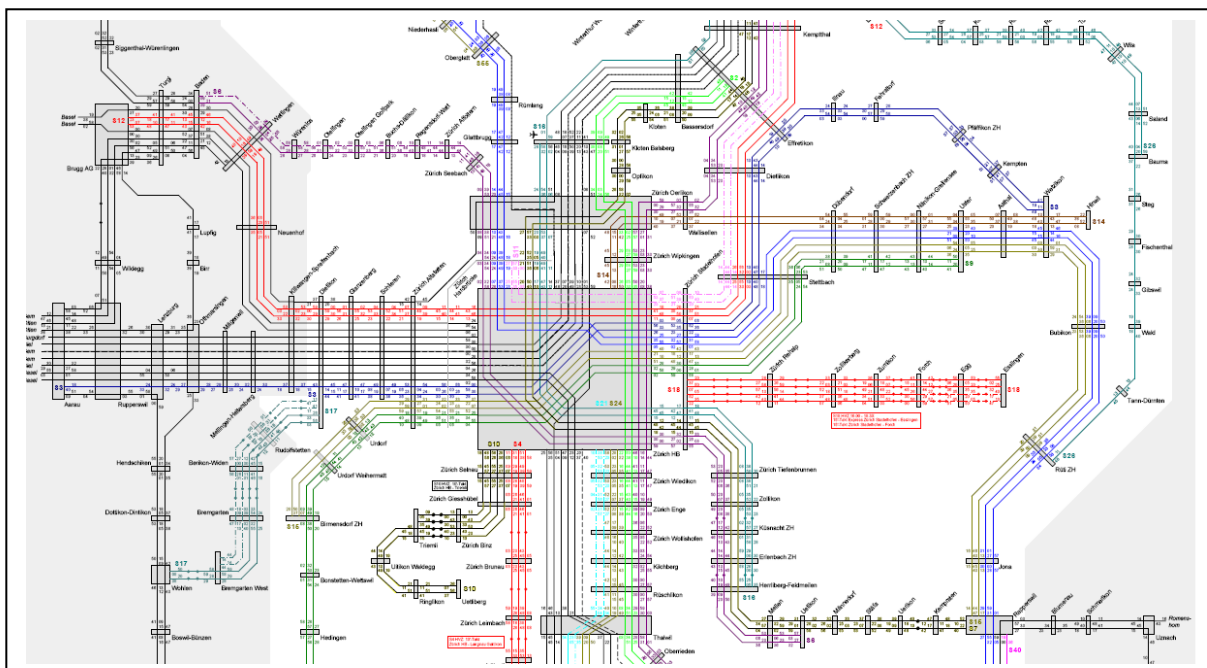
Výhody realizace TJŘ/ITJŘ jsou jednak v oblasti marketingu systému veřejné dopravy a jednak v oblasti plánování a zajištění vlastního provozu. Marketingové výhody jsou zhruba následující:

- Pravidelně se opakující nabídka spojů během daného období (dne, části dne). Tato je charakteristická stejnými časy odjezdu v příslušnou minutu, což zpřehledňuje a zjednodušuje systém veřejné dopravy pro cestujícího.

- Výše uvedená skutečnost platí i v případě garantovaných přestupních vazeb, ať už z časového nebo prostorového hlediska.
- Zavedení taktové dopravy je často spojeno s navýšením počtu spojů zejména v sedlových nebo okrajových obdobích během dne. Tam, kde je dostatečný přepravní potenciál cestujících, umožňují sedlové vlaky jednak získat nové cestující a dále „samovolně“ nebo vhodnými opatřeními přesunout část špičkových cestujících do těchto spojů, což může mít někdy efekt v nižší (zejména ranní) nabízené špičkové kapacitě (šetření nákladů).
- V případě realizace taktové dopravy na většině sítě, resp. v jejích rozhodujících částech, lze tento systém velmi dobře prezentovat – síťová grafika, linkové vedení, přehledný systém síťových návazností atd. (viz obrázek 1-13).

Z produkčně - provozního hlediska jsou tyto výhody:

- Zjednodušení plánování systému – vyřešení parciálního problému dopravního řešení pro jednu periodu systému (křížování, přípoje, intervaly...) umožňuje tuto stejnou variantu použít během provozního období vícekrát stejným způsobem. Toto má dále při stabilním dlouhodobém stavu nabídky výhodu koncentrace požadavků na příslušné úpravy infrastruktury do několika málo míst, při jistotě opakovaného využití těchto opatření během celého provozního dne. Toto je současně paradoxně i významnou nevýhodou, pokud se řešení dopravy (nejen) v taktu neustále mění;
- Efektivní využití vozidlového parku z hlediska kontinuálního nasazení a zvýšení proběhů vozidel – při pravidelné periodicky se opakující nabídce spojů a při dosažení dostatečné doby k obratu ve vratných stanicích dané linky.



Obrázek 1-13 Příklad síťové grafiky S-Bahn Zürich, Zdroj: [69]

Nevýhody TJŘ/ITJŘ se vážou především na rigiditu systému a dále pak na nízké přepravní proudy z hlediska jeho ekonomičnosti. Konkrétně se jedná o zhruba níže uvedené okruhy:

- Nároky na provázanost JŘ - hlavní přednost ITJŘ z hlediska síťové provázanosti je též jeho výraznou nevýhodou. Ne vždy je možno v rámci sítě optimálně provázat a zajistit všechny přístupné vazby ke spokojenosti cestujících. V krajním případě může být pro některé směry a relace „noční můrou“ celodenní systémový nepřipoj. Z hlediska realizace jsou pak vysoké nároky na infrastrukturu, což má dopady do oblasti ekonomiky systému.
- Problematická změna, zejména v případě ITJŘ - tento systém vyžaduje kvalitní dlouhodobé plánování a trvalost provozování, resp. postupné kroky k jeho úplné realizaci. V okamžiku častých krátkodobých změn není moc vhodné systém ITJŘ díky jeho komplexnosti zavádět, neboť ztrácí efekt a krátkodobé změny postihují celou provázanou oblast. Tam, kde lze očekávat strukturální změny v nabídce pracovních míst nebo osídlení, je nutná kvalitní prognóza přepravních vztahů jako vstupních dat realizovaného systému. Rovněž je nutná stabilní provázanost na sousední nebo nadřazené systémy veřejné dopravy (vazba dálková a regionální doprava, sousední systémy regionální dopravy).
- Dlouhodobé investice - jak již bylo v předchozím bodě zmíněno, díky komplexnosti a provázanosti systému je nutno realizaci a cílový stav plánovat dlouhodobě a na delší

dobu provozu. Toto je determinováno zejména vysokou finanční a časovou náročností při optimalizaci potřebné infrastruktury.

- Délka taktu - čím delší je velikost zvoleného taktu (2h a více), tím delší je střední doba čekání na spoj. Zdroj [10] uvádí, že se hodnota střední doby čekání blíží limitně k 8 minutám s rostoucí délkou intervalu nad 30 minut. Odhlédnuto od případných přípojů se rovněž při delších intervalech ztrácí efekt pravidelnosti.
- Přestupní doby při delším taktu - tam, kde není možné realizovat rychlé, resp. akceptovatelné přestupní vazby, se tento negativní jev opakuje trvale během celého dne provozu. Řešením je pouze doplnění spojů v obdobích s očekávanou vyšší poptávkou. Zejména při hodnotách intervalu 60, 120 a více minut je senzitivita cestujících velmi vysoká a čím více se přestupní doba blíží velikosti zvoleného taktu, tím se blíží atraktivita systému k nule.
- Nelze vždy optimálně splnit speciální časové polohy (studenti, přeprava do zaměstnání) - toto je jedno z problematických úskalí realizace TJŘ, resp. ITJŘ. Zejména ranní špička je citlivá na čas dojížděky do cílové destinace, kdy příjezd nesmí být ani příliš brzy a ani příliš pozdě. V oblastech se silnými přepravními vztahy a tomu odpovídající nabídkou je možné prakticky bez problémů aplikovat 15 minutový špičkový interval. U 30 minutového intervalu toto funguje za předpokladu, že dominuje jedno významné centrum spádové oblasti. 60 minutový interval závisí velmi na času dojezdu, resp. odjezdu. V případě, že taktové polohy nevyhovují, je řešením vedení dodatečných špičkových poptávkových spojů tak, aby vyhověly požadovanému přepravnímu proudu. Je možné tyto špičkové trasy prohlásit jako základní trasy systému taktové dopravy a podle nich celý systém dále dobudovat, tak tomu je např. na Ostravsku, nicméně s rizikem, že nemusí mít stejnou osu symetrie jako ostatní paralelně fungující systémy taktové dopravy. Pak ne vždy fungují ideálně interakce mezi těmito dvěma systémy (viz např. opět Ostravsko).
- Vysoké nároky na stabilitu JŘ - systém TJŘ/ ITJŘ má celkem jednoznačně dané trasy, hranový čas a z něj plynoucí nároky na kombinaci jízdní doby a dob pobytů, včetně dob čekacích. U krátkých intervalů není z hlediska stability systému vhodné čekat na zpožděné přípoje. Jiná věc je přenos zpoždění v případě limitované kapacity dopravní cesty (jednokolejné tratě, úrovňová křížení, obsazení nástupišť apod.). V tomto případě je nutno eliminovat opožděné spoje v systému, aby tento udržel stabilitu. Řešením je buď maximálně izolovat zpožděný spoj s negativním dopadem na cestující v něm, nebo mít k dispozici záložní místa (alternativní jízdní cesty



v uzlech, dodatečná místa na křižování) na řešení těchto mimořádných událostí. V okamžiku budování systému je nutno rozhodnout o míře jeho robustnosti s dopadem do nákladů na jeho vybudování a udržování oproti míře jeho stability a atraktivity pro koncového uživatele.

### **1.1.6 Úloha dopravního plánování při řešení cílové nabídky v rámci ITJŘ**

Jak již bylo v předchozích kapitolách naznačeno, závisí kvalitní řešení nabídky v rámci ITJŘ na důsledném a dlouhodobě zaměřeném dopravním plánování. Jen tak lze zaručit kontinuálnost optimalizace nabídky spojů a efektivnost vynaložených prostředků na její realizaci. Ad hoc změny, nebo krátkodobá řešení lze v rámci ITJŘ v mnohých případech aplikovat velmi problematicky a obtížně, což následně vyvolává pochybnosti o správnosti tohoto způsobu řešení dopravní obslužnosti a dále jsou jednotlivé kroky obtížně marketingově komunikovatelné, ať už se týká příslušné politické reprezentace, kterou je nutno přesvědčit, nebo běžných cestujících.

Sled opatření pro realizaci ITJŘ v dané oblasti by měl být zhruba následující:

1. politické zadání řešení dopravní obslužnosti (preferenze bus/vlak, páteřní síť, návazná síť, rámcové standardy),
2. detailní dopravní řešení zpracované případně v několika variantách od systémové úrovně do úrovně jízdního řádu,
3. seznam nutných cílových opatření v oblasti infrastruktury, vozidel a organizace provozu,
4. nástin přechodných opatření mezi referenčním a cílovým stavem,
5. nacenění (monetarizace) jednotlivých opatření, doporučení vhodných vozidel,
6. výběr nejlepší varianty.

Vzhledem k omezenému množství finančních prostředků dochází v mnoha případech k omezeným možnostem realizace ITJŘ nebo lze např. optimalizaci infrastruktury očekávat až za dlouhou dobu. V tomto případě je nutno hledat jiná řešení aplikující některé z postupů uvedených v kapitole 1.1.4 o Neideálním řešení ITJŘ. I zde je však nutno k řešení přistupovat s dlouhodobým záměrem, aby se nestalo, že např. začne docházet k projíždění některých zastávek, které by pak v cílovém horizontu měly být znovu obsluhovány železniční dopravou.

## **1.2 Souhrnný přehled stavu poznání k dané problematice**

Problematika taktové dopravy je spojena s železnicí od počátku 20. století. Jak je v části zabývající se konkrétním rozšířením této formy dopravy zmiňováno, první realizace taktové dopravy v běžném provozu byla v roce 1908 v Nizozemí. První světová válka upozadila tento fenomén jinými závažnějšími tématy, přesto byl v oblasti armádní krizové přepravní logistiky ve Švýcarsku zpracován dopravní model případného válečného jízdního řádu na páteřních tratích této pozdější „taktové velmoci“. Neutralita nedala šanci připravený koncept prověřit, a tak se pozornost tomuto způsobu organizace dopravy vrátila zpět do Nizozemí a nově do Německa. Teprve po 2. světové válce je možno konstatovat, že se této problematice dostalo širšího prostoru jak dalšímu praktickému použití, tak v oblasti badatelsko-vědeckého úsilí.

Zavádění taktové dopravy bylo primárně spojeno se snahou zlepšit atraktivitu železniční osobní dopravy zejména vůči automobilové dopravě, příp. byla spojena rovněž s racionalizací dopravní obslužnosti (Nizozemí). Důležitá byla vazba mezi rozsahem a parametry nabídky spojení a jejich vliv na trend poptávky. Švýcarsko, Německo, Nizozemí - tři země, kde bylo pro rozvoj taktové dopravy učiněno od konce 60. let do 90. let 20. století nejvíce. Je třeba přitom však nepouštět ze zřetele i Japonsko, kde bylo zavádění vysokorychlostních vlaků spojeno s novou formou organizace provozu [1]. Více detailnějších informací se však o Japonsku pro účely této práce nepodařilo sehnat.

Nizozemské železnice NS postupně od 30. let 20. století zdokonalovaly svůj systém nabídky osobní dopravy v taktové formě. Díky tomu se staly inspirací pro významnou generaci švýcarských dopravních inženýrů, která se začíná uplatňovat ke konci 60. let 20. století. Tato silná generace ovlivnila vývoj celé veřejné dopravy v této alpské zemi natolik, že se stala vzorem pro ostatní země Evropy. Významná skupina se vytvořila v rámci švýcarských spolkových drah SBB. Snaha tohoto národního dopravce zvrátit negativní trend ve vývoji přepraveného počtu osob vedla k hledání cest z krizového vývoje. Tzv. Spinnerclub, reprezentovaný Samuelem Stählim, Jeanem Berthozouem a Hansem Meinerem předložil v roce 1972 návrh celosíťové taktové nabídky řešení osobní dopravy. Hlavním tahounem skupiny byl zřejmě první z nich - Samuel Stähli [2].

Stähli byl na konci 60. let součástí týmu řešící projekt tvorby jízdního řádu pomocí výpočetní techniky. V rámci projektu byla rovněž diskutovaná otázka možnosti využití výpočetní techniky pro optimalizaci vlastního jízdního řádu. Existovala celá řada nejistot, zda je toto vůbec pro široké spektrum vstupních podmínek realizovatelné. V disertační práci

Wenera Guyera (Optimale Fahrplangestaltung im Reisezugverkehr) obhajované v roce 1969 na ETH Zürich byla řešena problematika vazby nabídky a poptávky, resp. dopady nabídky na poptávku. Bylo konstatováno, že taktový jízdní řád je ideálním cílem řešení, nicméně bylo rovněž poukázáno na fakt, že v některých případech tomu zřejmé důvody odporují (např. slabě vytížené tratě nejsou schopny vygenerovat dostatečný přepravní potenciál pro pravidelnou celodenní hodinovou nabídku spojení). Tento negativní fenomén se v praxi ukázal jako velmi pravdivý všude, kde se daný způsob dopravní obslužnosti objevil. Guyer tedy zkoušel dále pomocí výpočetní techniky optimalizovat návrh JŘ pomocí metod operačního výzkumu.

Bohužel se však tehdy nenašel žádný počítač (a toto platí zřejmě až do dnešních dnů), který by našel optimální řešení na základě širokého spektra vstupních parametrů (přání cestujících, možnosti infrastruktury, dostupný personál a vozidla, minimalizace prostojů atd.). Nalezené řešení bylo pouze suboptimální. Tento problém se v matematické praxi obecně nazývá NP-Problém (Nedeterministický-polynomální problém). Jedná se o takový problém, který nelze vyřešit v použitelném reálném čase. V oblasti matematického řešení jízdních řádů se NP Problém nazývá PESP – Periodic Event Scheduling Problem.

Samuel Stähli rozpoznal úskalí předchozího řešení a zaměřil se na zjednodušení úlohy prostřednictvím snížení stupňů volnosti. A k tomu již nebylo potřeba výpočetní techniky. Taktový jízdní řád sloužil sám o sobě k redukci komplexity systému. Zredukováním 24 hodinového cyklu na opakující se hodinový cyklus se snížila náročnost práce natolik, tak že se daly takto jednoduše připravovat jízdní řády pro celou síť. Princip uzlů, časové osy symetrie a systémových jízdních dob úměrných velikosti zvoleného taktu daly základ stabilnímu, z hlediska konstrukce nabídky jednoznačnému řešení, na které se dalo dále navazovat. Jako jednotící prvek nabídky taktové dopravy byly tyto principy převzaty všemi zeměmi, kam se taktová doprava postupně rozšířila.

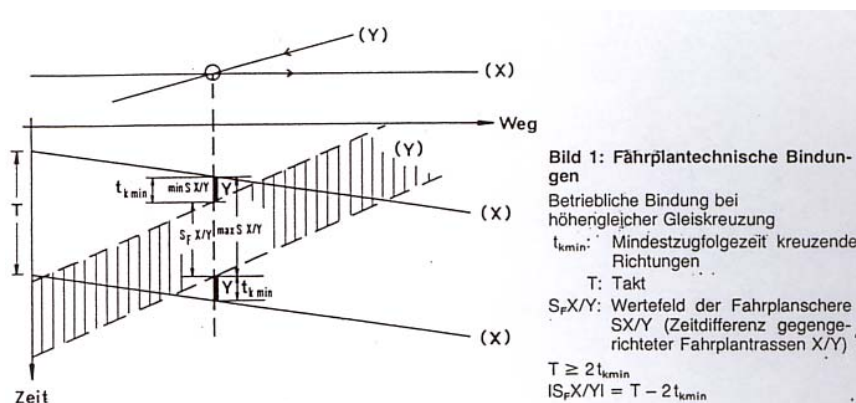
Tento přístup v sobě dále nesl další důležité paradigma - převracel pořadí důležitosti v přípravě jízdního řádu jako takového. Zatímco u klasického netaktového jízdního řádu determinovaly parametry vozidel a infrastruktury řešení konstrukce jízdního řádu - tj. konkrétních tras a jejich kvalitativních parametrů, taktový jízdní řád (zejména jeho integrovaná, celosíťovými přestupními vazbami charakteristická forma) determinuje v krajním případě kvalitativní aspekt vlakové trasy požadavky na potřebný vozidlový park nebo potřebnou infrastrukturu. Projekt Bahn 2000 toto názorně reprezentuje. Byla stanovena síť přestupních bodů, potřebné jízdní doby, které bylo možno dosáhnout jedině úpravou infrastruktury (např. výstavba nové tratě Matstetten - Rothrist, zkracující systémovou jízdní

dobu Bern-Zürich na potřebných 60 minut) nebo pořízením vhodných vozidel (lokomotiva řady 460, naklápěcí jednotky RABDe pro tratě s četnými oblouky s omezenými možnostmi (finančními) úpravy infrastruktury). Tento opačný přístup upřednostňující parametry jízdního řádu si dále bezpodmínečně vynucoval zavedení dlouhodobého plánování, jinak byl jeho efekt diskutabilní a při nesplnění nutných vstupních podmínek prakticky neefektivní a v mnoha směrech kontraproduktivní (provázání taktových a netaktových systémů nemusí mít vždy dobrá, pro cestujícího přijatelná řešení).

Tímto byl položen i poněkud odlišný přístup k problematice taktové dopravy ve Švýcarsku a v Německu. Zatímco Švýcarsko postupně směřovalo ke kursu nastaveného myšlenkovým směrem reprezentovaným Samuelem Stählim (byť to trvalo zhruba 15 let, než byl koncept Bahn 2000 jakožto funkční řešení původního návrhu Spinnerclubu 6. prosince 1987 v referendu schválen, paradoxně v den úmrtí jeho hlavního myšlenkového autora), Německo se snažilo optimalizovat jízdní řád např. metodou PESP. (Hledáním optimálního, resp. suboptimálního řešení se výrazně zabývá např. prof. Karl Nachtigall z TU Dresden prostřednictvím teorie grafů, lineárního programování atd. - viz [77]). Oproti Švýcarsku, kde hlavním mottem celého plánování je „jet tak rychle, jak je potřebné“, tj. i za cenu prodloužení celkové doby přepravy vlivem nutných přestupních pobytů ve vybraných uzlech, je v Německu v dálkové dopravě nezanedbatelná snaha o rychlou dopravu (tj. minimalizace celkové přestupní doby) i na úkor přestupních celosíťových všestranných vazeb. Primárně je tedy sledována cesta „jet tak rychle, jak je to možné“, ze které výše uvedené optimalizace nutně vyplývají. To neznamená, že by systém uzlů a integrovaný taktový jízdní řád jako takový nebyl nijak akceptován. Oproti Švýcarsku však k tomuto došlo až v 90. letech 20. století a to cíleně především v regionální dopravě. Provázaný systém dálkové dopravy v taktu však byl v Německu realizován postupně od konce 60. let, tedy dříve než ve zmiňovaném Švýcarsku. Vazby v systému však vycházely do velkých uzlů spíše náhodně, než že by se kvůli jejich zavádění výrazně cokoliv na stávající infrastrukturu měnilo.

Fungování taktové dopravy, její rozšiřování (Nizozemí, Německo, Švýcarsko) a nebo nové realizace (Dánsko, Belgie), se odrazily dále i ve stoupajícím počtu odborných pojednání. Tento trend výrazně započal v 70. letech 20. století a dá se konstatovat, že trvá až do dnešních dnů. Významný vliv na celou řadu výzkumných záměrů má základní vlastnost taktového jízdního řádu - periodicitu, která se dá dobře řešit matematickými nástroji a optimalizačními úlohami např. operačního výzkumu (viz K.Nachtigall a další).

Disertační práce H. Wegela [71] z roku 1973 je jedna z prvních, která analyzuje graficko-matematicky jízdní řády a snaží se odvodit jejich nezbytné zákonitosti, potřebně nutné pro jejich sestavování. Cílem práce bylo metodické stanovení optimálního jízdního řádu dané železniční sítě pro regionální dopravu. Bezesporu zajímavým výsledkem je především to, že se jednotlivé parametry, které mají vliv na konstrukci jízdního řádu, dají popsat jednotným vztažným systémem tzv. vazbami jízdního řádu. Tyto vazby představují v principu časové závislosti mezi trasami jízdního řádu v daném místě. Jedná se např. o dopravní vazby v podobě dob mezer nebo následných mezidobí, přepravní vazby ve smyslu přestupních vazeb, samotný takt jízdního řádu, který může mít charakter linkového (tj. vztah mezi velikostí taktu v závislosti na uspořádání linek a disponibilního počtu vozidel) resp. traťového (konstantní časové odstupy jednotlivých souprav na společném úseku více linek) taktu. Práce byla zpracovávána na TU Braunschweig ve spolupráci s tehdejšími německými spolkovými drahami DB. Ve své době byla rovněž jedna z prvních, která se nesoustředila čistě na matematické řešení dané problematiky bez možnosti dalšího praktického využití.



Obrázek 1-14 Matematicko – nákrešná analýza JŘ dle H. Wegela, Zdroj: [71]

. Na práci H. Wegela [71] navazuje volně svým článkem uveřejněným v roce 1979 v Eisenbahntechnische Rundschau Dr. Klaus Wiegand [72], který zmiňuje možnosti využití operačního výzkumu pro optimalizaci sestavy taktových jízdních řádů. Snahou je najít nejlepší řešení (minimalizace přestupů, maximalizace přímých spojení pro nejsilnější relace) s co nejmenšími náklady na jeho realizaci (především zásahy do infrastruktury). Toto doplňuje již zmiňovaný obrázek o přístupu německé odborné veřejnosti k řešení taktové dopravy oproti řešením švýcarským.

Michael Lichtenegger [78], [79] si ve své disertační práci obhájené na počátku 90.let minulého století na TU Graz stanovil za cíl najít algoritmus určující závislost investic do železniční sítě a potřebné velikosti hranového času mezi dvěma uzly v rámci ITJŘ. Tento algoritmus řeší Lichtenegger pomocí lineárního programování s využitím výpočetní techniky.

V úvodu práce stanovuje podmínky pro potřebné hranové časy mezi uzly. S pomocí teorie grafů převádí síť ztaktovaného dopravního systému do tzv. "dopravního řetězového grafu" ("Transportkettengraph"). Jednotlivým hranám grafu přiřazuje hodnoty odpovídající rozdílu hranových časů skutečných a difference mezi nimi a hledaným hranovým časem. To vše ve vztahu k podmínkám celkového požadovaného hranového času na linii mezi uzly, resp. v rámci uzavřené smyčky. Tyto údaje slouží potom jako vstupní údaje pro optimalizační program. Výsledkem je celá řada variant od kratších hranových časů na jednotlivých úsecích sítě přes vysoké náklady na jejich dosažení až po delší hranové časy s menšími investicemi. Tyto varianty lze různě kombinovat podle provozní a přepravní důležitosti, požadavků na síť a množství finančních prostředků. Nelze nepřehlédnout aktuálnost dokončení tehdejší práce se zavedením taktové dopravy v dálkové dopravě v Rakousku roce 1991 pod názvem „Der neue Austrotakt.“

Že má taktová doprava i své nevýhody bylo zmíněno na začátku této kapitoly a je řešeno i v další, resp. předchozí části. Christian Liebchen [4] z TU Berlin srovnával výhody, nevýhody a možnosti optimalizace běžného „poptávkového“ jízdního řádu a dále 3 základní formy taktového jízdního řádu - taktového nesymetrického, symetrického taktového a integrovaného taktového. Zabývá se otázkou, zda je ideální vždy a všude zavádět ITJŘ, například tam, kde je vytíženost vlaků nejsilnější ve špičce a v sedlech není „nijak oslnivá“. Konstatuje, že dopravce si musí vybrat nejvhodnější formu realizace JŘ. Výhodu taktové dopravy v její přehlednosti a relativní plánovací jednoduchosti vyvažuje problematická nutnost vyvolané změny a nízká flexibilita na změnu přepravních vztahů.

Významným subjektem v oblasti taktové dopravy v celoevropském měřítku je společnost SMA and Partner z Zürichu. Její projekty designu dopravních řešení a optimalizačních úloh z oblasti veřejné dopravy na železnici i mimo ní ve Švýcarsku, Portugalsku, Německu, Francii, Belgii staví tuto společnost mezi významné konzultační a dopravně-inženýrské subjekty v Evropě. Jednotliví pracovníci této společnosti jsou do současné doby velmi aktivní v publikační činnosti týkající se podpory taktové dopravy. Mezi ně patří např. Werner Stohler, který se např. v [37] zabývá vztahem mezi periodickým jízdním řádem a příměstskou dopravou.

I Česká republika má své zastoupení v oblasti výzkumu na poli taktové dopravy. Práce Pavla Drdly [38, 39] stanovují metodiku pro optimalizaci intervalové dopravy v příměstských aglomeracích. Zabývají se dopravními uzly a dopravními liniemi s praktickým odkazem na německý integrovaný dopravní systém Rhein-Pfalz-Takt. V případě dopravních uzlů reflektují jejich rozdělení v závislosti na počtu hran do nich zaústěných a na druhu dopravních

prostředků, které zajišťují provoz na těchto hranách. Část řešící problematiku periodické dopravy na dopravních liniích je pojata ve formě modelu, pomocí kterého se podle zvolených kritérií vybírá nejvýhodnější varianta technologie provozu. U jednotlivých variant je počítána jejich přepravní a dopravní výkonnost zohledňující plochy dostupnosti, které jsou ohraničeny tzv. izochronami dostupnosti. Autor nezapomíná též na síťový charakter linkové obsluhy a jeho specifika.

Karel Baudyš z ČVUT Praha patří spolu se svým kolegou Vítem Jánošem k dlouhodobým propagátorům taktové dopravy v České republice, jak na poli teoreticko-akademickém, tak v běžné praxi. Oba dva se do současnosti podílejí na provozně-technologickém zpracování linek dálkové dopravy pro objednávku MDČR a mají tak významný podíl na zavedení a rozšiřování tohoto systému organizace veřejné dopravy v rámci celé ČR. Svým zaměřením reprezentují především švýcarský přístup k problematice taktové dopravy.

Baudyš řeší ve své disertační práci [27] metodami vícestupňového plánování a optimalizace koncepce dopravní obslužnosti území využívající výhody integrovaného taktového jízdního řádu. Uvádí příklady využití těchto metod v praxi a navrhuje zaměření dalšího výzkumu v této oblasti. Součástí práce je návrh využití teorie fuzzy množin a fuzzy logiky při řešení konfliktů v železničním provozu. Dále jsou řešeny možnosti optimalizace v ITJŘ jako vícestupňového procesu. V první fázi předpokládá znalost přepravních vztahů v území, přičemž konstatuje, že jejich kvantifikace představuje složitý problém. Tyto přepravní vztahy představují vstupní parametry pro stanovení prostorových komponent nabídky spojení veřejnou dopravou – optimální plán sítě linek. V další fázi řeší stanovení časových komponent nabídky veřejné dopravy – optimální varianty ITJŘ z pohledu různých kritérií. Mezi tyto patří především minimalizace vážené celkové čekací doby v rámci posuzované sítě. Poté následuje optimalizace plánu oběhů vozidel a služeb doprovodného personálu. Důležitou úlohou je řešení problémů pojednávajících o minimalizaci celkové cestovní doby při vynaložení cílených investičních nákladů na úpravy infrastruktury pro dosažení potřebných systémových jízdních dob.

Pavel Krýže se ve své disertační práci [40] zabývá především technologickými souvislostmi při sestavování taktového jízdního řádu a jeho dopady na kapacitu dopravní cesty. Podrobně rozebírá jednotlivé prvky ovlivňující jeho proveditelnost, funkčnost a kvalitu (jízdní doby, pobyty, provozní intervaly, následná mezidobí, křižování, předjíždění, obraty ve vratných stanicích, atd.) a základní principy taktové dopravy jako takové (symetrie, hranový čas apod.). Stěžejními body práce jsou možnosti koordinace taktových jízdních řádů

jednotlivých tratí v místě přestupu a problému stanovení kritérií pro hodnocení různých variant jízdního řádu. Zde autor prezentuje závěry využití počítačové podpory pro optimalizaci poloh linek dálkové dopravy. Předmětem optimalizace jsou časové polohy vlaků, velikost taktového intervalu a krácení jízdních dob v důsledku investičních opatření na vybraných 24 linkách vnitrostátní dálkové dopravy v ČR v jízdním řádu 2004/2005. Tento přístup reprezentuje již výše zmiňovaný německý pohled na řešení problematiky dálkové taktové dopravy. Autor dochází při optimalizaci a její univerzální použitelnosti k podobným závěrům jako jeho předchůdci (Guyer, Nachtigall nebo Stähli). Konstatuje, že čím více vstupních parametrů (a tím často i omezujících podmínek), tím více se model komplikuje a tím se snižuje pravděpodobnost nalezení řešení, které je z hlediska modelu optimální [40]. Proto tento postup doporučuje pouze pro dálkovou dopravu, která je často provozována na kvalitnější a kapacitnější infrastruktuře a je předpokládána její hierarchická přednost před ostatními vlaky [40]. Pro řešení taktové dopravy pro dálkovou, regionální a příměstskou dopravu v jednom celku, navrhuje rozdělit posuzovanou oblast na vybrané traťové úseky a stanovit např. souvislá vozební ramena. Pro dané úseky je třeba připravit vhodné a přípustné kombinace taktových tras. V dalším kroku se vytvoří kombinace různých taktových schémat, přičemž parametrem bude především rychlá přestupní vazba. V posledním kroku se porovnají jednotlivé varianty příslušných taktových rastrů mezi sebou a na základě sady kritérií (atraktivita pro cestující, potřebné investiční náklady, provozní náklady atd.) se vybere nejlepší z nich. Konkrétní příklad je vztažen pro tratě Praha - Tábor, Benešov - Trhový Štěpánov a Olbramovice - Sedlčany.

Kromě výše uvedených prací se mj. ekonomickou stránku ITJŘ zabýval Speck [6], problematiku oběhů a využití vozidel řešil Garre [33].

Problematika potřebných hranových časů se týká i dalších aspektů více, či méně s taktovou dopravou souvisejících.

Parametry infrastruktury a vozidel se promítají do kvalitativních ukazatelů jízdních dob a nutných pobytů z dopravních a přepravních důvodů. Dynamika jízdy (zrychlení) a maximální dosažitelná rychlost vlakové soupravy určují na dané infrastruktuře možnosti designu taktové nabídky. V oblasti dynamiky a trakční mechaniky byla do současnosti realizována celá řada teoretických a praktických řešení a poznatků, které využívá kolejová doprava jako taková. Pro účely práce bylo čerpáno z publikací a prací nedávných či stávajících autorů, kteří se danou problematikou profesně či akademicky zabývají.

Pavel Šiman se ve svých studiích [17, 20] pro České dráhy zabývá parametry vozidel vhodných pro dálkovou, regionální a příměstskou dopravu, a to jak z hlediska jízdního řádu,



tak energetické náročnosti, obojí ve vztahu k dostupné infrastruktuře. Shrnuje potřebné hodnoty základních parametrů vozidel, jako je měrný výkon nebo adhezni hmotnost a dále polemizuje nad vhodností nasazení typových souprav - ucelené jednotky vs. vlaky vedené lokomotivou - pro typové druhy vlaků.

Obdobně shrnují své stávající zkušenosti z praxe Jiří Pohl nebo Rudolf Mrzena ve výukových materiálech a dalších svých příspěvcích [15], [16], [28], [29].

V případě, že parametry infrastruktury, vozidel nebo obojího neumožňují dosažení potřebných systémových jízdních dob a současně je změna na straně infrastruktury výhledově neměnná a u vozidel je v nejhorším možném případě nutno počítat se stávajícím parkem (prakticky stav osobní železniční dopravy v ČR), je možným řešením projíždění zastávek.

Dané řešení se však již nedotýká vlastní dynamiky jízdy, ale též dopravní obslužnosti v širším měřítku. Vybrané neobsloužené zastávky a stanice a s nimi příslušné obce je nutné dopravně integrovat jiným způsobem. Tato problematika se výrazně prolíná s oborem dopravního plánování, s otázkou standardů dopravní obslužnosti, posuzování přepravních proudů, elasticity poptávky a v neposlední řadě je v praktickém životě závislá na politické podpoře příslušného regionu. Multikriteriální rozhodování musí v sobě zahrnovat rovněž dopady do ekonomiky systému (nové řešení může být dražší) a musí mít reálné přínosy v dopravním řešení v rámci sítě veřejné dopravy, tzn. nelze řešit izolovaně. Dále často platí, že čím méně osídlené regiony jsou, tím horší možnosti z hlediska efektivity obslužnosti nastávají.

Problematika dopravní obslužnosti a jejich vybraných standardních parametrů je řešena např. v možné metodice způsobu obslužnosti v méně osídlených regionech autorů Brändliho a Amackera z ETH Zürich [30]. Přehled možných standardů a jejich aplikace v praxi je řešena např. v [31, 32] nebo v [13]. Elasticitou poptávky a modelováním přepravních proudů se výrazně zaobírá publikace Lätzsche a Lohse [34] nebo ve Švýcarsku řešená studie [35] autorů Abbaye, Axhausena a Königa. Přepravní vztahy a jejich modelování pomocí dopravních odporů jsou řešeny na RWTH Aachen. Byla vydána celá řada publikací, přičemž některé z nich se týkaly spíše městské hromadné dopravy [10], další potom problematiky přepravních vztahů v širším spektru [36].

Možnosti alternativní obslužnosti vybrané části regionu autobusovou dopravou místo dopravy železniční s dopadem do její celkové kvality a možností objektivního a subjektivního posouzení publikovali Widmer a Neumeier [9]. V první části se zaměřili na teoretické předpoklady parametrů kvality a poté toto aplikovali na vybranou oblast ve Švýcarsku.

## **1.3 Historický vývoj realizace taktové dopravy u nás a v zahraničí na železnici**

### **1.3.1 Všeobecný přehled**

Taktová forma nabídky jízdního řádu je v dnešní době spíše standardem v organizaci provozu železniční osobní dopravy v mnoha zemích Evropy. Její aplikace a vývoj v mnoha směrech odráží vyspělost dané země, její politické a demografické uspořádání a historické překážky v podobě dvou světových válek. Výrazně k jejímu rozvoji přispěla konkurence ze strany zejména silniční dopravy. Snaha nejprve samotných národních nebo soukromých železničních správ či dopravců a později zejména u objednávaných výkonů v osobní dopravě ze strany příslušných objednatelů (regiony, kraje, stát) o udržení konkurenceschopnosti a zvýšení atraktivity vedla k nutnosti nabídnout něco nového a pro cestujícího akceptovatelného v oblasti nabídky přepravních služeb. Taktová doprava sem rozhodně patří.

V minulosti lze vysledovat několik vln ať už v oblasti úvah nebo vlastní aplikace. Co země, to mnohdy různý přístup, nicméně lze v rámci Evropy vysledovat i společné prvky, které svědčí o vzájemném epigonství a přebírání úspěšných modelů ze států, kde se tato forma organizace dopravy setkala s úspěchem a pozitivním dopadem do počtu přepravených cestujících a růstem tržeb z přepravy.

Ideálním prostředím pro využití periodické formy jízdního řádu jsou hustě osídlené městské a příměstské aglomerace nebo polycentrické oblasti typu Nizozemí, Porúří, Ostravska, Horního Slezska apod. Je zde zaručena dostatečná hustota přepravních proudů, která umožňuje v závislosti na její velikosti až řádově minutové intervaly na vybraných úsecích. Tyto typy oblastí byly prvními, kde byla taktová doprava s úspěchem realizována a odkud se šířila dále. První vlna proběhla v Nizozemí na počátku a ve 30. letech 20. století a následně ve 30. letech 20. století v Porúří. Druhá světová válka rozvoji železnic „příliš nepřála“ a tato situace se opakovala i v 50. a 60. letech 20. století, kdy byla masivně podporována automobilová doprava jakožto moderní dopravní prostředek nového věku. Teprve od konce 60. let a následně s ropnou krizí v 70. letech lze zaznamenat renesanci systémů příměstské dopravy a aplikaci taktového jízdního řádu, a to především ve velkých aglomeracích západní Evropy. K další výrazné vlně došlo v 90. letech, která s určitými odchylkami trvá až do dnešních dnů a její „stopy“ lze prakticky vysledovat napříč celou Evropou a i jinde ve světě.

Konvenční dálková doprava zaznamenala přechod k taktu v širším měřítku mnohem později. S výjimkou Nizozemí, kde byl již ve druhé polovině 30. let 20. století aplikován prakticky celosíťový model taktové dopravy, lze významnější projekty najít teprve od konce 60. let v tehdejší západní Německu. Během 70. let probíhaly diskuze o zavedení taktové dopravy v dálkovém segmentu ve Švýcarsku, kde k tomu došlo v roce 1982 zavedením 1h taktu prakticky na všech dálkových relacích. 80. léta jsou spojena se zavedením taktové dálkové dopravy v Belgii a Lucembursku a rozšířením v západní Německu a na počátku 90. let v Rakousku. K masivnějšímu rozšíření v dálkové dopravě došlo v ostatních zemích Evropy až po roce 2000.

Tím, jak se postupně systémy taktové dálkové a příměstské dopravy rozšiřovaly po jednotlivých sítích příslušných železnic, vyvstala nutnost na tuto skutečnost reagovat rovněž ve zbývajícím segmentu ostatní regionální dopravy. Hnacím motorem byla buď nutnost návaznosti na dálkovou síť provozovanou v taktu, nebo k jejímu zavedení přispěl proces regionalizace a převedení odpovědnosti za její financování na regiony od 90. let 20. století. V tomto vynikalo především Německo se svými tzv. Ländertakty. Rhein-Pfalz-Takt ve spolkové zemi Porýní-Vestfálsko, Allgäu-Schwaben Takt později rozšířený na celou spolkovou zemi Bavorsko v rámci tzv. Bayerntaktu, 3-Löwentakt v Bádensku-Württembersku. Jiné země západní ale i střední a částečně i východní Evropy v tomto postupně nezůstávaly pozadu.

Poslední oblastí aplikace taktové dopravy je segment dopravy vysokorychlostní (VRT). V převážné většině zemí byla realizovaná nabídka spojení na nových VRT od počátku v taktové formě jako např. v Japonsku nebo Německu, později následovanými Španělskem, Belgií, Nizozemím a Itálií. Zvláštním fenoménem v oblasti taktové dopravy byla Francie, která díky svému monocentrickému uspořádání koncentrovala a koncentruje své páteřní spojení do dálkových relací Paříž - zbytek Francie, popř. v aglomeraci vlastního hlavního města. Dlouhodobě realizovaný poptávkový grafikon vlaků TGV byl pomalu „usazován“ v taktovém rastru, k čemuž výrazně „přispěla“ i nutnost respektovat taktová schémata sousedních států, kam vlaky TGV začaly zajíždět. Nutnost koordinace národních taktových systémů (a to všech) se ukázala jako potřebná v případě společnosti Thalys v roce 2006, která v rámci svých marketingových aktivit poněkud podcenila nutnost respektovat okolní taktové systémy osobní dopravy a řešila poměrně komplexní problém s hledáním vhodných tras v rámci své hlavní přepravní osy Paříž - Brusel - Amsterdam/Kolín nad Rýnem. Tento problém otevřel otázku nutnosti hledání společných řešení v nabídce vysokorychlostní

dopravy napříč Evropou. Je však otázkou, do jaké míry bude snaha realizována a aplikována na nově liberalizovaném evropském trhu mezinárodní dálkové železniční dopravy.

V další části budou popsány některé příklady vývoje taktové dopravy ve vybraných zemích Evropy. Jejich podstatná část pochází ze zdroje [11].

### **1.3.2 Nizozemí**

Jednou z prvních železničních správ, která zavedla taktový jízdní řád, byly nizozemské železnice NS. Již v roce 1908 byl na elektrifikované trati Rotterdam – Den Haag nabízen interval 10 – 30 minut. K dalšímu rozšíření této formy JŘ u NS dochází po první světové válce. Nastupující motorizace v silniční dopravě vytváří konkurenci železnici a NS byly nuceny restrukturalizovat svou síť a organizaci dopravy. Byl zastaven provoz na mnohých tratích a uzavřena celá řada zastávek a stanic. Během let 1930 – 1951 byla železniční síť zredukována na zhruba polovinu stavu roku 1930. Zároveň však s postupnou elektrizací dochází k urychlení přepravy na ostatních tratích a zavedení taktového jízdního řádu na většině sítě NS. Realizace první pokusné fáze proběhla se zahájením JŘ v roce 1934 zavedením uzlového systému s oboustrannými přípojnými vazbami ve vybraných stanicích.

V roce 1938 byl systém rozšířen na celou síť. Základem byl 2h takt vlaků, ve špičkových obdobích dne rozšíření na 60 nebo 30 minutový interval, v hustě osídlených oblastech byla realizovaná nabídka dokonce v 15 minutovém intervalu. Zajímavostí byla přednost systému vnitrostátních vlaků před vlaky mezinárodními. Železnice přebírá spíše dálkovou a příměstskou funkci v dopravní obslužnosti, v místní a regionální dopravě je nahrazena autobusovou dopravou. Výraznější optimalizace systému byla spojena v 70. letech s projektem Spoor-Naar 75'. V 80. a 90. letech se systém dostal na svou kapacitní hranici, jak v oblasti nabídky spojení, nabízené kapacity míst, tak i provozní stability. V této době jezdily po síti NS dálkové i regionální spoje až v 15 minutovém intervalu. Od roku 2007 byl realizován nový systém pouze se 2 kategoriemi vlaků. Špičková nabídka se u obou segmentů pohybuje až 6 páry spojů za hodinu, což představuje 10 minutový interval [11].

### **1.3.3 Německá spolková republika, sjednocené Německo po roce 1993**

Ucelený koncept periodické dopravy na území tehdejšího tzv. Západního Německa narážel na celou řadu problémů: komplikovanost sítě německých spolkových drah DB, málo oblastí s dostatečně velkou hustotou obyvatelstva, neoddělený osobní a nákladní provoz, různorodé požadavky na dopravu v jednotlivých regionech atd. Jednou z výjimek, kde osobní doprava vykazovala prvky periodického provozu, bylo Porúří. Ve srovnání s ostatními částmi

sítě DB zde byly podmínky pro její zavedení více než příznivé. Od poloviny 30. let 20. století byla provozována celá řada spojů podle možností v rámci taktového jízdního řádu, na mnoha místech dokonce ve smíšeném provozu s nákladní dopravou. Přerušení přinesla až 2. světová válka

a teprve v 50. letech byl tento systém opět znovu obnovován. Tentokrát již s oddělením nákladní a osobní dopravy, což umožňovalo zahuštění dopravy a snížení intervalu až na 10 minut.

V průběhu 70. let začal být testován nový taktový systém v dálkové železniční dopravě. Byla navržena síť IC vlaků propojující velká centra. Primárním cílem bylo zvýšení četnosti spojů a dosažení určitého komfortu cestování. V systému byla v podstatě rozšířena tehdejší síť mezinárodních vlaků TEE přidáním nových vnitrostátních spojů. Byly zavedeny 4 zkušební relace IC vlaků: Hamburg – Dortmund – München; Hannover – Köln – München; Hamburg – Frankfurt – Basel; Bremen – Würzburg – München; vlaky jezdily zhruba ve 2-hodinovém taktu. Délka sítě IC vlaků byla 3700 km a zahrnovala v 1. fázi cca 33 měst. Zavedením větší pravidelnosti v provozu těchto vlaků bylo dosaženo lepšího využití vozidlového parku, což bylo shledáno jako velmi pozitivní.

Poté byly navrženy další dílčí zlepšení systému, což vyústilo v realizaci tzv. Integrovaného systému obsluhy v dálkové osobní dopravě (Integriertes Bedienungssystem im Personenfernverkehr - IBS), který probíhal ve třech etapách v letech 1979 – 1985. V rámci tohoto projektu došlo k rozšíření doby nabídky spojů na delší časové období dne, byl zahuštěn takt na 1 hodinu, zvětšil se počet obslužených míst, byla vytvořena další rozšiřující síť (tzv. síť B, 12 relací dálkových vlaků) navazující na původní tzv. síť A, zlepšeny návaznosti na regionální dopravu, některé vlaky IC byly protaženy do sousedních zemí. Celkem zahrnovaly obě sítě A+B dohromady 24,7% sítě DB.

V dalších letech byl taktový jízdní řád aplikován rovněž na dálkovou vysokorychlostní dopravu, která postupně přebírá roli konveční dálkové dopravy. Standardem je 2h nebo 1h nabídka spojů. Německo se však nevydalo cestou celosíťového ITJŘ, tak jako tomu je např. ve Švýcarsku (viz níže) nebo v Nizozemsku. Důvodů je celá řada, jedním z nich je fakt, že dálková doprava je v Německu provozována na komerční riziko dopravce a DB nemá především z ekonomických důvodů zájem provozovat tento systém všude a v takovém rozsahu, jako je obvyklé v již zmiňovaném Švýcarsku (zde je také dálková doprava na komerční riziko, nicméně v rámci exkluzivity trhu musí SBB na daných dálkových relacích nabízet minimálně 1h takt po celý den).

Na mnoha územích však ITJŘ v regionální dopravě zaveden byl. Jedná se např. o tzv. Rhein-Pfalz-Takt, Bayerntakt, 3-Löwentakt atd., které byly postupně realizovány v 90. letech minulého století [11].

### 1.3.4 Švýcarsko

Ojedinělým projektem v oblasti veřejné dopravy s akcentem na celosíťový taktový jízdní řád je Bahn 2000 Švýcarských spolkových drah SBB. Vývoj taktové dopravy v této „alpské železniční zemi“ probíhal od 60. let 20. století. První kroky byly podniknuty u menších privátních železnic zejména v příměstské a regionální dopravě. Velikost intervalu se pohybovala od 6 do 60 min. Ani SBB nezůstaly dlouho s intervalovou dopravou pozadu. První tratí, kde byl intervalový provoz zaveden, byl úsek Zürich – Rapperswil v roce 1968 s časovým odstupem jednotlivých spojů 30 minut.

V roce 1972 uveřejnila skupina pracovníků SBB (tzv. Spinner-Club) zprávu „Taktfahrplan Schweiz, ein neues Reisezugkonzept.“ Tato soukromá iniciativa vyvolala široké odborné diskuze o formě provozování osobní dálkové a regionální železniční dopravy ve Švýcarsku a na jejím základě bylo vypracováno několik konceptů řešení, které předpokládaly plošné zavedení taktového jízdního řádu. Byly navrženy 3 základní skupiny vlaků od dálkových dnešního typu IC (typ A), přes běžné rychlíky (typ B) až po osobní regionální vlaky (typ C). Předpokládal se hodinový takt všech kategorií vlaků s možnými výjimkami v úsecích s menšími přepravními proudy. Vlaky A a B vytvářely ve vybraných uzlech přípojové skupiny a obsluhovaly vybranou síť. Vlaky C zajišťovaly zbylou obslužnost a návaznost na vlaky A a B v uzlech.

Je nutno podotknout, že se objevila celá řada otázek, zda se povede ve Švýcarsku celosíťový TJŘ úspěšně realizovat. Obavy plynuly z ekonomického zajištění a hospodárnosti celého projektu, části infrastruktury nebyly připraveny na tak velké provozní zatížení, řešila se otázka tranzitní dopravy a její integrace do systému, na většině sítě musel být dosažen konsenzus mezi osobní a nákladní dopravou apod.

Přesto však byl nakonec nový koncept zpracován, v roce 1981 uveřejněn a od GVD 1982/83 pod heslem „Každou hodinu jeden vlak“ uveden do provozu. Rok 1984 je významným mezníkem v projektu Bahn 2000. V tomto roce byla utvořena pracovní skupina zabývající se novou koncepcí železniční dopravy. Úkolem pracovní skupiny bylo navrhnout samotný koncept nabídky spojů, jednotlivé etapy budování projektu a financování jeho výstavby. Za základ byl vzat taktový jízdní řád s cílem dosažení půlhodinových intervalů vlaků Intercity a rychlíků na hlavních tazích švýcarské konfederace. Projekt Bahn 2000 byl

schválen referendem v roce 1987 a poté se rozběhly práce po jednotlivých etapách. Páteřní tratí nového systému se stává úsek Bern – Olten – Zürich s novostavbou Mattstetten – Rothrist s maximální traťovou rychlostí 200 km/h. Harmonizace mezinárodní dopravy ve směru sever a jih se systematickým jízdním řádem na území konfederace byla dalším cílem. Do systému byly zapojeny jak vlaky EC přijíždějící z Německa, tak i vlaky IC a Cisalpino ve směru z Itálie. Od zahájení GVD 2004/5 byla plně dokončena 1. etapa.

### **1.3.5 Česká republika**

Taktový jízdní řád na železnici je v ČR v širším měřítku aplikován zhruba od konce 90. let, byť první náznaky 1h taktu se objevily na trati Praha - Kolín v příměstské dopravě již v polovině 80. let minulého století. Nejprve se jednalo o rozšíření na příměstských tratích v okolí Prahy v rámci PID, následuje ODIS v Ostravsko – Karvinské aglomeraci, poté Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje a dále pak v příměstských oblastech větších sídel.

Dálková doprava v taktové formě se začíná objevovat na 1. koridoru zhruba od roku 2001, zejména na EC relaci DB – Praha – Brno – Břeclav – ÖBB/ŽSR/MÁV a pak IC/Ex relaci Praha – Ostrava – ŽSR/PKP. Postupně byly do taktových systémů zapojeny i další relace spojující Prahu s ostatními velkými centry (např. Plzeň, Hradec Králové, České Budějovice), a to především na dvojkolejných tratích. Dále byly přidány tangenciální linky (např. Plzeň - České Budějovice - Brno) a ostatní relace ve zbylých regionech.

Nabídka a k ní příslušná poptávka železniční osobní dopravy na území České republiky, která je v současnosti zajišťována Českými drahami, lze rozdělit podle typových produktů v dálkové, příměstské a ostatní regionální dopravě na základě jejich rámcové přepravní funkce nebo počtu přepravených osob (maximální řez průměrný den v týdnu nebo průměrný pracovní den v týdnu) na vybraných úsecích. Produkty A a B se týkají dálkové dopravy. Produkt A představuje v principu dálkové rychlé spojení na koridorových tratích v celém jejich úseku (např. EC/IC Praha – Ostrava, Břeclav – Praha - Děčín) s kvalitou vozů odpovídající standardům EC/IC vlaků. Spadá sem i linka Praha – Ústí nad Labem – Cheb, resp. Praha – Olomouc – Horní Lideč/Luhačovice. První z nich v např. úseku Praha – Ústí nad Labem plní funkci rychlého spoje a ve zbylé trase jede jako klasický vlak R. Produkt B zahrnuje vlaky Ex a R na ostatních linkách se silným přepravním potenciálem spojujících krajská města a dále vlaky R, které jsou doplňkovými spoji s nácestnou obsluhou k dálkovým spojům kategorie A. Orientační průměrný denní počet cestujících každé kategorie je uveden v tabulce 1-3.

Produkty C a D se týkají příměstské dopravy. Kategorie C jsou zrychlené vlaky linek v pásmovém příměstském provozu, kategorie D pak v každém místě zastavení zastavující vlaky příměstských linek. Spoje kategorie C nejsou doposud na území ČR ve větší míře v příměstské dopravě aplikovány. V tabulce 1-3 jsou uvedeny orientační průměrné počty cestujících v pracovní den [12].

Zbývají linky produktu E, což jsou ostatní regionální vlaky (Os). Tyto linky byly pracovně rozděleny především podle průměrného denního množství přepravených cestujících během pracovního dne v nejsilnějším řezu linky. Dále bylo též částečně přihlíženo k hustotě osídlení a velikosti a počtu sídel ležících na dané lince. V tabulce 1-2 je popsán možný standardní kvalitativní (takt) a kvantitativní rozsah (doba provozu) nabídky spojů, který by měl být rámcově na jednotlivých linkách či tratích dodržen.

*Tabulka 1-2 Shrnutí rozsahu standardní nabídky dopravy a doby provozu, Zdroj: [12]*

Produkt	Popis	Cílová nabídka – takt (min)	Doba provozu*
A, B	Dálková doprava	60 / 120	04 - 24 06 - 22
C, D	Příměstská doprava	30 / 60 / 120 Při prokladu linek 15 / 30	04 - 01
E	Ostatní regionální doprava	30 / 60 / 120 Na málo zatížených linkách poptávkový JŘ	04 – 23

\* První hodina odjezdu a poslední hodina dojezdu z/do výchozí/cílové stanice



Tabulka 1-3 Rozdělení linek a produktů ČD, Zdroj: [12]

Typ produktu	Funkční dosah	Přepavní funkce	Označení produktu
A1	100 – 400 km	Rychlé meziregionální spojení vyšší kvality (kvalitní vozidlový park), mezinárodní relace	SC, EC, IC,
	200 – 1200 km	Eurotakt, SC/IC Praha – Ostrava Počet osob v nejzatíženějším řezu v obou směrech...2000 - 6500 / den / linka	
A2	100 – 400 km	Rychlé meziregionální spojení, nižší kvalita vozů, mezinárodní relace, hlavní segment na přepravně silných ramenech technologicky provázaný s A1, v části trasy přebírá funkci segmentu B	Ex, R
		Praha – Olomouc – Zlín, Praha – Ústí – Cheb Počet osob v nejzatíženějším řezu v obou směrech ...2000 - 3000 / den / linka	
B1	100 – 350 km	Vlaky DD na silných přepravních ramenech jako druhý segment k produktu A nebo jako hlavní segment s nižší kvalitou vozů, v budoucnu lze očekávat spoje produktu A, v přepravní fci spojení velkých center, delší vzdálenosti a polyfunkčnost v celé trase nebo v její části, možnost substituce za Os v některých úsecích, v méně zatížených úsecích funkce Sp	Ex, R
		Praha – Plzeň – Cheb/Domažlice/Klatovy, Praha – České Budějovice, Praha - Hradec Králové-Trutnov/Letohrad, Praha - Česká Třebová - Brno/Olomouc Počet osob v nejzatíženějším řezu v obou směrech...2000 - 6000 / den / linka	
B2	100 – 250 km	Hlavní produkt především na ostatních elektrizovaných tratích s dálkovou dopravou (radiální nebo tangenciální spojení). možnost substituce za Os v některých úsecích, v méně zatížených úsecích funkce Sp	R, Sp
		Praha - Havlíčkův Brod - Brno, Plzeň – České Budějovice, České Budějovice - Brno, Počet osob v nejzatíženějším řezu v obou směrech...1500 - 3500 / den / linka	
B3	60 – 200 km	Hlavní produkt na ostatních tratích s dálkovou dopravou (radiální nebo tangenciální spojení). v části trasy možná funkce Sp, Os, menší přepravní proudy, vlaky o kapacitě cca 200 míst k sezení	R, Sp
		Pardubice - Liberec, Praha - Tanvald, Kolín - Rumburk Počet osob v nejzatíženějším řezu...500 - 1500 / den / linka	
C1, C2	30 – 60 km	Příměstská doprava – zrychlené a pásmové vlaky, v rámci ČR zatím menší realizace	Os / S / Sp (příměstská doprava)
		Okolí Brna (Sp vlaky v technologickém prokladu s produktem B2), Ostravsko, Hradubicko Počet osob v nejzatíženějším řezu...2000 - 4000 / pracovní den / linka	
D1	30 - 60 km	Většinová příměstská doprava v ČR, aglomerace nad 400 tis. obyvatel	Os / S (příměstská doprava)
		Praha, Brno, Ostrava Počet osob v nejzatíženějším řezu...6000 - 16000 / páteční tratě / pracovní den / linka	
D2	30 - 60 km	Příměstská doprava, nad 30 km může plnit funkci dopravy regionální, aglomerace 100 - 200 tis. obyvatel	Os / S (příměstská doprava)
		Plzeň, České Budějovice, Pardubice, Hradec Králové,.... Počet osob v nejzatíženějším řezu...2000-6000 / pracovní den / linka	
E1	30 - 100 km	Ostatní vlaky regionální dopravy, spojení center či více větších sídel, 30 tis - 70 tis. obyvatel, vyšší hustota osídlení, pro zvýšení kvality možné zrychlené vlaky Sp	Os, Sp
		Valašské Meziříčí - Kojetín, ... Počet osob v nejzatíženějším řezu...2000 - 4000 / pracovní den / linka	
E2	30 - 100 km	Ostatní vlaky regionální dopravy, možná substituce bus nebo vlaky R/Sp tam kde malé přepravní proudy, sídla 30 - 50 tisíc osob, nižší hustota osídlení, pro zvýšení kvality možné zrychlené vlaky Sp, v úsecích s nízkým počtem cestujících výhledově možné zastavení provozu	Os, Sp
		Havlíčkův Brod - Jihlava, Rokycany - Nezvěstice, Přešov - Břeclav, ... Počet osob v nejzatíženějším řezu...1000 - 2000 / pracovní den / linka	
E3	30 - 100 km	Ostatní vlaky regionální dopravy, sídla 15 - 50 tisíc osob, nižší hustota osídlení, možná substituce bus nebo vlaky R/Sp tam kde malé přepravní proudy, v úsecích s nízkým počtem cestujících výhledově možné zastavení provozu	Os
		Jihlava - Třebíč, Prachatice - Volary, Čáslav - Křižanov Počet osob v nejzatíženějším řezu...500 - 1000 / pracovní den / linka	
E4	10 - 60 km	Ostatní vlaky regionální dopravy, venkovské oblasti, sídla do 30 tis. obyvatel, možná substituce bus nebo vlaky R/Sp tam kde malé přepravní proudy, ze střednědobého, resp. dlouhodobého pohledu možné zastavení provozu	Os
		Blatná - Nepomuk, Březnice - Rožmitál pod Třemšínem, Svojsín - Bor, Pňovany - Bezdrůžice, ... Počet osob v nejzatíženějším řezu ...méně než 500 / pracovní den / linka	
E5	10 - 30 km	víkendový a sezonní provoz	Os
		Břeclav - Lednice, Bruntál - Malá Morávka,.... rozdílné hodnoty cestujících	

## 2 Definování cíle a metodologie disertační práce

### 2.1 Formulace cíle

Na základě vykonané státní doktorské zkoušky [74] byly formulovány cíle disertační práce:

- stanovení metodiky pro posouzení:
  1. možnosti zkrácení jízdní doby vlaku mezi dvěma taktovými uzly projetím vybraných přepravních bodů z důvodu dosažení potřebného hranového času,
  2. jakým způsobem ovlivní toto výše uvedené opatření dostupnost veřejné dopravy, její kvalitu a atraktivitu, náklady na provoz apod.

### 2.2 Okrajové podmínky zadání

Dosažení potřebného hranového času je jedna ze základních podmínek realizace ITJŘ. V případě, že je reálná systémová jízdní doba delší než požadovaná, je nutno v zájmu funkčnosti systému ITJŘ tuto dobu zkrátit. Dosažení požadované jízdní doby je možné zkrácením pobytů ve stanicích a zastávkách nebo vlastní jízdní doby. Optimalizovaný hranový čas lze dosáhnout skrze opatření realizovaná na infrastruktuře, nasazením odpovídajícího vozidlového parku nebo vhodnou architekturou vlastní nabídky (konstrukcí jízdního řádu). To vše za daného finančního rámce.

Z hlediska zpracovávané práce budou dále respektovány následující okrajové podmínky:

- primární zaměření na možnost krácení jízdních dob projetím vybraných zastávek a stanic:
  - posuzováno pro referenční vozidla či soupravy;
- možnosti nasazení alternativních vozidel (zpravidla s lepšími dynamickými parametry):
  - využito pro srovnání s referenčním vozidlem či soupravou;
- omezení optimalizačních kroků na straně infrastruktury:
  - principiálně bude vycházeno z daného stavu infrastruktury, v případě nutnosti bude u navrhovaných opatření snaha o co nejnižší investiční náročnost, ideálně kumulovanou s dalším synergickým efektem (např. zvýšení bezpečnosti):

- možné zvýšení rychlosti zlepšením rozhledových poměrů na přejezdech;
- zkrácení pobytů z dopravních důvodů (organizace provozu, vyšší kategorie zabezpečovacího zařízení stanic a tratí atp.).

### **2.3 Metodika postupu řešení**

1. Definování sítě taktové nabídky nebo ITJŘ:
  - stanovení taktových uzlů (systémové přípojně vazby, systémová křižování),
  - definování potřebného hranového času  $t_H$ ,
  - kvantifikování případné potřebné časové úspory  $\Delta t_H$ ,
  - posouzení možnosti realizace časové úspory  $\Delta t_H$ ;
2. primární prověření možností časové úspory  $\Delta t_H$  na základě využití poznatků vlakové dynamiky:
  - srovnání referenční soupravy s ostatními možnými soupravami z hlediska délky jízdních dob;
3. výběr zastávek a stanic vhodných k projetí z důvodu časové úspory  $\Delta t_H$ :
  - prověření dopadů do poptávky z hlediska standardních ukazatelů dopravního plánování (docházková vzdálenost, četnost spojení, délka přepravy, modal split atd.),
  - posouzení náhradní obslužnosti dotčených lokalit;
4. základní ekonomické posouzení navrhovaných řešení:
  - z hlediska nákladů (předmětem disertační práce prověření vybraných nákladových položek, u kterých je předpoklad změny),
  - z hlediska tržeb (nebude předmětem disertační práce).

### **2.4 Hypotéza**

1. Díky projetí vybraných zastávek dojde ke zkrácení cestovní doby vlaku a je realizovatelné dosažení potřebného zkrácení hranového času o  $\Delta t_H$ .
2. Díky projetí vybraných zastávek dojde ke snížení energetické náročnosti železniční dopravy.
3. U tratí s nízkými traťovými rychlostmi v celé trase nebo na specifických místech (přejezdy, vliv stoupání, apod.) je dopad nasazení dynamicky výkonnějších vozidel omezený.

## 3 Metody zpracování a způsob řešení

### 3.1 Základní dynamické parametry ovlivňující jízdu vlaku

#### 3.1.1 Základní vymezení

V oblasti přepravy osob (ale i nákladů) je jedním z důležitých ukazatelů kvality a atraktivity parametr doby trvání přepravy, v případě prestižních důvodů pak odvozeně i maximální dosažitelné rychlosti. Požadavky na ITJŘ jednoznačně stanovují optimální délku tzv. hranového času, resp. systémové jízdní doby, která musí dosahovat určitých hodnot v dané toleranci (viz kapitola 1.1.2). Hranový čas mezi dvěma taktovými uzly je dán součtem jízdní doby mezi jednotlivými místy zastavení a celkovým saldem pobytů v těchto místech zastavení. Pro účely této kapitoly lze konstatovat, že velikost hranového času odpovídá cestovní době mezi dvěma taktovými uzly A a B.

$$t = f(s, v) \quad (3-1)$$

Tato cestovní doba závisí na jejich vzdálenosti, počtu nácestných míst zastavení a sumě doby na zastavení v těchto místech a na technické rychlosti jízdy dané soupravy.

Za předpokladu, že je daná cestovní doba delší než je potřeba, je nutné tuto cestovní dobu příslušně zkrátit. Zjednodušeně se dá konstatovat, že zkrácení cestovní jízdní doby lze dosáhnout zvýšením technické rychlosti vlaku, zkrácením pobytů nebo zkrácením vzdálenosti cesty. Vzhledem k tomu, že v zaměření práce není předpokládáno s výraznějšími efekty úprav dopravní cesty (zkrácení vzdálenosti, výrazné zvýšení traťové rychlosti), bude dále sledována variabilita v možnostech zvýšení technické rychlosti (dynamika jízdy nasazených vozidel) a zkrácení sumy pobytů (optimalizace způsobu obslužnosti vlaky osobní dopravy).

Tato práce si neklade za cíl detailněji zkoumat dynamické jevy při pohybu vozidel po železniční infrastruktuře a ani neaspiruje o přínos nových poznatků v této oblasti. Pro určení potřebných jízdních dob je však nutná alespoň základní znalost dynamiky jízdy vozidel. Pro úplnost a uvedení některých vlastností byly pro účely této práce převzaty části prací ([14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [28]) v upravené, volné nebo v některých částech zcela doslovně citované formě.

Dynamika kolejových vozidel vyšetřuje na základě základních fyzikálních zákonů (zákony mechaniky) síly, působící na vozidlo (vlak) při jednotlivých fázích jeho pohybu. Pro zjednodušení výpočtů se uvažuje s hmotností vozidla (vlaku) soustředěnou do jednoho bodu –

těžiště; těžiště se pohybuje v ose koleje. Vozidlo/vlak se tedy uvažuje jako hmotný bod při respektování jeho délky ([15], [18]).

Jako základní vstupní předpoklady pro dále uvedenou problematiku jsou uvažovány následující skutečnosti:

1. Hnací vozidla mají dostatečný přebytek tažné síly (u osobní dopravy toto většinou zpravidla platí).
2. Uvažovaná je jízda po rovině nebo do stoupání (pokud není uvedeno jinak).
3. Na urychlujícím spádu je průběh příslušných veličin (traťový odpor, zrychlení apod.) opačný.

### 3.1.2 Pohybová rovnice vlaku

Pohybová rovnice jízdy vlaku vychází z 2. Newtonova zákona.

$$F = m \cdot a \quad [\text{N, kg, m.s}^{-2}] \quad (3-2)$$

Vlak se pro účely pohybové rovnice považuje zjednodušeně za hmotný bod při respektování délky vlaku. Pro obecnou dynamickou rovnici platí:

$$F_t - F_B - \sum W_V - \sum W_T = F \quad [\text{N nebo kN}] \quad (3-3)$$

kde:  $F_t = f(v)$  - je tažná síla hnacího vozidla

$F_B$  - brzdná síla působící na vlak

$\sum W_V$  - suma vozidlových odporů působících na vlak

$\sum W_T$  - suma traťových odporů působících na vlak, může nabývat kladných i záporných hodnot

$F$  - je výsledná síla působící na vlak

Výsledná síla  $F$  závisí na vztahu tažné síly, brzdné síly a sil odporových. Je-li tažná síla v rovnováze se silami odporovými, je výsledná síla  $F$  rovna 0 a potom je zrychlení rovněž nulové. Dané vozidlo se pak nachází v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu. Rovnice nabývá tvaru

$$F_t - F_B - \sum W_V - \sum W_T = F = 0 \quad [\text{N nebo kN}] \quad (3-4)$$

V ostatních případech má výsledná síla  $F$  urychlující nebo zpomalující účinek, v závislosti na tom, zda převládá síla tažná nebo síly odporové. Pro výslednou sílu  $F$  platí:

$$F = a.m.(1+\rho). \quad [\text{N, kg, m.s}^{-2}, 1] \quad (3-5)$$

$a$  - zrychlení/zpomalení vlaku

$m$  - hmotnost vlaku včetně hnacího vozidla

$\rho$  - součinitel rotujících částí, vyjadřuje vliv setrvačných sil rotujících částí vlaku (rotory hnacích vozidel, dvojkolí, nápravové převodovky) na dynamiku jízdy vlaku - působí proti směru jízdy vlaku při zrychlování a ve směru jízdy při zpomalování (fiktivní zvýšení hmotnosti vlaku). U systémů bez vlivu rotujících součástí je  $\rho = 0$  (např. Maglev).

Výsledná pohybová rovnice vlaku má tak tvar:

$$F_t - F_B - \sum W_V - \sum W_T = m.a.(1 + \rho) \quad [\text{N, kg, m.s}^{-2}, 1] \quad (3-6)$$

Při pohybu vlaku se rozlišují 4 základní fáze - rozjezd, jízda konstantní rychlostí (na rovině, stoupání a malých spádech), výběh a brzdění. Základní pohybové fáze jízdy znázorňuje časový tachogram uvedený na obrázku 3-1. Během rozjezdu překonává vlak tažnou silou vozidlové a traťové odpory a setrvačné síly [15].

Fáze rozjezdu je charakterizovaná postupným zvyšováním rychlosti a tím i pohybové energie. Pohybová energie narůstá s druhou mocninou rychlosti. V další fázi se vlak pohybuje rovnoměrnou rychlostí, zpravidla (na rovině, stoupání a malých spádech) při jízdě silou. Platí, že tato síla je rovná součtu traťových a vozidlových odporů. Při jízdě výběhem je tažná a brzdná síla rovna nule, pohyb vlaku vychází z dosažené kinetické energie při rozjezdu. Proti pohybu vlaku v této fázi jízdy působí vozidlové odpory, které se s klesající rychlostí snižují a traťové odpory  $W_T$ . Tíhová složka traťového odporu může mít podle charakteru trati (stoupání/klesání) urychlující resp. zpomalující účinek. Ve fázi brzdění se vozidlu odebírá pohybová energie, která se mění na jinou formu. Menší část pohybové energie se maří krytím jízdnicích odporů, a větší (hlavní) část energie se mění na jinou formu (tepelnou třením, elektrickou při elektrodynamickém brzdění) [15].

Tyto fáze pohybu se během jízdy střídají v závislosti na jízdním řádu a charakteru pojížděné trati. Během zastavení vlaku ať již z dopravních nebo technických důvodů jsou nahrazeny klidem. Pro sledování fází pohybu vlaku a pro sledování provozních veličin (rychlost, ujetá dráha, tažná síla hnacího vozidla, výkon hnacího vozidla, trakční proud apod.) se používají grafická časová znázornění jako tachogram časový resp. dráhový (závislost rychlosti na čase resp. dráze) a hodogram (závislost ujeté dráhy na čase). Příklady těchto zobrazení jsou na obrázku 3-1 [15].

Obrázek 3-1a znázorňuje průběh závislosti rychlosti na čase. Pro rychlost vlaku lze vyjádřit vztah [15]:

$$v = \int a \cdot dt = c \cdot \int f_a \cdot dt = (1 + \rho) \int f_a \cdot dt = f(t) \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{t}, \text{N} \cdot \text{kg}^{-1};] \quad (3-7)$$

kde:  $f_a$ - měrná urychlující síla a integrační konstanta je  $c$  je rovna fiktivnímu zvětšení hmotnosti u zrychlení vlivem rotačních částí vlaku  $(1+\rho)$ . Rychlost je integrační křivka měrných sil  $f_a = f(t)$ , měrná urychlující síla  $f_a$  se získá ze vztahu (6-6):

$$f_a = \frac{F_t - \sum W}{m \cdot (1 + \rho)} = \frac{F}{m \cdot (1 + \rho)} = a \cdot (1 + \rho) \quad [\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}, \text{N}, \text{kg}, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (3-8)$$

Zrychlení je směrnice tečny ke křivce  $v = f(t)$  (s osou  $x$  – čas, svírá úhel  $\beta$ ) viz obrázek 3-1. Zrychlení lze vyjádřit vztahem [15]:

$$a = \frac{f_a}{1 + \rho} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}] \quad (3-9)$$

je-li  $f_a = \text{konst.}$ , pak platí:

$$v = a \cdot t \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{s}] \quad (3-10)$$

Střední rychlost mezi zastávkami se určí jako náhradní rovnoměrná rychlost, kterou vozidlo (vlak) ujede za stejný čas. Náhradní rovnoměrná rychlost je dána vztahem [15]:

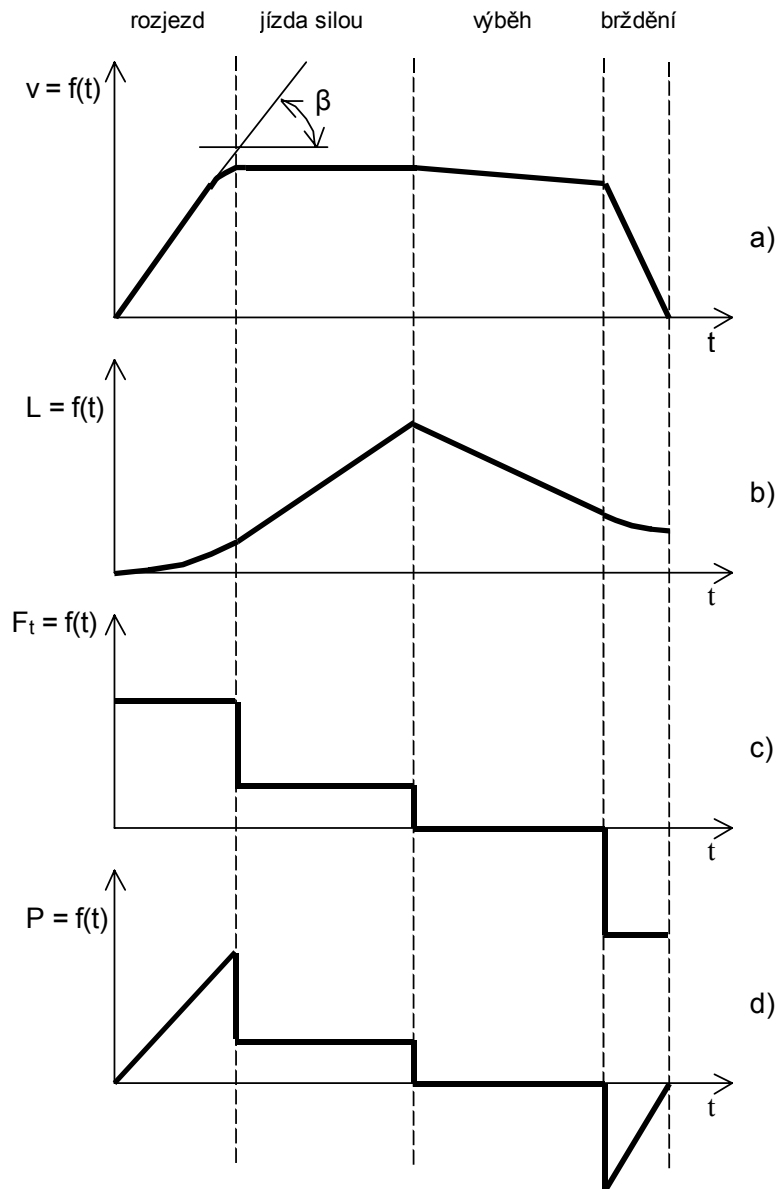
$$v_s \cdot t = \int v \cdot dt = l \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{m}, \text{s}] \quad (3-11)$$

Střední rychlost je dána vztahem [15]:

$$v_s = \frac{l}{t} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{m}, \text{s}] \quad (3-12)$$

Nárůst ujeté dráhy během rozjezdu konstantním zrychlením je dán vztahem [15]:

$$l = \frac{a}{2} t^2 \quad [\text{m}, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{s}] \quad (3-13)$$



Obrázek 3-1 Pohybové fáze jízdy vozidla. Protože by křivka dosahovala značné délky, kreslí se jako pilovitá čára, která se zrcadlově lomí v mezích délkové jednotky dráhy; např. v jednom km (nutnost zachování měřítka), Zdroj: [15]

Při jízdě konstantní rychlostí je závislost ujeté dráhy na čase lineární. Ujetou dráhu lze vyjádřit obecným vztahem [15]:

$$l = \int v \cdot dt \quad [m, m \cdot s^{-2}, s] \quad (3-14)$$

pro  $v = \text{konst.}$  pak vztahem:

$$l = v \cdot t \quad [m, m \cdot s^{-2}, s] \quad (3-15)$$



Třetí částí časového tachogramu je výběhová křivka. Výběhová křivka má ve skutečnosti tvar paraboly, ale díky velmi malému zpomalení ji lze nahradit přímkou. Pohybová rovnice pro fázi výběhu [15]:

$$F_t = 0 \quad [\text{N}] \quad (3-16)$$

ujetá dráha během snížení rychlosti z  $v_1$  na  $v_2$  je dána vztahem:

$$l = \frac{v_2 + v_1}{2} \cdot t \quad [\text{m}, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{s}] \quad (3-17)$$

Poslední částí tachogramu je fáze brzdění. Během brzdění stálým brzdným zpomalením má křivka ujeté dráhy v dráhovém tachogramu tvar paraboly a v časovém tvaru přímkou a zábrzdna dráha je potom dána vztahem [15]:

$$l_b = \frac{v_b^2}{2 \cdot a_b} \quad [\text{m}, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (3-18)$$

Pro jednotky používané v drážním provozu bude brzdna dráha vyjádřena vztahem [15]:

$$l_b = \frac{v_b^2}{25,92 \cdot a_b} \quad [\text{m}, \text{km} \cdot \text{h}^{-1}, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (3-19)$$

Brzdné zpomalení se dá vyjádřit:

$$a_b = \frac{v_b^2}{25,92 \cdot l_b} \quad [\text{km} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, \text{km} \cdot \text{h}^{-1}, \text{m}] \quad (3-20)$$

Druhý diagram na obrázku 3-1b vyjadřuje ujetou dráhu jako funkci času (hodogram jízdy). Ujetá dráha je zobrazena integrační křivkou  $v = f(t)$ . Protože by křivka dosahovala značné délky, kreslí se jako pilovitá čára, která se zrcadlově lomí v mezích délkové jednotky dráhy; např. v jednom km (nutnost zachování měřítka) [15].

Diagram na obrázku 3-1c zobrazuje průběhy tažných a brzdných sil v závislosti na čase [15]:

$$F_t = f(t) \text{ a } F_b = f(t) \quad [\text{N}] \quad (3-21)$$

Poslední diagram na obrázku 3-1d zobrazuje průběhy výkonů. Z tohoto diagramu se dá odvodit vykonaná mechanická práce [15]:

$$A_t = \int F_t dl = \int P_t dt \quad [\text{Wh}; \text{N}, \text{m}] \quad (3-22)$$

### 3.1.3 Odporové síly

Jak je z pohybové rovnice (3-6) patrné, hrají při pohybu vozidla důležitou roli odporové síly. Při rovnoměrném pohybu jsou v rovnováze s tažnou silou vozidla. Také se projevuje moment setrvačnosti rotujících částí fiktivním zvýšením hmotnosti vlaku (viz [14]). Dále se projevují odporové síly způsobené sklonovými a směrovými poměry na pojižděné infrastruktuře. Odporové síly je možné tedy souhrnně rozdělit do 2 skupin [15]:

- Odporové síly vozidlové ( $W_V$ ) zahrnují všechny složky mechanických odporů, způsobené smykovým a valivým třením pohybujících se částí a třením o vzduch, pokud jejich výslednice působí rovnoběžně s osou koleje ve směru nebo proti směru jízdy.
- Odporové síly traťové ( $W_T$ ) jsou způsobeny spádovými a/nebo směrovými poměry koleje.

#### Odporové síly vozidlové

Odporové síly vozidlové působí proti směru pohybu trakčního vozidla a při jízdě rovnoměrnou rychlostí jsou v rovnováze s hnacími silami. Tyto síly se označují jako jízdní odpor vozidla. Jízdní odpor vozidla zahrnuje složky mechanických odporů, způsobené třením pohybujících se částí (ložiska), valivým odporem, vznikajícím při odvalování kol po kolejnicích vlivem předsunutí reakce a třením vzduchu o čelní plochy a ostatní plochy celého vozidla.

#### Vozidlový odpor, měrný vozidlový odpor ( $W_V, w_V$ )

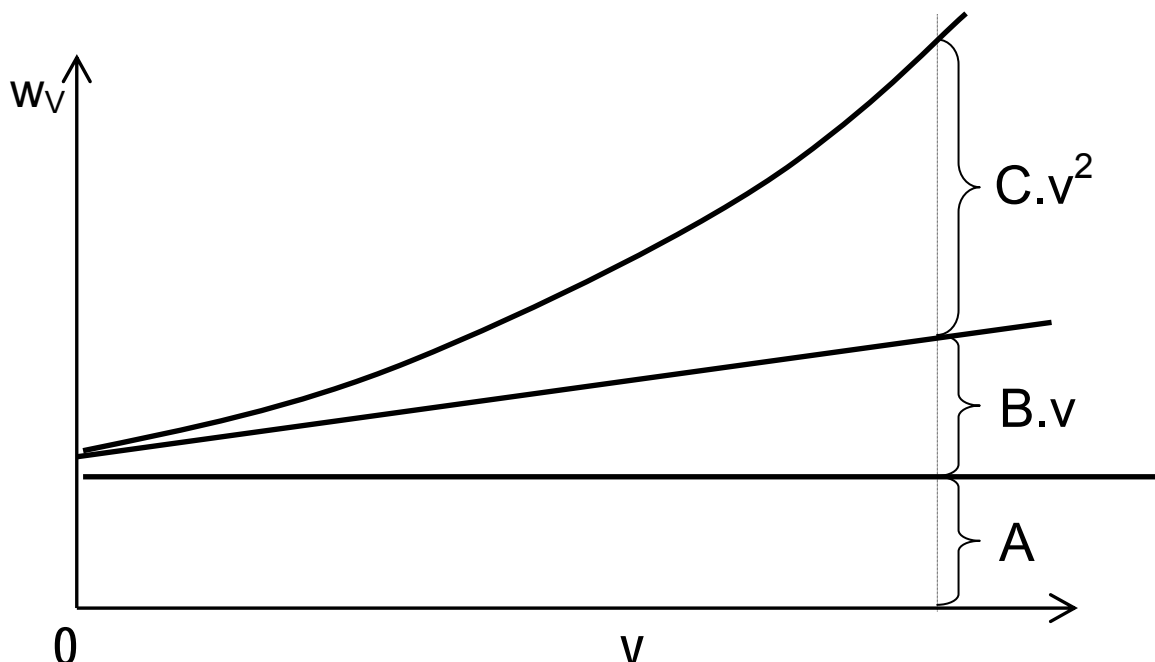
Hlavní složky měrného vozidlového odporu jsou:

- a) tření v ložiskách náprav, vyvolující přibližně konstantní odpor v ustáleném chodu,
- b) valivé tření kol po kolejnicích, jehož odpor je přibližně lineárně úměrný rychlosti a kolovému tlaku,
- c) tření o vzduch, jehož odpor je závislý na velikosti příčné plochy vozidla, na hladkosti vnějšího tvaru vozidla a je vyvolán dynamickým tlakem vzduchu na čelo a podtlakem na zádi vozidla, jakož i vířením vzduchu podél bočních stěn, střech a spodku vozu. Tento odpor je úměrný druhé mocnině rychlosti.

Měrný vozidlový odpor  $w_v$  je obecnou funkcí rychlosti, která se pro praktické použití nahrazuje polynomem 2. stupně:

$$w_v = A + B \cdot v + C \cdot v^2 \quad [\text{N} \cdot \text{kN}^{-1}, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3-23)$$

A, B, C - empirické koeficienty,  $v$  - rychlost jízdy vlaku



Obrázek 3-2 Grafické znázornění polynomu vozidlového odporu, Zdroj: [28]

Jízdní odpor daného vozidla je roven součinu jeho hmotnosti a měrného odporu  $w_v$ :

$$W_v = m \cdot g \cdot w_v \quad [\text{N}, \text{t}, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{N} \cdot \text{kN}^{-1}] \quad (3-24)$$

$m$  - hmotnost vozidla,  $g$  - gravitační konstanta

Pro trakční výpočty zavedly ČSD, resp. ČD na základě zkoušek VÚŽ empirické vzorce pro výpočet vozidlových odporů (předpis ČD/SŽDC V7), viz též Tabulka 3-1. Rozlišuje se 9 základních druhů souprav vozů (Rk, R, M2, M4, S, T2, T4, U2, U4), z nichž má každý druh svůj vzorec pro výpočet vozidlového odporu, 3 základní vozidlové odpory lokomotiv, 2 základní vozidlové odpory motorových vozů a vozidlový odpor elektrických jednotek.

Tabulka 3-1 Měrné vozidlové odpory, Zdroj: [15]

Jízdní odpor	Složení soupravy	Platí pro rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]	Tíha na nápravu [kN]	Vzorec pro výpočet jízdního odporu [N.kN <sup>-1</sup> ]
R	Osobní čtyřnápravové vozy běžné stavby s podvozky Görlitz	0 až 150	100	$w_v = 27 + 0,0017v^2$
Rk	Osobní čtyřnápravové vozy běžné stavby s podvozky GP 200 (kotoučová brzda, centrální elektrické napájení)	0 až 150	100	$w_v = 18,03 + 0,005 \cdot v + 0,00233v^2$
M2	Osobní dvounápravové vozy lehké stavby (přípojně vozy)	0 až 100	65 až 100	$w_v = 15 + 0,0087v^2$
M4	Osobní čtyřnápravové vozy (přípojně vozy)	0 až 100	65 až 100	$w_v = 18 + 0,1 \cdot v + 0,0476v^2$
S	Dvounápravové osobní vozy běžné stavby nebo nákladní vozy, smíšené složení	0 až 100	100 až 150	$w_v = 19 + 0,0035v^2$
T2	Plně ložené dvounápravové nákladní vozy	0 až 100	150 až 200	$w_v = 16,76 + 0,003v + 0,00288v^2$
T4	Plně ložené čtyřnápravové nákladní vozy	0 až 100	150 až 200	$w_v = 13 + 0,0015v^2$
U2	Prázdné dvounápravové nákladní vozy	0 až 100	50 až 75	$w_v = 28,85 - 0,014 \cdot v + 0,00655v^2$
U4	Prázdné čtyřnápravové nákladní vozy	0 až 100	50 až 75	$w_v = 22,78 - 0,004 \cdot v + 0,00437v^2$
	Elektrické a dieselelektrické lokomotivy Bo`Bo`			$w_v = 2,8 + 0,00085v^2$
	Elektrické a dieselelektrické lokomotivy Co`Co`			$w_v = 3,8 + 0,02v + 0,0004v^2$
	Motorové lokomotivy B`B`			$w_v = 2,5 + 0,0055v^2$
	Motorové vozy			$w_v = 3,0 + 0,01c_M v^2$ *)
	Motorové jednotky			$w_v = 3,0 + 0,00037v^2$
	Elektrické jednotky			$w_v = 2,45 + 0,0123v + 0,00041v^2$

\*) $c_M = 0,225$  (oblé čelo) až  $0,375$  (tupé čelo) pro dvounápravové vozy a

$0,250$  (oblé čelo) až  $0,425$  (tupé čelo) pro čtyřnápravové vozy

Zdroj [28] vychází ve stanovení jízdního odporu ze zvyklostí v německy mluvících zemích. Vztah (3-23) rozšiřuje v kvadratické složce polynomu pomocí aerodynamické síly. Tato působí proti pohybu vozidla a lze vyjádřit následujícím vztahem:

$$F_{ae} = p_{dyn} \cdot C_x \cdot S = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot C_x \cdot S \quad [N, kg \cdot m^{-3}, m \cdot s^{-1}, m^2] \quad (3-25)$$

$F_{ae}$	aerodynamická síla
$\rho$	měrná hmotnost vzduchu (cca $1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )
$p_{dyn}$	dynamický tlak
$S$	čelní plocha vozidla
$v$	rychlost
$C_x$	činitel tvaru čelní plochy (rovná deska - $C_x = 1,13$ )

Měrný vozidlový odpor závisí fyzikálně v absolutním a lineárním členu na hmotnosti vozidla, v kvadratickém pak paradoxně nikoliv. Toto vede k následujícímu vztahu [28]:

$$W_v = m \cdot g \cdot a + m \cdot g \cdot b \cdot v + C \cdot v^2 = (a + b \cdot v + C \cdot \frac{v^2}{mg}) \cdot m \cdot g \quad [\text{kN}, \text{t}, 1, 1, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3-26)$$

$$W_v = (a + b \cdot v + c \cdot v^2) \cdot m \cdot g \quad [\text{kN}, \text{t}, 1, 1, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3-27)$$

kde pro konstantu  $c$  platí:

$$c = \frac{C}{m \cdot g} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot S}{m \cdot g} = \frac{\rho \cdot C_x \cdot S}{2 \cdot m \cdot g} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}, 1, \text{m}^2, \text{t}, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3-28)$$

Z uvedených vztahů vyplývá, že lehké vozy mají větší aerodynamický člen měrného jízdního odporu ( $C$ ), než těžké vozy stejných rozměrů. Obdobně se projevuje vliv obsazení vozů osobami nebo nákladem [28].

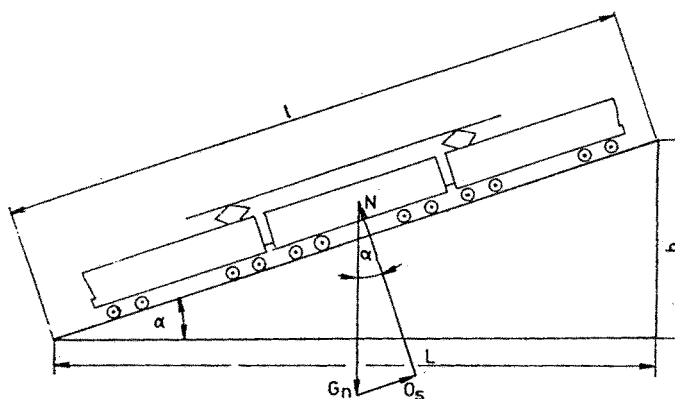
### Odporové síly traťové

Do traťových odporů se řadí složka tíhy na skloněné trati při jízdě do stoupání, odpor oblouku odpor výhybek a odpor tunelu. Tyto síly jsou způsobeny spádovými a směrovými změnami koleje. Souhrnně se dají odporové síly traťové vyjádřit následujícím vzorcem:

$$W_T = W_S + W_O + W_{Vyh} + W_{Tun} = m \cdot g \cdot (w_S + w_O + w_{Vyh} + w_{Tun}) \quad (3-29)$$

$w_S, w_O, w_{Vyh}, w_{Tun}$	měrné odpory	$[N \cdot kN^{-1}]$
$m$	hmotnost vlaku	$[t]$
$g$	tíhové zrychlení	$[m \cdot s^{-2}]$

**Odporové síly vlivem sklonu** jsou složkou tíhy působící v rovině koleje proti směru jízdy vlaku, jedná-li se o jízdu do stoupání, a působící ve směru jízdy jako síla hnací, jedná-li se o jízdu po spádu. Při jízdě do stoupání je nutno překonat tuto složku tažnou silou, případně odběrem kinetické energie hmotnosti vlaku a následným zpomalováním. Tato odporová složka  $W_s$  působí proti směru jízdy a je úměrná hmotnosti  $m$  [kg] a úhlu sklonu  $\alpha$ . Tento stav je zobrazen na obrázku 3-3.



Obrázek 3-3 Rozklad tíhy na sklonu trati, Zdroj: [15]

Složka síly způsobující odpor ze stoupání [15]:

$$W_s = 9,81 \cdot m \cdot \sin \pm \alpha \quad [N, kg] \quad (3-30)$$

U adhezních drah jsou úhly sklonů tratí velmi malé, a proto je možné nahradit sinus úhlu  $\alpha$  jeho tangентou (chyba je zanedbatelná) [15]:

$$W_s = \pm 9,81m \operatorname{tg} \alpha = 9,81m \cdot \left( \pm \frac{h}{l} \right) \quad [N, kg, m] \quad (3-31)$$

$h$  – je výškový rozdíl v metrech na délce dráhy

$l$  – je délka skloněného úseku [m]

Pro překonání této odporové složky musí hnací vozidlo vyvinout sílu  $F$ . Počítá-li s měrnými odporovými hodnotami nebo se součiniteli odporu v  $N \cdot kN^{-1}$  tak, je nutno zavést

do výrazu pro složku tíhy na skloněné trati měrný odpor sklonu v  $\text{N.kN}^{-1}$ . Výraz má potom následující tvar [15]:

$$w_s = \frac{W_s}{9,81.m} 1000 = 1000.tg\alpha = \frac{h}{l} \quad [\text{N.kN}^{-1}; \text{m.km}^{-1}] \quad (3-32)$$

což lze zapsat jako [15]:

$$w_s = s \quad [\text{N.kN}^{-1}, \text{‰}] \quad (3-33)$$

Poměr  $h/l$  v  $\text{m/km}$  vyjadřuje sklon v promilích. Tedy měrný odpor sklonu se rovná číselně sklonu v ‰. Přídavná síla sklonu (celkový odpor ze stoupání) se pak spočítá ze vztahu [15]:

$$W_s = \pm m.g.s \quad [\text{kN}; \text{t}, \text{m.s}^{-2}, \text{‰}] \quad (3-34)$$

Odpor síly vlivem oblouku představují souhrn všech odporových složek zvětšujících jízdní odpor při průjezdu obloukem. Tento odpor vzniká vlivem částečného smýkání kol v pevném dvojkolí jedoucím po nestejně dlouhé vnitřní a vnější kolejnici, kdy kolo jedoucí po vnější kolejnici se částečně smýká a kolo jedoucí po vnitřní kolejnici částečně prokluzuje. Tento jev je částečně kompenzován kuželovitostí kol, takže vnější kolo se valí po styčné kružnici s větším průměrem než kolo vnitřní; k úplnému odstranění smýkání a prokluzování ale nedojde (kolo se nedotýká kolejnice v bodě, ale v ploše).

Přesné určení přídavného odporu v oblouku je díky vlivu velkého množství závislostí složité a jeho určení tedy není ani přesné. Proto se v praxi počítá se středními pravděpodobnými hodnotami. Tyto hodnoty lze určit z empirických vzorců. Nejstaršími, ale stále používanými jsou zejména Röcklovy vzorce [15]:

$$w_o = \frac{650}{r - 55} \quad [\text{N.kN}^{-1}, \text{m}] \quad (3-35)$$

pro tratě s rozchodem 1435 mm a pro  $r > 300$  m (hlavní tratě)

$$w_o = \frac{500}{r - 30} \quad [\text{N.kN}^{-1}, \text{m}] \quad (3-36)$$

pro tratě s rozchodem 1435 mm a pro  $r \leq 300$  m (vedlejší tratě)

Další složkou traťových odporů je odpor ve výhybkách. Výhybkový odpor je způsoben rázy při jízdě přes jazyky a srdcovku výhybky. Při jízdě odbočkou přistupuje ještě odpor oblouku výhybky. Výhybkový odpor tedy není konstantní po celé délce výhybky.

Proto se odpor výhybek udává pomocí měrné odporové práce potřebné na překonání těchto odporů.

Poslední složkou zahrnovanou do traťových odporů je odpor tunelu (odpor tlakovou vlnou v tunelu). Při průjezdu tunelem, zejména jednokolejným, se vytlačuje sloupec vzduchu a současně dochází k silnému víření vzduchu. Síla vyvolaná tímto efektem představuje další složku traťového odporu. Z pohledu vozidlového odporu se zvyšuje jeho aerodynamická složka u kvadratického členu polynomu. Zdroj [28] uvádí pro tento případ vztah:

$$w_v = A + B \cdot v + C_T \cdot v^2 = A + B \cdot v + k_T \cdot C \cdot v^2 \quad [\text{N.kN}^{-1}, \text{m.s}^{-1}] \quad (3-37)$$

$k_T$  je tzv. tunelový faktor a dosahuje následujících hodnot:

$k_T = 2$             široké tunely s volným prostorem

$k_T = 3-4$         úzké a těsné tunely

Pro urychlení práce při ručních výpočtech zjišťování průběhu jízdy vlaku se slučují měrné odpory z oblouku s odpory ze sklonu trati, je možno sloučit několik sousedních úseků do jednoho s náhradní hodnotou sklonu. Takto upravený profil trati se nazývá redukovaný profil trati. Při redukování traťového profilu se dodržují zásady uvedené v předpise ČD/SŽDC V7. Vztah pro redukovaný profil trati vychází z podmínky rovnosti fiktivní a skutečně vykonané trakční práce [15]:

$$s_r = \frac{\sum s_i \cdot l_i + \sum w_o \cdot l_o}{1000} \quad [\text{N.kN}^{-1}, \text{‰}, \text{m}] \quad (3-38)$$

$s_i$  – je stoupání na daném 1000 m dlouhém úseku

$l_i$  – je délka příslušného sklonu v daném úseku

$l_o$  – je délka oblouků v daném úseku,

$w_o$  – měrný odpor příslušných oblouků.

Hodnoty pro měrný odpor z oblouku se pohybují zhruba v následujících intencích [16]:

$w_{obl}$  ... roste se zmenšujícím se poloměrem max. cca  $40 \text{ N.t}^{-1}$  (odpovídá 4‰)

Nejzásadnější význam má pro posuzování traťových odporů vliv odporových sil závislých na pojížděném sklonu.



### 3.1.4 Adheze

Adheze je fyzikální jev definovaný jako přilnutí dvou předmětů. Adheze mezi kolem a kolejnicí umožňuje přenos tečných (tažných a brzdných) sil. Ve styčné ploše se uplatňují dva jevy uskutečňující adhezi: zazubené nerovnosti a síly molekulární přitažlivosti [15].

Vzhledem k vysokému měrnému tlaku v místě dotyku kola a kolejnice dochází k pružné deformaci – v nabíhající části kola je materiál stlačován a materiál v části kola opouštějící styčnou plochu je roztahován. To způsobuje rozdíl v dráze projeté středem kola a v dráze odvalené obvodem kola. Tento jev se nazývá pružný skluz a jeho míra je úměrná tečné síle, resp. adhezní síle. Při překročení mezní míry pružného skluzu (překročení adheze) dochází k porušení mezimolekulárních vazeb mezi kolem a kolejnicí a vzniká skluz nebo smyk kol a zároveň dochází k poklesu přenášené tečné síly (menší součinitel tření). Velikost adheze charakterizuje koeficient adheze; poměr tečné a kolmé (svislé kolové síly) síly ve styku kola a kolejnice [15]:

$$\mu = \frac{F_a}{G} \quad [1; \text{kN}, \text{kN}] \quad (3-39)$$

kde:  $\mu$  – je součinitel adheze,

$F_a$  – je tečná síla ve styku kola a kolejnice,

$G$  – je svislá kolová síla.

Z tohoto vzorce se dá odvodit maximální tečná síla (brzdná/tažná), kterou lze přenést na styku kola a kolejnice, nazývá se adhezní síla:

$$F_a = \mu \cdot G = \mu \cdot \varepsilon \cdot g \cdot m_a \quad [\text{kN}, 1, 1, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{t}] \quad (3-40)$$

kde:  $\mu$  – je součinitel adheze,

$F_a$  – tečná síla ve styku kola a kolejnice,

$G = m_a \cdot g$  – svislá kolová síla.

$\varepsilon$  – koeficient využití adheze (parametr vozidla)

$m_a$  – adhezní hmotnost, což je část hmotnosti hnacího vozidla, jejíž tíha působí na hnaná dvojkolí. Pouze tyto prostřednictvím adheze vyvozují tažnou sílu

Velikost součinitele adheze není konstantní a závisí na mnoha činitelích:

- rychlost jízdy (s rostoucí rychlostí  $\mu$  klesá),
- kolové zatížení
- rovnoměrnost kroutícího momentu,

d) stav kolejnic a kol (sucho, vlhko, čistota, sníh, námraza, pískování).

Pro velké množství působících činitelů je obtížné určit součinitel adheze přesně, a proto se pro jeho určení používají empirické vzorce. Nejpoužívanější jsou vzorce Curtiuse a Knifflera:

$$\mu = \frac{7,5}{V + 44} + 0,161, \text{případně } \mu = 0,9 \cdot \left( \frac{7,5}{V + 44} + 0,161 \right) \quad (3-41)$$

pro  $V = 0$  až  $160 \text{ km.h}^{-1}$

Hodnoty parametrů  $\mu$  a  $\varepsilon$  se pohybují v následujících intervalech [16] :

$\varepsilon$	cca 0,9	vždy je $\varepsilon \leq 1$
$\mu$		
max. za ideálních podmínek	0,4	
za sucha	0,33	
běžné podmínky	0,25	
zhoršené	0,15	
extrémně špatné	0,08	

všechny hodnoty platí při rychlosti blízké nule, s rostoucí rychlostí tyto hodnoty klesají (při 100 km/h na cca 2/3).

### 3.1.5 Adhezní poměr a počáteční zrychlení

Pro velikost počátečního zrychlení je důležitou veličinou tzv. adhezní poměr, tj. podíl adhezní hmotnosti hnacího vozidla a celkové hmotnosti soupravy včetně lokomotivy. V případě rozjezdu vlaku na přímé vodorovné trati platí, že pokud nemá dojít k prokluzu hnacího vozidla, je tažná síla na obvodu kol rovna nejvýše adhezní tažné síle:

$$F_t = F_a = \mu \cdot \varepsilon \cdot g \cdot m_a \quad [\text{kN}, 1, 1, \text{m.s}^{-2}, \text{t}] \quad (3-42)$$

Výsledná síla  $F$ , ze které se dále odvodí velikost počátečního zrychlení a celé soupravy, je menší o vozidlový odpor vlaku (hnacích vozidel a soupravy)  $W_v$ . Platí tedy, že:

$$F_t - W_v = F \quad [\text{kN}] \quad (3-43)$$

Po dosazení z rovnice (3-42) platí:

$$\mu \cdot \varepsilon \cdot g \cdot m_a - 0,001 \cdot m \cdot g \cdot w_v = m \cdot a \cdot (1 + \rho) \quad [1, 1, \text{m.s}^{-2}, \text{t}, \text{t}, \text{N.kN}^{-1}, \text{t}, \text{m.s}^{-2}, 1] \quad (3-44)$$

$m$  hmotnost celého vlaku

$m_a$  adhezní hmotnost hnacího vozidla

pro rozjezdové zrychlení na vodorovné přímé trati platí:

$$a = \frac{\mu \cdot \varepsilon \cdot g \frac{m_a}{m} - g \cdot 0,001 \cdot w_V}{1 + \rho} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}, 1, 1, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{t}, \text{t}, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{N} \cdot \text{kN}^{-1}, 1] \quad (3-45)$$

Při obvyklých hodnotách, po úpravě a zjednodušení a použití vzorce Curtius-Knifflera ( $\mu = 0,25$ ;  $\varepsilon = 0,9$ ;  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ;  $w_V = 20 \text{ N} \cdot \text{kN}^{-1}$ ;  $1 + \rho = 1,06$ ), vychází pro počáteční zrychlení na vodorovné přímé trati a zjednodušený tvar [17]:

$$a = 2 \frac{m_a}{m} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{t}, \text{t}] \quad (3-46)$$

při dobrých podmínkách adheze ( $\mu = 0,33$ ;  $\varepsilon = 1$ ;  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ;  $w_V = 20 \text{ N} \cdot \text{kN}^{-1}$ ,  $1 + \rho = 1,06$ ); pak platí:

$$a = 3 \frac{m_a}{m} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{t}, \text{t}] \quad (3-47)$$

V případě rozjezdu ve stoupání platí:

$$a = \frac{\mu \cdot \varepsilon \cdot g \left( \frac{m_a}{m} - 0,001 \cdot w_V - 0,001 \cdot g \cdot s - 0,001 \cdot w_{obl} \right)}{1 + \rho} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}, 1, 1, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{t}, \text{t}, \text{N} \cdot \text{kN}^{-1}, 1] \quad (3-48)$$

Hodnoty pro počáteční zrychlení se pohybují pro vodorovnou přímou trať zhruba v následujících rozmezech [16]:

teoretická max. hodnota (omezená adhezí)	3,0 $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
příměstské elektrické jednotky	0,5 – 1,0 $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
krátké elektrické osobní vlaky	0,3 – 0,5 $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
těžké elektrické rychlíky, motorové osobní vlaky	0,2 – 0,3 $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

### 3.1.6 Trakční výkon hnacího vozidla

Trakční výkon je mechanický výkon hnací síly vyvozované točivým momentem trakčního soustrojí na obvodu hnacích kol při jízdě. Trakční výkon je omezen výkonovou charakteristikou trakčního soustrojí a adhezí. Trakční výkon potřebný pro jízdu vozidla nebo vlaku je dán součinem potřebné tažné síly na obvodu hnacích kol a rychlosti jízdy podle vztahu pro výkon [15]:

$$P_t = F_t \cdot v \quad [\text{W}, \text{N}, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3-49)$$

v případě jednotek užívaných více v praxi:

$$P_t = \frac{F_t \cdot V}{3,6} \quad [\text{kW, kN, km.h}^{-1}] \quad (3-50)$$

Pro tažnou sílu na obvodu kol platí analogicky:

$$F_t = \frac{P_t \cdot 3,6}{V} \quad [\text{kN, kW, km.h}^{-1}] \quad (3-51)$$

Tažná síla na obvodu hnacích kol je menší než tažná síla z prvotního (jmenovitého) výkonu o ztráty vzniklé v soustrojí přenosu výkonu mezi trakčním motorem a hnacím dvojkolím, o sílu potřebnou k pohonu pomocných pohonů, v případě nezávislé trakce o ztráty na spalovacím motoru atd. Účinnost přenosového mechanismu je různá dle druhu přenosu [14]. Zdroj [28] udává následující hodnoty:

Nezávislá trakce:

Přenos	celková účinnost hnacího vozidla (elektrické i mechanické části)
Mechanický stupňový	0,88
Hydrodynamický	0,75
Elektrický	0,83

Závislá trakce:

elektrická hnací vozidla 3000V=	0,80
elektrická hnací vozidla 25kV~	0,85

**Tažná síla na háku** je užitečná tažná síla použitelná k tažení vozové soupravy. Je menší než tažná síla na obvodu kol o vozidlový odpor lokomotivy, resp. hnacího vozidla. Platí tedy:

$$F_H = F_t - W_L = F_t - M_L \cdot g \cdot w_L \quad [\text{N, t, m.s}^{-2}, \text{N.kN}^{-1}] \quad (3-52)$$

### 3.1.7 Měrný výkon

Dosažení příslušné rychlosti závisí nejen na výkonu hnacího vozidla, ale též na hmotnosti celého vlaku, který je tímto vozidlem tažen (při jízdě po rovině). Příslušným ukazatelem je tzv. měrný trakční výkon na obvodu kol [17]. Platí vztah:

$$p_t = \frac{P_t}{m}, \quad [\text{kW.t}^{-1}, \text{kW, t}] \quad (3-53)$$

$P_t$  trakční výkon na obvodu kol

$m$  hrubá hmotnost vlaku (tj. včetně hmotnosti hnacích vozidel) při obsazení všech míst k sezení

Po dosažení maximální možné rychlosti se předpokládá rovnoměrný pohyb vozidla, tzn. platí rovnováha tažné síly na obvodu kol a odporových sil (3-4), tak aby bylo možno požadovanou rychlost udržet. Po dosažení do vzorce (3-53) dostáváme následující vztah:

$$p_t = \frac{P_t}{m} = \frac{F_t \cdot V}{m \cdot 3,6} = \frac{0,001 \cdot g \cdot m \cdot (w_V + w_T) \cdot V}{m \cdot 3,6} = \frac{0,001 \cdot g \cdot (w_V + w_T) \cdot V}{3,6}$$

$$[\text{kW} \cdot \text{t}^{-1}; \text{N} \cdot \text{kN}^{-1}, \text{N} \cdot \text{kN}^{-1}, \text{km} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (3-54)$$

Pro maximální dosažitelnou rychlost tedy platí:

$$V = \frac{p_t \cdot 3600}{g \cdot (w_V + w_T)} [\text{km/h}, \text{kW/t}; \text{N} \cdot \text{kN}^{-1}, \text{N} \cdot \text{kN}^{-1}] \quad (3-55)$$

Z rovnice (3-55) je patrné, že teoreticky při konstantních parametrech odporových sil je maximální dosažitelná rychlost přímo úměrná měrnému výkonu posuzovaného vlaku. Autor [17] ve své stati uvádí, že v případě vlaků osobní dopravy je potřeba dosáhnout traťovou rychlost s jistým zbytkovým (konečným) zrychlením. Jednak proto, aby rozjezd netrval neúměrně dlouho, a dále se jedná o určitou výkonovou rezervu, např. pro případ většího obsazení stojícími cestujícími. Stanovení relativně malého konečného zrychlení  $0,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  představuje dobu trvání poslední fáze rozjezdu (posledních 10 km/h před dosažením traťové rychlosti) cca 1 minuta. Ilustrovat tuto hodnotu lze i tak, že se přibližně jedná o rezervu ve stoupání ve výši 5‰ [17].

### 3.1.8 Trakční charakteristika

Průběh tažné síly v závislosti na rychlosti zobrazuje tzv. trakční charakteristika lokomotivy. Trakční charakteristika vyjadřuje závislost průběhu rychlosti (osa x) a tažné síly tažného hnacího vozidla (osa y). Těmito údaji jsou prakticky určeny trakční vlastnosti vozidel. Jedná se především o limitní parametry mající vliv průběh jízdy vlaku, rychlost a tím i jízdní dobu.

První omezení je adhezní. V případě nedostatečné adhezní hmotnosti se průběh trakční charakteristiky pohybuje na mezi adheze, dokud není adhezní síla menší než síla hnacího vozidla na obvodu kol. Vzhledem k tomu, že omezení adheze je především v době rozjezdu vlaku, má adhezní poměr výrazný vliv na dobu rozjezdu vlaku. Zvýšení tažné síly přidáním přípravního nebo postrkového vozidla tak má za cíl především urychlit rozjezd soupravy,

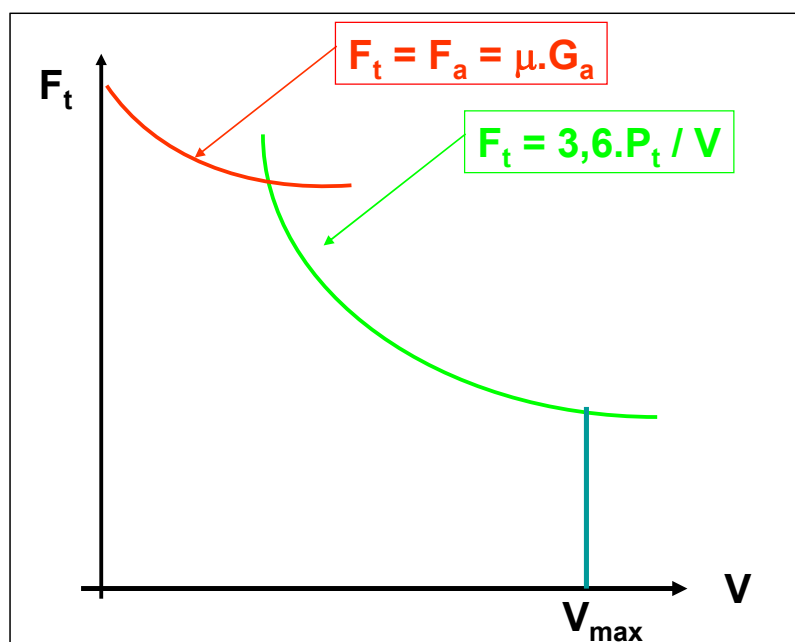
nikoliv zvýšit maximální dosažitelnou rychlost. Vozidla o vysokém výkonu s nízkou adhezní hmotností tak často nemohou tento vysoký instalovaný výkon pořádně využít.

Další omezení je maximálním výkonem hnacího vozidla. V okamžiku, kdy je tažná síla na obvodu kol menší než síla adhezní, pohybuje se průběh trakční charakteristiky po hyperbole, kde s rostoucí dosaženou rychlostí klesá tažná síla. Výrazný vliv na využití maximálního rychlostního profilu má v této oblasti jízdy vlaku měrný výkon hnacího vozidla. Čím vyšší měrný výkon souprava má, tím vyšší maximální rychlost je schopna dosáhnout. Dosažitelná rychlost je rovněž ovlivněna vozidlovými a traťovými odpory.

Posledním omezením je maximální konstrukční rychlost hnacího vozidla. V případě, že je v soupravě vozidlo s nižší konstrukční rychlostí, není tato hranice rychlosti dosažena.

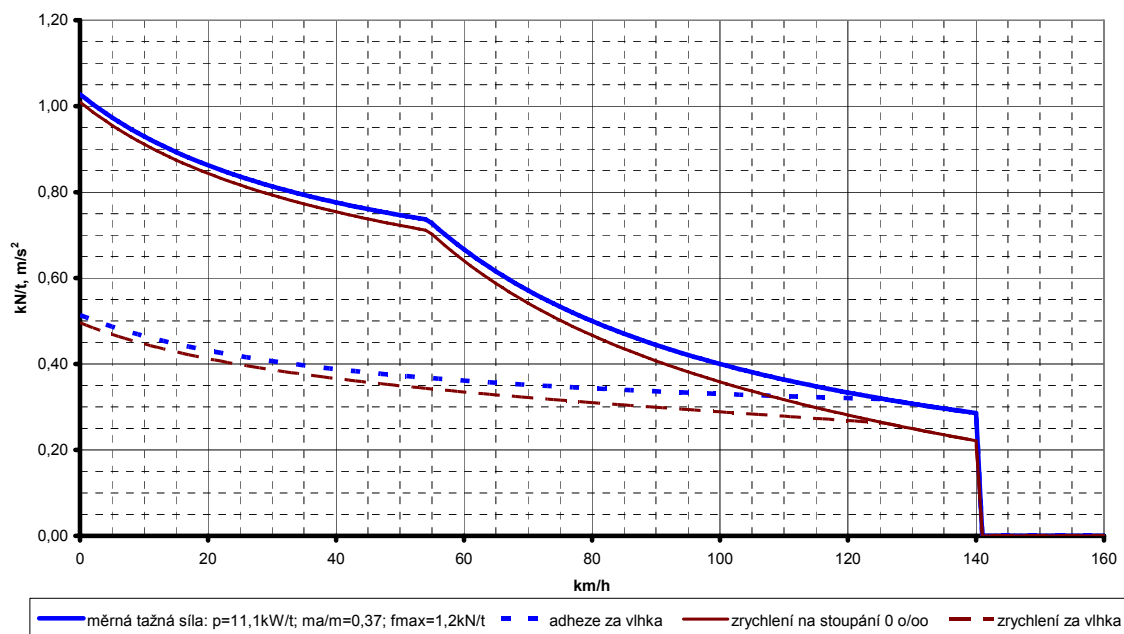
Tato omezení se vyskytují z podstaty věci u všech vozidel. S přihlédnutím ke způsobu regulace nebo druhu přenosu výkonu se mohou u některých typů vozidel vyskytnout i další omezení (omezení max. trakčním proudem, omezení max. napětím trakčních motorů apod.).

Na obrázku 3-5 je znázorněna trakční charakteristika v měrných jednotkách vztažená k jednotce hmotnosti vlaku (zde 1 tuna). Z grafu je patrné, že měrná tažná síla má obdobný průběh jako trakční zrychlení hnacího vozidla, s tím, že hodnota zrychlení je menší o velikost měrného vozidlového odporu a hodnotu součinitele rotujících hmot. Graf platí pro jízdu na rovině.



Obrázek 3-4 Trakční charakteristika, Zdroj: autor

### Měrná tažná síla a zrychlení vlaku



Obrázek 3-5 Trakční charakteristika uvedená v měrných jednotkách doplněná o průběh měrné tažné síly a zrychlení při zhoršené adhezi, Zdroj: [17]

### 3.1.9 Vyšetřování pohybu vlaku - stanovení jízdních dob

V současné době se pro výpočet jízdních dob používá výpočetní technika. Vytvoří se jízdní model vlaku, pro který se v příslušném SW sestaví jízdní řád. Z pohybové rovnice vlaku se počítají jízdní doby na základě podrobné charakteristiky traťových poměrů. Podklady pro tyto výpočty tvoří vztahy pro výpočet jízdních vozidlových odporů, traťových odporů, redukovaný profil tratě a trakční charakteristiky vozidel. Pro stanovení jízdní doby se vychází z rovnice [19]:

$$v(t) = \frac{dl}{dt} \quad [m \cdot s^{-1}, m, s] \quad (3-56)$$

$$a(t) = \frac{dv}{dt} \quad [m \cdot s^{-2}, m \cdot s^{-1}, s] \quad (3-57)$$

$$l(t) = l_0 + \int v(t) dt \quad [m, m, m \cdot s^{-1}, s] \quad (3-58)$$

$$v(t) = v_0 + \int a(t) dt \quad [m \cdot s^{-1}, m \cdot s^{-1}, m \cdot s^{-2}, s] \quad (3-59)$$

Nadstavbou programů pro výpočet jízdních dob bývá často i výpočet spotřebované energie.

### 3.1.10 Specifická spotřeba energie pro jízdu vlaku

Důležitým ukazatelem efektivnosti provozu je energetická spotřeba. Skutečná odebraná energie se zjišťuje nejpřesněji pomocí přímého měření. Pro výpočet měrné energetické spotřeby je možno použít několik metod [15]:

- přímé zjišťování měrných spotřeb - praktickým měřením,
- výpočtem vykazované trakční práce – teoreticky,
- určení spotřeby energie pomocí spotřebních křivek hnacích vozidel - sledování změn spotřeby při dynamických změnách jízdy.

Pro energii spotřebovanou jízdu vozidla platí následující základní vztah:

$$A = A_{\text{roz}} + A_{\text{konst}} \quad [\text{kJ}, \text{kJ}, \text{kJ}] \quad (3-60)$$

$A_{\text{roz}}$  je energie spotřebovaná na rozjezd vozidla. Přitom je spotřebovaná kinetická energie na rozjezd vozidla a dále energie na překonání vozidlových a traťových odporů na úseku, kde dochází k rozjezdu. Při rozjezdu mají dále vliv na spotřebovanou energii rotující části vlaku, což je zohledněno součinitelem rotujících částí  $\rho$ .  $A_{\text{konst}}$  je energie spotřebovaná pro udržení rovnoměrného pohybu díky překonání vozidlových a traťových odporů.

V případě brzdění se energie maří u elektrodynamického brzdění v brzdových odporcích nebo v případě rekuperace u elektrické trakce se předává zpět do sítě. Na síti SŽDC je umožněna rekuperace pouze do stejnosměrné sítě. Zdroj [20] dále udává, že spádová rekuperace je na síti SŽDC u vlaků osobní dopravy (tj. u dálkových vlaků) zanedbatelná. Důležitější je přínos zastavovací rekuperace u zastávkových vlaků.

Efektivita rekuperace závisí na poměru energie získané rekuperací k energii spotřebované při rozjezdu je, kromě jiných faktorů, závislý i na poměru adhezní a celkové hmotnosti vlaku (pokud jsou běžné nápravy brzděny třecí brzdou s přibližně stejným účinkem, jako má elektrodynamická brzda (EDB)). Je tedy i z tohoto důvodu žádoucí, aby poměr adhezní a celkové hmotnosti byl u zastávkových vlaků co nejvyšší. To rovněž vede k požadavku provozu ucelených elektrických a motorových jednotek. Jako příklad zmíněných úvah lze uvést náhradu elektrických jednotek ř. 460 řadou 471, kdy by spotřeba elektrické trakční energie připadající na shodný dopravní výkon poklesla zhruba



o celých 70%, tj. na 30% původní spotřeby jednotek ř. 460 (!). Obdobné údaje by zcela jistě byly dosaženy u jednotek ř. 560, pokud by bylo možno využívat rekuperaci v napájecím systému 25kV/50Hz [20].

Pro  $A_{roz}$  platí [16, 18, 20]:

$$A_{roz} = 0,5 \cdot (1 + \rho) \cdot m \cdot (v_2^2 - v_1^2) + 0,001 \cdot m \cdot g \cdot L_{roz} \cdot (w_{vstř} + w_t)$$

$$[\text{kJ}, \text{t}, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{m}] \quad (3-61)$$

$$w_{vstř} = 0,5 \cdot (w_v(v_1) + w_v(v_2)) \quad (3-62)$$

$w_{vstř}$	střední měrný vozidlový odpor vlaku (střední hodnota měrného vozidlového odporu závislá na počáteční rychlosti a rychlosti před zahájením výběhu)
$w_v(v_1)$	měrný vozidlový odpor vlaku při rychlosti $v_1$
$w_v(v_2)$	měrný vozidlový odpor vlaku při rychlosti $v_2$
$w_t$	měrný traťový odpor vlaku
$L_{roz}$	ujetá vzdálenost při rozjezdu vlaku na rychlost před zahájením výběhu
$m$	hmotnost vlaku včetně cestujících, resp. nákladu
$\rho$	součinitel rotujících částí, vliv při rozjezdu
$g$	tíhové zrychlení
$v_1$	počáteční rychlost jízdy vlaku (při rozjezdu z klidu = 0 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )
$v_2$	rychlost jízdy vlaku před zahájením výběhu

Pro  $A_{konst}$  platí [18]:

$$A_{konst} = 0,001 \cdot m \cdot g \cdot L_{konst} \cdot (w_v + w_t) \quad [\text{kJ}, \text{t}, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{m}, \text{N} \cdot \text{kN}^{-1}, \text{N} \cdot \text{kN}^{-1}] \quad (3-63)$$

$w_v$	měrný vozidlový odpor vlaku při rychlosti $v_2$
$w_t$	měrný traťový odpor vlaku
$L_{konst}$	ujetá vzdálenost při konstantní rychlosti
$m$	hmotnost vlaku

Celková spotřebovaná práce se tedy zhruba rovná:

$$A = 0,5 \cdot (1 + \rho) \cdot m \cdot (v_2^2 - v_1^2) + 0,001 \cdot m \cdot g \cdot L_{\text{roz}} \cdot (w_{\text{vstř}} + w_t) + 0,001 \cdot m \cdot g \cdot L_{\text{konst}} \cdot (w_v + w_t) \quad [\text{kJ}, 1, \text{t}, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{t}, \text{ms}^{-2}, \text{km}, \text{N} \cdot \text{kN}^{-1}, \text{N} \cdot \text{kN}^{-1}] \quad (3-64)$$

Pro stanovení spotřeby elektrické energie platí [18]:

$$E = \frac{A}{3600 \cdot \eta_c} \quad [\text{kWh}, \text{kJ}, 1] \quad (3-65)$$

A trakční práce na obvodu kol

$\eta_c$  celková účinnost hnacího vozidla (elektrické i mechanické části - přenos výkonu, účinnost měničů, trakčního motoru, spotřeba pomocných pohonů atd.)

E spotřeba el. energie pro trakci na sběrači hnacího vozidla

Pro stanovení spotřeby nafty u nezávislé trakce platí [18]:

$$B = \frac{A \cdot b}{\rho_p \cdot \eta} \quad [\text{litr}, \text{kWh}, \text{g} \cdot \text{kWh}^{-1}, 1, \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (3-66)$$

A trakční práce na obvodu hnacích kol

$\eta$  celková účinnost hnacího vozidla od výstupu na hřídeli spalovacího motoru (přenos výkonu, účinnost měničů, trakčního motoru, spotřeba pomocných pohonů atd.)

b měrná spotřeba nafty

$\rho_p$  hustota nafty (udává se v rozsahu 800 - 880  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

B spotřeba motorové nafty pro trakci

### 3.1.11 - Dílčí závěr - Shrnutí základních parametrů vozidel

#### Závěry převzaté z odborných materiálů

Parametry vozidel pro dálkovou a regionální dopravu (včetně příměstské) se výrazně liší. Vyjde-li se z předpokladu charakteru provozu, je pro regionální a příměstské zastávkové vlaky potřeba vozidel s daleko lepšími dynamickými parametry než u vozidel pro konvenční dálkovou dopravu. Z hlediska využití parametrů infrastruktury je mnohdy možné časté

nedosažení maximální traťové rychlosti v závislosti na vzdálenosti zastávek. Pavel Šiman ve své interní studii pro ČD [17] udává následující předpoklady:

Pro dálkovou dopravu je jedním z nejdůležitějších požadavků maximální využití možností infrastruktury, tj. především bezproblémové dosažení traťové rychlosti i na maximálním sklonu trati, a to jak z hlediska trakčního výkonu a adheze při jízdě do stoupání, tak i z hlediska dostatečného brzdění vlaku při jízdě po spádu. Velikost rozjezdového zrychlení ani délka pobytu v zastávce nemá, vzhledem k větším vzdálenostem mezi zastávkami, významný vliv na jízdní (cestovní) dobu. Protože zastavení nejsou příliš častá, dá se za špatných adhezních podmínek předpokládat využití pískování při rozjezdu.

Pro zastávkovou dopravu, kde je délka rozjezdů a brzdění srovnatelná s délkou mezizastávkového úseku, vystupují do popředí ještě další hlediska a parametry, které ovlivňují celkovou jízdní a cestovní dobu. Využití traťové rychlosti je méně významné, než u dálkové dopravy (u krátkých úseků není její dosažení často ani technicky resp. fyzikálně možné). Kromě posuzování jízdy v ustáleném stavu se více uplatňují i dynamické vlivy při rozjezdu a brzdění vlaku. Nezanedbatelný vliv na cestovní dobu má rovněž doba pobytu v zastávkách. Kromě posuzování jízdy v ustáleném stavu se více uplatňují i dynamické vlivy při rozjezdu a brzdění vlaku. Pro často zastavující vlaky je třeba brát v úvahu i podstatně zhoršené adhezní podmínky, které (na rozdíl od dálkové dopravy) je nutno zvládnout převážně bez využití pískování (vzhledem k omezené kapacitě písečníků). Je proto vhodnější při základním posouzení rozjezdů zastávkových vlaků uvažovat přímo zhoršené adhezní podmínky bez pískování. Fyziologickým limitem pro maximální zrychlení vlaku je jeho vliv na cestující (zvláště u příměstských vlaků se často jedná i o stojící cestující), udávají se maximální hodnoty okolo  $1,0 - 1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Z hlediska bezpečného brzdění vlaku při použití jen adhezních brzd je vhodné uvažovat brzdné zpomalení pouze  $0,6 - 0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Maximální reálně dosažitelná hodnota rozjezdového zrychlení závisí především na poměru adhezní a celkové hmotnosti a adhezních podmínkách, v oblasti vyšších rychlostí je pak omezena dostupným měrným trakčním výkonem [17].

## **Vlastní závěry**

Z předchozí kapitoly vyplývá důležitost dvou parametrů vozidla či soupravy pro dosažení potřebných dynamických parametrů:

1. Poměr celkové a adhezní hmotnosti (v textu uváděn jako adhezní poměr).
2. Měrný trakční výkon (v textu uváděn též jako měrný výkon).

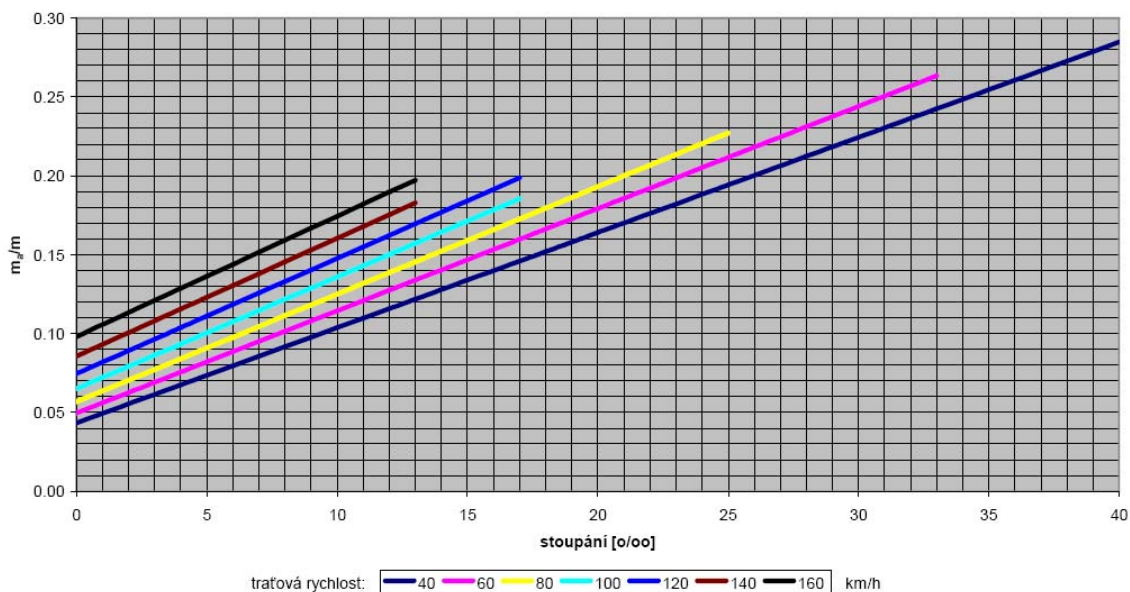
Důležitým faktorem ovlivňující níže uvedená tvrzení výše uvedených veličin jsou adhezní podmínky. V rámci práce je uvažováno s ideálními adhezními podmínkami ( $\mu = 0,25$ ;  $\varepsilon = 0,9$ ). V případě zhoršených adhezních podmínek (50% adheze) platí dané závěry v omezené míře, což se prakticky projevuje v požadavcích na vyšší hodnoty především adhezního poměru, než pro podmínky adhezně optimální.

Pro typové hodnoty měrného výkonu a adhezního poměru byly zpracovány různé závislostní charakteristiky s výsledným dopadem do jízdní doby vlaku:

- Závislost adhezního poměru na stoupání trati a maximální traťové rychlosti:
  - jedná se o minimální nutné hodnoty adhezního poměru, aby byla za daných podmínek maximálně využita traťová rychlost (požadavek na co nejkratší možnou jízdní dobu);
  - důležité především při častých rozjezdech souprav.
- závislost počátečního zrychlení na adhezním poměru a sklonu tratě (obrázek 3-7 a 3-8):
  - posouzení dosažitelných počátečních zrychlení pro dobré adhezní podmínky - v závorce uvedené zjednodušené parametry vnějšího prostředí a parametry vozidel ( $\mu = 0,33$ ;  $\varepsilon = 1$ ;  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ ;  $w_V = 20 \text{ N.kN}^{-1}$ ;  $1+\rho = 1,06$ );
  - doplněno o srovnání s vybranými vozidly jezdící na síti SŽDC.
- závislost měrného trakčního výkonu na stoupání trati pro dosažení potřebného rychlostního profilu (obrázek 3-9 a 3-10):
  - jedná se o minimální hodnoty potřebného měrného trakčního výkonu v závislosti na sklonu tratě potřebné pro dosažení maximální traťové rychlosti;
  - v závorce uvedené zjednodušené parametry vnějšího prostředí a parametry vozidel ( $a_k = 0,05 \text{ m.s}^{-2}$ ;  $w_V = 18+0,00237.V^2 \text{ N.kN}^{-1}$ ;  $1+\rho = 1,06$ );
  - doplněno o srovnání s vybranými vozidly jezdící na síti SŽDC.

### Závislost poměru adhezni a celkové hmotnosti na stoupání trati

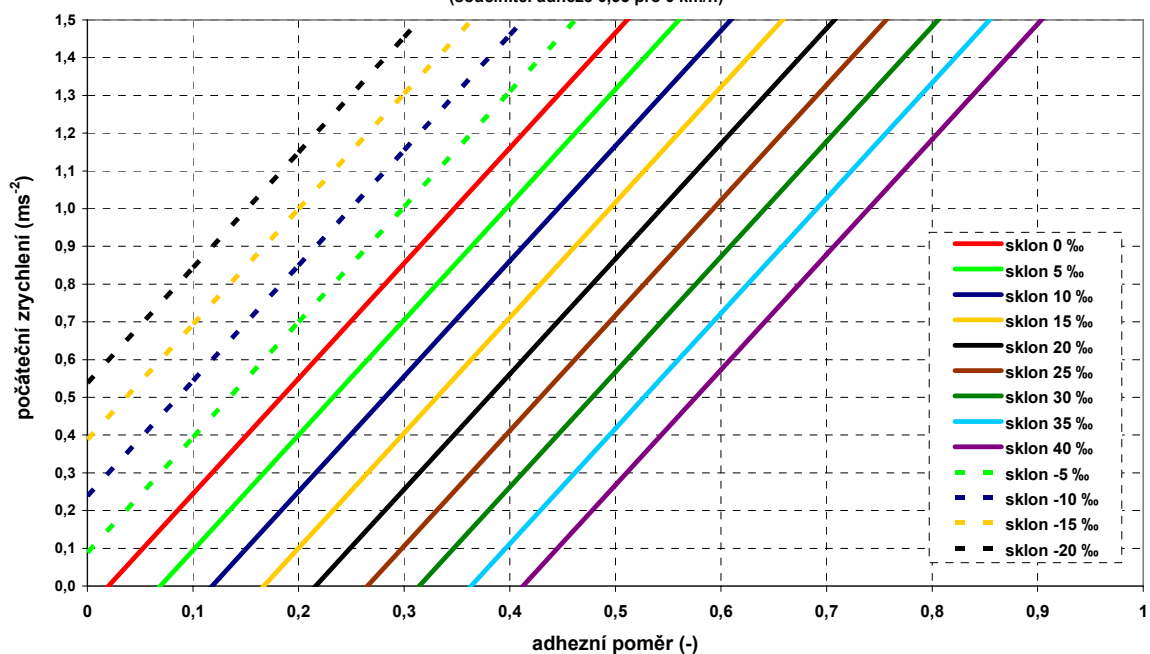
součinitel adheze 0.25 při 0 km/h,  $a_k = 0.05\text{m/s}^2$



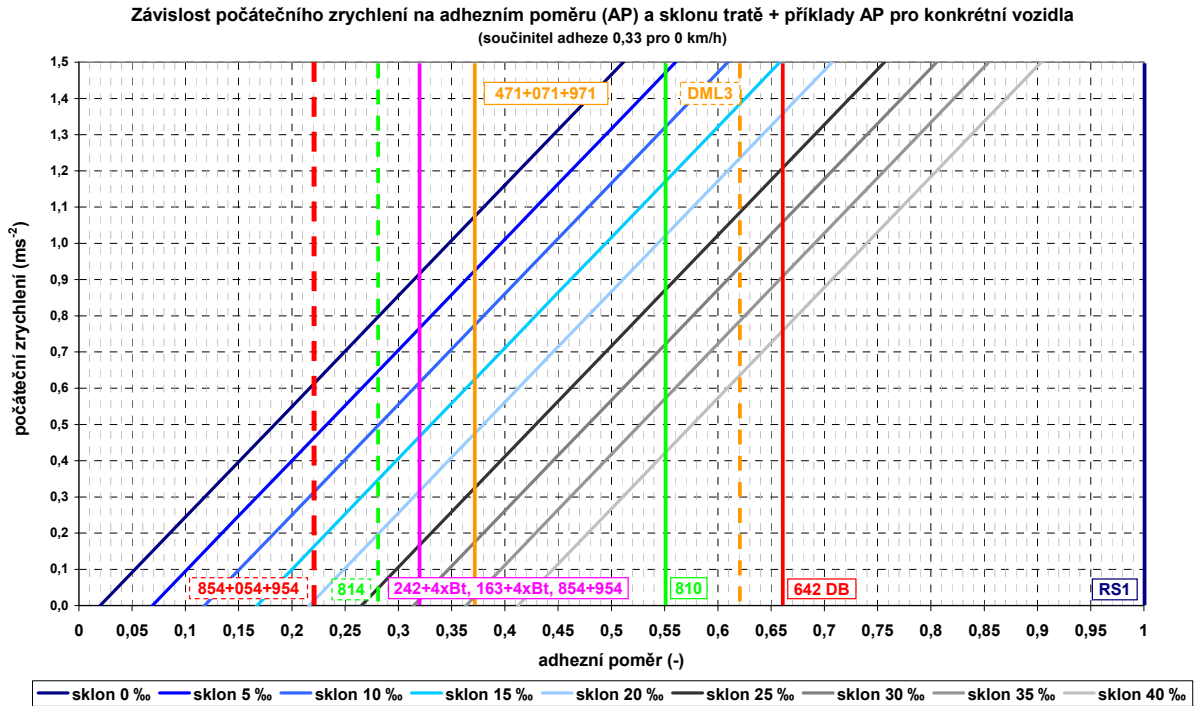
Obrázek 3-6 Závislost adhezniho poměru na stoupání trati pro dosažení potřebného rychlostního profilu (jedná se o minimální potřebné hodnoty, reálné hodnoty mohou být vyšší), Zdroj: [17]

### Závislost počátečního zrychlení na adhezniho poměru a sklonu tratě

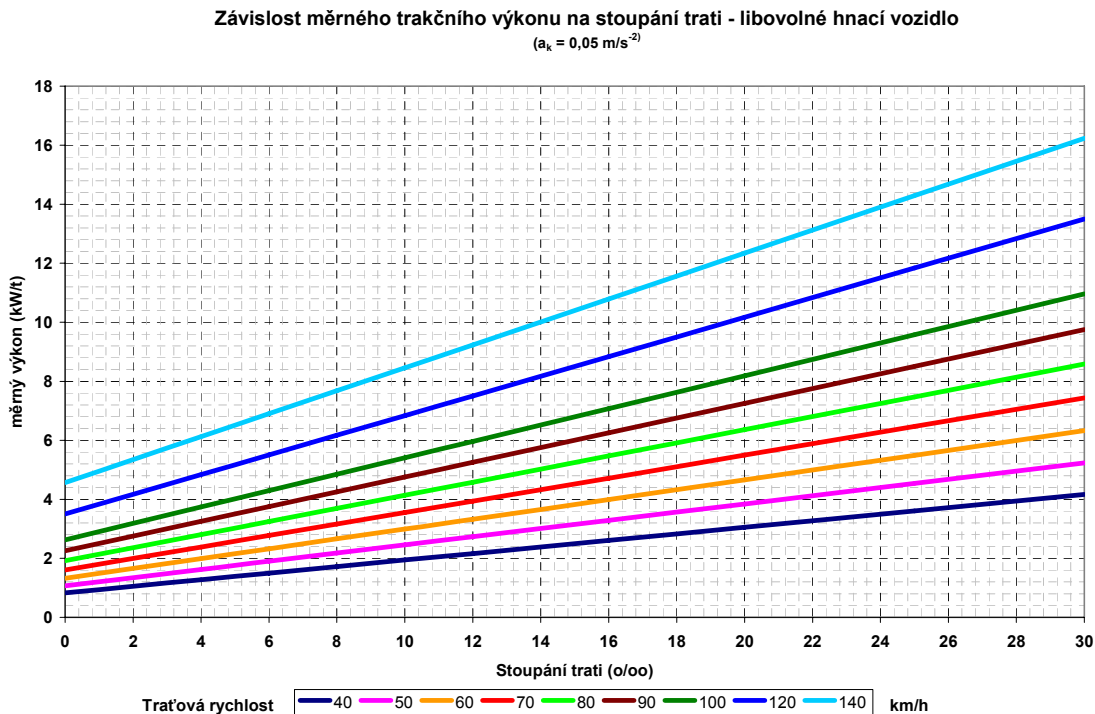
(součinitel adheze 0,33 pro 0 km/h)



Obrázek 3-7 Závislost počátečního zrychlení na adhezniho poměru a sklonu tratě, Zdroj: autor

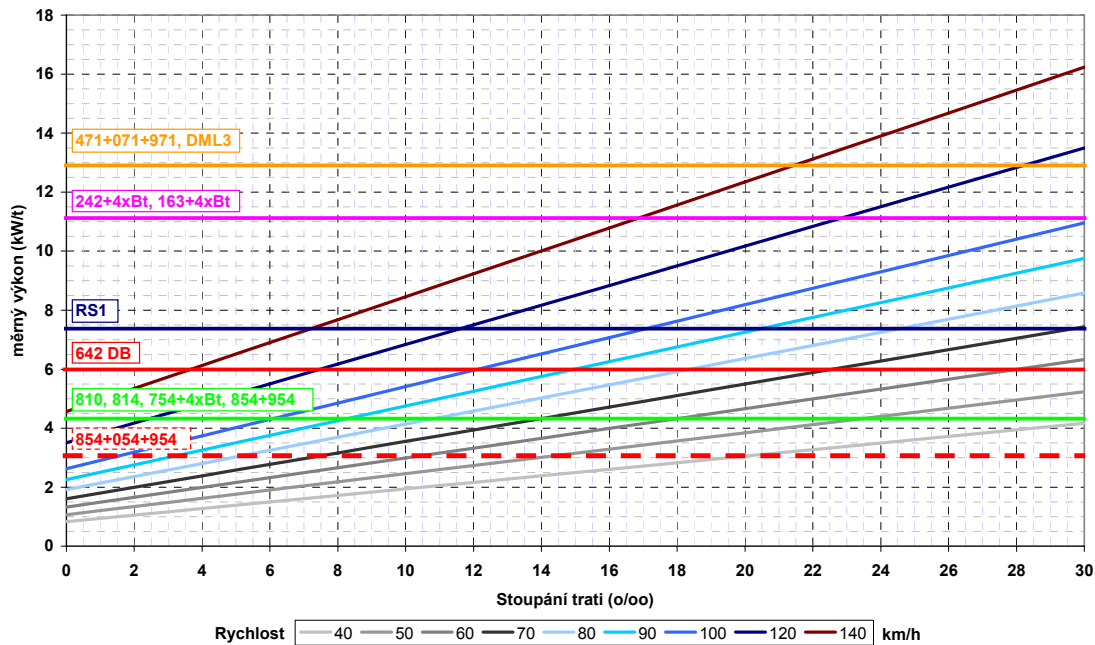


Obrázek 3-8 Závislost počátečního zrychlení na adhezním poměru a sklonu tratě s příklady adhezního poměru vybraných souprav, Zdroj: autor



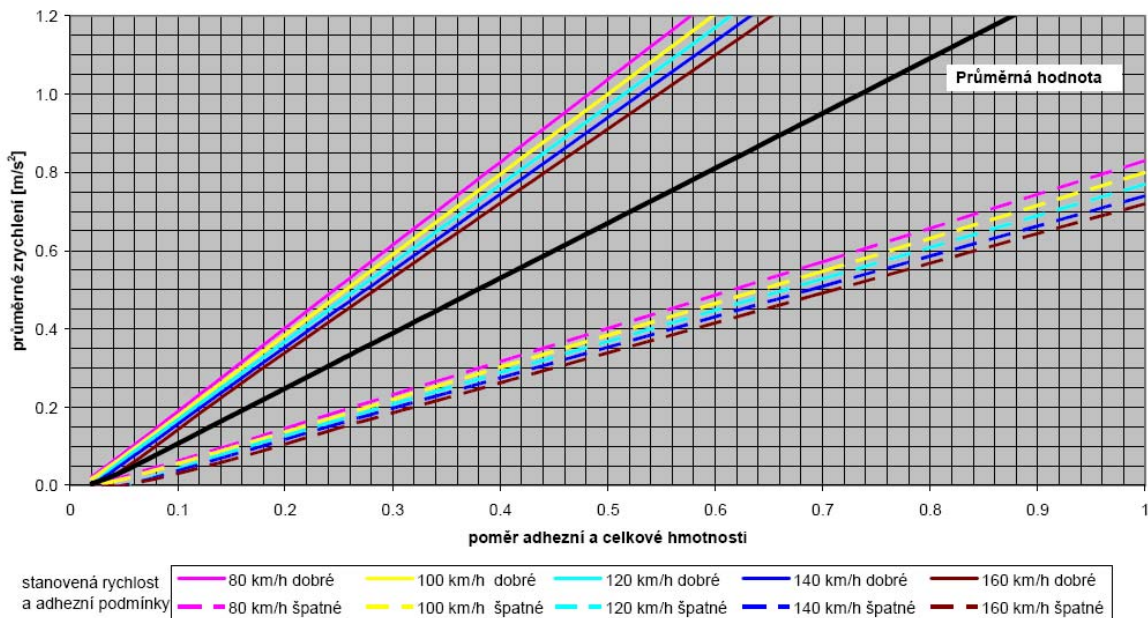
Obrázek 3-9 Závislost měrného trakčního výkonu na stoupání trati pro dosažení potřebného rychlostního profilu (jedná se o minimální potřebné hodnoty, reálné hodnoty mohou být vyšší), Zdroj: autor

Závislost měrného trakčního výkonu na stoupání trati + příklady měrného výkonu konkrétních vozidel  
( $a_k = 0,05 \text{ m/s}^2$ )



Obrázek 3-10 Závislost měrného trakčního výkonu na stoupání trati pro dosažení potřebného rychlostního profilu s příklady měrného výkonu hnacího vozidla u vybraných souprav, Zdroj: autor

Maximální průměrné zrychlení na vodorovné trati  
v závislosti na poměru adhezní a celkové hmotnosti a adhezních podmínkách



Obrázek 3-11 Závislost (teoretická) průměrného rozjezdového zrychlení na vodorovné trati na adhezním poměru a adhezních podmínkách pro hypotetický případ, kdy trakční výkon není omezen, Zdroj: [17].

- závislost měrného trakčního výkonu na stoupání trati pro dosažení potřebného rychlostního profilu (obrázek 3-9 a 3-10):
  - jedná se o minimální hodnoty potřebného měrného trakčního výkonu v závislosti na sklonu tratě potřebné pro dosažení maximální traťové rychlosti;
  - v závorce uvedené zjednodušené parametry vnějšího prostředí a parametry vozidel ( $a_k = 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ;  $w_v = 18 + 0,00237 \cdot V^2 \text{ N}\cdot\text{kN}^{-1}$ ;  $1 + \rho = 1,06$ );
  - doplněno o srovnání s vybranými vozidly jezdící na síti SŽDC.
- závislost průměrného rozjezdového zrychlení na vodorovné trati na adhezním poměru a adhezních podmínkách pro hypotetický případ, kdy trakční výkon není omezen (obrázek 3-11, zdroj [17]):
  - jedná se o minimální průměrného rozjezdového zrychlení za normální a snížené adheze v závislosti na adhezním poměru a stanovené maximální rychlosti;
  - Průměrné zrychlení zastávkových vlaků je možno do jisté míry zvýšit zvyšováním měrného trakčního výkonu, současně je však nutno zvyšovat i poměr adheze a celkové hmotnosti. Pokud se požadují vysoké hodnoty rozjezdového zrychlení a vysoká spolehlivost jeho dodržení i za zhoršených adhezních podmínek, pak je potřeba, aby vlaky pro zastávkovou dopravu dosahovaly poměrně vysoké hodnoty adhezního poměru. Zvláště v elektrické trakci to v podstatě znamená použití ucelených jednotek [17].

Pro posouzení vlivu měrného trakčního výkonu a adhezního poměru na jízdní dobu byly provedeny simulace rozjezdů, resp. jízd vlaku úsekem mezi dvěma zastávkami. Na základě rozboru uvedeného v příloze P1 byla jako typická vzdálenost mezi zastávkami zvolena hodnota 3 km, pro srovnání pak ještě vzdálenost 5 km. Simulace byla provedena pro omezení měrné tažné síly  $1,2 \text{ kN}\cdot\text{t}^{-1}$  (zhruba odpovídá max. zrychlení  $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  při nulové rychlosti), dobré adhezní podmínky a tyto kombinace dalších parametrů:

- traťová rychlost 40, 60, 90 a  $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , vzdálenost zastávek 3 km, sklon 0%, brzdné zpomalení  $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ,
- traťová rychlost 40, 60, 90 a  $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , vzdálenost zastávek 3 km, sklon 10%, brzdné zpomalení  $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ,



- o traťová rychlost 40, 60, 90 a 120 km.h<sup>-1</sup>, vzdálenost zastávek 3 km, sklon 20%, brzdné zpomalení 0,8 m.s<sup>-2</sup>,
- o traťová rychlost 60, 90 km.h<sup>-1</sup>, vzdálenost zastávek 5 km, sklon 0%, brzdné zpomalení 0,8 m.s<sup>-2</sup>,
- o traťová rychlost 60, 90 km.h<sup>-1</sup>, vzdálenost zastávek 5 km, sklon 10%, brzdné zpomalení 0,8 m.s<sup>-2</sup>.

vstupní podmínky simulace byly následující:

- |  |   |
|--|---|
| o hranice výběhu                             | 10 km.h <sup>-1</sup>   |
| o základní jízdní odpor (A)                  | 18 N.kN <sup>-1</sup>   |
| o kvadratický součinitel jízdního odporu (C) | 0,00237 N.kN <sup>-1</sup> .(km.h <sup>-1</sup> ) <sup>-2</sup> |
| o omezení tažné síly                         | 1,2 kN.t <sup>-1</sup>  |
| o součinitel rotačních hmot                  | 1,06  |
| o měrné výkony v rozsahu                     | 2 až 13 kW.t <sup>-1</sup>                                      |
| o adhezní poměry v rozsahu                   | 0,1 až 1  |

Hodnota brzdného zpomalení představuje zjednodušení vstupních podmínek. V reálném prostředí je skutečná hodnota ovlivněna např. sklonem trati. Použitá velikost zpomalení je pro podmínky intenzivního brzdění. Reálné provozní hodnoty se dle zdroje [16] pohybují v následujícím rozsahu:

a <sub>b</sub> ... nákladní vlaky	0,2 – 0,3 m.s <sup>-2</sup>
osobní vlaky	0,4 – 0,6 m.s <sup>-2</sup>
příměstské jednotky	0,7 – 0,9 m.s <sup>-2</sup>
max. hodnota při rychločinném brzdění	cca 1,5 m.s <sup>-2</sup>

V případě potřeby jiné hodnoty brzdného zpomalení než 0,8 m.s<sup>-2</sup> jsou v tabulce 3-2 uvedeny velikosti pro škálu hodnot zpomalení od 0,1 do 0,8 m.s<sup>-2</sup> pro rychlosti před brzděním od 40 do 140 km/h. Z tabulky 3-2 je patrné, že se rozdíl doby brzdění např. pro hodnoty 0,4 a 0,8 m.s<sup>-2</sup> pohybuje od 0,3 do 0,8 minuty.

Tabulka 3-2 Hodnoty doby brzdění pro konstantní hodnoty brzděného zpomalení a počáteční rychlosti brzdění, Zdroj: autor

doba brzdění [min]		brzděné zpomalení a [m.s <sup>-2</sup> ]							
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Rychlost před brzděním [km/h]	40	1,9	0,9	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2
	50	2,3	1,2	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3
	60	2,8	1,4	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
	70	3,2	1,6	1,1	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4
	80	3,7	1,9	1,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5
	90	4,2	2,1	1,4	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5
	100	4,6	2,3	1,5	1,2	0,9	0,8	0,7	0,6
	110	5,1	2,5	1,7	1,3	1,0	0,8	0,7	0,6
	120	5,6	2,8	1,9	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7
	130	6,0	3,0	2,0	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8
140	6,5	3,2	2,2	1,6	1,3	1,1	0,9	0,8	

V obrázcích P2-2 až P2-24 v příloze P2 jsou znázorněny graficky určené závislosti vlivu měrného trakčního výkonu a adhezního poměru na jízdní dobu. Modelové hodnoty byly porovnávány s parametry měrného výkonu a adhezního poměru vybraných souprav uvedených a červeně podbarvených v tabulce P2-1. Na základě dosažených výsledků se dá pro zastávkové vlaky zjednodušeně konstatovat:

1. pro dosažení potřebné traťové rychlosti stačí minimální adhezní poměr 0,4 až 0,5, pro zhoršené adhezní podmínky 0,5 až 0,6;
2. pro nízké traťové rychlosti (40-50 km.h<sup>-1</sup>) není výraznějšího rozdílu v jízdní době pro celé zjišťované spektrum měrných výkonů vozidel, nezávisle na sklonu trati pak pro hodnoty měrného výkonu 3 kW.t<sup>-1</sup> a vyšší;
3. pro rovinatý profil tratě je na 3 km úseku se zastavením v obou bodech rozdíl na jízdní době mezi dvěma vozidly s měrným výkonem nad 6kW.t<sup>-1</sup> včetně do 0,5 minuty, pro měrný výkon nižší je rozdíl mezi tímto vozidlem a vozidlem s měrným výkonem nad 6 kW.t<sup>-1</sup> až 1 minuta;
4. při vyšších rychlostech (nad 90 km.h<sup>-1</sup>) roste rozdíl v jízdní době mezi vozidly s různým měrným výkonem při větší hodnotě stoupání trati;
5. se zmenšující se vzdáleností mezi zastávkami roste důležitost adhezního poměru;
6. pro zastávkové vlaky na tratích s maximální rychlostí okolo 80 až 90 km.h<sup>-1</sup> a vyšší a sklonu od 10‰ je potřeba vozidel s měrným výkonem od 6 kW.t<sup>-1</sup> a vyšším s adhezním poměrem od 0,4 - 0,5 pro normální adhezní poměry, resp. 0,5 až 0,6 pro zhoršené adhezní podmínky;
7. pro zastávkové vlaky pro tratě s rychlostí do 60 km.h<sup>-1</sup> stačí vozidla s měrným výkonem 3-5 kW.t<sup>-1</sup> a adhezním poměrem 0,3 až 0,5.

Tabulka 3-3 Hodnoty měrného výkonu a adhezního poměru pro vybrané produkty osobní dopravy, Zdroj: autor na základě podkladů dle [17]

Trakce a druh dopravy		Měrný výkon [kW.t <sup>-1</sup> ]	Adhezní poměr
Dálková doprava	Motorová trakce na neelektrifikovaných tratích	6	0,3
	Motorová trakce na elektrifikovaných tratích	7,5	0,3
	Elektrická trakce - současnost	10	0,16
	Elektrická trakce - výhled	12-16 (200 km.h <sup>-1</sup> )	0,2
Regionální, příměstská doprava	Motorová trakce na neelektrifikovaných tratích	6	0,4
	Motorová trakce na elektrifikovaných tratích	7,5	0,4
	Elektrická trakce	12-14	0,5 - 0,65

## **3.2 Dostupnost a nabídka železniční osobní dopravy jako součásti dopravy veřejné**

### **3.2.1 Základní předpoklady a rozdělení**

Železniční osobní doprava je nedílnou součástí systému veřejné dopravy. Z tohoto úhlu pohledu je tedy nutno posuzovat její dostupnost a nabídku v tomto kontextu. Cílem této kapitoly je představit základní principy a kritéria kvality výše uvedených parametrů a nastínit možné hranice pro rozhodování v okamžiku mezní situace funkčnosti nebo optimalizace systému.

Kvalitu veřejné dopravy lze dle [13] rozdělit na kvalitu dopravní obslužnosti a kvalitu přepravy. Kvalita dopravní obslužnosti je dále dělena na parametry dostupnosti a parametry vlastní nabídky přepravních služeb. Detailními kritérii jsou pak:

- Parametry dostupnosti:
  - prostorové pokrytí veřejnou dopravou (VD):
    - trasování linek veřejné dopravy,
    - počet zastávek v dané oblasti,
    - dosažitelnost zastávek VD;
  - spojení s místním centrem, resp. důležitým uzlem.
  
- Parametry vlastní nabídky:
  - časové pokrytí veřejnou dopravou:
    - četnost obslužnosti,
    - doba provozu,
    - dny provozu;
  - nabídka míst k přepravě,
  - koordinace přípojů,
  - vícestupňovitost obslužnosti.
  
- Kvalita přepravy:
  - rychlost,
  - spolehlivost a přesnost,
  - komfort,
  - informovanost cestujících,
  - tarif,

- úroveň služeb personálu,
- čistota vozidel a ostatních prostor určených k přepravní službě,
- komunikace,
- management stížností.

V další části bude řešena především problematika kvality dopravní obslužnosti, tj. parametry dostupnosti a parametry vlastní nabídky. Výše uvedené parametry svádějí k jejich hodnotové konkretizaci a k plošnému nebo minimálně oblastnímu zavádění ve formě určitých standardů dopravní obslužnosti. Za velmi ideálních podmínek by mohly tyto sloužit jako vodítka pro rozhodování při zpracovávání dopravních plánů jednotlivých objednatelů, příp. i dopravců a při jejich medializaci široké veřejnosti by vytvářely čitelnou a jasnou strukturu rozsahu nabídky a její kvality pro koncového uživatele - cestujícího. Tento způsob řešení však není aplikovatelný stejnou měrou plošně a navíc může vytvářet především pro objednatele nesplnitelný závazek v případě, že nastavená kritéria, byť jakkoli z hlediska kvality nabídky nastavena velmi atraktivní, nebude schopen z disponibilních prostředků na dopravní obslužnost financovat. Z tohoto důvodu budou mít následně zmiňovaná kritéria a kvalitativní ukazatele jednotlivých parametrů spíše doporučující charakter, který lze přirozeně dle místních podmínek přiměřeně modifikovat. Z uvedených hodnot však bude vycházeno v této práci.

### **3.2.2 Prostorové pokrytí veřejnou dopravou (VD)**

Prostorové pokrytí dané oblasti veřejnou dopravou lze chápat jako jeden z nejdůležitějších aspektů atraktivity veřejné dopravy. Všechny tři uvedené body - tj. počet a dosažitelnost zastávek v dané oblasti a trasování linek spolu úzce souvisí. Trasování linek veřejné dopravy je výrazně determinováno typem modu dopravy. Bude-li se dále věnovat pozornost pouze dopravě pozemní, pak se tato podmínka bude týkat převážně dopravy silniční a železniční.

#### **Trasování linek veřejné dopravy**

Trasování linek železniční osobní dopravy je z převážné většiny dáno historickým vedením železnice v dané oblasti a podmínkami jejího vzniku. Zásadní změny v trasování - což prakticky znamená výstavbu nových částí infrastruktury (přeložky, modernizace, či zcela nové úseky) - lze v dnešní době očekávat pouze tam, kde to z hlediska věcného opravňují stávající či potenciální přepravní vztahy, případně politický zájem. Vzhledem k tomu,

že obsah a zaměření této práce nepředpokládá výraznější zásahy do stávající železniční infrastruktury, bude z tohoto úhlu pohledu i nadále počítáno s vedením železničních tratí ve stávající poloze s minimálními zásahy do jejích parametrů.

U autobusové dopravy je stupňů volnosti daleko více. Povaha silničního provozu a rozsah a hustota silniční sítě zde umožňuje daleko větší flexibilitu, co se trasování linek autobusové dopravy týče. Tato flexibilita bude v rámci práce dále reflektována.

Shrnou-li se dva výše uvedené odstavce, získávají se z hlediska této práce vstupní parametry posuzovaného systému stávajících či potenciálně možných tras linek veřejné dopravy - status quo u dopravy železniční a potenciál pro alternativní řešení u dopravy autobusové.

### **Počet zastávek v dané oblasti**

Optimální počet zastávek pro příslušnou oblast by měl vycházet z velikosti daného sídla, resp. jeho části. Pro pravidelnou denní dojízdku je rozhodující počet stálých obyvatel, alternativně může být posuzován rovněž počet sezónních rezidentů (víkend, léto atd.) dané oblasti. Z tohoto úhlu pohledu slouží posuzovaná oblast primárně jako zdroj cest. Úplným posouzením dané problematiky je zahrnutí pracovních a vzdělávacích míst, které tvoří naopak cíle cest z jiných oblastí obce či města, příp. okolního regionu. Důležitým citlivostním údajem je časové hledisko posuzování počtu potenciálních účastníků přepravy. Respektování stávajícího stavu je minimální nutná podmínka, vhodné je při řešení systému pracovat s příslušným trendem vývoje. Dále je často brána v potaz celistvost, resp. souvislost dané oblasti.

Pro účely práce bude vycházeno z předpokladu, že u železniční dopravy zůstává počet zastávek stejný, u autobusové dopravy je alternativních řešení z hlediska počtu a rozmístění pro příslušnou oblast.

Pro názornost dva příklady z běžné praxe z definování dostupnosti veřejné dopravy, resp. potřebného počtu zastávek.

### **Kanton Zürich (Švýcarsko)**

V rámci integrovaného dopravního systému v kantonu Zürich ve Švýcarsku (ZVV Zürich) jsou dle kantonálního zákona o veřejné dopravě [41] a vyhlášky o nabídce ve veřejné dopravě [42] stanoveny následující parametry. Pro zřízení zastávky v dané oblasti musí být splněny podmínky:

- souvislá oblast,

- nejméně 300 obyvatel, pracovních nebo vzdělávacích míst,
  - může být i nižší → např. při nižších nákladech na dopravu nebo při očekávané budoucí poptávce,
- tyto oblasti považovány za pokryté veřejnou dopravou, pokud leží v isochroně k příslušné zastávce veřejné dopravy (autobus, vlak).

### **Doporučení VDV (Německo)**

Dle podkladů Svazu německých dopravců (VDV) je pro pokrytí veřejnou dopravou podmínka souvislé zastavěné oblasti minimálně s 200 stálými obyvateli, či pracovními nebo vzdělávacími místy. Oblast je pokládána za pokrytou veřejnou dopravou, pokud alespoň 80% těchto míst leží v docházkové vzdálenosti příslušných zastávek veřejné dopravy [13].

### **Dosažitelnost zastávek veřejné dopravy v dané oblasti**

Vhodný počet zastávek v daném území úzce souvisí s kritériem optimální docházkové vzdálenosti na zastávku veřejné dopravy. Tento parametr se dá vyjádřit vzdálenostním nebo časovým údajem a snaha o stanovení co nejpřesnějších hodnot naráží na silnou subjektivní a tím pádem relativní stránku vnímání tohoto kritéria. Oblast pokrytá zastávkou veřejné dopravy se označuje tzv. isochronou, což bývá zpravidla kruh o daném poloměru se středem v místě zastávky. Obvod kruhu představuje stejnou časoprostorovou vzdálenost k dané zastávce. Dosažení zastávky veřejné dopravy lze v principu následující způsoby:

- pěšky,
- na kole,
- motocyklem,
- automobilem.

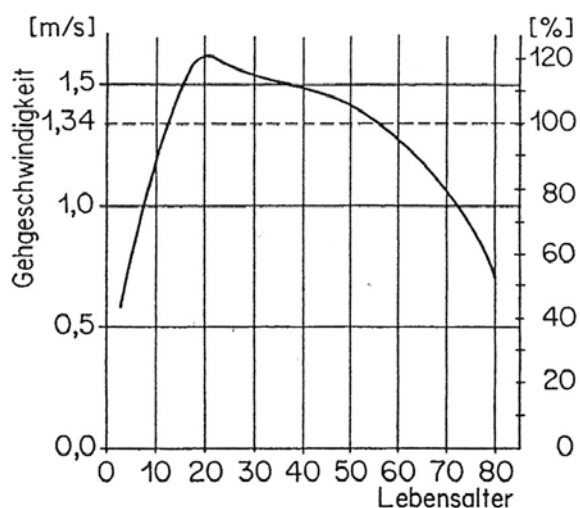
Každý zmíněný způsob přesunu na zastávku veřejné dopravy je charakteristický jinou rychlostí přepravy a tím i jinou docházkovou vzdáleností (je-li konstantním parametrem čas) nebo jinou dobou dosažení zastávky (je-li konstantním parametrem vzdálenost).

### **Pěší chůze:**

Významným vstupním kritériem je její rychlost. Dle zdroje [21, 22, 23] je průměrná rychlost chůze člověka po rovině cca  $1,34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , což odpovídá zhruba  $4,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Rozptyl rychlosti chůze je udáván od cca  $0,97$  do  $1,65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Uvedené průměrné rychlosti odpovídá zhruba vzdálenost 400 m při 5 minutové chůzi, resp. 800 m při chůzi 10 minut. Ze zdroje [21, 22, 23] dále vyplývá průměrná délka kroku cca 0,65 m a frekvence chůze 2,05 Hz.

Rozdílné fyzické dispozice mužů a žen mají rovněž vliv na průměrnou rychlost. Rychlost chůze muže je cca o 10,9% vyšší než ženy, konkrétní hodnoty uvedené v [21, 22, 23] jsou  $1,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  u muže a  $1,27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  u ženy.

Rychlost chůze je přirozeně závislá na věku a zdraví příslušného člověka. Na obrázku 3-12 je uveden průběh závislosti průměrné rychlosti člověka na jeho věku [21, 22, 23]. Z obrázku je patrné, že nejvyšší průměrná rychlost chůze je okolo 20. roku života zdravého člověka (až  $1,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), která s postupným stárnutím klesá až na 50% průměrné hodnoty, tj. cca  $0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  pro osoby ve věku zhruba 80 let. Rychlejší pokles přitom nastává od 50. věku člověka. Obdobných hodnot je dosaženo i v raném dětství. Respektování menších průměrných rychlostí chůze je nutné zejména tam, kde je výrazné zastoupení méně pohyblivých skupin obyvatelstva, tj. starší generace a rodin s malými dětmi. Tento jev bude možná nutno respektovat rovněž v případě všeobecného stárnutí populace (nejen) na území České republiky.



Vysvětlivky německých pojmů:  
 Lebensalter - věk  
 Gehgeschwindigkeit - rychlost chůze

Obrázek 3-12 Závislost průměrné rychlosti chůze po rovině na věku chodce, Zdroj: [21, 22, 23]

Publikace zabývající se standardy dopravní obslužnosti [13] udává pro účely svých výpočtů rychlost chůze  $70 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , což je zhruba  $1,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $4,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), tedy zhruba o  $0,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  méně oproti předchozím zdrojům.

Účel pěší cesty má dle [21, 22, 23] rovněž vliv na průměrnou rychlost chůze. Autor rozděluje cestu pěšky za účelem chůze do zaměstnání, za nákupy, v práci a v rámci volnočasových aktivit a turismu. Střední hodnoty rychlosti pro jednotlivé účely jsou zhruba následující:

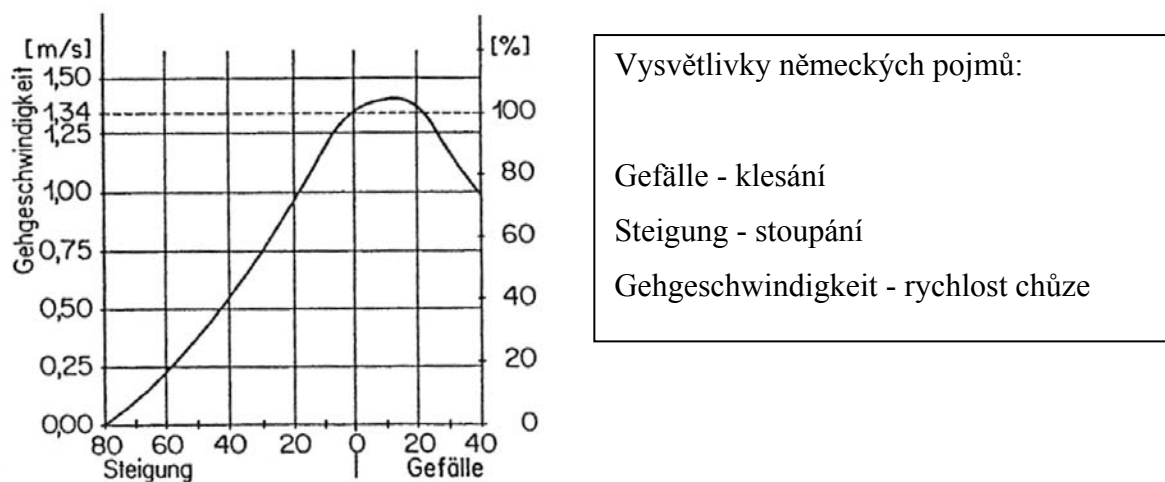
- chůze do práce  $1,49 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,
- chůze za nákupy  $1,16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,



- chůze v práci/za konkrétním cílem  $1,61 \text{ m.s}^{-1}$ ,
- volnočasová chůze a turistika  $1,10 \text{ m.s}^{-1}$ .

Další důležitý vliv na rychlost chůze mají schody. Z [21, 22, 23] vyplývá, že pro běžnou výšku schodů (autor však neudává konkrétní hodnoty) je střední hodnota horizontální rychlosti chůze cca  $0,652 \text{ m.s}^{-1}$  a střední hodnota vertikální rychlosti chůze cca  $0,326 \text{ m.s}^{-1}$ . Udávaná frekvence chůze je cca  $2,103 \text{ kroku.s}^{-1}$ . Rychlost chůze po schodech nahoru je o cca 6,5% nižší než průměrná po rovině a zhruba o cca 6,5% větší při chůzi dolů než je průměrná rychlost chůze po rovině. Frekvence při chůzi do schodů činí  $1,97 \text{ kroku.s}^{-1}$ , v opačném směru  $2,24 \text{ kroku.s}^{-1}$ .

Na rychlost chůze má vliv stoupání, resp. klesání terénu absolvovaného úseku cesty. Zdroj [21, 22, 23] udává příklad závislosti průměrné rychlosti člověka na velikosti sklonu cesty v %. (Viz obrázek 3-13). Z grafu je patrný poměrně strmý pokles rychlosti při zvyšujícím se sklonu cesty. Prakticky pro hodnoty 80% a výše se již nepředpokládá normální chůze, ale spíše lezení v terénu. Stoupání 20% odpovídá zhruba průměrná rychlost  $1 \text{ m.s}^{-1}$ . Graf je vztažen k průměrné hodnotě rychlosti chůze po rovině  $1,34 \text{ m.s}^{-1}$ .



Obrázek 3-13 Závislost průměrné rychlosti chůze na výškovém profilu cesty, Zdroj: [21, 22, 23]

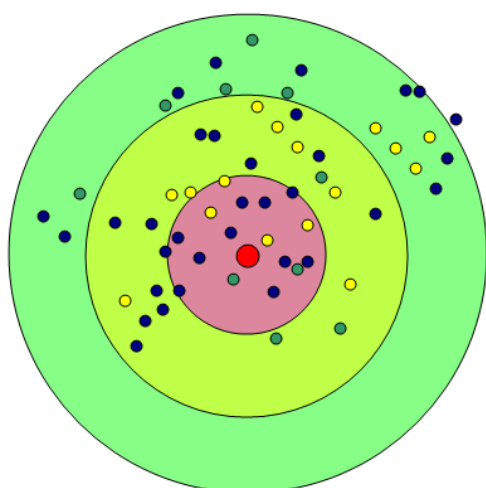
Jiný přístup při uvažování vlivu nadmořské výšky na rychlost chůze může vycházet ze zkušeností chůze v horském terénu [73]. Zde se předpokládá, že překonání nadmořské výšky 300 - 400 m odpovídá zhruba 1h chůze po rovině průměrnou rychlostí cca  $5 \text{ km.h}^{-1}$  (prakticky odpovídá  $v = 1,34 \text{ m.s}^{-1}$ ).

### Vlastní stanovení docházkové vzdálenosti u pěší chůze

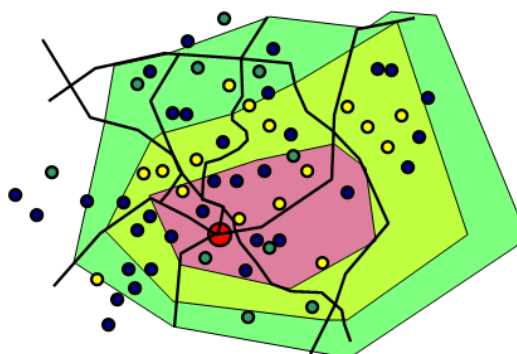
Pro řešení docházkové vzdálenosti k zastávce, resp. oblasti obsluhované zastávkou veřejné dopravy je nutno stanovit, jakým způsobem tato bude posuzována. Možností je v principu několik [24]. První metoda (obrázek 3-14a) je postavena na stanovení doby docházky, příp. dojížděky z konkrétních míst na zastávku skrze nejkratší vzdušnou vzdálenost při uvažování nebo neuvažování faktoru okliky. Nebere se v potaz skutečné vedení cesty vhodné pro pěší chůzi. Další tři metody vycházejí přímo z dané trasy pěší chůze. První z nich (obrázek 3-14b) je daná oblastí vymezenou skutečnou časovou dostupností (isozona), přičemž se respektuje skutečná trasa chůze a nerespektuje napojení konkrétní budovy na příslušnou cestu.

Druhá (obrázek 3-14c) vychází z předchozí metody doplněné o přiřazení konkrétní budovy na konkrétní cestu. Poslední (obrázek 3-14d) vychází z principu docházkové matice, složené z jednotlivých buněk osídlení nebo pracovních či vzdělávacích příležitostí.

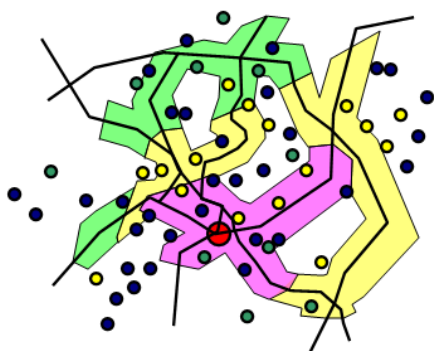
Zatímco první zmíněná metoda je poměrně jednoduše aplikovatelná v běžné plánovací praxi, pro řešení zbývajících tří je nutno mít dostatečné mapové podklady a kvalitní počítačovou techniku. Kromě toho toto předpokládá poměrně detailní znalost osídlení a umístění pracovních, vzdělávacích a dalších míst pro širokou veřejnost. Tyto metody velmi často využívají systémy GIS (geografické informační systémy). Z výše uvedeného je rovněž patrné, že první metoda je díky své jednoduchosti rovněž velmi nepřesná tam, kde je realizace pěší chůze v ose vzdušné vzdálenosti buď obtížně realizovatelná, nebo vůbec, nebo reálné sklonové poměry neumožňují dosáhnout teoretické rychlosti pěší chůze po rovině. Ostatní metody by se naopak těmto nepřesnostem měly postupně vyhnout. Nejpřesnější je poslední zmiňovaná metoda [24].



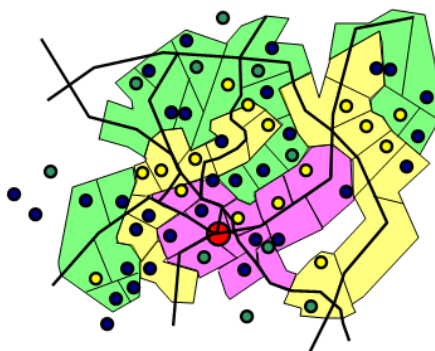
a)



b)

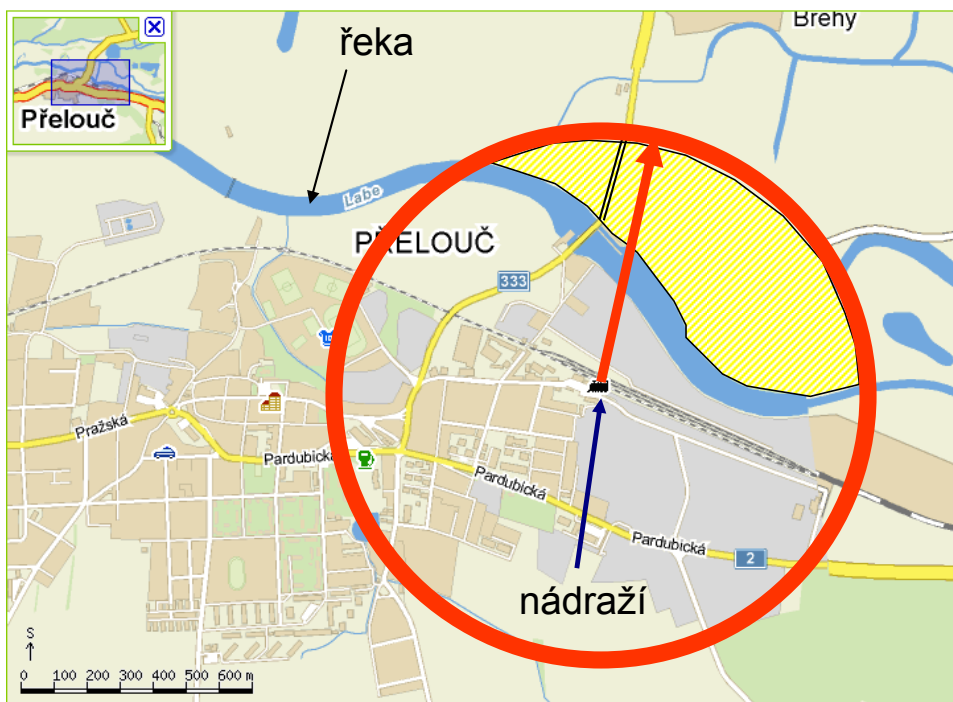


c)

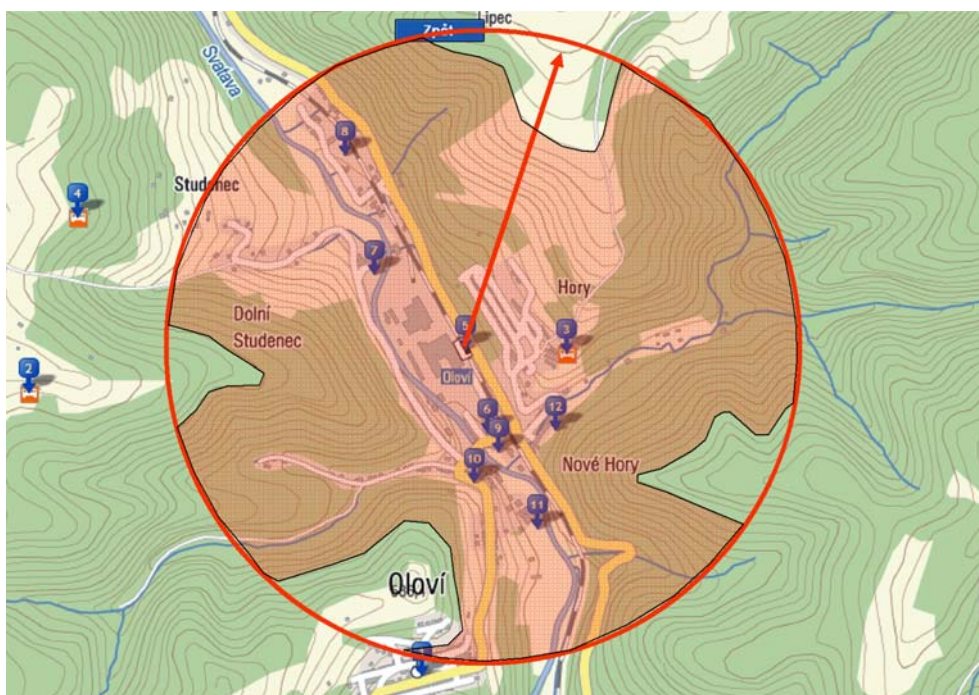


d)

Obrázek 3-14 Metody stanovení docházkové vzdálenosti. (různobarevné tečky představují různé typy sídel - barevné plochy pak stejnou docházkovou vzdálenost k dané zastávce - označena červeně), Zdroj: [24]



Obrázek 3-15 Příklad problematického stanovení docházkové vzdálenosti vzdušnou vzdáleností díky přirozené překážce v cestě - řece (žlutě vyznačená oblast v rámci isochrony, ale za řekou), Zdroj: autor, mapový podklad [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)



Obrázek 3-16 Příklad stanovení isochrony při respektování docházkové vzdálenosti a výškového rozdílu vztaženého ke zvolené železniční stanici, Zdroj: autor, mapový podklad [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

Tak aby bylo možno zpracovat případné odchylky v realitě od vzdušné vzdálenosti, zavádí se tzv. faktor okliky [34]. Tento představuje poměr mezi skutečnou a vzdušnou vzdáleností mezi dvěma vybranými body:

$$f_{ok} = \frac{L}{L_{vz}}, \quad [1, m, m] \quad (3-67)$$

$f_{ok}$  je faktor okliky,

$L$  je skutečná vzdálenost (horizontálně i vertikálně),

$L_{vz}$  je vzdušná vzdálenost.

Hodnota faktoru okliky  $f_{ok}$  zpravidla vychází ze střední hodnoty většiny skutečných docházkových vzdáleností. Jeho velikost se může pohybovat zhruba mezi 1,1 - 1,3, maximálně smysluplně do 1,5 (což již představuje o 50% delší skutečnou vzdálenost, než je vzdušná). Faktor okliky v sobě může zahrnovat prodloužení skutečné trasy a tím docházkové doby oproti vzdušné vzdálenosti jak v rovině, tak v převýšení při cestě do kopce či z kopce.

Lohse [34] udává následující možné orientační hodnoty faktoru okliky pro různé typy krajiny:

*Tabulka 3-4, Orientační hodnoty  $f_{ok}$ , Zdroj: [34]*

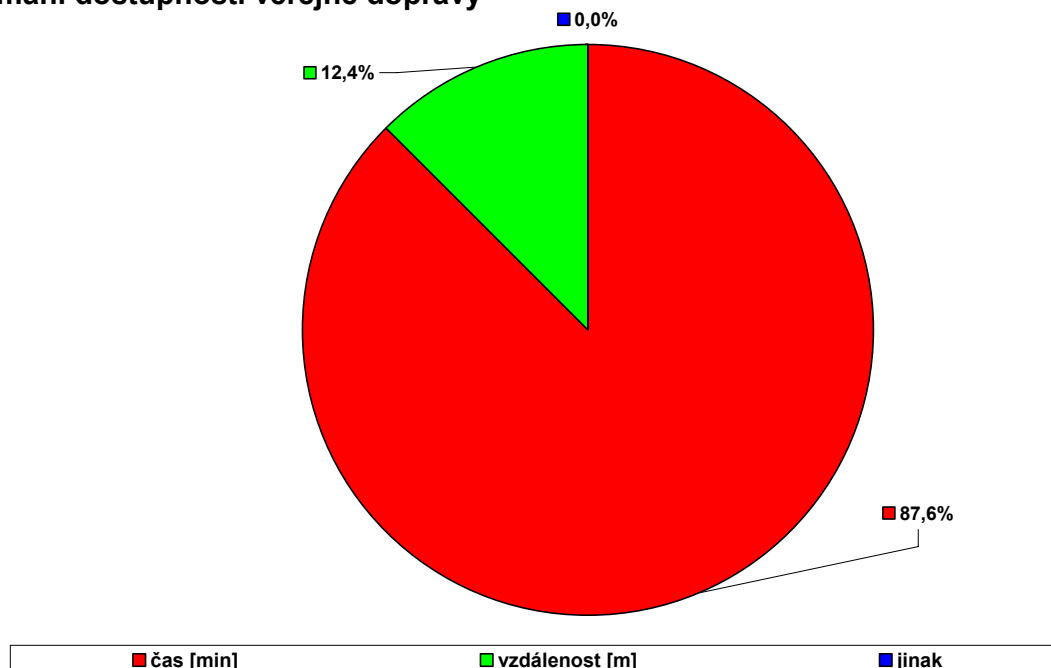
Dopravní síť		$f_{ok}$
Silniční síť mimo město	Rovina	1,10 až 1,20
	Kopcovitý terén	1,10 až 1,25
	Hornatý terén	1,10 až 1,45
Silniční síť ve městě		1,10 až 1,35
Docházková síť cest pro pěší chůzi v okolí zastávek		1,20 až 1,40

Všechny výše uvedené příklady představují průměrné údaje nebo střední hodnoty. Při skutečném posuzování a používání těchto parametrů je nutno respektovat cílovou skupinu obyvatelstva, resp. převažující skupinu osob, která vykazuje nejhorší hodnoty dostupnosti. Například při posuzování dostupnosti zastávek v okolí zařízení pro seniory je tak nutno brát nižší průměrné rychlosti chůze a tím delší dobu docházkové vzdálenosti než pro standardní skupinu obyvatel.

Docházková vzdálenost, resp. doba docházky na zastávku veřejné dopravy může být vnímána jako subjektivní parametr. Pro někoho je rozhodujícím a vnímaným kritériem čas, pro někoho vzdálenost. Jako hypotéza byl vysloven předpoklad, že většina lidí vnímá jako veličinu reprezentující dosažení zastávky veřejné dopravy čas. Pro účely této práce byl vypracován dotazník, kde jedna z otázek zkoumala, v jaké veličině respondenti subjektivně

vnímají dostupnost zastávek veřejné dopravy. Nabízeny byly veličiny vzdálenost a čas. Ze 110 respondentů zhruba 87% uvedlo čas jako vnímanou veličinu dostupnosti (viz obrázek 3-17).

### Vnímání dostupnosti veřejné dopravy



Obrázek 3-17 Podíl respondentů z hlediska subjektivního vnímání dostupnosti zastávek veřejné dopravy, Zdroj: autor

### Jízda na kole

Rychlost jízdy na kole je minimálně cca 2-3x větší než u pěší chůze. Záleží přitom přirozeně na účelu jízdy, věku a fyzické disponibilitě vlastního cyklisty. Studie [25] udává následnou diverzitu uživatelů, jejich návrhovou průměrnou rychlost a orientační délku trasy:

- Děti, nezkušení dospělí, starší lidé, lidé s nějakým zdravotním omezením. Rychlost jízdy méně než 25 km.h<sup>-1</sup>, zpravidla 5-15 km.h<sup>-1</sup>. Jízda převážně na krátké vzdálenosti;
- Dospělí dojíždějící do práce, poměrně sebejistí v dopravním provozu, oceňují rychlost a přímost, rychlost v průměru 15-30 km.h<sup>-1</sup>. Jízda na středně dlouhé vzdálenosti;
- Sportovní jezdcí, rychlosti nad 30 km.h<sup>-1</sup>, jízda na delší vzdálenosti, bez zátěže;
- Cykloturisté, kombinace dopravy a rekreace, rychlost zpravidla 15-30 km.h<sup>-1</sup>, podle aktuální potřeby kombinují požadavky ostatních skupin na rychlost a trasu. Jízda na střední a dlouhé vzdálenosti s významným zatížením zavazadly (zpravidla brašny);

- Rekreační cyklisté – „cesta je cílem“. Rychlost zpravidla do 25 km.h<sup>-1</sup>. Jízda na krátké, střední i dlouhé vzdálenosti, zpravidla bez významné zátěže.

Z hlediska pravidelné dojížděky na zastávku veřejné dopravy na kole jsou výše uvedené rychlosti zřejmě vyšší než reálně dosažitelné. V případě dojíždění na kole v městské zástavbě je nutno navíc vzít v potaz vliv „zelené vlny“ a křižovatek, které mohou mít vliv na plynulost jízdy oproti otevřenému prostoru mimo město. Pro účely práce bude po malém miniprůzkumu mezi pravidelnými dojíždějícími na kole brána průměrná rychlost v rovině cca 12-15 km.h<sup>-1</sup>, při jízdě do stoupání cca 5-10 km.h<sup>-1</sup>.

Pro posouzení vzdálenosti a případně i stoupání lze i v tomto případě uvažovat faktor okliky. Princip stanovení metodiky dostupnosti (viz [24]) lze uvažovat podobný jako v případě pěší chůze.

Po dojetí cestujícího na kole na zastávku veřejné dopravy je nutno počítat se dvěmi možnostmi. Cestující si buď bere kolo s sebou do dopravního prostředku nebo ho nechává zamčené nebo uschované v prostoru zastávky. Ve druhém případě je vhodné počítat s cca 2-5 minutami na odstavení kola a chůzí na nástupiště. Předpokladem je existence akceptovatelného místa pro uschování či odložení kola.

### **Jízda na motocyklu**

Průměrnou rychlost jízdy na motocyklu je nutno obdobně jako u kola rozlišovat ve městě/obci a mimo obec. Pokud je dojížděka na zastávku veřejné dopravy pouze v rámci obce, předpokládá-li se teoreticky dodržení maximální povolené rychlosti v obci 50 km.h<sup>-1</sup>, počítá-li se s nutností zpomalit či zastavit na křižovatkách, je odhadovaná na cca 40 km.h<sup>-1</sup>. K výsledné cestovní době je pak nutno připočíst cca 5-7 minut na chůzi k motocyklu z domova a odstavení motocyklu na zastávce.

Při jízdě mimo obec nebo jen po určitou část doby jízdy lze předpokládat rychlost vyšší. Opět je předpokládáno dodržení maximální rychlosti v obci 50 km.h<sup>-1</sup> a mimo obec 90 km.h<sup>-1</sup>. Jízda na dálnici, či rychlostní silnici se neuvažuje. Odhad je cca 60 km.h<sup>-1</sup>. K výsledné cestovní době je pak nutno připočíst cca 5-7 minut na chůzi k motocyklu z domova a odstavení motocyklu na zastávce.

Pro stanovení cestovní doby lze obdobně jako na kole uvažovat s faktorem okliky.

### **Jízda osobním autem**

Obdobně jako u motocyklu je nutno uvažovat, odkud cestující automobilem na zastávku veřejné dopravy zajíždí. Průměrná rychlost tak bude v obci za stejných

předpokladů jako u motocyklu stejná, tj  $40 \text{ km.h}^{-1}$ , mimo obec lze uvažovat rychlost o něco větší, cca  $70 \text{ km.h}^{-1}$ . K výsledné cestovní době je obdobně nutno připočítat cca 5-7 minut na chůzi k autu z domova a zaparkování u zastávky.

Pro všechny možnosti docházky na zastávku lze uvažovat následující průměrné rychlosti uvedené v tabulce 3-5:

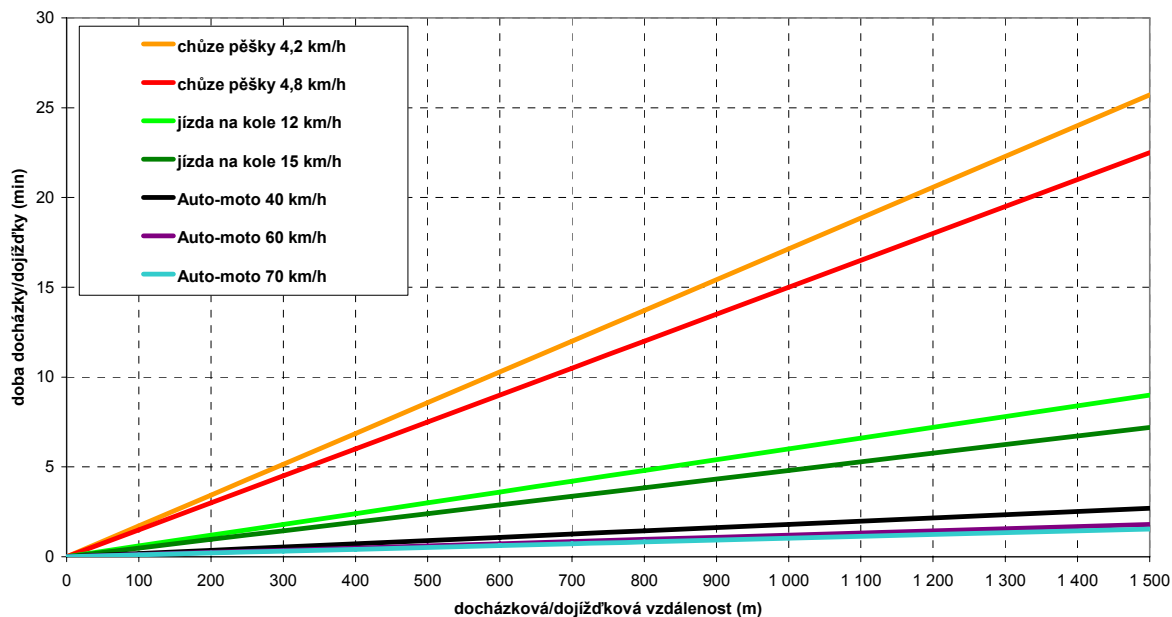
*Tabulka 3-5 Průměrné rychlosti uvažované pro docházku/dojížděku na zastávky veřejné dopravy, Zdroj: autor*

Typ docházky	Pěší chůze	kolo	motocykl		automobil	
			Pouze v obci	V obci i mimo obec	Pouze v obci	V obci i mimo obec
Místo	V obci, mimo obec	V obci, mimo obec	Pouze v obci	V obci i mimo obec	Pouze v obci	V obci i mimo obec
Průměrná rychlost	4,8 -5,4 $\text{km.h}^{-1}$	12-15 $\text{km.h}^{-1}$	40 $\text{km.h}^{-1}$	60 $\text{km.h}^{-1}$	40 $\text{km.h}^{-1}$	70 $\text{km.h}^{-1}$
Doba na zaparkování, odstavení	0	2-5 min	5-7 min	5-7 min	5-7 min	5-7 min
Faktor okliky	ano	ano	ano	ano	ano	ano

Pro další postup práce a v rámci konkrétních příkladů bude použit zjednodušeně jednotný faktor okliky v hodnotě 1,2. Prakticky to znamená prodloužení doby docházky/dojížděky nebo naopak zmenšení oblasti pokrytí o cca 20 %. Pro jednotlivé řešené typy docházky a různé rychlosti (u pěší chůze průměrná hodnota dle [13], resp. [21, 22, 23], u kola, auta a motocyklu v obci a mimo obec) jsou na obrázku 3-18 a 3-19 uvedeny závislosti doby docházky na docházkové vzdálenosti, resp. naopak pro faktor okliky 1,2.

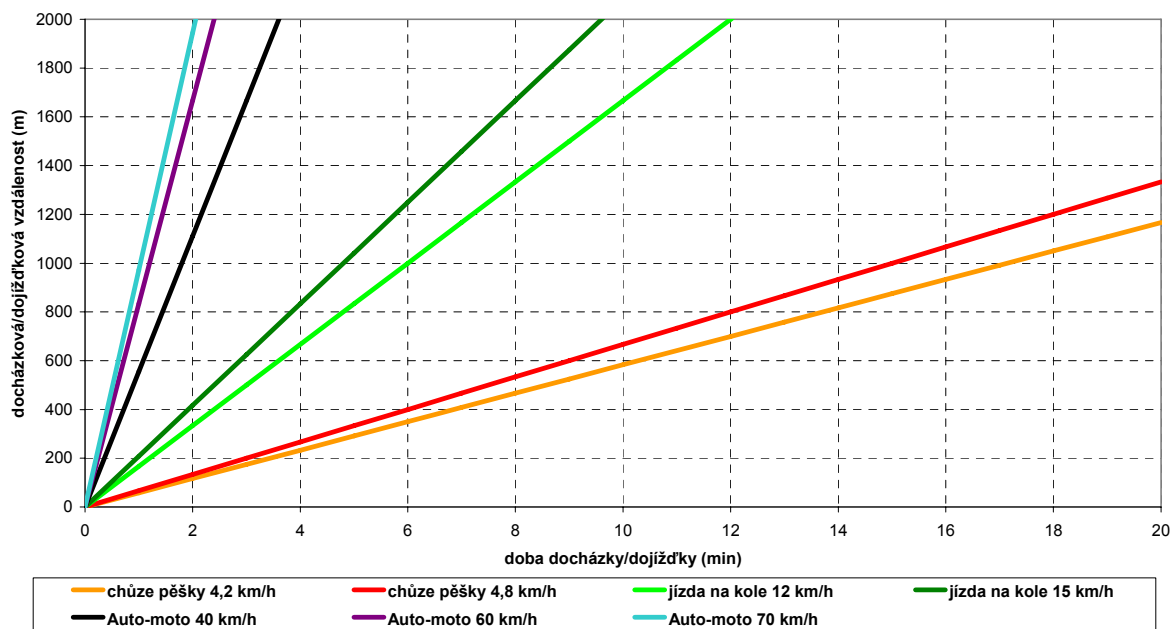


Závislost doby docházky/dojížděky na zastávku veřejné dopravy na docházkové/dojížděové vzdálenosti (vzdušnou čarou) při faktoru okliky 1,2



Obrázek 3-18 Závislost doby docházky/dojížděky při faktoru okliky 1,2, Zdroj: autor

Závislost docházkové/dojížděové vzdálenosti (vzdušnou čarou) na zastávku veřejné dopravy na době docházky/dojížděky při faktoru okliky 1,2



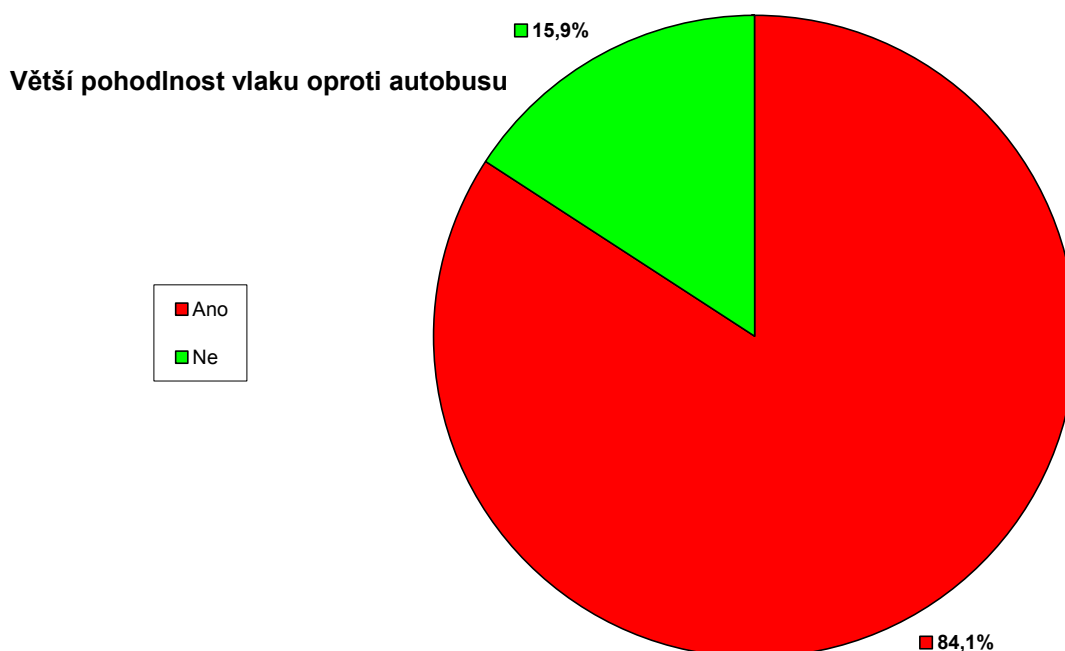
Obrázek 3-19 Závislost docházkové/dojížděkové vzdálenosti při faktoru okliky 1,2, Zdroj: autor

Součástí přílohy P4 jsou hodnoty docházkových nebo dojížděkových vzdáleností, resp. dob docházky a dojížděky na zastávky veřejné dopravy pro různé parametry faktoru okliky, resp. pro jednotlivé druhy dopravy.

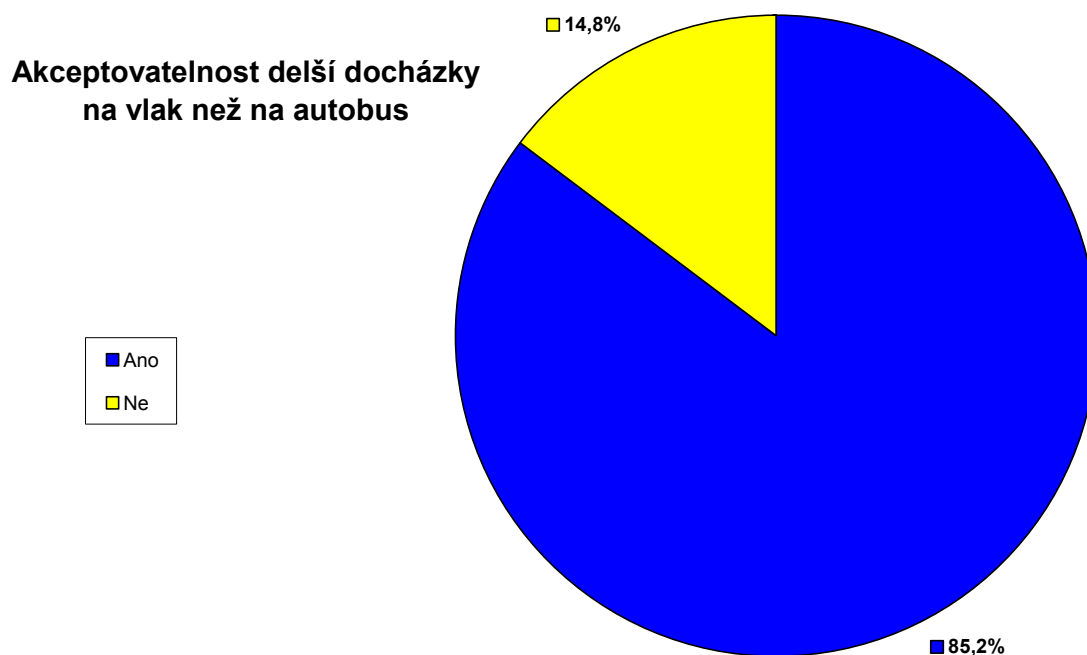
### Faktor železnice

Při srovnání železniční a autobusové dopravy se mnohdy vychází z předpokladu, že vlak je z hlediska přepravy obecně komfortnější přepravní mód než autobus. Více prostoru, klidnější chod, možnost projít se, toalety, možnost vzít s sebou zavazadla - to vše jsou příklady, proč může být železnice chápána jako komfortnější proti autobusové dopravě. Tento dojem je do určité míry subjektivní a závisí na mnoha dalších faktorech, jako je např. cestovní rychlost a doba jízdy v dané relaci, zda se jedná o dálkovou nebo regionální dopravu, konkrétní stav vozidlového parku příslušných dopravců apod. Odhlédne-li se od stávajícího stavu významné části kolejových vozidel Českých drah v porovnání s autobusy, výše uvedenou skutečnost lze přesto víceméně na základě zkušeností ze západoevropských zemí potvrdit.

Zpracovaný dotazník k chování cestujících měl k dané problematice dva dotazy. První z nich zjišťoval, zda představuje vlak obecně větší pohodlí než autobus. Ze 110 respondentů 84% uvedlo, že ano.



Obrázek 3-20 Posouzení obecně větší pohodlnosti vlaku oproti autobusu, Zdroj: autor



*Obrázek 3-21 Posouzení obecně větší pohodlnosti vlaku oproti autobusu, Zdroj: autor*

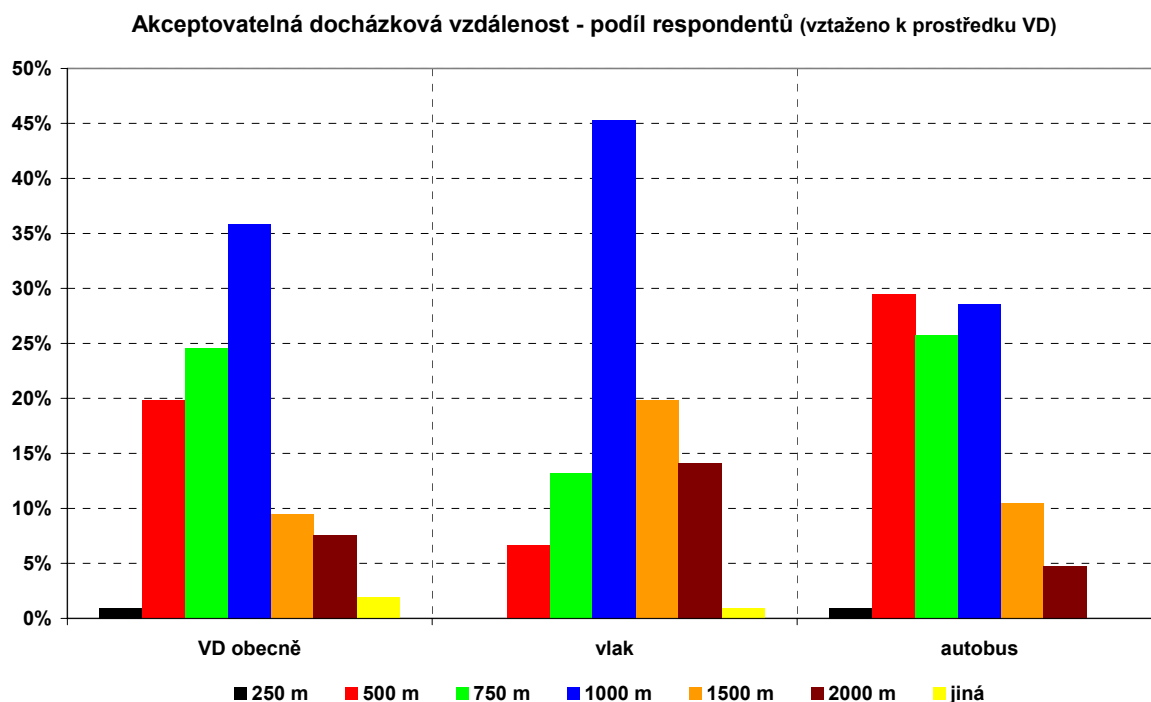
Druhá otázka vycházela z předpokladu, že pokud platí, že je vlak brán jako komfortnější dopravní prostředek oproti autobusu, budou cestující ochotni na něj z tohoto důvodu podstoupit delší cestu. Otázka byla položena takto, bez dalších okrajových podmínek možných kombinací doby docházky, cestovní doby atd. Někteří respondenti ve svých odpovědích však své ano či ne podmiňovali právě některými podmínkami, jako např. minimální rozdíl doby docházky, nebo naopak nutnost kratší přepravní doby konkrétním vlakem oproti autobusu, případně byla pro ně důležitá cena za přepravu. Ze 110 dotázaných 85% připustilo, že jsou ochotni akceptovat delší docházkovou vzdálenost, než na autobus. Dále pak 92% z těch, kteří konstatovali, že je vlak pohodlnější než autobus, bylo ochotno podstoupit delší dobu docházky na vlak.

Přestože dosažené výsledky ankety mohou být z různých důvodů zavádějící, budou tyto závěry brány jako předpoklad pro další řešení.

### **Dostupnost autobusu a vlaku**

Z kapitoly „faktor železnice“ byl učiněn závěr, že jsou cestující ochotni akceptovat delší docházkovou vzdálenost na vlak než na autobus. Součástí provedeného dotazníku byly i otázky, týkající se konkrétních akceptovatelných hodnot pro oba dopravní mody. Byly

uvažovány obě možné veličiny - vzdálenost i čas. V případě vlaku byly nejvíce akceptovatelné vzdálenosti 1000 m (45% dotázaných) a 1500 m (20% dotázaných).



*Obrázek 3-22 Podíl respondentů z hlediska akceptovatelné docházkové vzdálenosti na zastávku veřejné dopravy (vztaženo k prostředku veřejné dopravy) při jízdě nad 30 minut, Zdroj: autor*

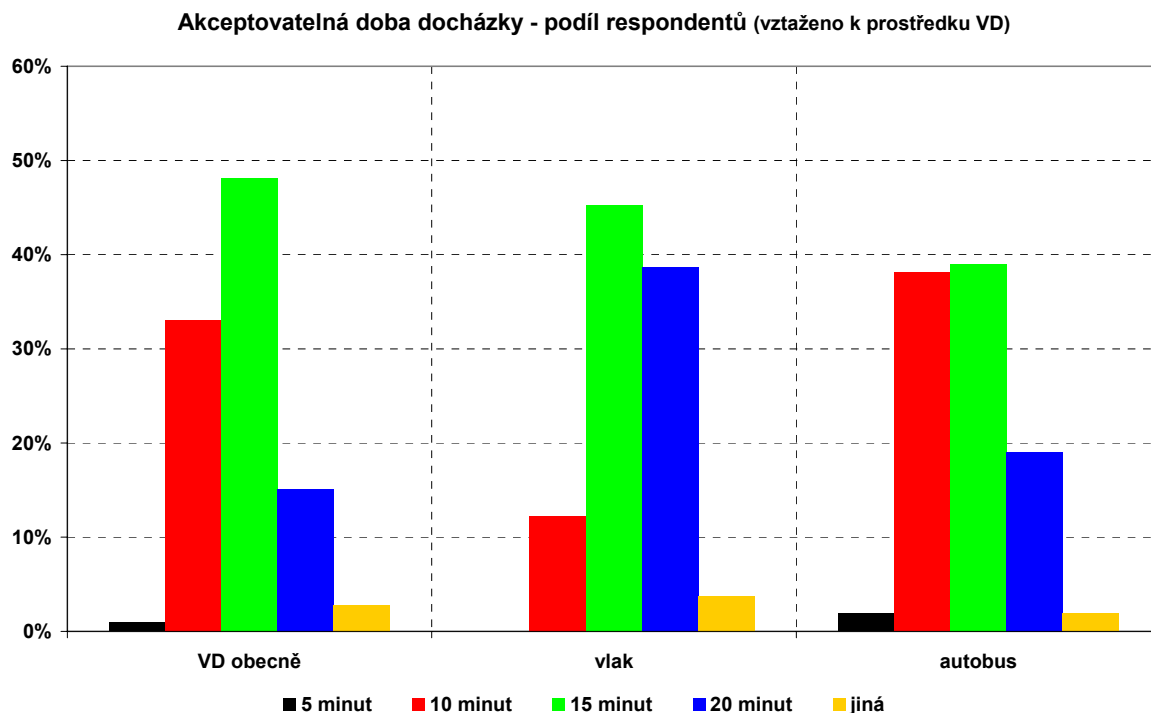
U autobusu se akceptovatelná vzdálenost pohybovala od 500 do 1000 m, s podílem respondentů 30% (500 m), 25% (750 m) a 27% (1000 m).

V případě vnímání časové dostupnosti bylo zjištěno, že převažující akceptovatelné doby docházky na vlak jsou do 15 minut (45% respondentů) a do 20 minut (39% respondentů) pěší chůze. U autobusu byly akcentovány doby do 10 minut (38%), resp. 15 minut (39%).

V tabulkách 3-6 a 3-7 jsou uvedeny docházkové vzdálenosti používané ve Švýcarsku a Německu.

Švýcarské údaje (tabulka 3-6) pochází z doprovodných vyhlášek k zákonům o veřejné dopravě vybraných kantonů. Uvedené hodnoty bývají více či méně podkladem pro řešení dopravní obslužnosti. V některých kantonech se jedná o vzdušnou vzdálenost (Bern, Zürich, Solothurn), v ostatních toto nebylo explicitně stanoveno. Až na kanton Fribourg je u všech uvedených kantonů rozlišena docházková vzdálenost na vlak a na autobus, případně na ostatní prostředky veřejné dopravy. Přestože je ve Švýcarsku poměrně hodně využíván SW GIS

s detailními údaji o osídlení, využívají mnohé odpovědné instituce vzdušné vzdálenosti kvůli jednoduchosti a rychlosti použití v běžné praxi (např. ZVV Zürich, kanton Zürich).



*Obrázek 3-23 Podíl respondentů z hlediska akceptovatelné doby docházky na zastávku veřejné dopravy (vztaženo k prostředku veřejné dopravy) při jízdě nad 30 minut, Zdroj: autor*

Docházkové vzdálenosti uvedené v tabulce 3-7 pocházejí ze zdroje [13]. Jedná se o doporučené hodnoty Svazu německých dopravců (VDV) a jsou to vzdušné vzdálenosti od příslušné zastávky veřejné dopravy. Na rozdíl od švýcarských podkladů je pro docházkové vzdálenosti rozlišen i typ obce a její příslušná část z hlediska funkce a hustoty osídlení a pracovních a vzdělávacích míst. Typy obcí nebyly ve [13] nijak dále podrobněji specifikovány.

V tabulce 3-7 jsou ještě doplněny vzdálenostem odpovídající doby docházky při rychlosti  $1,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (dle [13]) a faktoru okliky  $f_{ok} = 1,2$ .

Na základě výše uvedených skutečností a provedeného průzkumu bylo pro účely této práce počítáno s jednou kombinací hodnot docházkové vzdálenosti, resp. dobou docházky na vlak a autobus nezávisle na typu a velikosti sídla. Stanovení konkrétních hodnot bylo odvozeno z průzkumu. V tabulce 3-8 je uvedeno 6 kombinací docházkových vzdáleností na vlak (1000 a 1500 m) a na autobus (500, 750 a 1000 m), které byly respondenty nejvíce uvedené jako akceptovatelné. Pro stanovení příslušné doby docházky byl použit faktor okliky

$f_{ok} = 1,2$  a rychlost chůze  $v = 1,34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (dle [21, 22, 23]), pro srovnání doplněnou rychlostí  $v = 1,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  [13]. Vypočtené hodnoty byly konfrontovány s hodnotami nejvíce uvedenými v dotazníku jako akceptovatelná doba docházky na vlak (do 15 minut, do 20 minut) a autobus (do 10 minut, do 15 minut). Nejvíce všem vstupním předpokladům odpovídá kombinace 2a:

- Vlak - 1000 m docházková vzdálenost, 15 / 17 min doby docházky,
- autobus - 750 m docházková vzdálenost, 11 / 13 min doby docházky.

*Tabulka 3-6 Přehled standardních docházkových vzdáleností k zastávkám veřejné dopravy u vybraných švýcarských kantonů, Zdroj: [45]*

Kanton	Docházková vzdálenost [ m ]			Poznámky
	Vlak	Autobus	Ostatní	
Appenzell Ausserrhoden	800	400	-	-
Bern	750	400	400	Vzdušná vzdálenost
Basel - Landschaft	600	350	350	V době sedla 2000 m
Fribourg	1000 - 1500	1000 - 1500	1000 - 1500	-
Luzern	1000	300	1000	-
Solothurn	500	250	250	Vzdušná vzdálenost
Thurgau	2000	1000	-	-
Zürich	750	400	400	Vzdušná vzdálenost

*Tabulka 3-7 Docházkové vzdálenosti dle typu obce a doby docházky pro faktor okliky  $f_{ok} = 1,2$  a rychlost chůze  $v = 1,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , Zdroj: [13]*

	typ obce	část obce	Docházková vzdálenost		Doba docházky pro $f_{ok} = 1,2$ a $v = 1,17 \text{ m/s}$	
			vlak	autobus	vlak	autobus
			[m]	[m]	[min]	[min]
městský charakter osídlení, funkce správního sídla	Velké centrum	střed města / centrum	400	300	7	5
		oblast s velkou hustotou zdrojů a cílů	600	400	10	7
		oblast s malou hustotou zdrojů a cílů	1000	600	17	10
	Střední centrum	střed města / centrum	400	300	7	5
		oblast s velkou hustotou zdrojů a cílů	600	400	10	7
		oblast s malou hustotou zdrojů a cílů	1000	600	17	10
	Malé centrum	střed obce / centrum	600	400	10	7
		ostatní části obce	1000	600	17	10
	Vesnice	Vesnice	celá	1000	600	17

Tabulka 3-8 Kombinace docházkových vzdáleností na vlak a autobus pro faktor okliky  $f_{ok} = 1,2$  a rychlosti chůze dle [13], [21, 22, 23] vztažená k akceptovatelné době docházky získané na z dotazníku,. Zdroj: autor dle údajů [13], [21, 22, 23]

Kombinace docházkových vzdáleností na vlak a autobus na základě ankety	Docházková vzdálenost		Doba docházky pro $f_{ok} = 1,2$ a $v = 1,34$		Doba docházky pro $f_{ok} = 1,2$ a $v = 1,17$	
	vlak	autobus	vlak	autobus	vlak	autobus
	[m]	[m]	[min]	[min]	[min]	[min]
Kombinace 1a	1000	500	15	7	17	9
<b>Kombinace 2a</b>	<b>1000</b>	<b>750</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>17</b>	<b>13</b>
Kombinace 3a	1000	1000	15	15	17	17
Kombinace 1b	1500	500	22	7	26	9
Kombinace 2b	1500	750	22	11	26	13
Kombinace 3b	1500	1000	22	15	26	17

Pro účely dalších výpočtů tak budou uvažovány hodnoty docházkových vzdáleností, příp. dob docházky dle Kombinace 2a (viz tabulka 3-8).

### 3.2.3 Spojení s místním centrem, resp. důležitým uzlem

Kromě dosažitelnosti místně příslušných zastávek veřejné dopravy je dalším možným kvalitativním ukazatelem parametr dosažitelnosti daného regionálního centra. Není úkolem této práce rozebírat možnosti a typy center. Pro jednoduché rozdělení budíž převzata struktura sídel z předchozí kapitoly, přičemž konkrétní parametry např. z hlediska počtu obyvatel mohou regionálně variovat v závislosti na důležitosti příslušné obce v daném regionu:

- velké centrum:
  - město nebo aglomerace nad 50 000 obyvatel,
  - správní centrum většího regionu (kraj, spolková země, region);
- střední centrum:
  - město 10 000 - 50 000 obyvatel,
  - správní centrum menšího regionu (okres, kraj);
- malé centrum:
  - obec městského typu od 1000 do 10 000 obyvatel,
  - správní centrum pověřené oblasti (část okresu, okres);
- vesnice:
  - obec vesnického typu do 1000 obyvatel,
  - bez správní funkce.

Podklady VDV [13] stanovují pro obce správního a střediskového charakteru níže uvedené standardní hodnoty dostupnosti pro dojížděku z jejich atrakčního obvodu obcí místní příslušnosti. Předpokladem je pokrytí těchto běžných sídel veřejnou dopravou v rámci předchozích kapitol uvedených standardů dostupnosti v rámci předepsaných standardů pro docházkovou vzdálenost (viz tabulka 3-9). Pro dosažitelnost daného typu centra ze všech obcí jeho atrakčního obvodu platí celková doba přepravy (jízdni doba, přestup, doba docházky na/ze zastávky):

- malé centrum                      40 minut,
- střední centrum                    60 minut,
- velké centrum                      90 minut.

Za předpokladu platnosti uvedených celkových přepravních dob, lze pak po odečtení doby docházky na zastávku veřejné dopravy a doby čekání odvodit pro škálu průměrné přepravní rychlosti isochrony dostupnosti splňující daný celkový čas přepravy:

$$t_{JC} = \sum_i^n t_{Ji} + \sum_j^{n-1} t_{PRj} + t_{PNZ} + t_{OZZ} \quad [\text{min, min, min, min, min}] \quad (3-68)$$

$t_{JC}$  - celková doba přepravy

$t_{Ji}$  - doba jízdy i-tým dopravním prostředkem

$t_{PRj}$  - doba přestupu mezi j-tým a j+1 dopravním prostředkem ( $j = i-1$ )

$t_{PNZ}$  - doba docházky na 1. zastávku veřejné dopravy

$t_{OZZ}$  - doba docházky z poslední zastávky veřejné dopravy do cíle cesty

Dojezdová vzdálenost ( $L_D$ ) je pak určena součinem průměrné cestovní rychlosti všech dopravních prostředků účastnících se na celkové přepravě ( $v_{prm}$ ) a celkovou dobou přepravy ve všech dopravních prostředcích ( $\sum t_{Ji}$ ):

$$L_D = \sum_i^n t_{Ji} * v_{prm} \quad [\text{km, 60.min, km/h}] \quad (3-69)$$

V tabulce 3-9 jsou pak uvedeny výsledky pro různé hodnoty .



Tabulka 3-9 Dosažitelné dojezdové vzdálenosti v závislosti na průměrné cestovní rychlosti a vstupní podmínce doby dojezdu do daného centra, Zdroj: [13]

Typ centra	Celková doba přepravy (min)	Docházková doba a doba čekání (včetně přestupu) (min)	Zbývající čas na vlastní přepravu (min)	Dojezdová vzdálenost [km]					
				Průměrná cestovní rychlost [km/h]					
				20	25	30	40	50	60
Velké centrum	90	15	75	25	31	38	50	63	75
	90	20	70	23	29	35	47	58	70
	90	25	65	22	27	33	43	54	65
	90	30	60	20	25	30	40	50	60
Střední centrum	60	15	45	15	19	23	30	38	45
	60	20	40	13	17	20	27	33	40
	60	25	35	12	15	18	23	29	35
	60	30	30	10	13	15	20	25	30
Malé centrum	40	15	25	8	10	13	17	21	25
	40	20	20	7	8	10	13	17	20
	40	25	15	5	6	8	10	13	15

Tabulka 3-10 Dosažitelné dojezdové vzdálenosti v závislosti na průměrné cestovní rychlosti a vstupní podmínce doby dojezdu do daného centra - rozšíření a změna vstupních parametrů z [13]. Zdroj: autor s využitím podkladů dle [13]

Města	Modelový typ centra	Celková doba přepravy (min)	Docházková doba na počáteční a z cílové zastávky a doba čekání (včetně přestupu) (min)	Zbývající čas na vlastní přepravu (min)	Dojezdová vzdálenost [km]							
					Průměrná cestovní rychlost [km/h]							
					20	25	30	40	50	60	70	80
Města	Velké centrum	90	5	85	28	35	43	57	71	85	99	113
		90	10	80	27	33	40	53	67	80	93	107
		90	15	75	25	31	38	50	63	75	88	100
		90	20	70	23	29	35	47	58	70	82	93
		90	25	65	22	27	33	43	54	65	76	87
	Střední centrum	60	5	55	18	23	28	37	46	55	64	73
		60	10	50	17	21	25	33	42	50	58	67
		60	15	45	15	19	23	30	38	45	53	60
		60	20	40	13	17	20	27	33	40	47	53
		60	25	35	12	15	18	23	29	35	41	47
	Malé centrum	45	5	40	13	17	20	27	33	40	47	53
		45	10	35	12	15	18	23	29	35	41	47
		45	15	30	10	13	15	20	25	30	35	40
		45	20	25	8	10	13	17	21	25	29	33
		45	25	20	7	8	10	13	17	20	23	27
	Malé centrum	30	5	25	8	10	13	17	21	25	29	33
		30	10	20	7	8	10	13	17	20	23	27
		30	15	15	5	6	8	10	13	15	18	20
		30	20	10	3	4	5	7	8	10	12	13
		30	25	5	2	2	3	3	4	5	6	7
		30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	

Doplň-li se a pozmění vstupní parametry dle [13], je možno stanovit další dojezdové vzdálenosti do příslušného typu centra. Model předpokládá, že čím větší a důležitější centrum je, tím delší doba dosažitelnosti je akceptovatelnější. Toto je uvedeno v tabulce 3-10.

Otočí-li se proměnné a bude-li se sledovat průběh potřebné průměrné cestovní rychlosti v závislosti na stanovené době dojížděky a dojížděkové vzdálenosti, získají se údaje uvedené v tabulce 3-11. Přes potřebnou průměrnou cestovní rychlost, resp. maximální dobu přepravy ve všech dopravních prostředcích podílejících se na přepravě, lze pak realizovat opatření v oblasti politiky zastavování spojů či linek, nasazení vhodných vozidel a nebo v nutných úpravách infrastruktury. Obdobně lze postupovat i v případě nutnosti dosažení potřebných hranových časů v rámci ITJŘ.

Z tabulky 3-11 je patrná naprostá nereálnost hodnot cestovní rychlosti nad 120 km/h (tuto rychlost dosahuje pouze SC Pendolino mezi Prahou a Ostravou Svinovem, viz tabulka 3-13). Z příkladů uvedených v tabulkách 3-12, 3-13 a 3-14 pro osobní zastávkové vlaky (Os), spěšné a ostatní dálkové vlaky (Sp, R, EC, SC) a regionální autobusy zhruba vyplývá, že reálná průměrná cestovní rychlost osobních zastávkových vlaků se běžně pohybuje mezi 30 až 50 km/h a u vlaků R a Sp na tratích do maximální traťové rychlosti 100-120 km.h<sup>-1</sup> mezi 50 až 70 km.h<sup>-1</sup>. U autobusové regionální dopravy je průměrná cestovní rychlost zhruba 30 - 40 km.h<sup>-1</sup>, ve vybraných případech zrychlených spojů pak až 50 km.h<sup>-1</sup>.

Praktické příklady k definování dostupnosti jsou například z kantonu Bern ve Švýcarsku. Dle vyhlášky k zákonu o veřejné dopravě [44] platí zhruba následující standardy obslužnosti:

- podmínky pro odjezdy směr centrum:
  - typ centra:
    - centrum – město nejméně s 30 000 obyvateli,
    - hlavní centrum - město nejméně se 100 000 obyvateli;
  - dosažitelnost centra:
    - centrum – do 30 minut bez přestupu do nádraží v centru,
    - hlavní centrum – do 45 minut bez přestupu do nádraží v hlavním centru.

Tabulka 3-11 Potřebné průměrné cestovní rychlosti v závislosti na stanovené maximální době dojíždky a vzdálenosti od příslušného centra - rozšíření a změna vstupních parametrů z [13],  
Zdroj: autor s využitím podkladů dle [13]

	Modelový typ centra	Celková doba přepravy (min)	Docházková doba na počáteční a z cílové zastávky a doba čekání (včetně přestupu) (min)	Zbývající čas na vlastní přepravu (min)	Potřebná průměrná cestovní rychlost přepravy [km/h]							
					Vzdálenost od centra [km]							
					20	30	40	50	60	70	80	90
Města	Velké centrum	90	5	85	14	21	28	35	42	49	56	64
		90	10	80	15	23	30	38	45	53	60	68
		90	15	75	16	24	32	40	48	56	64	72
		90	20	70	17	26	34	43	51	60	69	77
		90	25	65	18	28	37	46	55	65	74	83
	90	30	60	20	30	40	50	60	70	80	90	
	Střední centrum	60	5	55	22	33	44	55	65	76	87	98
		60	10	50	24	36	48	60	72	84	96	108
		60	15	45	27	40	53	67	80	93	107	120
		60	20	40	30	45	60	75	90	105	120	135
		60	25	35	34	51	69	86	103	120	137	154
	60	30	30	40	60	80	100	120	140	160	180	
	Malé centrum	45	5	40	30	45	60	75	90	105	120	135
		45	10	35	34	51	69	86	103	120	137	154
		45	15	30	40	60	80	100	120	140	160	180
		45	20	25	48	72	96	120	144	168	192	216
		45	25	20	60	90	120	150	180	210	240	270
	45	30	15	80	120	160	200	240	280	320	360	
	Malé centrum	30	5	25	48	72	96	120	144	168	192	216
		30	10	20	60	90	120	150	180	210	240	270
		30	15	15	80	120	160	200	240	280	320	360
		30	20	10	120	180	240	300	360	420	480	540
		30	25	5	240	360	480	600	720	840	960	1080
		30	30	0	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabulka 3-12 Průměrné cestovní rychlosti vybraných linek železniční regionální dopravy v JŘ 2009/10, Zdroj: autor dle podkladů [51]

JŘ 2009/10 - Vlaky Os				
Průměrné cestovní rychlosti - příklady	L [km]	t [min]	V <sub>prům</sub> [km/h]	V <sub>max</sub> [km/h]
Os Pardubice - Kolín (S1)	42	42	60	140
Os Plzeň - Horažďovice předměstí	59	70	51	100
Os Ústí nad Labem - Most (U1)	46	57	48	115
Os Praha Mas. n. - Kolín (S1)	62	78	48	140
Os Plzeň - Klatovy	48	61	47	90
Os Plzeň - Podbořany	83	125	40	70
Os Brno - Třebíč	63	96	39	90
Os Nýřany - Heřmanova Huť	10	16	38	60
Os Strakonice - Volary	71	124	34	50
Os Pňovany - Bezdržice	24	47	31	60

Tabulka 3-13 Průměrné cestovní rychlosti vybraných linek železniční dálkové dopravy v JŘ 2009/10, Zdroj: autor dle podkladů [51]

JŘ 2009/10 - Vlaky SC/EC/R/Sp				
Průměrné cestovní rychlosti - příklady	L [km]	t [min]	V <sub>prům</sub> [km/h]	V <sub>max</sub> [km/h]
SC Praha hl.n. - Ostrava Svinov	351	176	120	160
EC Praha hl.n. - Brno	255	163	94	160
R Praha hl.n. - Česká Třebová	164	122	81	140
R Plzeň - České Budějovice	136	117	70	100
R Ústí nad Labem - Chomutov	71	65	66	120
Sp Plzeň - Klatovy	48	50	58	90
R Plzeň - Žatec	107	114	56	70
R Zdice - Protivín	103	112	55	75
R Pardubice - Liberec	161	183	53	100
R Brno - Jihlava	104	119	52	90

Tabulka 3-14 Průměrné cestovní rychlosti vybraných linek autobusové regionální dopravy v JŘ 2009/10, Zdroj: autor dle podkladů [65, 66]

JŘ 2009/10 - Regionální autobusy				
Průměrné cestovní rychlosti - příklady	L [km]	t [min]	V <sub>prům</sub> [km/h]	V <sub>max</sub> [km/h]
Horažďovice - Kotouň	22	35	38	90
Horažďovice - Velký Bor - Pačejov	16	30	32	90
Horažďovice - Třebomyslice - Pačejov	15	30	30	90
Nepomuk žst. - Nekvasovy	10	15	40	90
Prachatice - Volyně nám.	26	50	31	90
Strakonice - Volyně nám. (zast.)	12	15	48	90
Strakonice - Vimperk	30	45	40	90

## Faktor přestupu

Přestupování je přirozená součást přepravního řetězce veřejné dopravy. Z pohledu dopravního plánování je cílem maximalizace přímých spojení s minimalizací nutnosti přestupu, nicméně tyto snahy mají svůj jednoznačný limit. Cestující často vnímá přestup jako nutné zlo. Toto je podloženo i celou řadou průzkumů. V práci [10] je popisován příklad dotazníku postaveném na hypotetické volbě kratší cesty s přestupem a delší cesty bez přestupu. 60% dotazovaných zvolilo druhou alternativu. Dále je uvedeno, že na přestupu je ze strany cestujícího nejhůře hodnoceno vlastní čekání na spoj. Porovná-li se doba chůze se stejnou dobou čekání, je vnímání chůze subjektivně dalo příznivější, neboť je spojeno s nějakým druhem aktivity.

Při posuzování doby čekání je několik možností jejího váhového ohodnocení:

- váhový koeficient závislý např. na přestupu mezi vybranou dvojicí prostředků veřejné dopravy nebo na délce doby přestupu (např. exponenciální závislost),
- paušální časová přírážka za každý realizovaný přestup k celkové době přepravy,

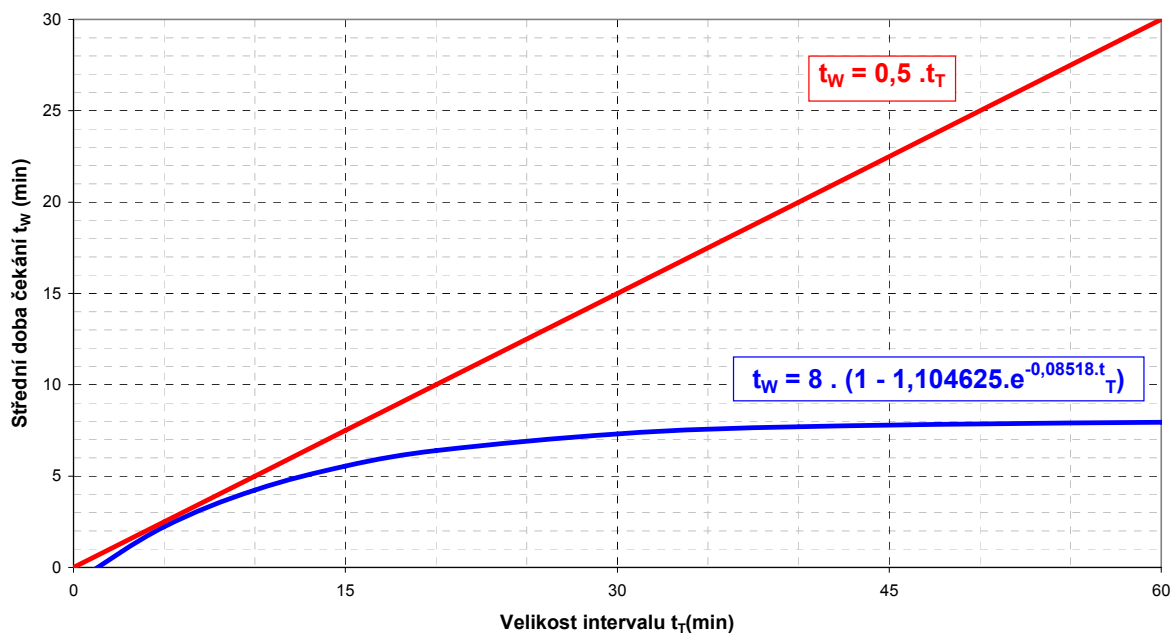
- o prosté zohlednění pouze časové složky přestupu - tzn. jeho doby trvání.

Důležitou roli ve vnímání přestupů má dále i velikost intervalu vzájemnou přestupní vazbou provázaných linek veřejné dopravy. Čím delší interval nabídky na daných linkách je, tím důležitější je dodržení optimální přestupní vazby.

### Střední doba čekání

Střední doba čekání je ukazatel vztažený k četnosti nabídky (takt, interval) veřejné dopravy. Obecně je udávána jeho velikost jako polovina intervalu na dané lince. Jiný pohled nabízí Walther [10] ve své práci zabývající se problematikou modal-splitu a dopravních odporů (viz. obrázek 3-24). Zde vychází z předpokladu, že cestující s rostoucí délkou intervalu nepřichází náhodně na zastávku, nýbrž v určitém limitním čase před odjezdem spoje. Dle odvozené funkce konstatuje, že limitní hodnota střední doby čekání je 8 minut a je prakticky konstantní pro interval větší než 60 minut. Pro hodnoty intervalu kratší než 60 minut vychází střední doba čekání v závislosti na odvozené funkci.

**Závislost střední doby čekání na délce intervalu mezi dvěma spoji**



Obrázek 3-24 Možné příklady závislost střední doby čekání na délce intervalu linky, Zdroj: autor na základě podkladů dle [10]

### 3.2.4 Parametry nabídky veřejné dopravy

Vlastní architektura nabídky spojů a linek veřejné dopravy podmiňuje její atraktivitu pro cestující. V některých zemích je rozsah a kvalita nabídky výrazně determinována limitně disponibilními prostředky dopravce či objednatele, aniž je dán vlastní parametr standardní dopravní obslužnosti. Ve vyspělých zemích Evropy je pak často předdefinován parametr standardů obslužnosti, který determinuje její rozsah. Mezi jednotlivé parametry nabídky patří:

- časové pokrytí veřejnou dopravou:
  - nejpodstatnější parametr pokrytí veřejnou dopravou,
  - časová dostupnost limitním faktorem atraktivity vůči individuální automobilové dopravě,
  - reprezentován časovými aspekty nabídky, jedná se především o:
    - četnost obsluhy:
      - počet párů spojů, časové odstupy mezi spoji (takt),
      - rozsah úměrný období během dne (špička, sedlo), týdne (páteční a nedělní posilové spoje), atd.,
      - vychází z přepravních proudů nebo z parametrů obslužnosti požadované pro danou oblast nebo linku veřejné dopravy;
    - doba provozu:
      - v rámci dne,
      - zahájení provozu, konec provozu;
    - dny provozu:
      - omezení na dané období provozu (týden, měsíc, sezóna),
      - pracovní dny, víkendy;
- nabídka míst k přepravě:
  - nabízená přepravní kapacita v závislosti na síle přepravních proudů v jednotlivých částech provozních ramen,
  - výkyv v čase - špička, sedlo, roční období, sezónní vlivy;
- koordinace přípojů:
  - provázanost systému veřejné dopravy jako celku,
  - snaha o minimalizaci přestupních dob a tím zkrácení celkové doby přepravy,
  - důležitá systémovost u systémů provozovaných v taktu,
  - funkčnost determinována stabilitou provozu jednotlivých linek;
- vícestupňovitost obsluhy:

- hierarchické uspořádání nabídky,
- přepravní funkce jednotlivých linek,
- dopady do politiky zastavování, přípojných vazeb,
- limitována rozsahem nabídky dopravy - v případě jednosegmentové obsluhy mnohdy nutná volba mezi plošností a rychlostí obsluhy.

Pro ilustraci je uveden příklad z oblasti parametrů četnosti obsluhy ze Švýcarska [45]. Na úrovni konfederace se o těchto standardech zmiňuje nařízení 742.101.1 [67]. Dle této vyhlášky je požadován minimálně hodinový takt, pokud je na dané lince v nejzatíženějším úseku denně přepraveno průměrně alespoň 500 osob. V případě, že je na nejméně zatíženém úseku dané linky přepraveno denně minimálně průměrně 32 osob, pak je počet párů stanoven na 4 denně.

Další příklad je z kantonu Bern [45], vycházejí z vyhlášky o nabídce ve veřejné dopravě [44].

*Tabulka 3-15 Příklad časového pokrytí veřejné dopravy v kantonu Bern, Zdroj: [45]*

Stupeň	Oblast	Počet párů spojů denně	perioda
1	Řídce osídlená	4 - 15	-
2	Středně osídlená	16 - 25	1h
3	Hustě osídlená Spojení s centry	26 - 39	30 min
4	Souvislého osídlení	> 40	< 30 min

### 3.2.5 Dílčí závěr - dostupnost a nabídka VD

Jednou z důležitých úloh dopravního plánování je minimalizace celkové doby přepravy „od domu do domu“. Toto je významné především z hlediska konkurenceschopnosti systému veřejné dopravy oproti dopravě individuální. Přepravní řetězec u veřejné dopravy vypadá zjednodušeně zhruba následovně:

Zdroj cesty - chůze na 1. zastávku VD, čekání na spoj VD, jízda 1. prostředkem VD, přestup, ..., jízda posledním prostředkem VD, chůze z poslední zastávky VD - cíl cesty.

Kromě celkové doby přepravy zde vstupuje celá řada elementů přepravního řetězce (chůze na zastávku, čekání na spoj, přestup apod.), které jsou ze strany cestujících vnímány individuálně více či méně negativně. Čím delší navíc jejich časová složka bude, tím menší je

akceptovatelnost nabídky veřejné dopravy. Minimalizace celkové doby přepravy je i zásadním podnětem pro realizaci ITJŘ a sekundární snahu o potřebné zkrácení systémových jízdnicích dob tak, aby maximálně fungovaly krátké přestupní vazby. Pro návrh systému je nutno vycházet z odpovídajících vstupních parametrů. Tyto jsou:

- časoprostorová dostupnost zastávek veřejné dopravy v závislosti na způsobu jejich dosažení, bude-li pro účely práce uvažovaná pouze pěší chůze, pak platí:
  - rychlost chůze  $v = 1,34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  dle [21, 22, 23];
  - docházková vzdálenost:
    - může být rozdílná, resp. rozdílně kvalitativně vnímaná pro různé druhy dopravních prostředků veřejné dopravy (např. vlak vs. autobus - faktor železnice resp. tzv. Schienenbonus),
    - může být definovaná subjektem zodpovědným za řešení dopravní obslužnosti na základě stanovených standardů obslužnosti - např. vybrané kantony ve Švýcarsku nebo vybrané IDS v Německu,
    - na základě realizace vlastního průzkumu pro účely této práce (viz příloha P3) byla zjištěné, že na vlak jsou respondenti ochotni akceptovat docházkovou vzdálenost 1000 až 1500 metrů, resp. 15 až 20 minut pěší chůze; autobus je akceptovatelný od 500 do 1000 metrů, resp. od 10 do 15 minut doby docházky;
- dosažitelnost důležitých spádových center regionu:
  - může být definována objednatelům dopravní obslužnosti (např. Švýcarsko, Německo),
  - limitní hodnoty doby dojížděky do daných center regionu - možné omezení včetně nebo bez možnosti přestupu, praktické hodnoty se mohou pohybovat od 30 do 90 minut;
- přestupy:
  - spíše negativní vnímání ze strany cestujících,
  - pro posouzení často ohodnoceny váhovým koeficientem,
  - rozdílnost vnímání dle druhu cesty, v případě denního dojíždění maximální snaha o minimalizaci;
- četnost spojení:
  - závisí na typu regionu a urbanizace dané lokality, standardem taktová doprava,
  - může být definována objednatelům dopravní obslužnosti (např. Švýcarsko, Německo):



- v aglomerační dopravě interval 15 - 60 minut,
- ve venkovském prostoru interval 60 - 120 minut, běžně poptávková forma nabídky jízdního řádu s 3 - 5 páry spojů v pracovní dny.

### **3.3 Dopravní odpor a jeho využití při posouzení modal split**

#### **3.3.1 Modal split v osobní dopravě**

Posouzení podílu jednotlivých druhů dopravy, resp. dopravních prostředků na přepravě osob je jedním z důležitých úloh v oblasti dopravního plánování. Cílem je především kvantitativně ověřit rozsah a kvalitu dopravní obslužnosti a dopady ve změně její nabídky. Pro kvalitní prověření hybnosti obyvatelstva a chování cestujících ve veřejné a individuální automobilové dopravě je však potřebné udělat komplexní model dopravní obslužnosti se všemi jeho aspekty. Jen tak bude zaručena správnost a relevantnost provedených opatření. Pro rychlé a hrubé srovnání je možné použít určité zjednodušující postupy a metody. Stejným způsobem je však nutno přistupovat k dosaženým výstupům, zejména v oblasti jejich následné interpretace.

Předtím, než je realizován vlastní přepravní proces, musí potenciální cestující učinit celou řadu „dopravně-přepravních“ rozhodnutí. Tento proces volby probíhá zřídka vědomým způsobem. Toto platí i pro tzv. modal - split [46]. Z hlediska modelování přepravních vztahů je celý proces dopravně-přepravního rozhodování popsán v rámci tzv. 4 stupňového algoritmu, který zahrnuje následující kroky [34, 46]:

1. vznik a příčina dopravy, resp. přepravního vztahu (tzv. Verkehrserzeugung):
  - a. počet cest (dle účelu), které realizuje člověk za jednotku času,
  - b. účel cesty (do zaměstnání, do místa vzdělávání, na místo volnočasových aktivit, za nákupy, zpět do bydliště apod.);
2. volba cílů cest (odkud, kam), (tzv. Verkehrsverteilung):
  - a. zdroje a cíle přepravních vztahů dle jednotlivých typů v dané oblasti,
  - b. matice přepravních vztahů (stávajících, potenciálních) mezi jednotlivými příslušnými zdroji a cíly cest (tzv. dopravními okrsky);
3. rozdělení cest na jednotlivé dopravní módy (tzv. Verkehrsaufteilung):
  - a. Vlastní modal-split, tj. podíl jednotlivých dopravních módů nebo dopravních prostředků;
4. prostorové rozložení dopravy (tzv. Verkehrslegung):
  - a. rozložení přepravních vztahů na dopravní síť (trasa přepravy).

Z praktického hlediska probíhá rozhodovací proces většinou simultánně, nicméně pro realizaci potřebného modelu je tento způsob věcně přehledný [46].

Modal split určuje podíl jednotlivých dopravních prostředků na přepravě cestujících v daných relacích. Tak aby bylo možno podíl jednotlivých dopravních prostředků vůbec stanovit, je nutno znát přepravní proudy ve zkoumaných relacích. Přepravní vztahy lze vedle obecných modelů (kroky 1 a 2 ze 4-stupňového algoritmu) určit (kalibrovat) také následujícími způsoby:

- přepravní průzkum - všeobecné přepravní vztahy, specifické přepravní vztahy daným dopravním prostředkem, resp. na dané relaci,
- prodej jízdních dokladů - konkrétní přepravní vztahy daným dopravním prostředkem na dané trase (adresné jízdní doklady).

Pro účely této práce se předpokládá znalost potřebných přepravních vztahů na sledovaných relacích.

U modal-splitu se rozlišuje tzv. multimodální rozdělení a bimodální rozdělení [49]:

- U multimodálního rozdělení jsou rozlišovány konkrétní dopravní prostředky, resp. způsoby přepravy - pěší chůze, jízda na kole, jízda autem, vlakem, autobusem, tramvají atd.
- U bimodálního rozdělení se rozlišuje mezi veřejnou dopravou (VD) a individuální automobilovou dopravou (IAD).

V případě volby mezi VD a IAD jsou rozlišovány 3 základní modelové situace z hlediska jejich účastníků [46]:

- Účastníci přepravního procesu se svobodnou možností volby (tzv. „choice riders“), tito jsou nezávislí na VD i IAD a mohou volit mezi jedním z nich.
- Účastníci přepravního procesu závislí na VD (tzv. „captive riders“), subjekty, které z objektivních příčin nemohou použít IAD (nízký věk, nedisponibilita automobilu apod.).
- Účastníci přepravního procesu závislí na IAD (tzv. „captive drivers“), subjekty, které z objektivních příčin nemohou použít VD (nedostupnost VD v cíli nebo zdroji cesty, přeprava nadrozměrných předmětů apod.).

Modal split je dále determinován jednak výší přepravního proudu mezi jednotlivými dopravními okrsky a jednak úrovní nabídky spojení mezi těmito okrsky.

Zásadní otázkou je míra, do jaké se změní podíl jednotlivých druhů dopravy nebo dopravních prostředků na přepravě osob v závislosti na změně struktury nabídky na dané relaci.

Pro řešení podílu jednotlivých druhů dopravy nebo dopravních prostředků existuje celá řada metod, popsána např. v [10], [34], [35], [36], [46], [48], [49], [50]. Konkrétněji je popsána metoda dopravních odporů [10], [36] a logit model [36], [49].

### 3.3.2 Metody pro stanovení modal-split

Metoda dopravních odporů vychází principiálně z Kirchhoffových zákonů rozdělení elektrického proudu na jednotlivé paralelně vedené vodiče v závislosti na jejich odporu. Pro stanovení velikosti proudu  $i$ -tého vodiče platí:

$$I_i = \frac{U}{R_i} = I \cdot \frac{\frac{1}{R_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}} \quad [\text{A}, \text{V}, \Omega] \quad (3-70)$$

$$\text{kde } I = \sum_{i=1}^n I_i \quad [\text{A}] \quad (3-71)$$

- $I$  celkový proud,
- $I_i$  proud v  $i$ -tém vodiči,
- $R_i$  odpor  $i$ -tého vodiče,
- $n$  celkový počet vodičů.

Převedením tohoto principu do oboru dopravy se získá analogický vzorec [36]:

$$A_i = \frac{\frac{1}{W_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{W_i}} \cdot 100 \quad (3-72) \quad [\%]$$

- $A_i$  podíl  $i$ -tého dopravního prostředku na celkovém objemu přepravy v dané relaci,
- $W_i$  dopravní odpor  $i$ -tého dopravního prostředku na dané relaci,
- $n$  celkový počet vzájemně si konkurujících dopravních prostředků.

Stanovení modal-splitu pouze na základě podílu dopravních odporů však vede k tomu, že nejsou reflektovány absolutní hodnoty těchto odporů (délka cesty, doba jízdy apod.), což by dále vedlo k chybnému závěru, že tyto „tvrdé“ hodnoty nemají na rozhodování potenciálního cestujícího žádný vliv [36]. Tento nedostatek lze odstranit pomocí tzv. logit modelu.

Logit-model je postaven na principu pravděpodobnosti P, při které je daný dopravní prostředek vybrán při zohlednění dané konkurenční situace s cílem maximalizace užítka daného výběru [36], [49]. Pro multimodální logit model platí:

$$P_i = \frac{e^{u_i}}{\sum_{i=1}^n e^{u_i}} \cdot 100 \quad (3-73) \quad [\%]$$

- $P_i$  pravděpodobnost výběru i-tého dopravního prostředku,  
 $u$  užitek z použití i-tého dopravního prostředku,  
 $n$  celkový počet vzájemně si konkurujících dopravních prostředků.

Při použití logit-modelu je problematická skutečnost, že pro stanovení modal-splitu je rozhodující pouze rozdíl v užítku mezi dvěma posuzovanými variantami, tzn. pouze jeho velikost, nezávisle na velikosti parametrů vstupních podmínek obou variant [36], [46], [49]. Např. pro dvě relace s rozdílnou vzdáleností a podobným modal-splitem by zkrácení jízdní doby o X minut vedlo ke stejnému výsledku podílu jednotlivých dopravních prostředků. Což opět neodráží zcela reálnou situaci chování cestujících.

Nevýhody obou výše uvedených modelů se pokouší eliminovat metoda používaná na RWTH Aachen [10], [36] postavená na jejich kombinaci. Pro takto stanovený dopravní odpor platí [10], [36]:

$$\begin{aligned} W &= t \cdot S = t \cdot e^t \\ S &= e^t \end{aligned} \quad (3-74) \quad [-]$$

- $W$  dopravní odpor, vyjádřený bezrozměrnou jednotkou odporu,  
 $t$  parametr odporu vyjádřený časem - objektivní veličina udávaná v minutách,  
 $S$  parametr subjektivního vnímání časového parametru  $t$  ze strany cestujícího [ $\text{min}^{-1}$ ].

Exponenciální funkce parametru S je dle [36] vhodná pro posouzení subjektivního vnímání dvou stejných změn při různých výchozích podmínkách.

Rovnicí (3-74) stanovený odpor tak v sobě kombinuje objektivní veličinu vyjádřenou časem a subjektivní hodnocení toto časového úseku v závislosti na daných vstupních parametrech.

Takto formulované dopravní odpory jsou používány pro posouzení modal-splitu mezi následujícími způsoby přepravy[36]:

- pěší chůze,
- jízda na kole,
- jízda prostředkem veřejné dopravy,
- jízda IAD.

Vstupními posuzovanými veličinami jsou [36]:

- topografie terénu (platí pro cyklistickou dopravu),
- výše příjmu,
- pro VD pak dále:
  - druh dopravního prostředku (vlak, metro, tramvaj, autobus...),
  - dostupnost zastávek veřejné dopravy na začátku a na konci cesty,
  - četnost spojení,
  - doba přepravy (všemi prostředky hromadné dopravy),
  - nutnost a doba přestupu,
  - cena za přepravu,
  - atd.;
- u IAD jsou posuzovány:
  - docházka k automobilu před a po realizaci jízdy automobilem,
  - doba přepravy,
  - doba hledání místa k parkování,
  - náklady na parkování,
  - náklady na provoz (údržba, pojištění apod.),
  - cena pohonných hmot,
  - atd.

### **Odpory ve veřejné dopravě**

Pro celkový odpor přepravy na dané relaci platí následující vztah [10], [36]:

$$W_{VD} = t_{CAN} \cdot S_{CAN} + t_W \cdot S_W + \sum t_{JD} + \sum t_U \cdot S_U + t_{CAB} \cdot S_{CAB} + W_K, \quad (3-75) \quad [-]$$

$t_{CAN}, t_{CAB}$ [min]

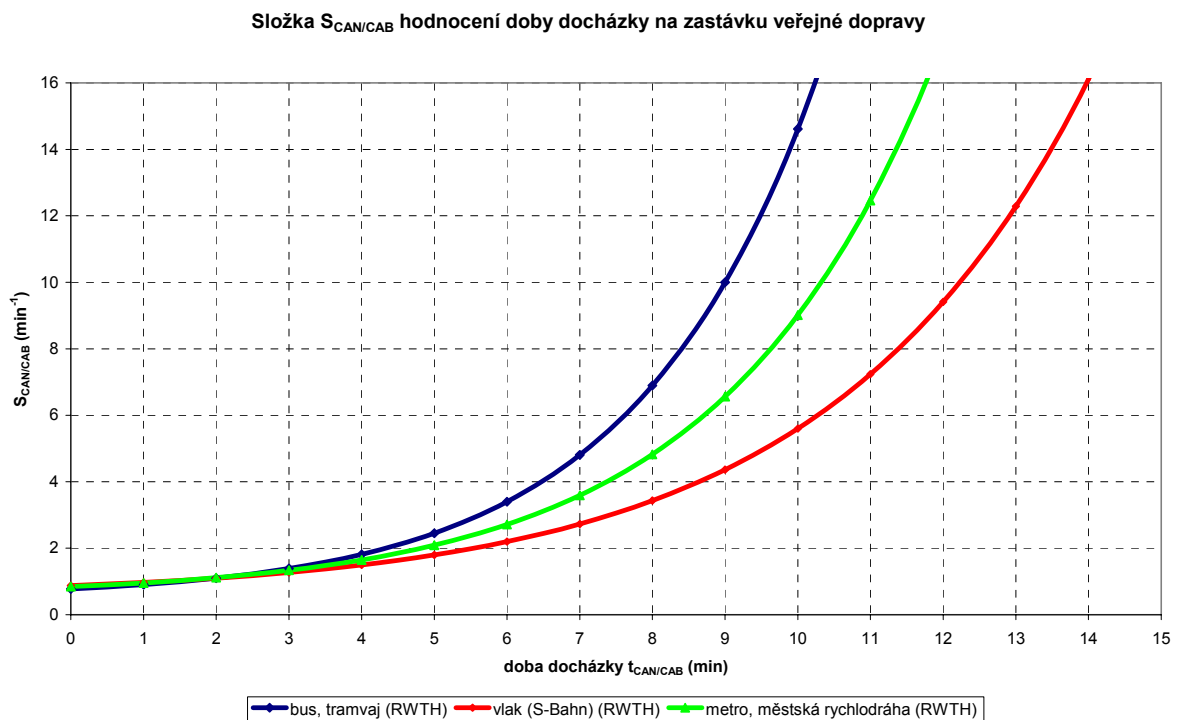
doba chůze na první nástupní zastávku resp. z poslední zastávky do cíle,

$t_w$ [min]	doba čekání na první prostředek VD na přepravní cestě na zastávce jako funkce intervalu obsluhy dané zastávky,
$t_{JD}$ [min]	doba/y jízdy prostředku/ů VD,
$t_U$ [min]	doba přestupu/ů mezi jednotlivými prostředky VD,
$S$ [min <sup>-1</sup> ]	složka subjektivního hodnocení časových parametrů $t$ ,
$W_k$ [-]	složka odporu závislá na výdajích cestujícího na jízdu VD (cena jízdenky, tarifní struktura).

Složka  $S$  subjektivního hodnocení je pro jednotlivé dílčí přepravní úkony stanovena dle [10], [36]:

Složka  $S_{CAN/CAB}$  subjektivního vnímání docházky na zastávku veřejné dopravy

- autobus, tramvaj  $S_{CAN/CAB} = 0,506502 + 0,268792 \cdot e^{0,396047 \cdot t_{CAN/CAB}}$  (3-76)
- metro, městská rychlodráha  $S_{CAN/CAB} = 0,569179 + 0,274495 \cdot e^{0,342636 \cdot t_{CAN/CAB}}$  (3-77)
- vlak, S-Bahn  $S_{CAN/CAB} = 0,573903 + 0,299241 \cdot e^{0,282115 \cdot t_{CAN/CAB}}$  (3-78)

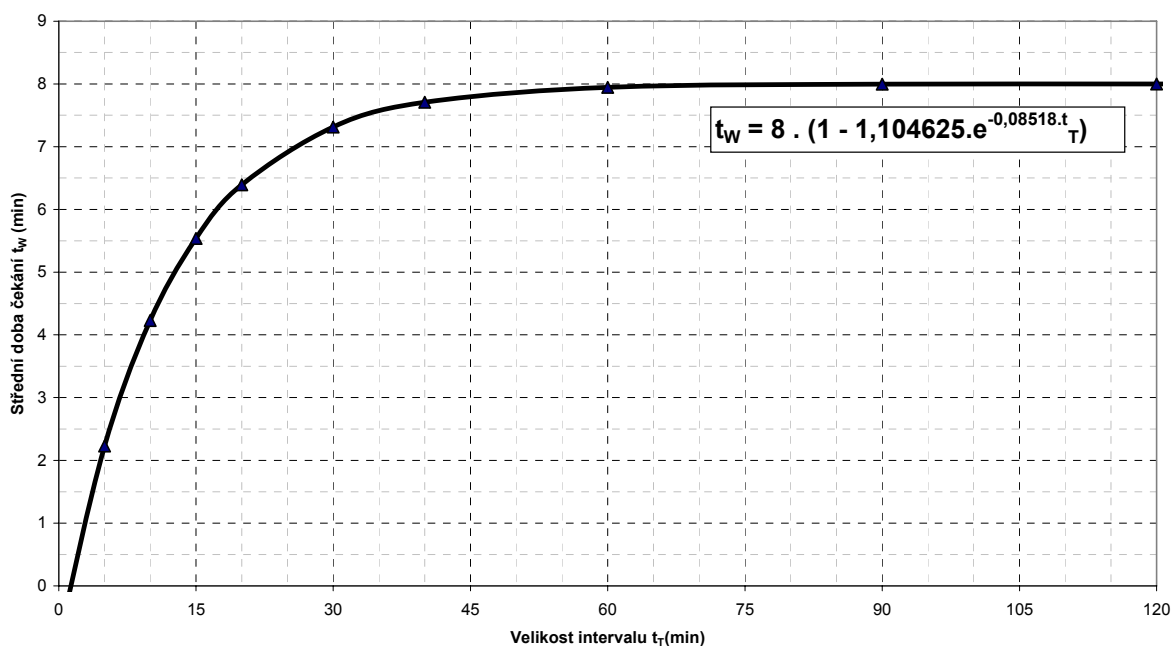


Obrázek 3-25 Průběh závislosti složky  $S_{CAN/CAB}$  na délce docházkové vzdálenosti na zastávku VD, Zdroj: [10], [36]

Složka  $S_W$  je závislá na velikosti hodnoty střední doby čekání  $t_w$ . Tato hodnota vychází z velikosti intervalu  $t_T$  prvního prostředku VD na realizované přepravní cestě. Pro velikost intervalu větší než 60 minut se blíží limitně k hodnotě 8 minut ([10], [36]):

$$t_w = 8 \cdot \left(1 - 1,104625 \cdot e^{-0,08518 \cdot t_T}\right) \quad (3-79)$$

Závislost střední doby čekání na délce intervalu mezi dvěma spoji



Obrázek 3-26 Průběh závislosti střední doby čekání  $t_w$  na velikosti intervalu  $t_T$ , Zdroj: [10], [36]

Složka  $S_W$  subjektivního vnímání střední doby čekání  $t_w$  prostředku veřejné dopravy

○ autobus, tramvaj  $S_W = 1,632673 + 0,256768 \cdot e^{0,459240 \cdot t_w} \quad (3-80)$

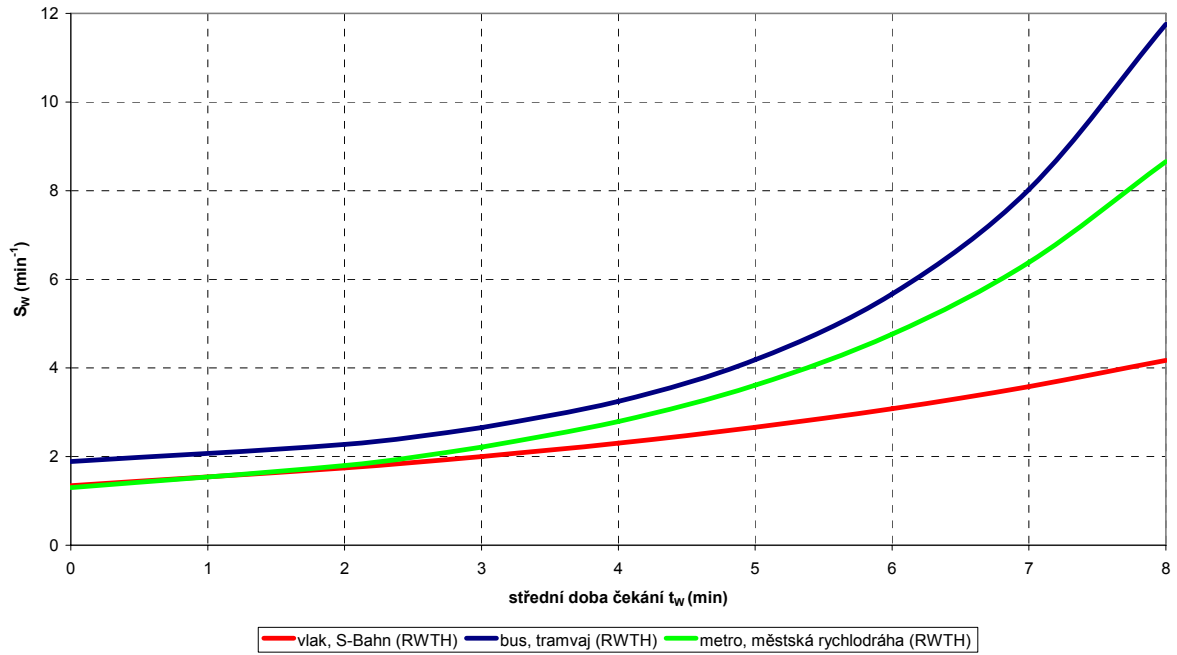
○ metro, městská rychlodráha  $S_W = 0,787579 + 0,511118 \cdot e^{0,341750 \cdot t_w} \quad (3-81)$

○ vlak, S-Bahn  $S_W = 0,342126 + 1,043384 \cdot e^{0,167255 \cdot t_w} \quad (3-82)$

Složka  $S_{JD}$  subjektivního vnímání jízdní doby  $t_{JD}$  prostředku veřejné dopravy byla stanovena ([10], [36]) pro všechny dopravní prostředky  $S_{JD} = 1 \quad (3-83)$

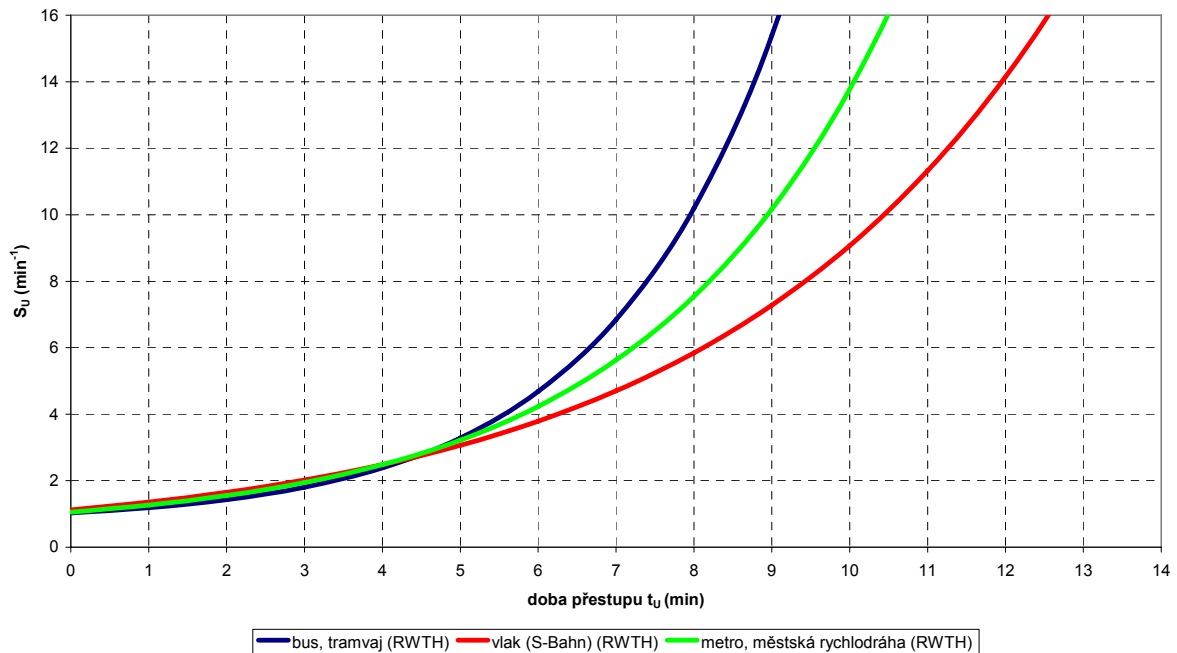


Složka  $S_W$  hodnocení doby docházky na zastávku veřejné dopravy



Obrázek 3-27 Průběh závislosti složky  $S_W$  na velikosti střední doby čekání, Zdroj: [10], [36]

Složka  $S_U$  hodnocení doby docházky na zastávku veřejné dopravy



Obrázek 3-28 Průběh závislosti složky  $S_U$  na velikosti doby přestupu, Zdroj: [10], [36]

Složka  $S_W$  subjektivního vnímání střední doby čekání  $t_W$  prostředku veřejné dopravy:

○ autobus, tramvaj  $S_U = 0,744725 + 0,284470 \cdot e^{0,437923 \cdot t_U}$  (3-84)

○ metro, městská rychlodráha  $S_U = 0,498569 + 0,557746 \cdot e^{0,317002 \cdot t_U}$  (3-85)

○ vlak, S-Bahn  $S_U = 0,194192 + 0,926497 \cdot e^{0,226000 \cdot t_U}$  (3-86)

Složka  $W_K$  odporu vycházející z nákladů spojených s přepravou (cílem je snaha přepočíst náklady vynaložené na cestu tak, aby byla kompatibilní s časovými veličinami):

$$W_K = \frac{K}{\alpha \cdot E} \quad (3-87)$$

$K$  cena za 1 jízdu daným dopravním prostředkem VD [Kč/jízda],

$\alpha$  podíl příjmů  $E$ , které je daný subjekt ochoten vynaložit na přepravní služby VD [jízda/min],

$E$  čistý příjem vztažený k 1 minutě měsíční pracovní doby nebo studia [Kč.min<sup>-1</sup>].

### Odpor v IAD

Pro celkový odpor přepravy na dané relaci platí následující vztah [10], [36]:

$$W_{IAD} = (t_{CAN} \cdot S_{CAN} + t_{JD} + t_P \cdot S_P + t_{CAB} \cdot S_{CAB}) \cdot S_{IAD} + W_{KP} + W_{KB} + W_{KP} \quad (3-88) \quad [-]$$

$t_{CAN}, t_{CAB}$  [min] doba chůze k motorovému vozidlu, resp. od něj do cíle cesty,

$t_{JD}$  [min] doba jízdy motorovým vozidlem,

$t_P$  [min] doba hledání místa k parkování,

$S$  [min<sup>-1</sup>] složka subjektivního hodnocení časových parametrů  $t$ ,

$S_{IAD}$  [min<sup>-1</sup>] složka subjektivního hodnocení sumy již ohodnocených časových složek odporů IAD,

$W_{KP}$  [-] složka odporu závislá na provozních nákladech na auto (pojištění, opravy, atd.),

$W_{KB}$  [-] složka odporu závislá na spotřebě a ceně pohonných hmot,

$W_{KP}$  [-] složka odporu závislá na nákladech spojených s parkováním.

Složka  $S_{CAN}$  subjektivního vnímání docházky k motorovému vozidlu:

- složka je ohodnocena  $S_{CAN} = 1$ , (3-89)
- z [10] vyplývá, že pro určení jiné hodnoty není relevantní důvod.

Složka  $S_{CAB}$  a  $S_P$  subjektivního vnímání doby chůze od motorového vozidla do cíle cesty, resp. doby hledání místa k parkování:

$$S_{CAB} = S_P = 2 + 0,0001 \cdot e^{0,8 \cdot t_{P/CAB}} \quad (3-90)$$

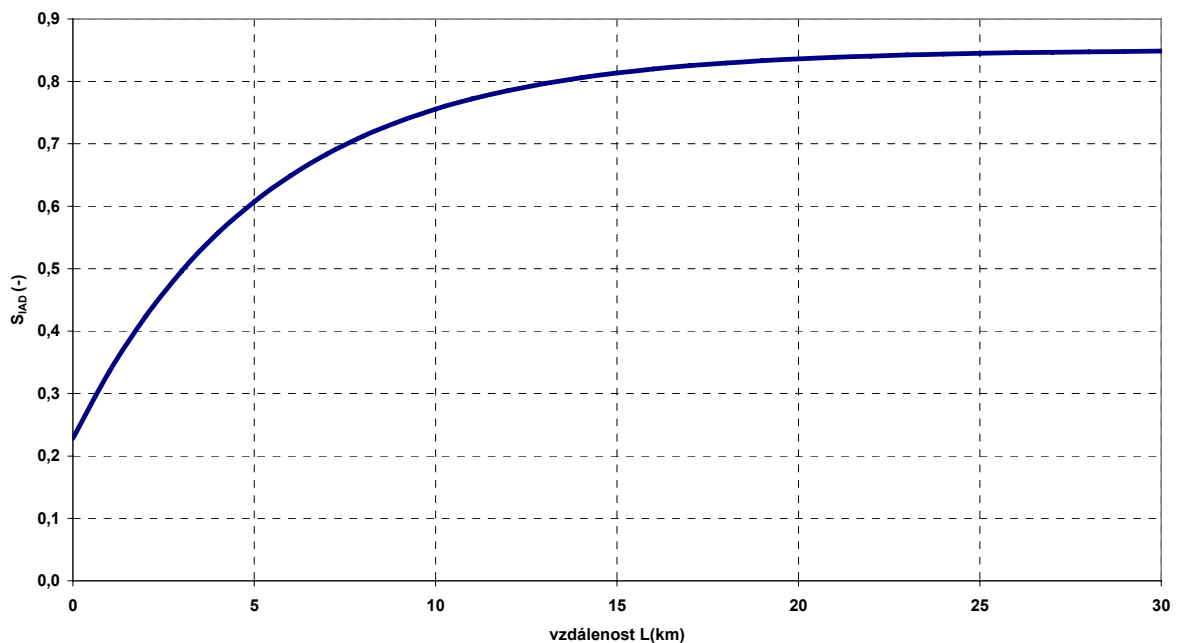
Složka  $S_{IAD}$  subjektivního vnímání celkové doby přepravy motorovým vozidlem:

- tento koeficient vychází z předpokladu, že cestující vnímá cestu s IAD subjektivně kratší, než kdyby ji absolvoval veřejnou dopravou, jeho hodnota je odvozena:

$$S_{IAD} = 0,8507 \cdot (1 - 0,7318 \cdot e^{-0,1879 \cdot L}) \quad (3-91)$$

L      délka cesty automobilem

Složka  $S_{IAD}$  subjektivního hodnocení celkové doby přepravy osobním automobilem



Obrázek 3-29 Průběh závislosti složka  $S_{IAD}$  na délce přepravní vzdálenosti, Zdroj: [10], [36]

$$W_{Ki} = \frac{K}{\alpha_i \cdot E \cdot B} \quad (3-92)$$

K      cena za 1 jízdu IAD [Kč/jízda],

- $\alpha_i$  podíl příjmů E, které je daný subjekt ochoten vynaložit na přepravu IAD (jednotlivé nákladové složky) [jízda/min],
- E čistý příjem vztahený k 1 minutě měsíční pracovní doby nebo studia [Kč/min],
- B obsaditelnost automobilu [Os/auto].

Parametry popsané metody RWTH Aachen a oblasti její aplikace jsou především v městské a příměstské dopravě.

### 3.3.3 Dílčí závěry - dopravní odpor

Metoda RWTH Aachen má následující omezení:

- uvedené principy jsou primárně určeny pro použití v městské a příměstské dopravě:
  - poměrně vysoká citlivost funkcí subjektivního vnímání jednotlivých veličin na délku příslušného časového úseku dané aktivity,
  - nízká citlivost na vyšší hodnoty v regionální dopravě, zejména: doby přestupu, docházkových vzdáleností a hodnoty střední doby čekání;
- uváží-li se ovšem, že tento model platí jen pro podíl choise riders, lze jej v principu aplikovat i pro výpočty v regionální dopravě.

Pro posouzení dopadu změny nabídky na poptávku v rámci této práce byl zmíněný model použit při respektování následujících úvah:

- Uvažovány pouze časové parametry nabídky.
- Byla vypuštěna část dopravního odporu zahrnující posouzení nákladů spojených s jízdou prostředkem VD nebo IAD. Důvodem pro toto zjednodušení je skutečnost, že primárním cílem této práce je zohlednění tvrdých, tedy zejména časových faktorů nabídky VD v území a dále značná nejistota u hodnot použitých veličin (cen, průměrného příjmu apod.).
- Pro složky subjektivního vnímání S byla použita výše uvedená stupnice s maximální hodnotou 16. Důvodem je dále nezvyšovat hodnoty odporů pro delší časové úseky při dopravní obslužnosti ve venkovském prostoru.
- Pro složky subjektivního vnímání S (délka intervalu, doba přestupu a docházková vzdálenost) byla uvažovaná stejná citlivost pro autobusovou a železniční dopravu. Pro model byly zvoleny střední hodnoty křivek závislosti složky S na objektivní velikosti příslušné časové veličiny. Důvodem je neexistence implicitně daných

dopravních prostředků v regionu a zanedbání preferencí určitého druhu VD (tzv. Schienenbonus etc.).

- V rámci modelu bylo posuzováno pouze období ranní a odpolední špičky. Důvodem je skutečnost, že v tomto období je zpravidla přepraveno více než 75% celkové poptávky na dané relaci za den. Tento předpoklad je podložen řadou přepravně-technických studií a průzkumů v regionální dopravě, kde je tento poměr částečně ještě vyšší.
- Pro posouzení a možnosti srovnání 2 variant nabídek veřejné dopravy na dané relaci byla IAD uvažována se stejným odporem v obou variantách.
- Nebudou posuzovány parametry odporu samostatně realizované pěší chůze (jako vlastní druh přepravy, nikoliv jako docházka na prostředky VD) a jízdy na kole. Tento předpoklad je odůvodněn též minimálním podílem pěší a cyklistické dopravy v regionální dopravě (při zanedbání vnitrokrskových přepravních vztahů).

## **3.4 Ekonomika provozu osobní dopravy**

### **3.4.1 Základní předpoklady**

Ekonomická bilance provozu osobní dopravy má obdobně jako každé jiné odvětví národního hospodářství část nákladovou a část výnosovou. Procedurálně lze k ekonomickému nacenění přistupovat dvěma základními způsoby [55, 57]:

#### 1) Cenotvorba projektového modelu

Tento přístup v sobě zahrnuje metodu down - up, kdy se z jednotlivých dílčích parametrů nákladových a výnosových složek dá sestavit cenový ekonomický model vztažený k libovolnému provoznímu konceptu. Každý výnosový a nákladový vstup lze dle potřeby měnit v čase a indexovat. Zásadní výhodou je již zmiňovaná úplná parametrizace vstupů, díky které lze velmi přehledně dokladovat jednotlivé položky na základě zadaných vstupních podmínek. Tento přístup se používá u nabídkové ceny výběrových řízení a je použitelný u jakéhokoliv typu dopravce.

#### 2) Cenotvorba pomocí numerických metod [57]

Přístup k řešení je zcela diametrálně odlišný od předchozího modelu. Metodou up - down jsou celkové syntetické náklady děleny dle typů účtů do jednotlivých nákladových kategorií. Numerické metody vychází z principů a postupů výkaznictví. Nákladové položky nejsou orientovány na konkrétní provozní model a nákladová struktura je tvořena nepřímo agregací jednotlivých nákladových účtů. Tento přístup je typický pro velké síťové dopravce a jeho příčiny lze vysledovat do minulosti, kdy nebyla nutná potřeba vykazovat náklady na vybrané ucelené provozně-obchodní celky. Tato metoda je problematická v případě naceňování nabídek např. pro výběrová řízení. Její spolehlivost klesá se zvyšujícím se objemem vstupních a výstupních dat

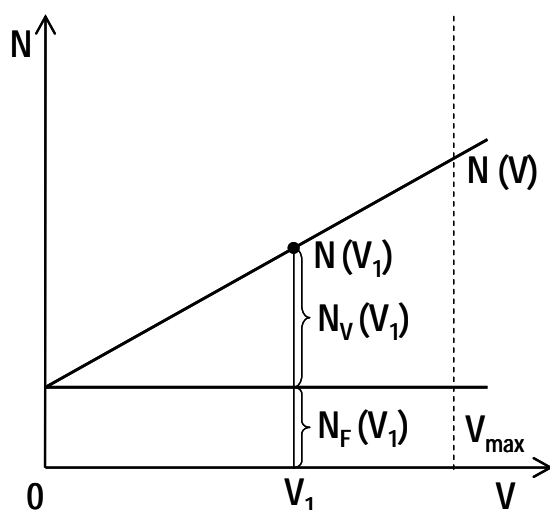
### **3.4.2 Náklady**

Náklady v osobní železniční dopravě rozlišovat dvěma pohledy:

1. variabilní a fixní,
2. přímo a nepřímo přiřaditelné k výkonu vlaku.

Variabilní náklady jsou obecně úměrné rozsahu výkonů, fixní náklady jsou na rozsahu výkonů nezávislé nebo závislé v diskrétních krocích (často při výrazné změně rozsahu výkonů nebo např. technologie provozu nebo změně způsobu distribuce jízdních dokladů apod.).

$$N = N_V + N_F \quad (3-93)$$



Obrázek 3-30 Principiální schéma variabilních a fixních nákladů, Zdroj: [28]

Přímé náklady jsou přímo přiřaditelné konkrétnímu dopravnímu výkonu. Nepřímé náklady jsou společné pro ucelenou skupinu výkonů a jsou jednotlivým dopravním výkonům klíčovány podle předem zvolených pravidel. Typickým klíčem jsou místokm, hrtkm, vlkm atp. vztažené k jednotlivým položkám nepřímých nákladů.

Pro účely této práce bude pracováno s náklady v rovině přímých a nepřímých. Podrobnější rozdělení je v případě podniku v osobní železniční dopravě zhruba následující:

Přímé náklady:

- 1) trakční energie,
- 2) dopravní cesta,
- 3) údržba vozidel,
- 4) finanční náklady (úvěr, leasing) a odpisy,
- 5) osobní náklady vlakových čet (strojvedoucí, průvodčí, vlakvedoucí).

Nepřímé náklady:

- 1) náklady prodeje jízdních dokladů,
- 2) náklady údržby a provozu zázemí pro cestující,
- 3) technologické operace,
- 4) provozní režie,
- 5) správní režie,
- 6) marketingové náklady.

## Trakční energie

Z hlediska nákladů spojených s trakční energií jsou důležité následující vstupní údaje:

- parametry vozidel:
  - druh trakce,
  - hmotnost vozidla,
  - kapacita soupravy,
  - výkon, měrný výkon,
  - konstrukce pohonu a přenos trakčních sil,
  - účinnost jednotlivých prvků,
  - možnosti rekuperace;
- parametry infrastruktury:
  - podélný profil tratě,
  - rychlostní profil;
- koncepce nabídky, technologie provozu:
  - zastavovací politika,
  - požadavky na jízdní doby,
  - přírážky v jízdních dobách a jejich využití,
  - vlastní technika jízdy.

V části pojednávající o trakční mechanice byly popsány určité typové parametrické závislosti vozidel a jejich dopadů do jízdní doby a spotřeby energie. Souhrnně se dá konstatovat, že důležitým parametrem z hlediska spotřeby energie je hmotnost vlaku, četnost zastavení ve vztahu k rychlostnímu a sklonovému profilu tratě, způsob regulace výkonu a druh trakce.

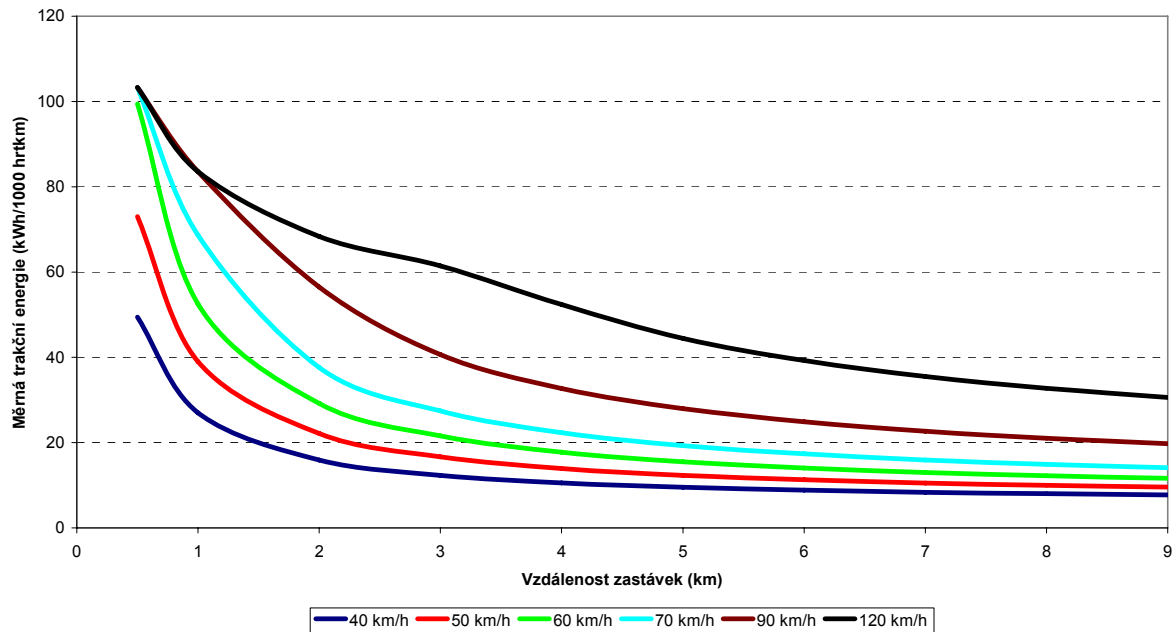
Parametr hmotnosti vozidel je v osobní dopravě významně ovlivnitelný [58]. Typický měrný ukazatel je hmotnost na 1 sedadlo soupravy. Čím nižší hodnota, tím nižší lze očekávat energetickou náročnost. Vliv na tento parametr má rovněž další vybavení vozidel z hlediska komfortu (obecně více prostoru, klimatizace) a doplňkového vnitřního uspořádání (prostor na zavazadla, kola apod.). Příklad vybraných hmotností na sedadlo je v tabulce 3-17.

Četnost zastavení a délka mezizastávkových úseků je další z důležitých faktorů energetické spotřeby. S rostoucí délkou mezizastávkového úseku klesá spotřebovaná měrná trakční energie na obvodu kol. S rostoucí traťovou rychlostí roste i spotřeba energie.



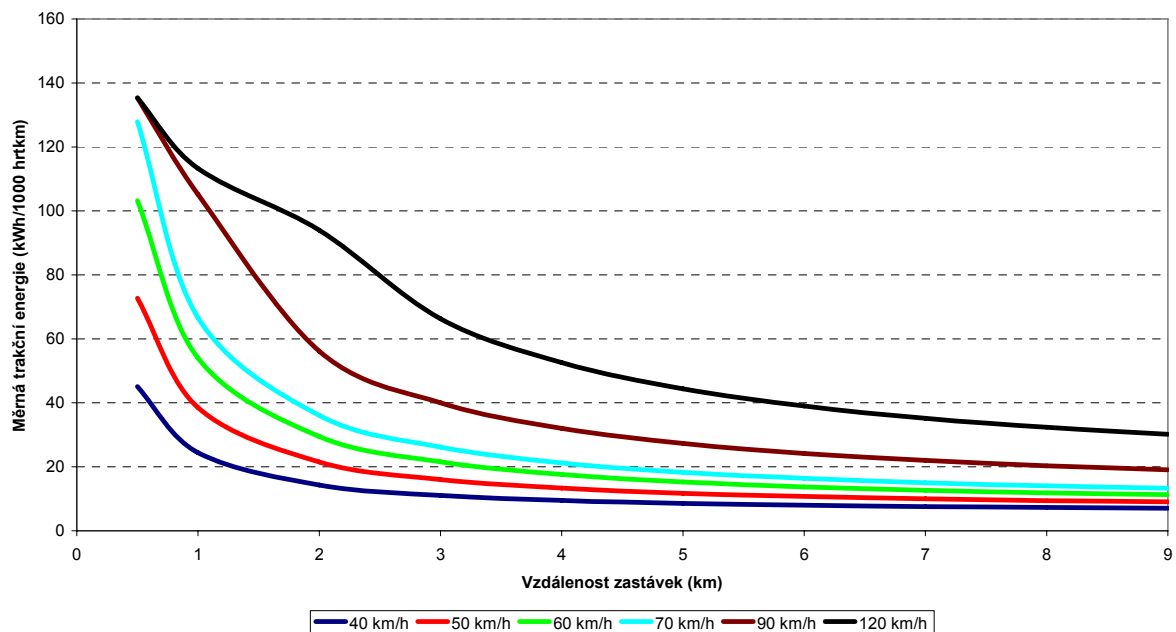
Kombinace krátkých mezizastávkových úseků s vysokou traťovou rychlostí má za následek ten fakt, že vlaková souprava není schopna do určité vzdálenosti dosáhnout maximální traťové rychlosti.

Spotřebovaná měrná trakční energie na obvodu kol v závislosti na vzdálenosti zastávek a maximální traťové rychlosti (vozidlo 6 kW/t, stoupání 0 o/oo)



Obrázek 3-31 Spotřebovaná měrná trakční energie na vodorovné trati na obvodu kol pro vozidlo s měrným výkonem  $6 \text{ kW}\cdot\text{t}^{-1}$  pro vzdálenost zastávek 0,5 až 9km, Zdroj: autor

Spotřebovaná měrná trakční energie na obvodu kol v závislosti na vzdálenosti zastávek a maximální traťové rychlosti (vozidlo 13 kW/t, stoupání 0 o/oo)



*Obrázek 3-32 Spotřebovaná měrná trakční energie na vodorovné trati na obvodu kol pro vozidlo s měrným výkonem  $13 \text{ kW}\cdot\text{t}^{-1}$  pro vzdálenost zastávek 0,5 až 9 km, Zdroj: autor*

Na obrázcích 3-31 a 3-32 je to názorně vidět pro mezizastávkové úseky do cca 1 km. U soupravy vyšším měrným výkonem ( $13 \text{ kW}\cdot\text{t}^{-1}$ ) je rozdíl o něco větší, což se projevuje i ve větší měrné spotřebě na obvodu kol.

Na celkové spotřebě se významně podílí druh trakce. U elektrické trakce se udává spotřeba elektrické energie na sběrači hnacího vozidla, u nezávislé trakce spotřeba paliva, obojí vztažené k 1000 hrtkm. Pro základní přehled jsou uvedeny rámcové hodnoty spotřeby pro typové vlaky [55]:

- závislá trakce:
  - rychlé vlaky (EC, IC, Ex, R):
    - cca  $25 - 35 \text{ kWh}\cdot 1000 \text{ hrtkm}^{-1}$ ;
  - zastávkové vlaky:
    - vozidla s odporovou regulací:
      - cca  $45 - 70 \text{ kWh}\cdot 1000 \text{ hrtkm}^{-1}$ ;
    - moderní vozidla s pulzní regulací, asynchronními trakčními motory a s možností rekuperace:
      - cca  $30 - 40 \text{ kWh}\cdot 1000 \text{ hrtkm}^{-1}$ ;
- nezávislá trakce:
  - motorové lokomotivy (749, 754):
    - cca  $10 - 13 \text{ l}\cdot 1000 \text{ hrtkm}^{-1}$ ;
  - motorové vozy s hydrodynamickým přenosem výkonu (850, 851, 854):
    - cca  $11 - 15 \text{ l}\cdot 1000 \text{ hrtkm}^{-1}$ ;
  - motorové vozy moderní konstrukce – hydromechanický nebo elektrický přenos výkonu a rychloběžné úsporné motory (814, 842, 843, Desiro, Talent, GTW):
    - cca  $7 - 10 \text{ l}\cdot 1000 \text{ hrtkm}^{-1}$ .

Celková spotřeba energie, ať už elektrické nebo prostřednictvím nafty závisí též na období provozu souprav. V topné sezóně (podzim až jaro) přibývá výrazně podíl spotřebované energie na vytápění souprav. Pro účely této práce tato energie nebude uvažována.

Z části zabývající se podrobněji trakční mechanikou vyplývá pro určení spotřeby vozidel následující údaje.

Spotřeba elektrické energie na sběrači hnacího vozidla vychází z rovnice (3-65):

$$E = \frac{A}{\eta_c} \quad [\text{kWh, kWh, 1}]$$

Spotřeba nafty u nezávislé trakce z rovnice (3-66):

$$B = \frac{Ab}{\rho_p \cdot \eta} \quad [\text{litr, kWh, g.kWh}^{-1}, 1, \text{kg.m}^{-3}]$$

V případě modelové ideální situace lze náklady spojené se spotřebou stanovit pronásobením dosažené spotřeby příslušnou sazbou za 1 kWh u elektrické trakce, resp. cenou za 1l nafty:

$$N_E = c_E \cdot E = c_E \cdot \frac{A}{\eta_c} \quad [\text{Kč, Kč.kWh}^{-1}, \text{kWh}] \quad (3-94)$$

$N_E$  cena za spotřebovanou energii vlaku elektrické trakce v daném provozním konceptu,

$c_E$  sazba Kč.kWh<sup>-1</sup>,

$E$  spotřeba elektrické energie na sběrači hnacího vozidla.

$$N_M = c_N \cdot B = c_N \cdot \frac{Ab}{\rho_p \eta} \quad [\text{Kč, Kč.litr}^{-1}, \text{litr, kWh, g.kWh}^{-1}, 1, \text{kg.m}^{-3}] \quad (3-95)$$

$N_M$  cena za spotřebovanou energii vlaku motorové trakce v daném provozním konceptu,

$c_N$  cena nafty Kč.litr<sup>-1</sup>,

$B$  spotřeba motorové nafty pro trakci.

U nezávislé trakce je jak v Evropě, tak na území ČR logistika spojená s trakčním palivem zcela v režii dopravce, který si smluvně zajišťuje dodávky nafty za dohodnuté ceny s příslušným dodavatelem.

U elektrické trakce je dodavatelem elektrické energie v železniční dopravě zpravidla provozovatel dráhy. Ceny za spotřebu jsou mnohde součástí prohlášení o dráze. Účtovaná cena za spotřebovanou trakční energii probíhá buď na základě skutečné spotřeby naměřené na sběračích hnacích vozidel (v kWh) nebo je dána tabulkovou hodnotou pro typové vlaky

[60]. V podmínkách ČR je situace poněkud odlišná. Dodavatelem trakční energie jsou v současné době ČD a cenová sazba za spotřebovanou elektrickou energii není běžně veřejně přístupná. Stávající metodika výpočtu ceny za spotřebovanou elektrickou energii vychází z tabulkové hodnoty typizované spotřeby 3 typových kategorií vlaku, přičemž např. v roce 2007 byly stanoveny následující spotřeby [64]:

- dálková a rychlá regionální doprava (SC, EC, EN, Ex, R, Sp) 25 kWh/1000 hrtkm,
- regionální a příměstská doprava zastávková (Os) 37 kWh/1000 hrtkm,
- nákladní doprava (všechny kategorie vlaků) 20 kWh/1000 hrtkm,
- lokomotivní vlaky 43 kWh/1000 hrtkm.

Pro období JŘ 2007/2008 byla dle [64] dána sazba ve výši 2,186 Kč.kWh<sup>-1</sup>.

Pro účely práce bude cena za spotřebu motorové nafty a elektrické energie určena ze vzorců (3-94), resp. (3-95). Pro modelový příklad bude spotřeba elektrické energie a motorové nafty získána z SW SP VlaDyka, určeného pro výpočet jízdních dob a spotřeby trakční energie. Cena nafty bude uvažována 25 Kč.litr<sup>-1</sup> (cena bez DPH) a cena elektrické energie na sběrači 2,45 Kč.kWh<sup>-1</sup> (cena bez DPH).

## Dopravní cesta

Metodika výpočtu je dána prohlášením o dráze, které vydává SŽDC, s.o. jakožto vlastník a provozovatel dráhy celostátní a drah regionálních ve vlastnictví státu. Výše sazeb je stanovena Cenovým výměrem Ministerstva financí č.1 pro příslušný kalendářní rok.

Struktura ceny za přístup je rámcově následující (včetně sazeb pro vlaky osobní dopravy):

- náklady na řízení provozu (C1):
  - sazba  $S_1 = 5,20 \text{ Kč.vlkm}^{-1}$  (přiznaná sleva – hodnota pro regionální dráhy);
- náklady na zajištění provozuschopnosti dopravní cesty (C2):
  - sazba  $S_2 = 28,54 \text{ Kč.1000 hrtkm}^{-1}$  (přiznaná sleva – hodnota pro regionální dráhy);
- přidělení trasy:
  - 15 Kč/rámcová trasa/den (25 Kč ad-hoc přidělení trasy, 120 Kč přidělení trasy do 2 dnů od podání žádosti);
- zvýšené náklady při specifickém použití dopravní cesty:
  - naklápačící technika (+25% k poplatku za zajištění provozuschopnosti, koeficient  $n$ ),

- jízda nezávislé trakce pod trakčním vedením (osobní doprava osvobozena, koeficient  $e$ ).

### Vzorec pro výpočet

$$C_m = C_1 + C_2 \quad (3-96)$$

$$C_1 = S_{1E} \cdot L_E + S_{1C} \cdot L_C + S_{1R} \cdot L_R \quad (3-97)$$

$$C_2 = Q / 1000 \cdot (S_{2E} \cdot L_E + S_{2C} \cdot L_C + S_{2R} \cdot L_R) \cdot n \cdot e \quad (3-98)$$

- L** vzdálenost jízdy vlaku v kilometrech zaokrouhlená na celé km nahoru,  
**Q** hrubá hmotnost vlaku v tunách (hmotnost železničních kolejových vozidel přepravovaných věcí a cestujících (počet míst k sezení x 0,08)),  
**E, C, R** - dráhy celostátní v evropském železničním systému, ostatní dráhy celostátní, dráhy regionální.

Náklady vztažené k jízdě osobního vlaku v rámci daného provozního konceptu jsou:

$$N_{DC} = C_T + \left( S_{1R} + \frac{Q}{1000} \cdot S_{2R} \cdot n \right) \cdot L \quad [\text{Kč, Kč/trasa/den, Kč/km, t, Kč/km, l, km}] \quad (3-99)$$

- $N_{DC}$  náklady na provoz vlaku vztažené k poplatku za použití dopravní cesty,  
 $C_T$  poplatek za trasu a den,  
 $S_{1R}, S_{2R}$  sazba za řízení provozu, resp. provozuschopnost dráhy,  
 $Q$  hmotnost vlaku,  
 $n$  přírážka za aktivní využití naklápěcí techniky,  
 $L$  ujetá vzdálenost vlaku.

### Údržba a čištění vozidel

Náklady spojené s údržbou jsou záležitostí dopravce. Z hlediska zajištění údržby existují v současné době tři modely:

- údržbu si zajišťuje dopravce sám:
  - ve svém zázemí, svým personálem,
  - vlastní zodpovědnost za zajištění materiálu, náhradních dílů apod.;
- tzv. charter rail:
  - zajišťuje jiný subjekt, zpravidla výrobce vozidel,
  - v prostorách dopravce, s personálem dopravce,
  - údržbové know-how subjektu zajišťujícího tuto službu,

- subjekt zajišťující službu si dále sám zajišťuje materiál, náhradní díly apod.;
- tzv. full service:
  - kompletní zajištění údržby ze strany jiného subjektu, zpravidla výrobce vozidel,
  - personál, prostory, materiál, náhradní díly.

Náklady na údržbu jsou zpravidla dány údržbovou sazbou vztaženou na 1km proběhu vozidla. Výše nákladů závisí na:

- konstrukci provozovaných vozidel (patrové, jednopodlažní, naklápěcí technika, typ trakce apod.),
- počtu vozidel dané řady,
- počtu řad vozidel,
- homogennosti vozidlového parku,
- stáří vozidel,
- požadované dostupnosti vozidel,
- spolehlivosti konstrukčních dílů,
- provedení údržbových prací,
- využití kapacit,
- periodicitě údržbových cyklů,
- systému zásobování materiálem a náhradními díly.

Rámcová škála údržbových sazeb je zhruba následující [55]:

- vozidla s nízkou údržbovou náročností (cca  $5 - 10 \text{ Kč.km}^{-1}$ ):
  - motorové vozy, některé elektrické lokomotivy, tažená vozidla;
- vozidla se střední údržbovou náročností ( $10 - 30 \text{ Kč.km}^{-1}$ ):
  - motorové jednotky, některé elektrické jednotky a lokomotivy;
- vozidla s vysokou údržbovou náročností ( $> 30 \text{ Kč.km}^{-1}$ ):
  - vozidla speciální konstrukce (naklápěcí technologie, distribuovaný pohon).

### **Čištění vozidel**

Úklid a čištění vozidel má obdobně jako údržba svoji kilometrickou sazbu. Tato je přirozeně vyšší u interiérových vozidel, neboť kromě mytí vnější skříňe vozidla je nutno provést úklid i uvnitř vozidla v prostoru pro cestující. Rámcové hodnoty údržbových sazeb se pohybují v těchto intencích [55]:

- elektrické a motorové lokomotivy (cca 0,1 – 0,5 Kč.km<sup>-1</sup>),
- motorové vozy (0,5 – 1,0 Kč.km<sup>-1</sup>)
- elektrické jednotky pro příměstskou dopravu (cca 0,3 – 0,5 Kč.km<sup>-1</sup>).

Údržbové a čistící náklady vztažené k jízdě vlaku v rámci daného provozního konceptu:

$$N_U = \sum_{i=1}^n (N_{Ui} + N_{Ci}) \cdot L \quad [\text{Kč, Kč.km}^{-1}, \text{km}]: \quad (3-100)$$

$N_U$  náklady na provoz vlaku vztažené k údržbě,

$N_{Ui}$  je údržbová sazba i-tého vozidla vlaku,

$N_{Ci}$  je sazba na čištění i-tého vozidla vlaku,

$L$  ujetá vzdálenost vlaku.

### Finanční náklady (úvěr, leasing) a odpisy

Odpis je částka, která vyjadřuje opotřebení vozidla (morální nebo fyzické) za určité období. Odpisy se rozlišují na účetní a daňové - oba typy se používají pouze pro dlouhodobý majetek, který se odepisuje do výše vstupní nebo zvýšené vstupní ceny, a to rovnoměrně, nebo zrychleně (metoda zvolená na počátku se musí dodržet po celou dobu odpisování). Účetní odpisy slouží k přehledu o skutečné výši hodnoty majetku a jeho opotřebení v důsledku užívání nebo zaostávání po technické stránce. Pravidla účetních odpisů upravuje zákon č. 563/1991 Sb. o účetnictví. Daňové odpisy jsou dány zákonem č. 586/1992 Sb. o dani z příjmů a slouží ke stanovení daně z příjmů [62].

Doba účetního odpisu vozidel se pohybuje od 20 do 30 let. Výše odpisu závisí na:

- ceně vozidla,
- počtu vozidel - turnusová potřeba + stanovená turnusová záloha,
- stanovené době odepisování,
- na délce doby smluvního závazku o zajišťování ZVS při pořizování nových vozidel pro výkony v ZVS.

Příklady ročních odpisů pro různé cena vozidla a doby odepisování jsou v tabulce 3-16:

*Tabulka 3-16 Příklad ročních odpisů na vozidla v závislosti na ceně vozidla a délce doby odepisování, Zdroj: autor*

Cena vozidla	Doba odepisování	Výše ročního odpisu
mil Kč.	počet roků	mil. Kč
25	20	1,25
25	30	0,83
50	20	2,5
50	30	1,67
80	20	4
80	30	2,67
100	20	5
100	30	3,33
130	20	6,5
130	30	4,33
220	20	11
220	30	7,33

### Finanční náklady

Kromě odpisů jsou s vozidly spojené finanční náklady na jejich pořízení za předpokladu, že dopravce část nebo celou investici hradil z cizích zdrojů. Možné způsoby financování vozidel jsou např.:

- bankovní úvěr:
  - doba splácení 10 - 15 let,
  - lineární nebo anuitní způsob splácení,
  - vozidla v majetku dopravce;
- finanční leasing:
  - doba splácení 10 - 15 let,
  - anuitní způsob splácení,
  - vozidla v majetku věřitele do doby splacení leasingu;
- operativní leasing (pronájem):
  - vozidla nikdy nepřechází do vlastnictví dopravce;
- emise dluhopisů,
- atd.

Obecně jsou finanční náklady závislé na:

- ceně vozidla a jejich počtu (turnusová potřeba + stanovená turnusová záloha),
- době smluvního závazku o zajišťování ZVS v případě pořizování vozidel pro provoz v ZVS,
- délce doby leasingových splátek, resp. parametrech úvěru,
- ratingu společnosti,
- finanční kondici dlužníka, partnerů,



- rizikovosti projektu,
- ziskovosti projektu,
- atd.

Úroková sazba se skládá z:

- základní sazby:
  - vychází z mezibankovní úrokové sazby,
  - plně se odvíjí od základních sazeb národních bank;
- rizikové marže banky:
  - závisí na ratingu dlužníka a povaze projektu (rizikovitost, rozsah);
- dalších parametrů.

Pro účely práce bude uvažováno financování vozidel pomocí bankovního úvěru s úrokovou sazbou 5% p.a. a dobou splatnosti 10 let. Pro vyčíslení ročních nákladů je pak průměrná roční splátka úroku z jistiny daná podílem celkové výše úroku a doby splatnosti úvěru. Na obrázku 3-33 je průběh závislosti podílu ceny peněz z ceny vozidla v závislosti na výši úroku z jistiny pro dobu splatnosti 10 let. Pro úrok 5% p.a. je podíl ceny peněz z ceny vozidla 30%. Při desetiletém splácení úroku tak vychází průměrná roční částka úroku 3% z ceny vozidla. Na obrázcích 3-34 a 3-35 je průběh anuitního splácení úroků a jistiny pro motorové dvojdílné jednotky za 25 resp. 80 mil. Kč.

Celková výše odpisů a finančních nákladů je spojena s celkovým počtem vozidel potřebných pro zajištění daného dopravního konceptu. Na obrázcích 3-36 až 3-37 je průběh závislosti turnusové potřeby vozidel v závislosti na oběhové rychlosti, délce provozního ramene a velikosti taktu.

Pro oběhovou rychlost platí, že je rovna podílu ujeté vzdálenosti mezi dvěmi koncovými body ramene A a B při plném obratu vozidla a době úplného obratu soupravy:

$$V_{OR} = \frac{2 \cdot L_{AB}}{T_{OR}} \quad [\text{km} \cdot \text{h}^{-1}, \text{km}, \text{h}] \quad (3-101)$$

$V_{OR}$  oběhová rychlost,

$L_{AB}$  délka ramene mezi obratovými stanicemi A a B,

$T_{OR}$  doba úplného oběhu soupravy.

Doba úplného obratu soupravy je dána součtem doby jízdy z počátečního bodu ramene A do koncového bodu ramene B a zpět a doby obrátů v obou koncových stanicích A a B:

$$T_{OR} = T_{jAB} + T_{OB} + T_{jBA} + T_{OA} \quad [h, h, h, h, h] \quad (3-102)$$

$T_{jAB}$	cestovní doba při jízdě z A do B,
$T_{OB}$	doba obratu soupravy v B,
$T_{jBA}$	cestovní doba při jízdě z B do A,
$T_{OA}$	doba obratu soupravy v A.

Pro turnusovou potřebu vozidel pak platí, že je rovna podílu doby úplného obratu soupravy a velikosti taktu na daném rameni:

$$N_{TP} = \frac{T_{OR}}{T_T} \quad [1, h, h] \quad (3-103)$$

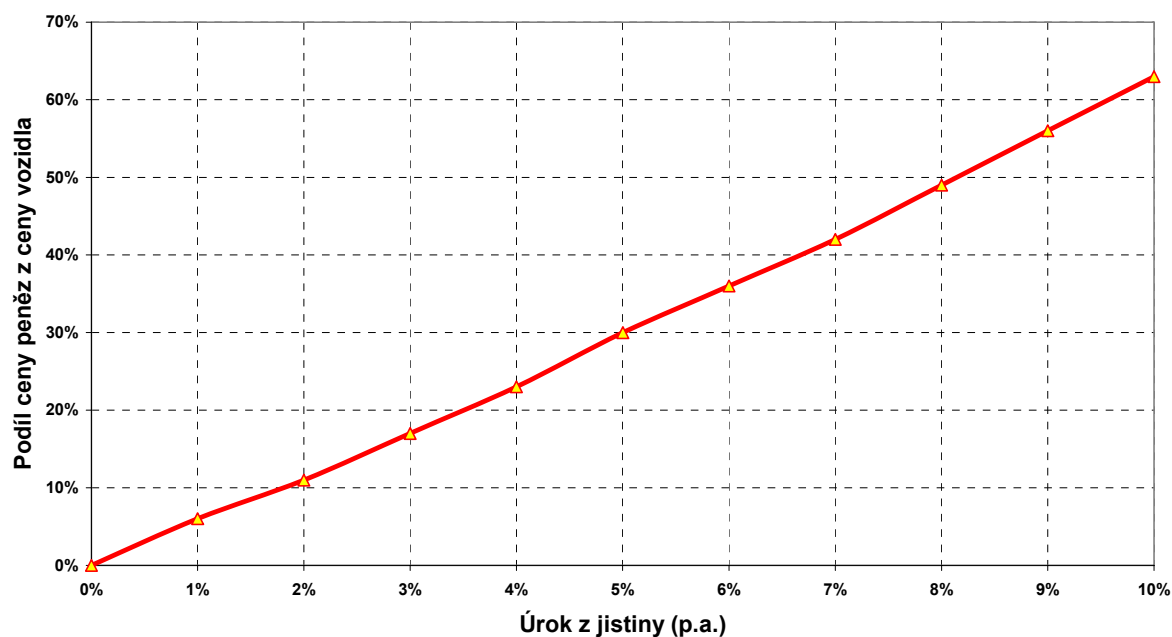
$N_{TP}$	turnusová potřeba vozidel,
$T_T$	velikost taktu na rameni A - B.

Celkové průměrné roční náklady na odpisy vozidel a splácení úvěru v rámci daného provozního konceptu pak budou:

$$N_{FIN} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{N_{UVi}}{T_{UVi}} + \frac{N_{CVi}}{T_{ODi}} \right) \quad [Kč, Kč/rok, Kč/rok] \quad (3-104)$$

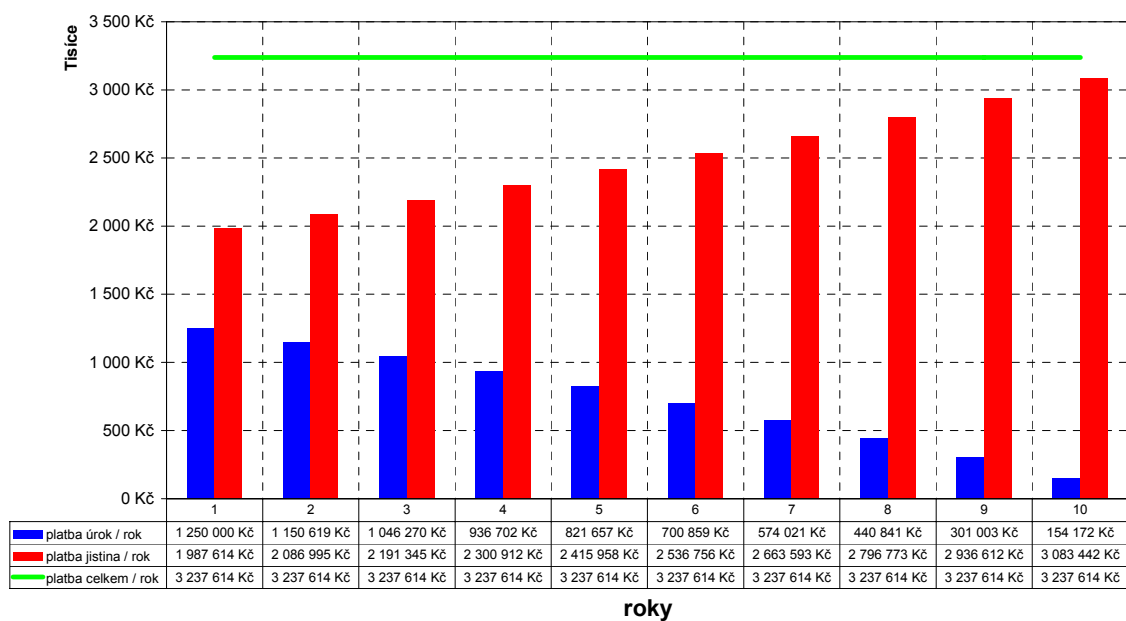
$N_{FIN}$	celkové průměrné roční náklady spojené s odpisy vozidel a průměrným ročním úrokem z jistiny,
$N_{UVi}$	finanční náklady i-tého vozidla vlaku,
$T_{UVi}$	doba splácení úvěru i-tého vozidla,
$N_{CVi}$	cena i-tého vozidla,
$T_{CDi}$	doba odepisování i-tého vozidla,
$n$	turnusová potřeba vozidel + potřebná turnusová záloha.

**Podíl ceny peněz z ceny vozidla v závislosti na výši úroku z jistiny**



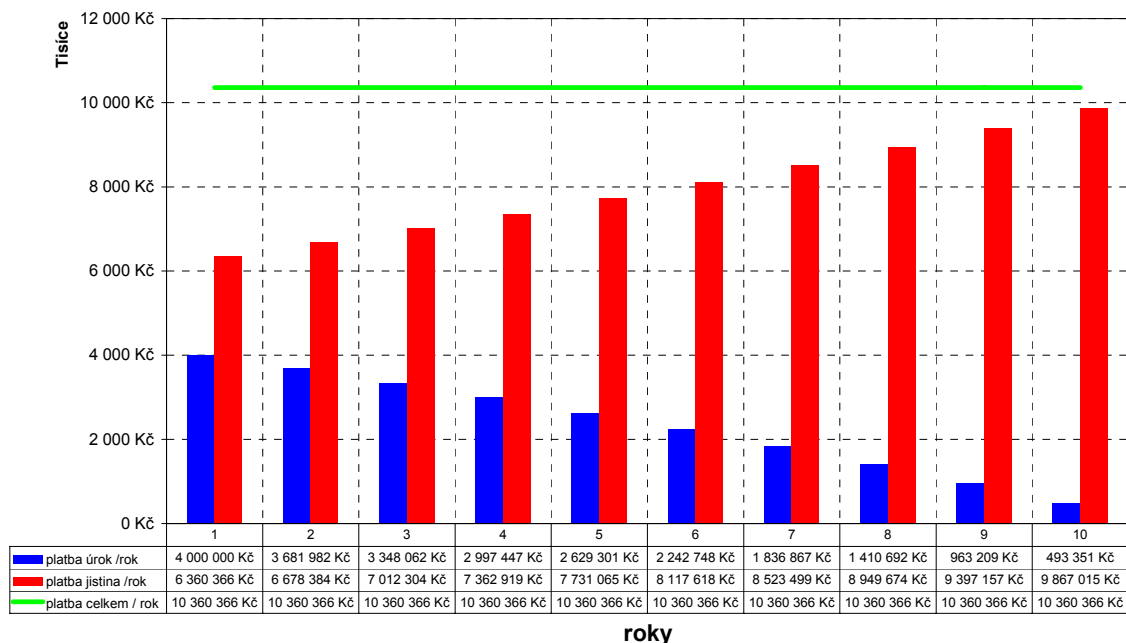
Obrázek 3-33 Podíl ceny peněz z ceny vozidla v závislosti na výši úroku z jistiny, Zdroj: autor

**Průběh ročního splácení investic do vozidla při úroku 5% p.a., délce splátky 10 let a ceně vozidla 25 mil. Kč**



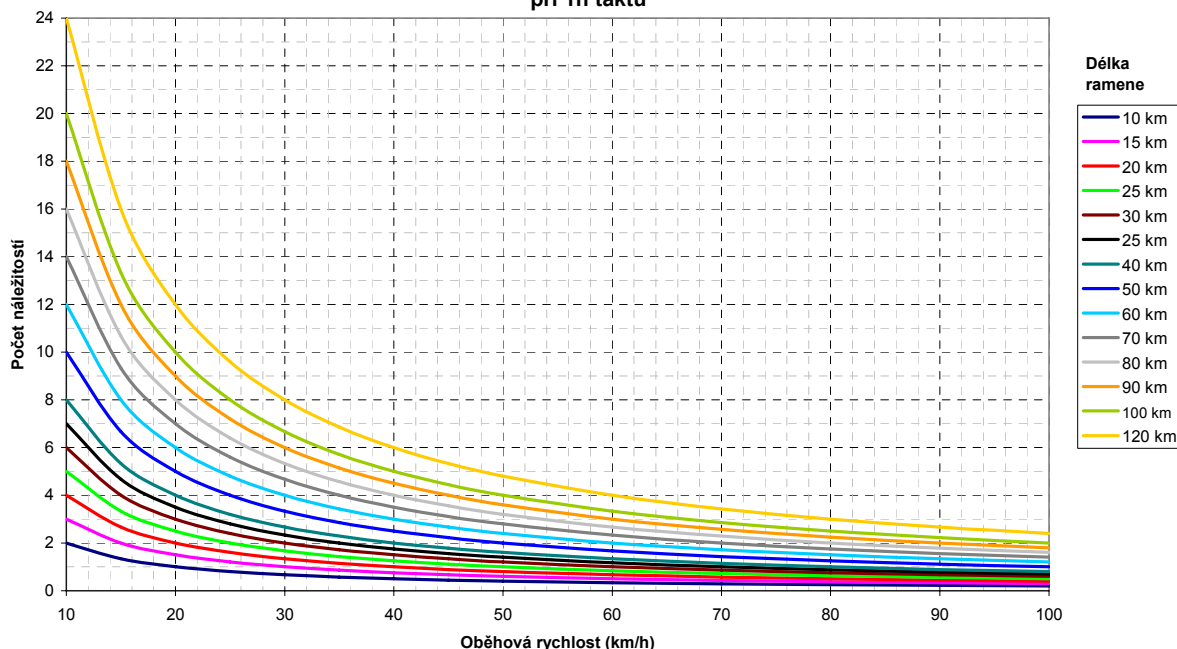
Obrázek 3-34 Průběh ročního anuitního splácení úvěru při úroku 5% p.a., délce splátky 10 let a ceně vozidla 25 mil. Kč, Zdroj: autor

**Průběh ročního splácení investic při úroku 5% p.a., délce splátky 10 let a ceně vozidla 80 mil. Kč - dvoudílná jednotka nezávislé trakce**

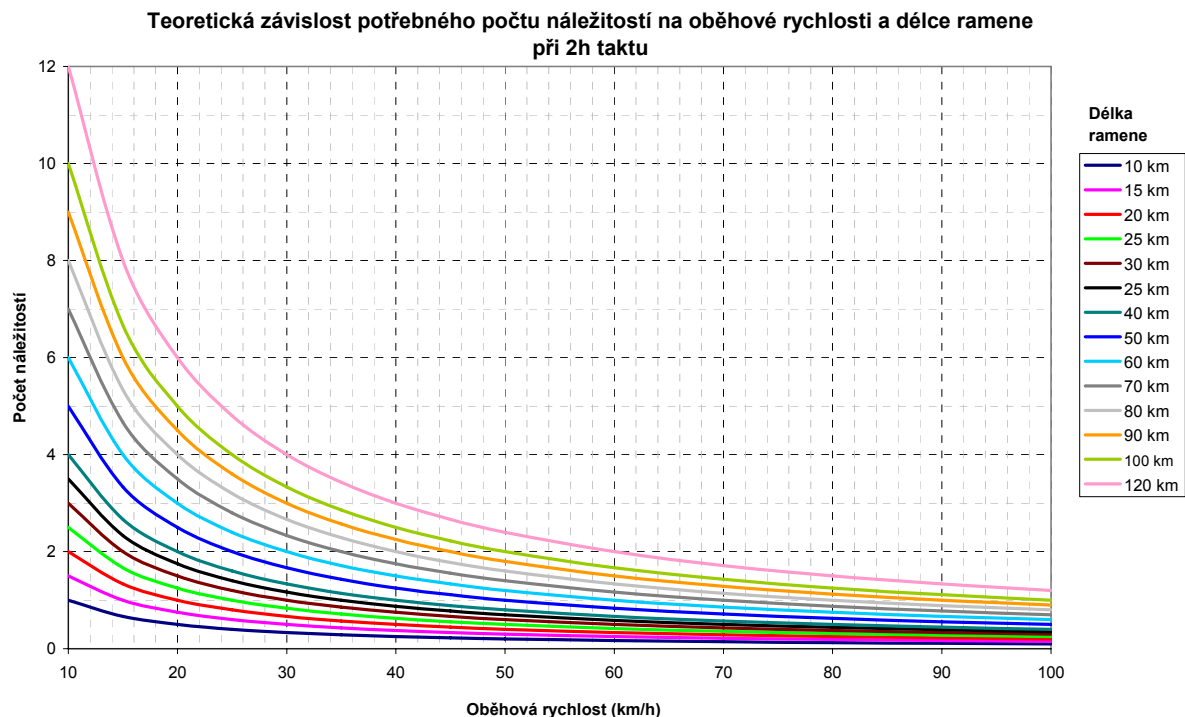


Obrázek 3-35 Průběh ročního amuitního splácení úvěru při úroku 5% p.a., délce splátky 10 let a ceně vozidla 80 mil. Kč, Zdroj: autor

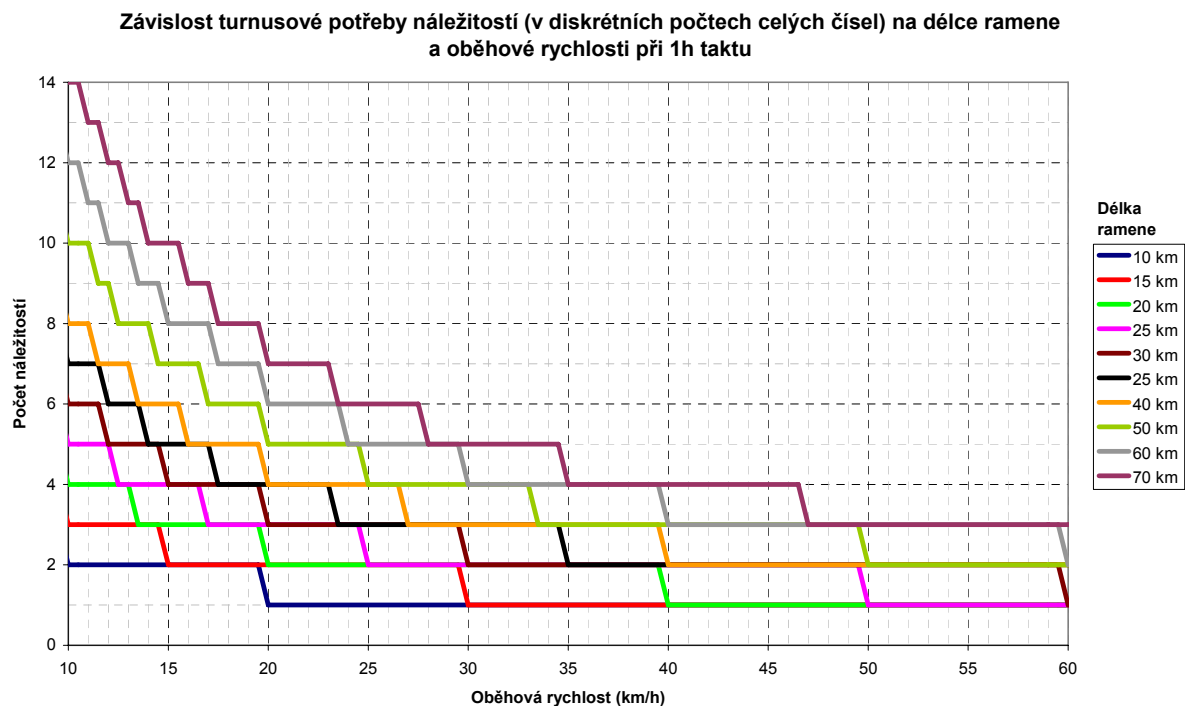
**Teoretická závislost potřebného počtu náležitostí na oběhové rychlosti a délce ramene při 1h taktu**



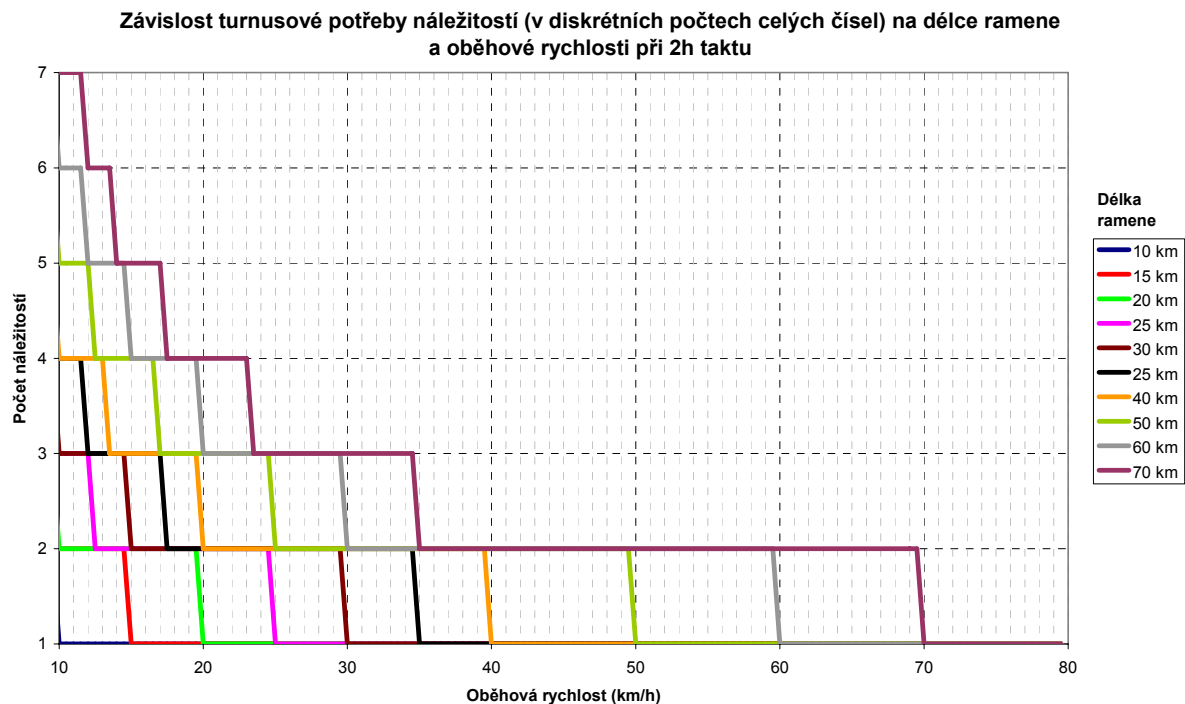
Obrázek 3-36 Teoretická závislost potřebného počtu turnusových náležitostí na oběhové rychlosti a délce ramene při 1h taktu, Zdroj: autor



Obrázek 3-37 Teoretická závislost potřebného počtu turnusových náležitostí na oběhové rychlosti a na délce ramene při 2h taktu, Zdroj: autor



Obrázek 3-38 Závislost potřebného počtu turnusových náležitostí (v diskrétních hodnotách celých čísel) na oběhové rychlosti a na délce ramene při 1h taktu, Zdroj: autor



Obrázek 3-39 Závislost potřebného počtu turnusových náležitostí (v diskrétních hodnotách celých čísel) na oběhové rychlosti a na délce ramene při 2h taktu, Zdroj: autor

### Osobní náklady vlakové čety (lokomotivní četa + vlakový doprovod)

Osobní náklady vlakové čety v sobě zahrnují náklady na lokomotivní četu (strojvedoucí) a vlakový doprovod (vlakvedoucí, průvodčí). Strojvedoucí je na vlaku přítomen vždy, pro ostatní členy vlakového doprovodu je u Českých drah dáno obsazení vlaku na základě Rozkazu o doprovodu vlaků vlakovými četami [63], který vychází vždy ke změně jízdního řádu v prosinci příslušného roku. Z hlediska nasazení na konkrétním vlaku platí rámcově následující předpoklady vycházející z kombinace složení a kapacity vlaku a jeho průměrného resp. špičkového obsazení. Na obrázku 3-40 jsou uvedeny konkrétní příklady obsazení vlaků vlakovými četami pro JŘ 2009/10 [63].

Druh vlaku	SC, EC, IC, a Ex mezistátní	Ex vnitrostátní, R a Sp	R a Sp *)	Os	Os *)
Přepočtený počet vozů	🛒	🛒	🛒	🛒	🛒
0 - 3	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0 <sup>2)</sup>
3			1/0 <sup>1)</sup>		1/0 <sup>2)</sup>
3 - 4				1/0 <sup>1)</sup>	1/1
4		1/0 <sup>1)</sup>			1/1
4 - 5	1/1 <sup>3)</sup>		1/1	1/1	1/1 <sup>3)</sup>
5		1/1	1/1 <sup>3)</sup>		
5 - 6	1/1		1/1	1/1 <sup>1)</sup>	1/1 <sup>1)</sup>
6		1/1			
6 - 7			1/2		1/2
7					1/2
7 - 8	1/2 <sup>3)</sup>			1/2	
8			1/3	1/2	1/2 <sup>1)</sup>
8 - 9					
9	1/2	1/2			
9 - 10		1/2 <sup>3)</sup>			
10			1/2		
10 - 11					
11		1/2			
11 - 12					
12	1/3				
12 - 13					
13					
13 - 14					
14		1/3	1/3		
14 - 15					
15					

\*) vedené motorovými náležitostmi, resp. přívěsnými vozy

Obrázek 3-40 Příklad obsazení vlaků ČD vlakovými četami v závislosti na počtu vozů, druhu vlaku a nabídce dalších přepravních služeb pro JŘ 2009/10, Zdroj: [63]

Výsledná turnusová potřeba včetně záloh (strojvedoucí, vlakové čety) a s tím spojené mzdové náklady je následně ovlivněna:

- konstrukcí turnusů,
- průměrnou oběhovou rychlostí,
- délkou provozního ramene,
- délkou prostojů,
- podmínkami kolektivní smlouvy a platné legislativy.

Závislost turnusové potřeby zaměstnanců na délce provozního ramene a průměrné oběhové rychlosti je v případě taktové dopravy obdobná jako u vozidel. V principu se dá

v závislosti na konkrétním složení vlakové čety vyjít ze stejného průběhu, jako je uvedeno na obrázcích 3-36 až 3-39.

Pro stanovení nákladů spojených s vlakovou četou jsou uvažovány následující předpoklady (Zdroj : Interní data ČD):

- průměrná hrubá měsíční mzda strojvedoucího - MZS = 40 000 Kč:
  - včetně všech osobních a režijních nákladů a nákladů na penzijní a kapitálové pojištění,
  - není započteno sociální a zdravotní pojištění (SZP) ve výši 37,5%;
- průměrná hrubá měsíční mzda vlakvedoucího - MZV = 30 000 Kč:
  - včetně všech osobních a režijních nákladů a nákladů na penzijní a kapitálové pojištění,
  - není započteno sociální a zdravotní pojištění (SZP) ve výši 37,5%;
- turnusová záloha pro vlakvedoucí a strojvedoucí - Z = 12%,
- týdenní pracovní norma - TN = 36 hodin,
- pro stanovení turnusové potřeby uvažována doba jízdy vlaku i prostoje v obrátové stanici,
- pro zjednodušení neuvažováno přerušení směny.

Potřebný turnusový počet strojvedoucích se pro daný provozní koncept mezi stanicemi A a B v rámci této práce stanoví (nutno zaokrouhlit na celá čísla nahoru):

$$TP_{ST} = \frac{7 \cdot (n_{AB} \cdot T_{jAB} + n_{BA} \cdot T_{jBA} + n_A \cdot T_{OA} + n_B \cdot T_{OB})}{TN} \cdot (1 + Z) \quad [1, 1, h, 1, h, 1, h, 1, h, 1]$$

(3-105)

$TP_{ST}$	turnusový počet strojvedoucích včetně turnusové zálohy 12%,
$n_{AB}$	počet vlaků z A do B,
$T_{jAB}$	doba jízdy vlaku z A do B,
$n_{BA}$	počet vlaků z B do A,
$T_{jBA}$	doba jízdy vlaku z B do A,
$n_A, n_B$	počet obrátů v A resp. v B,
$T_{OA}, T_{OB}$	doba obrátu v A resp. v B,
TN	týdenní pracovní norma,
Z	turnusová záloha.



Potřebný turnusový počet členů vlakových čet se pro daný provozní koncept mezi stanicemi A a B v rámci této práce stanoví (nutno zaokrouhlit na celá čísla nahoru):

$$TP_{VC} = \frac{7 \cdot \left( \sum_{i=1}^k SC_i \cdot n_{iAB} \cdot T_{jAB} + \sum_{i=1}^l SC_i \cdot n_{iBA} \cdot T_{jBA} \right)}{TN} \cdot (1 + Z) \quad [1, 1, 1, h, 1, 1, h, h, 1]$$

(3-106)

$TP_{VC}$  turnusový počet členů vlakových čet včetně turnusové zálohy 12%,

$n_{iAB}$  počet vlaků z A do B o síle vlakové čety  $SC_i$ ,

$T_{jAB}$  doba jízdy vlaku z A do B,

$n_{iBA}$  počet vlaků z B do A o síle vlakové čety  $SC_i$ ,

$T_{jBA}$  doba jízdy vlaku z B do A,

$SC_i$  složení vlakové čety i-tého vlaku,

TN týdenní pracovní norma,

Z turnusová záloha,

k počet vlaků z A do B,

l počet vlaků z B do A,

Celkové roční mzdové náklady vlakových čet v rámci daného provozního konceptu mezi A a B jsou:

$$N_{MZ} = 12 \cdot (TP_{VC} \cdot MZV \cdot (1 + SZP\%) + TP_{ST} \cdot MZS \cdot (1 + SZP\%)) \quad [\text{Kč/rok}, 1, \text{Kč/měsíc}, 1, \text{Kč/měsíc}] \quad (3-107)$$

$TP_{VC}$  turnusový počet členů vlakových čet včetně turnusové zálohy 12%,

MZV průměrná hrubá měsíční mzda vlakvedoucího,

$TP_{ST}$  turnusový počet strojvedoucích včetně turnusové zálohy 12%,

MZS průměrná hrubá měsíční mzda strojvedoucího,

SZP sociální a zdravotní pojištění.

## Náklady nepřímé

Jak již bylo v úvodu kapitoly řečeno, nepřímé náklady se nevztahují přímo k jízdě daného vlaku. Rozpodílování probíhá podle daného klíče. Jedna z možností je např. dle [55]:

- místkm: správní režie, marketing,
- hrtkm: provozní režie,
- vlkm: technologické operace (pokud to odpovídá provozní realitě),

- Kč z objemu tržeb: prodej jízdních dokladů nebo náklady údržby zázemí.

### 3.4.3 Výnosy

Výnosy v oblasti provozování osobní dopravy lze rozdělit na:

- tržby z prodeje jízdních dokladů,
- ostatní výnosy,
- úhrada prokazatelné ztráty (pouze u výkonů v ZVS).

Tržby z prodeje jízdních dokladů jsou závislé na počtu prodaných jízdních dokladů (adresné z A do B, síťové, časové apod.). Z hlediska přiřazení těchto tržeb na konkrétní výkony v osobní dopravě se vychází z:

- trasy cesty adresného jízdního dokladu,
- sčítání cestujících v jednotlivých obdobích roku,
- přiřazení podílu tržeb z IDS.

Tarifní výnosovost se pohybuje v rozmezí 0,7 až 0,9 Kč/oskm, přičemž vliv na její výši má na konkrétní lince či trati:

- délka typické relace,
- složení zákazníků,
- vliv slev a tarifních nabídek,
- průměrná obsazenost spojů.

Mezi ostatní výnosy patří:

- úhrada ztráty ze žakovského jízdného:
  - rozdíl mezi zvláštním (žakovským) a obyčejným jízdným,
  - stanoveno Cenovým výměrem Ministerstva financí;
- ostatní tržby z přepravy:
  - lůžkové a lehátkové lístky,
  - místenky,
  - přeprava zavazadel,
  - úschovny,
  - přeprava kurýrních zásilek (ČD - ČD Kurýr);
- zbylé ostatní výnosy:
  - provoz zvláštních vlaků,
  - pronájem reklamních ploch.

Úhrada prokazatelné ztráty je z provozování dálkové dopravy v objednavce státu a regionální dopravy v objednavce krajů.

### 3.4.4 Dílčí závěr - ekonomika provozu

Zkrácení jízdy projížděním vybraných zastávek může přinést pozitivní efekty v oblasti ekonomiky provozu v následujících oblastech:

- dopady do nákladů:
  - snížení turnusové potřeby vozidel a vlakového personálu:
    - úspora mzdových nákladů na příslušné lince či rameni,
    - úspora odpisových a finančních nákladů v závislosti na počtu uspořené vozidel (čím dříve úspora turnusového počtu vozidel během splácení úroků nastane, tím větší nastane finanční efekt úspory těchto nákladů),
    - finanční úspora závisí na dalších možnostech využití uvolněných náležitostí a personálu;
  - snížení provozních nákladů díky nižší spotřebě trakční energie:
    - teoreticky vyčíslitelné z hlediska trakční energie na obvodu kol,
    - celková spotřeba dána následně účinností přenosu od spalovacího motoru u nezávislé trakce, resp. spotřeby elektrické energie na sběrači lokomotivy u závislé trakce - paradoxně čím horší účinnost přenosu je, tím vyšší celková úspora nastává, tento paradox platí i obráceně,
    - prakticky vyčíslitelné v současnosti okamžitě v případě nezávislé trakce - reálná úspora nafty,
    - problematické za stávajícího stavu v případě závislé trakce - dokud bude úhrada realizována paušálně sazbou za typový vlak osobní dopravy, není prakticky možné kvantifikovat případnou úsporu elektrické energie,
    - u elektrických vozidel, jejichž technické vybavení umožňuje rekuperaci elektrické energie zpět do sítě, nenastane díky projíždění zastávek taková úspora energie jako u vozidel bez rekuperace. Teoreticky je v tomto případě možno dosáhnout 60-70% úspory nákladů oproti běžným vozidlům bez rekuperace,
    - s rostoucí maximální rychlostí soupravy, resp. traťovou rychlostí a hmotností soupravy roste v případě projíždění i úspora trakční energie a tím i nákladů,
    - s prodlužující se vzdáleností projetých zastávek efekt úspory klesá;

- dopady do tržeb:
  - monetarizace efektu zlepšení nabídky:
    - dosažení přípojných vazeb v rámci sítě (typicky ITJŘ) - potenciál ve zvýšení poptávky a tím sekundárně ve vyšších příjmech z jízdného,
    - zkrácení cestovní doby pro příslušnou skupinu cestujících,
    - pro výše uvedené body je nutno porovnat a kvantifikovat pozitivní přínosy pro skupinu cestujících, která daným opatřením získala a negativní dopady pro skupinu cestujících, které se daným opatřením zhoršila nabídka.

Tabulka 3-17 Srovnání hmotností na 1 sedadlo vybraných souprav, Zdroj: autor na základě podkladů SŽDC a ČD

vozidlo souprava	hmotnost obsazené soupravy	počet míst k sezení	hmotnost na 1 sedadlo	poznámky
	t	-	t	
<b>Desiro MainLine 4vz</b>	211	380	0,56	DML4 4-dílná jednotka
<b>754 + 4xBt</b>	258,4	362	0,71	
<b>749 + 4xBt</b>	259	362	0,72	
<b>242 + 4xBt</b>	268	362	0,74	
<b>263 + 4xBt</b>	268,2	362	0,74	
<b>163 + 4xBt</b>	268,5	362	0,74	
<b>162 + 4xBt</b>	268,5	362	0,74	
<b>363 + 4xBt</b>	271	362	0,75	
<b>362+4xBt</b>	271	362	0,75	
<b>380+4xBt</b>	272,2	362	0,75	
<b>460</b>	265	336	0,79	460+3x060+460
<b>560</b>	267	336	0,79	560+3x060+560
<b>471</b>	180	310	0,58	471+071+971
<b>451</b>	210	300	0,70	451+2x051+451
<b>452</b>	210	294	0,71	452+2x051+452
<b>Desiro MainLine 3vz</b>	170,4	280	0,61	DML3 3-dílná jednotka
<b>865 + 054 + 954</b>	147	202	0,73	
<b>843 + 043 + 943</b>	137	195	0,70	
<b>Desiro MainLine 2vz</b>	114,9	180	0,64	DML2 2-dílná jednotka
<b>814.2</b>	74	135	0,55	814+014+814
<b>843 + 043</b>	99	131	0,76	
<b>642 DB</b>	80	120	0,67	Desiro, Siemens, 375 kW
<b>854 + 954</b>	102	119	0,86	
<b>810+010</b>	44	117	0,38	
<b>814</b>	47	84	0,56	814+914
<b>RS1</b>	56	70	0,80	Regioshuttle, Stadler, menší výkon
<b>RS1</b>	56	70	0,80	Regioshuttle, Stadler
<b>842</b>	51	64	0,80	
<b>842.5</b>	51	64	0,80	modernizace 842
<b>843</b>	62	59	1,05	
<b>810</b>	24	55	0,44	
<b>854</b>	56	48	1,17	

## **4 Dosažené výsledky**

### **4.1 Metodika výběru železničních zastávek vhodných v případě potřeby k neobsloužení vlakem**

Pobyty v železniční dopravě jsou obecně v zásadě dvojího charakteru - z přepravních a dopravních důvodů. Mnohdy se oba důvody též překrývají.

V případě, že je potřebné zkrátit jízdní dobu projetím určitého počtu zastávek, je nutno určit vhodná potenciální místa zastavení. V principu existují 2 možnosti výběru:

- V daném úseku lze vybrat z více zastávek;
- V daném úseku je nutno projet všechny místa k zastavení.

Pro první případ existuje možnost volby, pro druhý nikoliv. Základní možné parametry zastávek (míst a příčin zastavení) v oblasti osobní železniční dopravy pro posouzení jsou následující:

- přepravní význam,
- dopravní význam,
- doba pobytu,
- alternativní možnosti obslužnosti daného bodu.

### 4.1.2 Dopravní význam místa zastavení

Dopravní význam daného místa zastavení je determinován parametry infrastruktury (zabezpečovací zařízení, velikost, atd.) a provozními aspekty. Posuzovány jsou pouze pravidelné situace dle plánovaného JŘ, na mimořádnosti provozu není brán ohled. Možné rozdělení pobytů z dopravních důvodů v osobní dopravě je následující:

- křižování,
- předjíždění,
- výměna hnacího vozidla,
- ohlašovací povinnost,
- dosažení cílové stanice, resp. odjezd z výchozí stanice (může zahrnovat obrat vlaku),
- změna směru jízdy (úvrat'),
- posilování či dělení soupravy (vazba na přepravu).

### 4.1.3 Doba pobytu

Zastavení vlaku lze posuzovat nejen z dopravních a přepravních důvodů, ale též podle doby vlastního pobytu. Pro účely přehlednosti jsou doby pobytů rozděleny z přepravního a dopravního hlediska. U přepravních důvodů hraje roli obrat cestujících, dále období sedla a špičky z hlediska dne nebo přepravní sezóny. Délka pravidelných pobytů je v případě taktové dopravy dimenzována na sedlovou nebo na špičkovou hodnotu. Detailnější rozdělení je uvedeno v tabulce 4-1.

Délka pobytů z dopravních důvodů závisí na konkrétních provozních podmínkách a parametrech infrastruktury (uspořádání kolejiště, zabezpečovací zařízení, rychlost apod.). Pro účely práce bylo vybráno 5 typových zastavení z dopravních důvodů a těmto byly přiděleny orientační časové hodnoty (tabulka 4-2). Konkrétní hodnoty jsou místně specifické a při řešení konkrétních případů je nutno postupovat individuálně.

*Tabulka 4-1 Typové rozdělení velikosti doby pobytu z přepravních důvodů, Zdroj: autor*

Doba [min]			
< 0,5	0,5 až 2	2 až 5	> 5
Zastávky s malým obratem cestujících  Dimenzování pobytu na sedlovou hodnotu obratu	Standardní délka pobytů	Místa se zvýšeným obratem cestujících nebo menší přestupní uzly  Dimenzování pobytu na špičkovou hodnotu obratu	Velké přestupní uzly  Rozsáhlé prostory a velký počet nástupišť

Tabulka 4-2 Vybrané typové zastavení z dopravních důvodů a jejich orientační velikosti doby pobytu, Zdroj: autor

Příklad typových pobytů z dopravních důvodů a jejich dob [min]				
Ohlašovací povinnost D3	Křižování	Předjíždění	Obrat, úvrat' - vratná souprava	Výměna hnacího vozidla
0,5 realizace na stanovišti HV	0 až 5 závisí na typu staničního a traťového zabezpečovacího zařízení	5 až 10 závisí na místních podmínkách a typové dvojici vlaků	2 až 6 závisí na typu vratné soupravy, předepsaných minimálních dobách dle dopravce či provozovatele dráhy	Cca 6 až 8 Na různých koncích vlaku  Cca 10 až 12 na stejném konci vlaku

#### 4.1.4 Nahraditelnost jiným způsobem obslužnosti

Možnosti alternativní obslužnosti příslušné železniční zastávky či stanice, resp. obce či obcí, které spadají do jejich atrakčního obvodu jsou v následující:

- stávající linkou autobusové dopravy,
- novou linkou autobusové dopravy,
- zrušení dopravní obslužnosti daného bodu bez náhrady.

#### Zrušení obslužnosti bez náhrady

Zrušení obslužnosti daného přepravního bodu bez náhrady je nejjednodušším řešením bez dalších návazných podmínek, které je nutno posuzovat. Ve všech ostatních případech je nutno zajistit náhradní řešení. Toto může být vnímáno izolovaně pouze pro účely projížděného úseku, nebo v kontextu dopravní obslužnosti příslušné části regionu jako celku.

#### Alternativní obslužnost prostřednictvím stávajících linek

Existuje-li možnost alternativní obslužnosti stávající linkou či více linkami autobusové dopravy, je nutno posoudit, v jaké kvalitě je stávající alternativa oproti původní nabídce železniční osobní dopravy z hlediska kritérií uvedených v kapitole 3.2. Pro zastávky s nižším obratem cestujících je přitom možné snížit standard obslužnosti úměrně jejímu vytížení. Nutnou podmínkou je výrazné nezhoršení kvality přepravy v době přepravních špiček. Častým jevem je omezení doby provozu regionální autobusové dopravy pouze na pracovní



dny, což by v daném případě náhrady znamenalo rozšíření nabídky příslušných autobusových spojů i na dny pracovního klidu (zpravidla víkend a státní svátky).

### **Nová linka pro alternativní obslužnost**

Vytvoření zcela nové autobusové linky obsluhující vlakem projeté přepravní body má poměrně výraznější dopady z hlediska bilance efektivity celého systému veřejné dopravy. Kromě posouzení bodů dle kapitoly 3.2 je dále potřebné kvantifikovat náklady spojené s novou linkou a dopady do poptávky, tržeb a nového přepravního podílu veřejné dopravy.

Náklady úzce souvisí s rozsahem nabídky alternativní linky:

- Počet spojů a jejich časová omezení.
- Počet autobusů potřebných pro pokrytí provozu na nově vytvořené lince a případné finanční náklady spojené s jejich pořízením, nebude-li možnost využití stávajícího vozidlového parku.
- Počet řidičů potřebných pro pokrytí provozu na nově vytvořené lince a případné náklady spojené s jejich vyškolením, bude-li nutno zaměstnat nové řidiče.
- Vyvolané náklady je z hlediska systému veřejné dopravy vhodné porovnat s případnou úsporou provozních nákladů, která vznikne snížením trakční práce vlivem projetí příslušných míst zastavení.

Nový objem tržeb je výrazně determinován jednak novým podílem VD na přepravním výkonu a jednak tarifní nabídkou, která změnu doprovází. Z hlediska tarifního je důležité, aby došlo k minimalizaci dvojího odbavení cestujícího v případě nuceného použití autobusu a následného přestupu na vlak. Jedním řešením je společný jízdní doklad autobus - vlak, dalším možným pak tarifní integrace např. v rámci IDS.

Princip posouzení modal split je uveden v kapitole 3.3, s tím, že je omezeně aplikovatelný z hlediska zjednodušeného a rychlého posouzení změn v systému. Pro co největší věrohodnost posouzení je však nutné realizovat dopravně-přepravní model celého dotčeného území včetně všech jeho přepravních vazeb s opakovanou iterací do celkového přepravního potenciálu a rozložení podílu VD a IAD.

Nová linka může mít následující úlohy:

- prostá náhrada za železniční osobní dopravu v obsluze vybraných míst, které byly osobními vlaky projety;
- dodatečná a rozšířená obslužnost dalších míst na trase nad rámec předchozího bodu:

- nuceně díky nemožnosti vedení v jiné vhodnější trase,
- záměrná maximalizace synergických efektů v obslužnosti dané oblasti.

Vedení nové linky závisí na topografických podmínkách příslušné oblasti realizace projektu a může vůči železniční trati být v zásadě v následujících polohách a vazbách:

- z hlediska trasování linky:
  - paralelní vedení s železniční tratí v celé trase,
  - paralelní vedení s železniční tratí v části trasy,
  - vedení trasy zcela mimo atrakční obvod železniční trati;
- z hlediska potenciálních návazností na železniční dopravu:
  - s jedním místem systémové přestupní návaznosti na vlak,
  - s více místy systémové přestupní návaznosti na vlak:
    - nutno definovat priority v návaznosti na železniční dopravu (systematické nebo v případě ranní a odpolední špičky též na relačně nejsilnější spoje).

#### **4.1.5 Dílčí závěr - metodika výběru**

Metodika výběru vhodných zastávek pro případné projetí z důvodu potřebného krácení jízdních dob v rámci ITJŘ vychází z přepravního a dopravního významu daného místa zastavení, délky pobytu a možností náhradní obsluhy. V rámci metodologie lze nastínit vhodná kritéria k posouzení, praktická aplikace je závislá od konkrétního řešení a konkrétních vstupních podmínek. Snahou by měla být minimalizace dopadů na cestující a na náklady spojené s novým řešením dopravní obslužnosti dotčené oblasti.

Níže je navržená typologie zastávek z hlediska posouzení projíždění bez konkrétních hodnot, které musí být stanoveny v závislosti na příslušném úseku či trati. Daný přepravní bod je potenciálně možné neobsloužit z následujících důvodů:

1. nízký obrat cestujících:
  - časový pohled:
    - v době posuzování (aktuální potenciál),
    - z hlediska výhledového potenciálu;
  - všeobecně přepravní pohled:
    - nízká atraktivita dopravního okrsku z hlediska zdrojové nebo cílové poptávky (nízký počet obyvatel a pracovních míst atd.);

- nabídkový pohled:
  - přepravní bod s poměrně velkou docházkovou vzdáleností od obcí v jejím atrakčním obvodu,
  - přepravní bod z hlediska nízké konkurenceschopnosti železniční dopravy (dlouhá vlastní přepravní doba do významných cílů cest atd.);
- 2. přepravní bod s převažujícím významem pobytu z dopravních důvodů, který je nebo není možné eliminovat (typicky ohlašovací povinnost D3):
  - dopravně-technologický pohled;
- 3. možnost jiné alternativa obslužnosti, která splňuje podmínky:
  - efektivnosti nového způsobu obslužnosti z pohledu atraktivity nabídky a podílu VD na modal split (a následných dopadů do tržeb),
  - efektivnosti nového způsobu obslužnosti z hlediska vyvolaných dodatečných nákladů.

## **4.2 Metodika řešení projíždění zastávek a stanic, aplikované příklady, příklady z praxe**

### **4.2.1 Obecné důvody a možnosti krácení jízdních dob**

Důvody pro krácení jízdních dob jsou obecně souhrnně následující:

- obchodně-marketingové:
  - zkrácení doby přepravy - vyšší atraktivita nabídky pro cestující,
  - časová úspora  $\Delta t_H$  potřebná pro realizaci návazností a systémových vazeb celkové nabídky (hlavní předmět ITJŘ);
- provozně-technologické s možným pozitivním dopadem do ekonomiky provozu:
  - zkrácení cestovní doby může vést v ideálním případě ke zkrácení doby úplného oběhu a tím k ušetření náležitostí (souprava + lokomotiva, lokomotiva, motorová jednotka), příp. vlakového personálu,
  - vyšší konstrukční variabilita tras, křižování, přípojů atd. - zvýšení volnosti systému,
  - zvýšení stability systému,
  - sem patří se svými specifickými požadavky na hranový čas  $t_H$  ITJŘ.

Možnosti krácení jízdních dob jsou principiálně následující:

- úprava parametrů infrastruktury:
  - časovým parametrem úspory  $\Delta t_H$  determinované rozsáhlejší úpravy infrastruktury (není předmětem zkoumání práce):
    - zkrácení trati, narovnání či napřímění oblouků,
    - zvýšení traťové rychlosti,
    - úpravy tratí pro nasazení naklápěcí techniky;
  - doplňující zlepšení parametrů infrastruktury přispívající z části k časové úspoře  $\Delta t_H$ , dopady do úpravy infrastruktury v menším rozsahu (možné jako doplňková aplikace v rámci předložené práce):
    - odstranění traťových omezení rychlostí v krátkých úsecích zejména z důvodu nízkých rozhledových poměrů (platí především pro přejezdy);
  - zkrácení provozních intervalů (není předmětem zkoumání práce):

- modernizace staničních a traťových zabezpečovacích zařízení (ne vždy však toto paradoxně zejména v ČR platí),
  - úpravy konfigurace kolejí v dopravnách s kolejovým rozvětvením (např. umožněné současné jízdní cesty díky vhodnému provoznímu uspořádání kolejových spojek nebo díky mimoúrovňovým křížením);
- nasazení vozidel s kvalitními (nejen) dynamickými parametry (posuzováno v rámci práce z hlediska srovnání s referenční soupravou):
  - lepší akcelerace - zkrácení doby rozjezdu, potřebné především u často zastavujících osobních vlaků, závisí na poměru adhezní a celkové hmotnosti (viz rovnice 3-48) (toto má velký vliv i při špatných adhezních podmínkách) a na měrném výkonu,
  - vyšší maximální cestovní rychlost - maximalizace využití rychlostního profilu infrastruktury, závisí na měrném výkonu dané soupravy (viz rovnice 3-55), sklonových poměrech a při jízdě na mezi adheze rovněž na adhezním poměru,
  - nástupní prostor umožňující rychlou výměnu cestujících (důležité zejména u často zastavujících vlaků, čím kratší je vzdálenost zastávek, tím větší podíl na vlastní jízdě mají,
  - rychlé zavírání a otevírání nástupních dveří;
- konfigurací nabídky a organizací provozu (součástí řešení předložené práce):
  - projíždění zastávek,
  - výsledný efekt determinován rovněž nutností křížování na jednokolejných tratích,
  - změna organizace provozu:
    - změna způsobu křížování a pořadí vjezdů a odjezdů v příslušných stanicích a systémových taktových uzlech;
  - kombinace výše uvedených opatření;
- pobyty ve stanicích a zastávkách - zkrácení (součástí řešení předložené práce),
  - z přepravních důvodů:
    - obecně rychlejší výměna cestujících (tam kde to je možné), úprava infrastruktury (nástupiště) a vozidel;
  - z dopravních důvodů:

- urychlení nebo odstranění křižování,
  - zrušení nebo změna způsobu ohlašovací povinnosti na tratích řízených podle předpisu D3,
  - realizace výměny hnacího vozidla, resp. posilování či dělení souprav pouze ve vybraných stanicích, kde probíhají jiné technologicky nutné úkony (výměna lokomotivy, křižování) nebo je delší doba pobytu z důvodu vyššího obratu cestujících;
- kombinace výše uvedených opatření.

#### 4.2.2 Navržená metodika řešení

Na obrázku 4-7 jsou shrnuty základní principy postupu při řešení problematiky potřebné systémové jízdní doby  $t_H$  nutné pro realizaci daného konceptu nabídky ITJŘ. Ve schématu jsou nastíněny všechny základní postupy, přičemž jsou pro přehlednost uvedeny i ty, které nejsou předmětem předložené práce. Hlavní je zaměření na problematiku krácení cestovní doby  $\Delta t_H$  pomocí projíždění vybraných zastávek (podbarveno žlutě), přičemž pro řešení není zcela vyloučena možnost kombinace nasazení vhodnějších vozidel či drobných úprav parametrů infrastruktury (zvýšení traťové rychlosti na přejezdech apod.) a řízení provozu (změna technologie ohlašovací povinnosti na tratích řízených dle předpisu D3 atd.). Souhrnně lze postup v jednotlivých krocích prezentovat následovně:

- 1) koncept nabídky ITJŘ, definování uzlů a hranových časů,
- 2) odvození potřebné systémové jízdní doby na jednotlivých hranách sítě,
- 3) stanovení rozdílu delta, o který je potřeba zkrátit (nebo případně prodloužit) jízdní doby na dané hraně,
- 4) opatření zkrácení cestovní doby  $\Delta t_H$ :
  - a. velké infrastrukturní zásahy,
  - b. drobná infrastrukturní opatření,
  - c. nasazení potřebných vozidel,
  - d. projetí vybraných přepravních bodů (tyto vybrány na základě předdefinovaných kritérií při zohlednění místních podmínek);
- 5) prověření jednotlivých opatření, případná jejich kombinace,
- 6) v případě neobsloužení vybraných přepravních bodů ze strany železnice nutno vyřešit jejich alternativní obslužnost.

Na obrázku 4-8 jsou shrnuty základní principy výběru přepravních bodů na dané trati (případně i lince) pro případ nutnosti neobsloužení části z nich železniční dopravou. Snahou je vybrat takové přepravní body, kde bude dopad na cestující co nejmenší. Výsledný efekt výběru je pak dál ještě determinován kombinací parametrů vozidel, infrastruktury a vzdálenosti mezi jednotlivými vybíranými přepravními body. Postup nastíněný ve schématu na obrázku 4-8 vychází z dílčích závěrů uvedených v kapitole 4.1.5, které navrhuji následující kritéria rozhodování:

- 1) velikosti obratu cestujících v dané zastávce,
- 2) převažující význam daného místa zastavení z dopravních důvodů s potenciálem zkrácení doby pobytu,
- 3) možnost efektivní alternativní obslužnosti na základě dopadů do modal split a ekonomiky systému.

Na obrázku 4-9 jsou shrnuty základní principy řešení alternativní obslužnosti železniční dopravou nově neobsložených přepravních bodů. Postup nastínění ve schématu na obrázku 4-9 vychází z rozdělení uvedeného v kapitole 4.1.4, které je zhruba následující:

- 1) zrušení dopravní obslužnosti bez náhrady,
- 2) nahrazení obslužnosti daných přepravních bodů stávající existující regionální autobusovou dopravou,
- 3) zavedení nové autobusové linky či linek pro zajištění obslužnosti daných přepravních bodů:
  - a. s jedním místem systémové přestupní návaznosti na vlak,
  - b. s více místy systémové přestupní návaznosti na vlak.

### **4.2.3 Aplikace metodiky na zvolených příkladech**

V přílohách P5, P6 a P7 bylo provedeno prověření teoretických předpokladů a některých dílčích závěrů práce na vybraných tratích. V každém příkladě je řešena pouze část dané problematiky

#### **Příloha P5 - Posouzení dopadů projíždění vybraných zastávek na trati 198 Strakonice - Volary do úspory náležitostí a vlakového personálu**

V rámci této přílohy jsou řešeny možnosti optimalizace taktové nabídky na trati 198 Strakonice - Volary oproti jízdnímu řádu 2009/2010. Konkrétně bylo posuzováno:

- dosažení uzlu Volary v čase X.00 s možností obratu soupravy sama na sebe, minimální obrat činí cca 5 minut,
- možnosti doplnění nabídky v úseku Strakonice - Vimperk na 1h takt s využitím 1 vozidla navíc (tzn. obrat vozidla ve stanici Vimperk samo na sebe),
- neobsloužení vybraných přepravních bodů ze strany železniční dopravy, včetně zdůvodnění výběru těchto bodů,
- ekonomický dopad projetí zastávek z hlediska části provozních nákladů (náklady na spotřebu, náklady na vlakový personál, finanční náklady spojené s pořízením vozidel),
- referenční vozidlo řada 814.

#### **Příloha P6 - Posouzení dopadu projíždění vybraných zastávek na modal split veřejné dopravy v dotčených obcích na trati 190 v úseku Nepomuk - Horažďovice předměstí**

V rámci této přílohy jsou řešeny možnosti optimalizace taktové nabídky na trati 190 v úseku Nepomuk - Horažďovice předměstí oproti jízdnímu řádu 2009/2010. Konkrétně bylo posuzováno:

- porovnání modal split VD a IAD pro 2 varianty nabídky v daném úseku:
  - varianta 1 - JŘ 2009/10, osobní zastávkové vlaky obsluhují všechny přepravní body posuzovaného úseku,
  - varianta 2 - nové řešení obslužnosti z důvodu potřebného zkrácení jízdní doby vlaků osobní dopravy, alternativní obslužení zastávek Nekvasovy, Mileč, Kovčín, Jetenovice a Velký Bor autobusovou linkou,
- pro posouzení dopadů nabídky na modal-split byla použita metoda RWTH Aachen kombinující metodu dopravních odporů a logit-modelu. Metoda byla použita ve zjednodušeném rozsahu působnosti a na 3 vybrané cílové destinace.

#### **Příloha P7 - Posouzení dopadu projíždění vybraných zastávek na trati 190 v úseku Nepomuk - Horažďovice předměstí do nákladů nabídky veřejné dopravy**

V rámci této přílohy jsou porovnávány provozní náklady z oblasti spotřeby trakční energie (nafta, elektrická energie) pro zastávkové a zrychlené vlaky pro varianty nabídky z přílohy P6. Konkrétně bylo posuzováno:



- Rámcové porovnání případné úspory nákladů dosažené projížděním stanovených přepravních bodů s náklady na zavedení autobusové linky Nepomuk - Pačejov - Horažďovice (zjednodušeně dána průměrná nákladová sazba 33 Kč/vozokm linky).
- Referenční souprava uvažována 242 + 4xBt, pro rámcové srovnání možností krácení jízdních dob a spotřeby porovnávaná s jinými alternativními soupravami.

### **Shrnutí závěrů z aplikovaných příkladů**

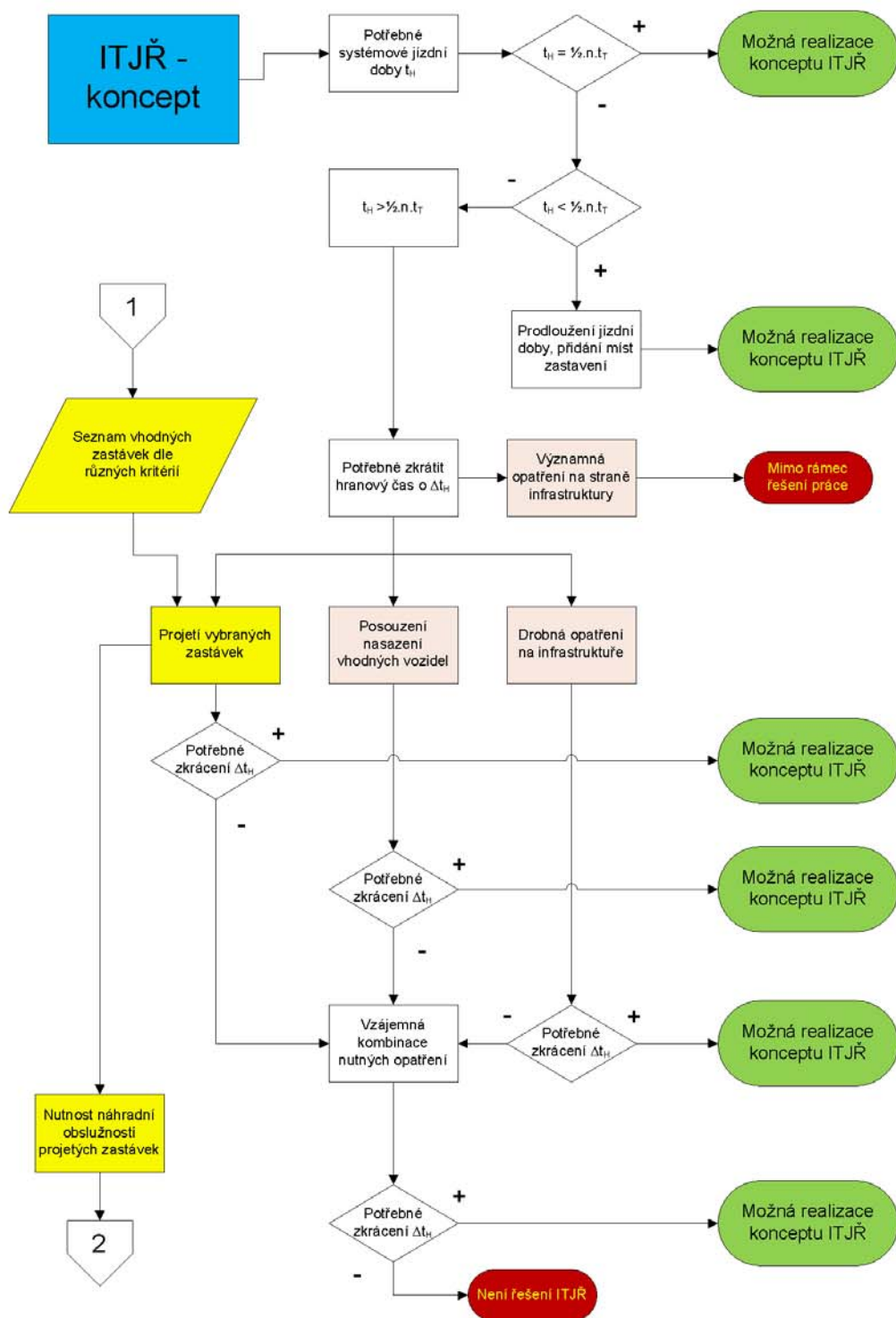
Projíždění zastávek z důvodů na straně technologie (potřebný hranový čas  $t_H$ ) má sekundární efekt i z hlediska snížení nákladů spojených počtem vozidel, vlakovým personálem a s trakční prací vynaloženou na rozjezdy a zastavení vlaku. Z přílohy P5 vyplývá celková rámcově stanovená úspora nákladů 6,2 mil. Kč ročně u řady 814 v případě, že dojde ke snížení turnusové potřeby o 1 vozidlo a ke snížení počtu potřebného personálu o cca 6 osob v případě realizace zrychleného modelu obslužnosti s projížděním vybraných přepravních bodů. Daný model je však funkční pouze za předpokladu, že dojde k drobným úpravám na straně řízení provozu, zde konkrétně možností realizace ohlašovací povinnosti na stanovišti hnacího vozidla pomocí TRS.

Je zřejmé, že úspora 1 náležitosti včetně personálu může významně ovlivnit ekonomickou bilanci příslušné regionální linky. Proti tomu je třeba postavit náklady vzniklé nutností alternativní obsluhy projetých zastávek, případně náklady spojené např. se zavedením radiofikace dané tratě.

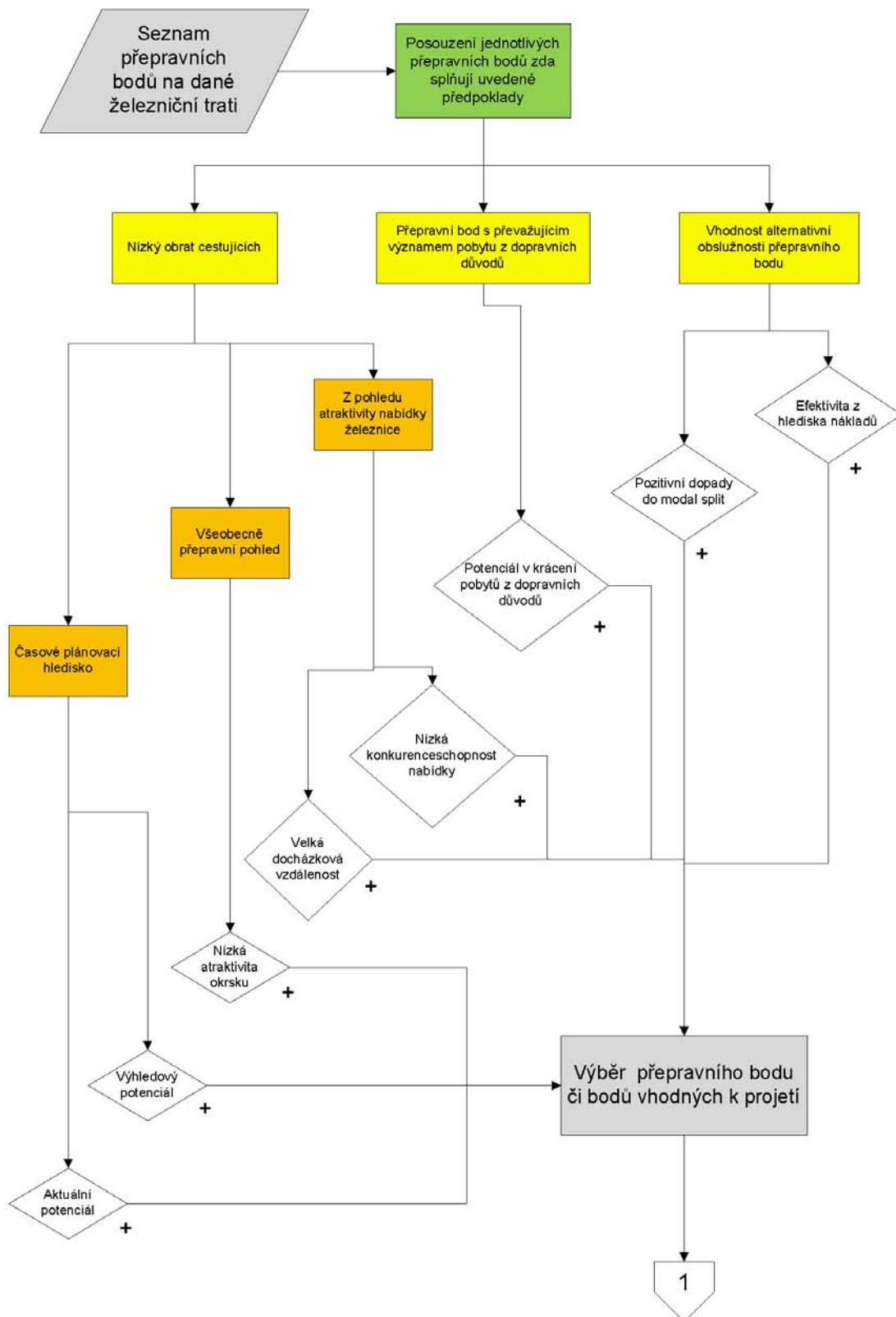
V příloze P7 byly porovnávané uspořené náklady díky projetí 5 stanovených zastávek s potenciálními náklady na zavedení autobusové linky. Pro odhadnuté sazby za spotřebovanou elektrickou energii na sběrači vozidla vychází pro danou trať, rozsah a formu nabídky železniční osobní dopravy denní úspora vyčíslená zhruba na 6 400 Kč pro referenční soupravu. Při velmi hrubém porovnání s náklady spojenými na provoz konkrétní alternativní autobusové linky, které pro daný koncept vychází zhruba 20 000 Kč denně, je zřejmé, že potenciální odhadnutá úspora dosahuje pouze 1/3 provozních nákladů autobusové linky.

Použití metody RWTH Aachen představuje zjednodušený přístup k posouzení dopadů změny nabídky na poptávku a modal-split veřejné dopravy. Pro korektní a věrohodnější posouzení dané problematiky je potřebné modelovat danou situaci komplexněji včetně posouzení dopadů nabídky na změny přepravních vztahů. Rovněž by bylo nutné posoudit i ostatní související přepravní relace, na které má případná změna nabídky vliv. Zvolená metoda pro jednoduché a rychlé posouzení dopadů nucené změny nabídky (projíždění zastávek, náhrada jiným druhem veřejné dopravy) přes celou řadu zjednodušení ukázala,

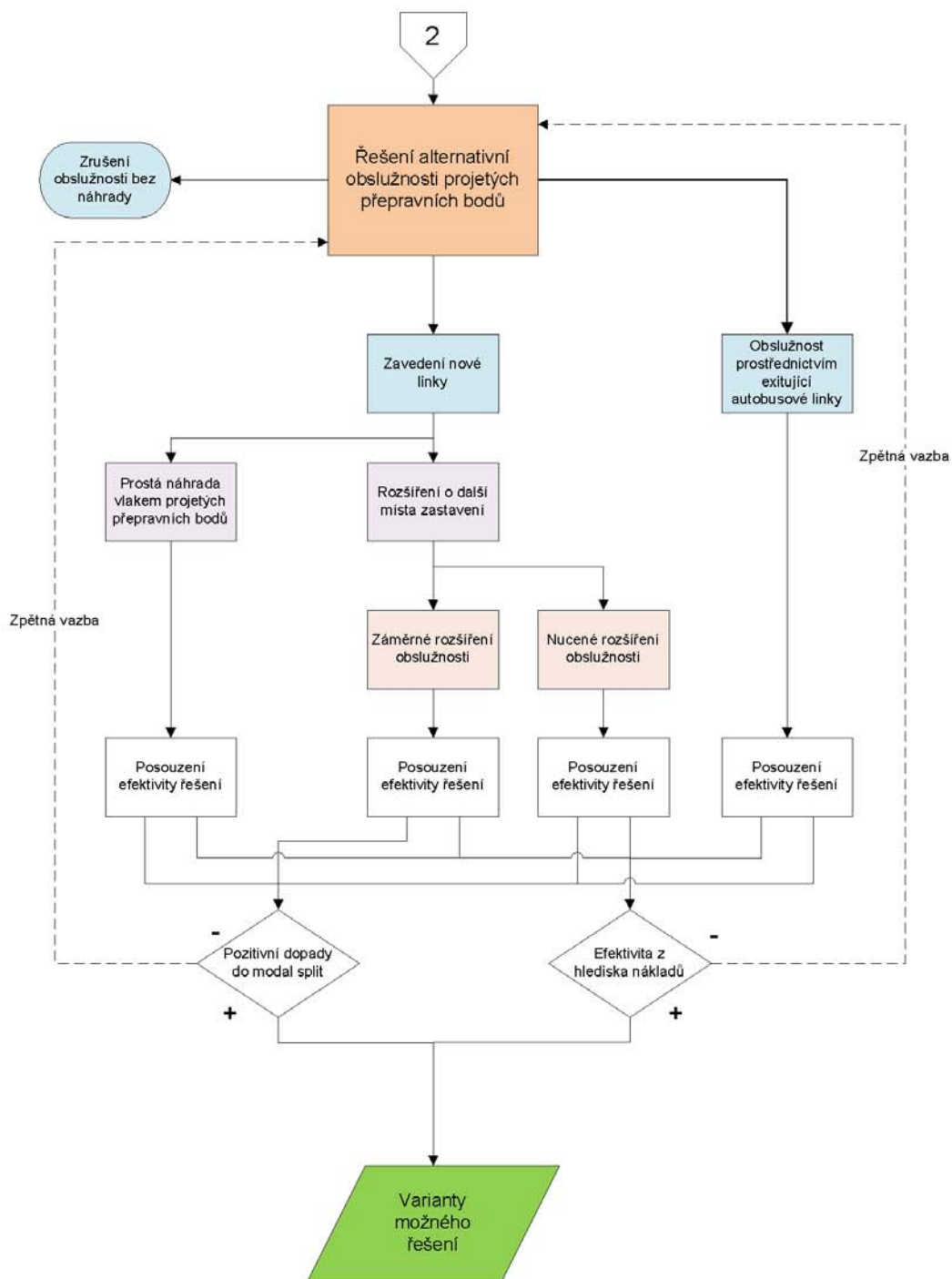
že pro sledovanou matici přepravních vztahů nemusí mít projíždění zastávek negativní celkový dopad na podíl veřejné dopravy na dané relaci.



Obrázek 4-7 Metodika postupu při řešení problematiky potřebné systémové jízdní doby  $t_H$  nutné pro realizaci daného konceptu nabídky ITJŘ projetí, Zdroj: autor



Obrázek 4-8 Metodika výběru přepravních bodů na železnici vhodných k projetí,  
Zdroj: autor



Obrázek 4-9 Metodika základního postupu řešení alternativní obslužnosti železniční dopravou nově neobsložených přepravních bodů, Zdroj: autor

#### **4.2.4 Možnosti obslužnosti území a linek skrze projíždění vybraných zastávek - příklady z praxe**

Obslužnost území projížděním vybraných zastávek je historicky dlouhodobou záležitostí v oblasti veřejné dopravy. Typickým příkladem jsou vlaky dálkové a rychlé regionální dopravy, jakožto i dálkové autobusy. Od počátku tohoto způsobu obslužnosti bylo prvořadým cílem nabídnout cestujícím rychlejší spojení vybraných sídel.

Další fáze redukované obslužnosti vybraných zastávek a stanic se týkala především železniční dopravy, což bylo často spojeno s rozvojem silniční dopravy. Příčinou této vlny byla nízká konkurenceschopnost železnice oproti prostorově (a v případě IAD i časově) flexibilnější silniční dopravě. Forma redukce zastávek nebo zastavení provozu na celé trati či v celém jejím úseku je typickým výstupem doby. Příklady lze najít v celé Evropě, ale též např. v Severní Americe a jinde od cca 20.-30. let 20. století až po současnost. Náhrada zrušené železniční dopravy proběhla často buď prostřednictvím autobusové dopravy (typicky Evropa) nebo individuální automobilovou dopravou (typicky Amerika, částečně i Evropa v 50. a 60. let 20. století). Příkladem země, kde jsou některé vlaky nebo celé úseky tratí nahrazovány autobusem, je třeba Rakousko. V sedlových večerních časech je prováděna obsluha regionálních železničních linek též u vybraných dopravců ve Švýcarsku. Obojí především z ekonomických důvodů.

V současné době je možné očekávat další proces útlumu obslužnosti vybrané části železniční sítě a nahrazení obslužnosti autobusovou dopravou. Byť je v principu autobusová doprava při srovnatelných a vyšších přepravních prouděch oproti železniční regionální dopravě mnohdy časově, prostorově a ekonomicky výhodnější, neplatí toto absolutně plošně a ne vždy je nové řešení obslužnosti jednoznačně výhodnější oproti předchozímu stavu.

Důvody pro výše uvedené řešení jsou jednak ekonomické a jednak též vyplývající z konkrétního požadavku na dosažení potřebné jízdní doby (při stávající infrastruktuře a vozidlech). V prvním případě se prakticky jedná o zrušení obslužnosti daného úseku zastávkovými vlaky. Druhý případ může znamenat kombinovaný způsob obslužnosti železniční osobní a autobusové dopravy nebo pouze autobusové dopravy ve vybrané oblasti, kterou vlak nově zcela projede.

## **Možnosti obslužnosti území v případě nezajištění obslužnosti vybraných železničních zastávek**

Obslužnost území projížděním vybraných zastávek lze z pohledu železniční osobní dopravy rozdělit do několika variant:

### **1. Rychlá dálková a vysokorychlostní doprava:**

- a. obsluha nejvýznamnějších sídel na lince,
- b. v ČR linky produktů A1, A2 a B1 v úsecích s funkcí rychlé dálkové dopravy,
- c. SC, IC, EC, Ex a částečně R vlaky.

### **2. Ostatní dálková doprava:**

- a. v ČR linky produktů B1 a B2 v úsecích vyšší četností zastavení, resp. B3,
- b. pouze provoz dálkové dopravy, kompletní zastavení regionální železniční dopravy - např. úsek Blatno u Jesenice - Žatec nebo kompletní nahrazení regionální dopravy v úseku Airolo - Biasca na jižní rampě Gotthardské dráhy ve Švýcarsku,
- c. kombinace proložené nabídky vlaků R/Sp a Os - Jaroměř - Trutnov, Plzeň - Klatovy, Zdice - Protivín apod., v řídcích osídlených oblastech vede často k přesunu většiny cestujících do zrychlených vlaků.

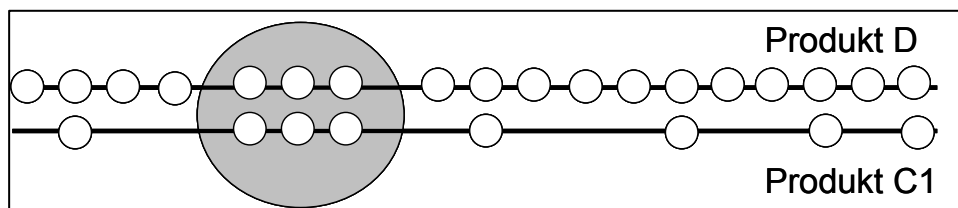
## 62.191 Bellinzona–Airolo

		lunedì-venerdì feriali									
		817	9	15	2263	14143	2165	819	19	14147	2267
					IR Zürich HB-Chiasso		IR Basel SBB-Locarno				IR Zürich HB-Locarno
Göschenen					10 10 02		10 50				11 50
Airolo	o				10 10 12		10 50				12 00
Airolo, Stazione		9 52		10 10 10	10 13		11 01	10 52	11 30		12 01
Piotta, Funicolare				10 10 15							
Piotta, Nord		9 56						10 56	11 34		
Piotta, Posta		9 57						10 57	11 35		
Ambri-Piotta, Stazione		10 00						11 00	11 40		
Quinto, Paese									11 44		
Rodi, colonia Von Mentlen		10 06	10 14					11 06	11 49		
Faido, Stazione	o	10 15					11 18	11 15			12 18
Faido, Stazione		10 21					11 19	11 21			12 19
Faido, Posta		10 24	10 21					11 24			
Chiggiogna, Paese		10 26						11 26			
Lavorgo, Stazione		10 30						11 30			
Lavorgo											
Giornico, S. Antonio		10 37						11 37			
Bodio, Stazione		10 41						11 41			
Bodio											
Pollegio, Infocentro AlpTransit		10 45						11 45			
Pollegio, Piazza		10 46						11 46			
Pollegio, Pasquerio		10 48						11 48			
Biasca, Centro/Borgo		10 49						11 49			
Biasca, Stazione	o	10 53			10 50		11 39	11 53			12 39
Biasca, Stazione		10 55			10 52	11 05	11 40	11 55		12 05	12 40
Osgogna, Stazione		11 00						12 00			
Claro, Ponton		11 06						12 06			
Castione-Arbedo											
Castione, Stazione		11 12						12 12			
Bellinzona, Stazione	o	11 23			11 05	11 19	11 53	12 23			12 53
Bellinzona					11 05	11 19	11 53			12 19	12 53
Bellinzona 600					11 09	11 27	11 57			12 27	12 57
Lugano 600	o				11 37	11 57	12 27			12 57	13 27
Bellinzona 630		11 30					11 54	12 30			12 54
Locarno 630	o	11 57					12 13	12 57			13 13

Obrázek 4-10 Schéma obsluhy kombinace dálkové dopravy (modře) a regionálních autobusů (červeně) v úseku Airolo - Biasca - Bellinzona, Zdroj: [52]

### 3. Příměstská doprava

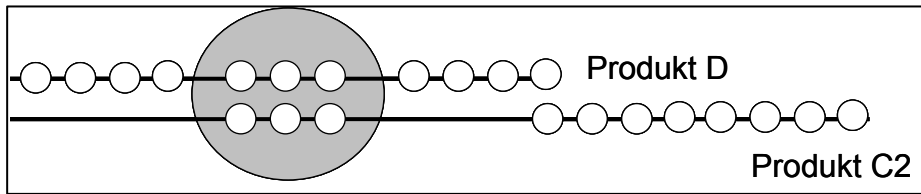
- a. Zrychlené spoje (C1) - obdobné řešení jako u ostatní dálkové dopravy;



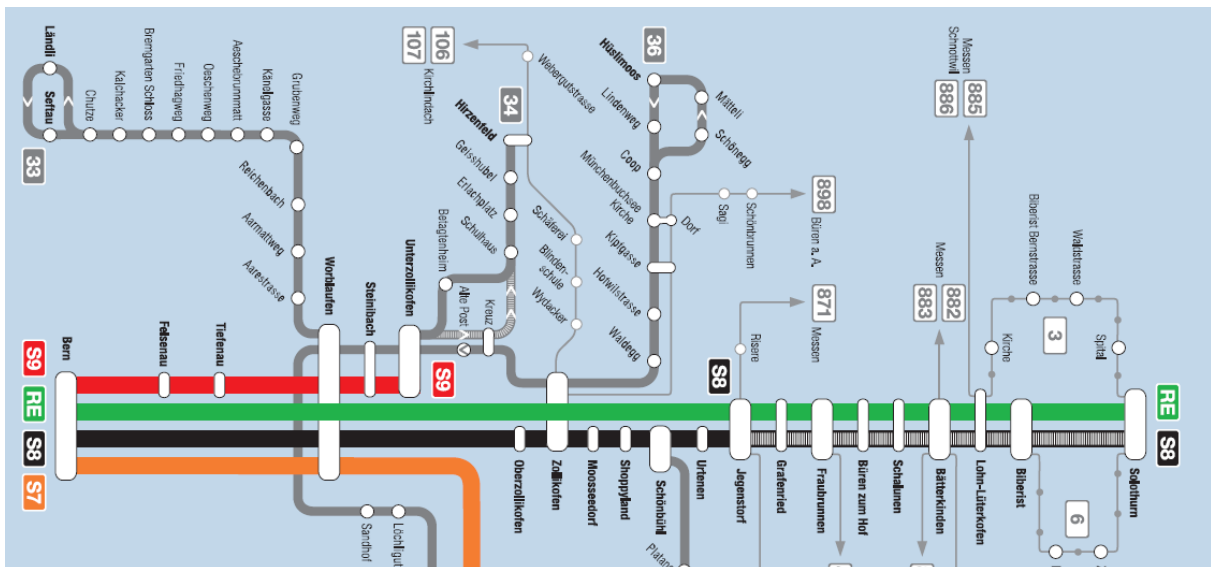
Obrázek 4-11 Schéma obsluhy zrychlenými spoji, Zdroj: autor

- b. Pásmový provoz (C2) - kombinace zastávkových a projíždějících vlaků v daných úsecích, typické např. pro Švýcarsko (obrázek 4-12). V přilehlém úseku aglomerace kombinace rychlého a zastávkového vlaku, od určitého pouze rychlý vlak, který zastavuje ve všech zastávkách a stanicích, vede ke zkrácení doby dojezdu do centra;





Obrázek 4-12 Schéma obsluhy pásmovým systémem, Zdroj: autor



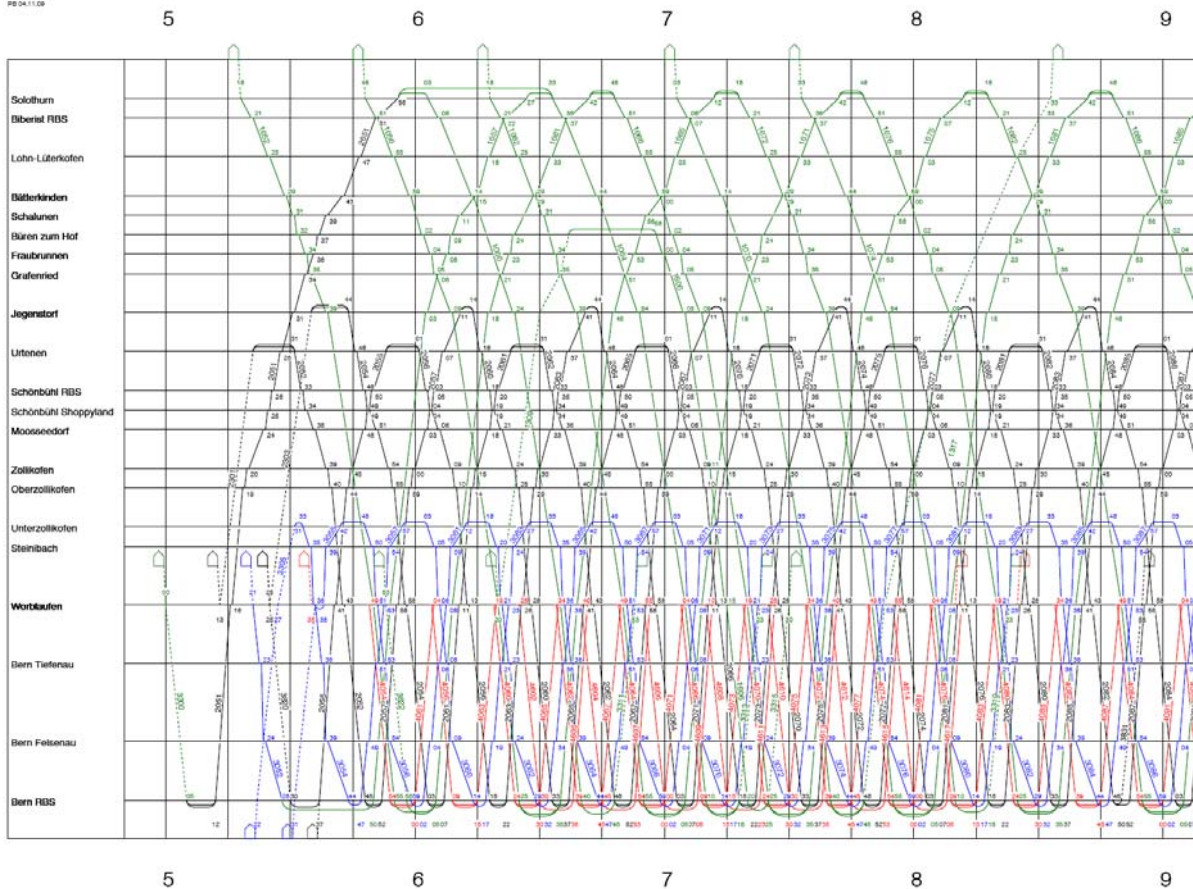
Obrázek 4-13 Příklad pásmového provozu společnosti RBS na trati Bern - Solothurn - schéma linek, Zdroj: www.rbs.ch

### 308 Bern-Solothurn / S-Bahn Bern: Linie S8

13 Dezember-18 April

	S8	RE	S8	S8	RE	S8	S8	RE	S8	S8	RE	S8
	2117	1121	2121	2123	1125	2125	2127	1131	2131	2133	1135	2135
	[2]		[2]	[2]		[2]	[2]		[2]	[2]		[2]
<b>Bern RBS</b>	1152	<b>1205</b>	×1207	1222	<b>1235</b>	×1237	1252	<b>1305</b>	1307	1322	<b>1335</b>	1337
Worblaufen [3]	1156		1211	1226		1241	1256		1311	1326		1341
Oberzollikofen	1159		1214	1229		1244	1259		1314	1329		1344
Zollikofen	1200		1215	1230		1245	1300		1315	1330		1345
Moosseedorf	1203		1218	1233		1248	1303		1318	1333		1348
Schönbühl Shopyland	×1204		1219	×1234		1249	×1304		×1319	×1334		×1349
Schönbühl RBS	1205		1220	1235		1250	1305		1320	1335		1350
Urtenern	1207		×1223	1237		×1253	1307		1323	1337		1353
Jegenstorf [1]	1211	<b>1218</b>		1241	<b>1248</b>		1311	<b>1318</b>		1341	<b>1348</b>	
Grafenried		<b>1221</b>			<b>1251</b>			<b>1321</b>			<b>1351</b>	
Fraubrunnen [1]		<b>1223</b>			<b>1253</b>			<b>1323</b>			<b>1353</b>	
Büren zum Hof		<b>1224</b>						<b>1324</b>				
Schalunen	×				<b>1256</b>						<b>1356</b>	
Bätterkinden	×	<b>1229</b>			<b>1300</b>			<b>1329</b>			<b>1400</b>	
Lohn-Lüterkofen		<b>1233</b>			<b>1303</b>			<b>1333</b>			<b>1403</b>	
Biberist RBS		<b>1237</b>			<b>1307</b>			<b>1337</b>			<b>1407</b>	
Solothurn [4]		<b>1242</b>			<b>1312</b>			<b>1342</b>			<b>1412</b>	

Obrázek 4-14 Příklad pásmového provozu společnosti RBS na trati Bern - Solothurn - výňatek z jízdního řádu, Zdroj: [52]



Obrázek 4-15 Příklad pásmového provozu společnosti RBS na trati Bern - Solothurn - výřez nákrešného jízdního řádu, zeleně vlaky RE (non-stop v příměstském úseku), černě vlaky zastávkové (linka S8), Zdroj: [52]

#### 4. Regionální osobní železniční doprava:

- stávající koncepce zrychlených Sp spojů (samostatně nebo v kombinaci s vlaky R) v kombinaci se zastávkovými spoji železniční regionální dopravy,
- pouze provoz zrychlených vlaků - doplnění obslužnosti autobusovou dopravou
- zrychlené spoje např. z důvodu potřebné systémové jízdní doby 30 minut v úseku Chlumeck nad Cidlinou (uzel v X.30) - Ostroměř (uzel v X.00),
- projíždění zastávek v úseku Chlumeck nad Cidlinou - Nový Bydžov.



620

Zeltweg

St. Paul

Bleiburg

Klagenfurt

Lavanttalbahn

Beschränkter Platz für Fahrräder. Gruppen mit Fahrräder Anmeldung im CallCenter 05-1717

Wien Meldling 600 Bruck a. d. Mur Zeltweg							an	an	an	an	an	an	an	an	an	an	an	an
Graz Hbf 501 Bruck a. d. Mur 600 Leoben Hbf Zeltweg							an	an	an	an	an	an	an	an	an	an	an	an
							an	an	an	an	an	an	an	an	an	an	an	an
km	von																	
0	Zeltweg																	
4	Weißkirchen																	
7	Eppenstein																	
12	Kalthal																	
16	Obdach																	
23	Taxwirt																	
25	Reichenfels-St. Peter																	
32	Bad St. Leonhard																	
35	Wiesenau																	
37	Preblau-Sauerbrunn																	
38	Twimberg																	
47	Frantschach-St. Gertraud																	
51	Wolfsberg																	
53	Priel																	
56	St. Stefan im Lavanttal																	
61	St. Andrä im Lavanttal																	
68	St. Paul																	
	St. Paul																	

Obrázek 4-18 Příklad obsluhy regionálním vlakem v úseku Wolfsberg - Zeltweg pouze v určité období dne, zbytek obsluhy autobusy, vlak červeně, bus modře, Zdroj: www.oebb.at

### 6. Nulový grafikon železniční osobní dopravy:

- kompletní nahrazení železniční dopravy (zpravidla regionálních zastávkových vlaků Os) dopravou autobusovou po celý den,
- Vranovice - Pohořelice, Hevlín - Hrušovany nad Jevišovkou, Čížkovice - Obrnice.

## **5 Přínosy pro rozvoj vědní disciplíny a praxi**

### **5.1 Přínosy disertační práce**

Hlavním přínosem práce je rozšíření poznatků, využitelných pro rozvoj oboru a praxi, které lze shrnout do následujících bodů:

1. Byla rozšířena metodika postupu při řešení architektury ITJŘ o obecné řešení výběru zastávek, které je možné v případě potřeby projíždět.
2. Byla navržena principiální metodika posuzování modal-split v případě alternativní obslužnosti autobusovou dopravou.
3. Na praktických příkladech s konkrétním místním zadáním byly prověřeny teoretické předpoklady (monetarizace opatření, modelová kvantifikace modal-split).
4. Byla provedena rozsáhlá analýza vstupních veličin řešené problematiky (vlaková dynamika, dostupnost a atraktivita veřejné dopravy, základní ekonomické předpoklady provozu, problematika modal-split).
5. Pro podpoření analytických nástrojů byl realizován vlastní přepravní průzkum zabývající se vnímáním dostupnosti a atraktivity veřejné dopravy.

## 6 Závěr

Cílem disertační práce bylo posoudit možnosti realizace potřebných hranových časů prostřednictvím projíždění vybraných přepravních míst. Tento přístup je nutno aplikovat v případě, kdy nelze očekávat v rámci systému ITJŘ potřebné zásadnější úpravy infrastruktury a možnosti nasazení vhodných vozidel jsou rovněž omezené. Aplikace zvolené metody nepřináší vždy potřebné výsledky, zejména tam, kde jsou pro danou metodu nevhodné vstupní podmínky - nízká traťová rychlost, velká vzdálenost míst zastavení, sklonové poměry v kombinaci s nedostatečnými dynamickými parametry vozidel. Tyto závěry naplňují i předpoklady bodu 3 vstupní hypotézy. Přesto však aplikované příklady ukázaly, že i na tratích s nízkými cestovními rychlostmi lze určitých efektů dosáhnout, za předpokladu, že požadavky na krácení systémové jízdní doby  $t_H$  se pohybují v jednotkách minut. Tím je splněn i předpoklad bodu 1 vstupní hypotézy. Realizovatelnost je však mnohdy přesto determinovaná drobnými úpravami např. na straně řízení provozu (změna způsobu ohlašovací povinnosti na D3 apod.).

Z hlediska citlivostní analýzy byly z důvodů rámcového přehledu porovnávány referenční soupravy s potenciálními možnými vozidly v oblasti jízdních dob a spotřeby trakční energie. Byly ukázány limity alternativní náhrady. Na tratích s nízkou cestovní rychlostí nepřináší obecně nasazení výkonnějších vozidel výraznější časové úspory. Při zvolení kapacitně naddimenzovaného vozidla je toto navíc zapláceno vyššími provozními náklady z hlediska spotřebované trakční energie a poplatku za dopravní cestu.

Efekt projíždění zastávek se může projevat pozitivně jednak v oblasti realizace systému ITJŘ, dále pak v úspoře vozidel a vlakového personálu a v neposlední řadě ve snížení spotřeby trakční energie (naplnění předpokladu bodu 2 vstupní hypotézy). Zde platí paradox, že čím těžší a z hlediska přenosu výkonu méně účinnější souprava daný zrychlený model obslužnosti realizuje, tím větších úspor oproti moderním, lehkým, (případně rekuperujícím) a efektivnějším vozidlům vykazuje.

Negativum zvoleného postupu se projevuje v nutnosti řešení náhradní obslužnosti projetých přepravních bodů. Předem je nutno zvolit kritéria jejich výběru a následně je potřebné rozhodnout, jakým způsobem bude alternativní doprava realizovaná. Konkrétní řešení závisí zcela na místních podmínkách se všemi svými atributy nabídky a následných dopadů do nákladů systému. Dalším krokem je posouzení dopadů nového řešení na atraktivitu a modal split veřejné dopravy některou z metod modelování přepravních vztahů.

Řešení problematiky dopravní obslužnosti musí být vždy řešeno na základě kvalitního komplexního dopravního plánování, jak na straně poptávky, tak i na straně nabídky.

## 7 Summary

The aim of this PhD Thesis has been to consider the necessary edge time achieving due to not-stopping policy of trains in particular railway stops and stations. This approach is applied in case, when necessary high-volume adjustment of infrastructure is not expected or possibilities of suitable rolling stock operation are limited. Chosen procedure does not produce always results, especially when the input data and conditions are not proper (e.g. low track speed, long distance between train stops, upgrade circumstances combined with insufficient tractive attributes of rolling stock). Nevertheless applied examples have demonstrated limited results at these lines under the certain circumstances (e.g. demand for cutting of travel time within minutes). Achieved results are often determined by small other adjustments (e.g. traffic control etc.)

Within sensitivity analysis there have been compared reference trainsets to other possible alternative railway vehicles and trainsets. Comparison has been made in the field of travel times and tractive energy consumption. There have been presented also limits of this alternative substitution, mostly at lines with low track speed or in case of trainset capacity overdesign. There is a little travel time abbreviation in first example and higher consumption of tractive energy and higher infrastructure access costs due to higher vehicle weight in second example.

Passing through the railway stops and stations without stopping of train service might have positive results in setting up of clock face interval timetable network. Further positive impact is expected within savings of rolling stock and train staff needed and lower tractive energy consumption. The worse attributes of present trainset are (weight, power transmission etc.), the better savings compared to more suitable rolling stock might be expected.

On the other hand substitutional service for by train not served stations and stops has to be made up. Proper criteria of selection of those traffic points, alternative way of service, considering of modal split - these are most important decisive points. Concrete solution depends fully on local conditions.

Securing of public transport service has to be solved upon high-quality complex transport planning.

## 8 Literatura a odkazy

1. **Haudenschild, Roland.** *Taktfahrpläne im In- und Ausland; Projekt der SBB und seine Wirtschaftlichkeit.* Bern, Stuttgart: Haupt, 1981, ISBN 3-258-03050-2.
2. **Hürlimann, Gisela.** *Die Eisenbahn der Zukunft, Automatisierung, Schnellverkehr und Modernisierung bei den SBB 1955 bis 2005.* Chronos Verlag, Zürich, 2007, ISBN 978-3-0340-0856-3.
3. **Arbeitsgruppe Verkehrsplanung,** *Merkblatt zum Integralen Taktfahrplan, Definitionen, Randbedingungen, Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen im Fern-, Regional- und Nahverkehr.* Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V. Köln, 2001.
4. **Liebchen, Christian.** *Fahrplanoptimierung im Personenverkehr – muss es immer ITF sein.,* In: ETR Heft 11, 2005, str. 689 – 702.
5. **Stohler, Werner.** *Market-oriented railway timetabling - The past, the present and future perspectives.* přednáška DFJP Pardubice, 19.10.2007
6. **Speck, Georg.** *Der Integrale Taktfahrplan.* In: Der Nahverkehr 9/96, 1996, str. 33-38.
7. **Stähli, Samuel.** *Zur Entwicklung des Taktfahrplans in der Schweiz.* In: Zur Entwicklung des Taktfahrplans in der Schweiz und weitere Beiträge zur Planung der Bahn – Samuel Stähli zum Gedenken, Sonderdruck aus Schweizer Ingenieur und Architekt 1990/1991.
8. **Pachl, Jörn.** *Systemtechnik des Schienenverkehrs.* Teubner – Stuttgart – Leipzig, 1999.
9. **Widmer, Ursula, Neumeister, Michael.** *Qualitätsfaktor - Vergleich der Angebotsqualität im Regionalverkehr.* Schriftenreihe des IVT Nr. 119, IVT ETH Zürich, 1998.
10. **Walther, Klaus.** *Massnahmenreagibler Modal-Split für den städtischen Personenverkehr.* Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der RWTH Aachen, RWTH Aachen, 1991.
11. **Vaněk, Petr, Hrabáček, Jan.** *Periodická doprava v celosíťovém měřítku.* In: Vědeckotechnický sborník ČD, 2005.
12. **Hrabáček, Jan.** *Konkurenceschopnost regionální železnice v systému veřejné dopravy.* In: Konkurenceschopnost a konkurence v železniční dopravě, Seminář Telč 2009 - recenzovaný sborník příspěvků, 2009 Masarykova univerzita, ISBN 978-80-210-5008-2.
13. **Arbeitsteam „Bedienungsstandard“.** *Verkehrerschliessung und Verkehrsangebot im ÖPNV.* VDV Schriften 6/2001.
14. **Keclík, Jiří.** *Mechanika v dopravním provozu železnic,* Alfa Bratislava, 1978.
15. **Mrzena, Rudolf.** *Vlaková dynamika,* nepublikovaný materiál, 2006.
16. **Mrzena, Rudolf.** *Základní vzorce vlakové dynamiky,* učební materiál KTRD DFJP Univerzita Pardubice, 2007 - 2009.



17. **Šiman, Pavel.** *Požadavky na trakční parametry hnacích vozidel pro osobní dopravu*, Interní materiál ČD, 2008.
18. **Šiman, Pavel.** *Vlaková dynamika*, Přednášky KTŘD DFJP Univerzita Pardubice, 2004-2006.
19. **Brändli, Heinrich, Weidmann, Ulrich,** *Grundlagen des öffentlichen Verkehrs - 2 Fahrdynamik und Fahrzeitermittlung*, IVT ETH Zürich, 1991.
20. **Šiman, Pavel.** *Možnosti úspory trakční elektrické energie a motorové nafty závislé na železniční infrastruktuře*, In: Vědeckotechnický sborník ČD č.22/2006.
21. **Weidmann, Ulrich.** *Transporttechnik für Fussgänger*, Schriftenreihe des IVT Nr. 90, IVT ETH Zürich, 1993.
22. **Weidmann, Ulrich.** *Der Fahrgastwechselzeit im öffentlichen Personenverkehr*, Schriftenreihe des IVT Nr. 99, IVT ETH Zürich, 1994.
23. **Weidmann, Ulrich.** *Grundlagen zur Berechnung der Fahrgastwechselzeit*, Schriftenreihe des IVT Nr. 106, IVT ETH Zürich, 1995.
24. **Jermann, Jörg.** *GIS-basiertes Konzept zur Modellierung von Einzugsbereichen auf Bahn-Haltestellen*, Schriftenreihe des IVT Nr. 129, IVT ETH Zürich, 1995.
25. **Martinek, Jaroslav, Čarský, Jiří.** *Cyklistická infrastruktura a její specifické aspekty*, CDV, ČVUT FD, 2008, ISBN 978-80-86502-81-6
26. **Clever, Reinhard.** *Schnelligkeit oder Häufigkeit: Überlegung zur Einführung des integralen Taktfahrplans im Fernverkehr der Eisenbahn*, In: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 1996, str. 138-162.
27. **Baudyš, Karel.** *Optimalizace v integrálním taktovém grafikonu, fuzzy řízení při odchylkách od grafikonu*, ČVUT Praha, 2006.
28. **Pohl, Jiří.** *Trakční mechanika 1-6*, přednášky ČVUT Praha, 2010.
29. **Pohl, Jiří.** *Rychlá železniční doprava*, In: Železniční Magazín, jednotlivá čísla ročníků 2009, 2010.
30. **Brändli, Heinrich, Amacker, Hans.** *Planung des öffentlichen Verkehrs in nichtstädtischen Gebieten*, Schriftenreihe des IVT Nr. 74, IVT ETH Zürich, 1988.
31. **Hrabáček, Jan.** *Standardy obslužnosti v regionální dopravě*, Konference Standardy obslužnosti v regionální dopravě, Pardubice, 2007.
32. **Hrabáček, Jan.** *Standardy obslužnosti v regionální dopravě*, Pracovní setkání ČAOVD, Chocerady, 2007.
33. **Garre, Karl-Heinz.** „*Fahrplan, Umlaufgestaltung, Fahrzeuge – Möglichkeiten zur Produktivitätssteigerung im Schienenpersonenfernverkehr*“, In: Eisenbahningenieur 45, 1994, str. 468-471.
34. **Lätzsch, Lothar, Lohse, Dieter.** *Grundlagen des Strassenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung*, Band 2 Verkehrsplanung, Verlag für Bauwesen GmbH Berlin, 1997
35. **Abbay, Georg, Axhausen, Kay, König, Arnd.** *Zeitkostenansätze im Personenverkehr*, Forschungsauftrag SVI 2001/534 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure, Zürich 2004.

36. **Oetting, Andreas, Vallée, Dirk, Walther, Klaus.** *Simultane Modellstruktur für die Personenverkehrsplanung auf der Basis eines neuen Verkehrswiderstandes*, Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der RWTH Aachen, RWTH Aachen, 1997.
37. **Stohler, Werner.** *Integrale Taktfahrpläne und S-Bahnen*, In: ETR 46, 1997, H1-2, str. 33-38.
38. **Drdla, Pavel.** *Model liniových dopravních systémů v příměstské dopravě*, Disertační práce, Univerzita Pardubice, 1998.
39. **Drdla, Pavel.** *Optimalizace intervalové dopravy v příměstských aglomeracích*, Postdoktorandský grantový projekt GAČR číslo 103/00/D017, Univerzita Pardubice, 2002.
40. **Krýže, Pavel.** *Systematický jízdní řád a propustnost*, Disertační práce, Univerzita Pardubice, 2005.
41. *740.1 Gesetz über den öffentlichen Verkehr, Kanton Zürich*, [online].31.12.2009, [citace 24.8.2010.]  
[http://www.zhlex.zh.ch/internet/zhlex/de/searchexpert.html?URL=http%3A%2F%2Fwww2.zhlex.zh.ch%2Fappl%2Fzhlex\\_r.nsf%2FD%3FOpen%26F%3DXMLSimpleComplex%26docid%3D0FF34410A72DF13BC12577420023C035](http://www.zhlex.zh.ch/internet/zhlex/de/searchexpert.html?URL=http%3A%2F%2Fwww2.zhlex.zh.ch%2Fappl%2Fzhlex_r.nsf%2FD%3FOpen%26F%3DXMLSimpleComplex%26docid%3D0FF34410A72DF13BC12577420023C035).
42. *740.3 Verordnung über das Angebot im öffentlichen Personenverkehr (Angebotsverordnung), Kanton Zürich*, [online].31.12.2009, [citace 24.8.2010.]  
[http://www.zhlex.zh.ch/internet/zhlex/de/searchexpert.html?URL=http%3A%2F%2Fwww2.zhlex.zh.ch%2Fappl%2Fzhlex\\_r.nsf%2FD%3FOpen%26F%3DXMLSimpleComplex%26docid%3D0EC06745B477E608C12575450027DB67](http://www.zhlex.zh.ch/internet/zhlex/de/searchexpert.html?URL=http%3A%2F%2Fwww2.zhlex.zh.ch%2Fappl%2Fzhlex_r.nsf%2FD%3FOpen%26F%3DXMLSimpleComplex%26docid%3D0EC06745B477E608C12575450027DB67).
43. *762.4 Gesetz über den öffentlichen Verkehr, Kanton Bern*, [online].31.3.2010, [citace 24.8.2010.], <http://www.be.ch/cgi-bin/frameset.asp?http://www.sta.be.ch/belex/d/main.asp>.
44. *762.412, Verordnung über das Angebot im öffentlichen Verkehr (Angebotsverordnung; AGV), Kanton Bern*, [online].31.3.2010, [citace 24.8.2010.]  
<http://www.be.ch/cgi-bin/frameset.asp?http://www.sta.be.ch/belex/d/main.asp>.
45. **Hrabáček, Jan.** *Veřejná doprava ve Švýcarsku*, In: Doprava 3/2006 a 4/2006.
46. **Krämer, Thomas.** *Der Modal-Split im Personenfernverkehr*, Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der RWTH Aachen, RWTH Aachen, 1992.
47. **Drdla, Pavel.** *Posouzení využití metodiky dopravních odporů*, In: Perner's Contacts, Ročník 5, Číslo I, duben 2010, [online].30.6.2010, [citace 26.8.2010.], [http://pernerscontacts.upce.cz/17\\_2010/Drdla1.pdf](http://pernerscontacts.upce.cz/17_2010/Drdla1.pdf).
48. **Widmer, Paul.** *Aktualisierung der Modal Split-Ansätze für Personenverkehrs-Modelle*, Forschungsauftrag SVI 43/97 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure, Frauenfeld, 1997.
49. **Kirchhoff, Peter.** *Städtische Verkehrsplanung, Konzepte, Verfahren, Massnahmen*, B.G.Teubner GmbH, Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden, 2002.
50. **Sommer, Gerd.** *Untersuchung zur Verkehrsmittelwahl im Personenverkehr*, Republik Österreich, Bundesministerium für Bauten und Technik, Bundesstrassenverwaltung, Strassenforschung Heft 179, Wien, 1981.

51. *Knižní jízdní řád pro rok 2010*, platný od 13.12.2009 do 11.12.2010, SŽDC, Praha 2009
52. *Offizielles Kursbuch*, [online].25.7.2010, [citace 14.8.2010.], [www.fahrplanfelder.ch](http://www.fahrplanfelder.ch)
53. *ÖBB AG*, [online].25.7.2010, [citace 20.8.2010.] [www.oebb.at](http://www.oebb.at).
54. *OREDO*, [online].31.5.2010, [citace 22.8.2010.] [www.oredo.cz](http://www.oredo.cz).
55. **Schmidt, Jiří**. *Základní otázky modelové ekonomiky železniční dopravy*, Přednášky DFJP Pardubice, 2009.
56. **Schmidt, Jiří**. *Úvod financování investic pro zajištění železničního provozu*, Přednášky DFJP Pardubice, 2009.
57. **Schmidt, Jiří**. *Zdánlivé fluktuace nákladové ceny železniční dopravy v režimu závazku veřejné služby na českém dopravním trhu*, In: Konkurenceschopnost a konkurence v železniční dopravě, Sborník příspěvků Seminář Telč 2009, MU Brno 2009.
58. **Šiman, Pavel, Mrzena, Rudolf**, *Možnosti úspor trakční elektrické energie a trakční motorové nafty v provozu ČD, a.s.*, Technická studie, Interní materiál ČD, 2007
59. *SP Vladyka*, verze 1.11.4/jízdní doby 3.45.
60. *Das Politikum Trassenpreis, Litra - Informationsdienst für den öffentlichen Verkehr*, [online].20.6.2010, [citace 18.7.2010.] [www.litra.ch](http://www.litra.ch).
61. *Příloha č.1 k výměru MF č.01/2010 - Maximální ceny a určené podmínky za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty celostátních a regionálních drah při provozování drážní dopravy*, [online].20.7.2010, [citace 18.8.2010.] <http://www.szdc.cz/soubory/prohlaseni-o-draze/cs/p-d.pdf>, verze k 26.8.2010.
62. *Odpis*, [online].15.6.2010, [citace 28.8.2010.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Odpisy>.
63. *Rozkaz o doprovodu vlaků vlakovými četami*, Interní dokument ČD, Účinnost od 13.12. 2009.
64. *Stanovení sazeb průměrné spotřeby trakční elektrické energie pro uvedené kategorie vlaků v období po 1.12.2007*, Interní dokument ČD, 2007.
65. *Jízdní řády ČSAD Autobusy Plzeň*, [online].30.6.2010, [citace 19.8.2010.] [http://www.csadplzen.cz/?ob=jizdnirady&ls1=menu\\_jizdnirady](http://www.csadplzen.cz/?ob=jizdnirady&ls1=menu_jizdnirady).
66. Celostátní informační systém o jízdních řádech, [online].30.6.2010, [citace 19.8.2010.] <http://www.portal.idos.cz/Search.aspx?c=7&mi=2>.
67. *Verordnung über Abgeltungen, Darlehen und Finanzhilfen nach Eisenbahngesetz, (Abgeltungsverordnung, ADFV)*, vydáno 18.12. 1995, platné k březnu 1999, Švýcarsko.
68. *Rytmus*, [online].15.6.2010, [citace 28.8.2010.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Rytmus>.
69. *Netzgrafik S-Bahn Zürich*, [online].18.3.2010, [citace 18.6.2010.] [http://www.smapartner.ch/index.php?option=com\\_content&view=article&id=273%3Anetzgrafik-fahrplan-s-bahn-zuerich-2009&catid=15%3Aprojekte-und-konzepte&Itemid=140](http://www.smapartner.ch/index.php?option=com_content&view=article&id=273%3Anetzgrafik-fahrplan-s-bahn-zuerich-2009&catid=15%3Aprojekte-und-konzepte&Itemid=140).
70. *Sbírka služebních pomůcek pro jízdní řád 2009/2010*, SŽDC, 2009.
71. **Wegel, Helmut**. *Fahrplangestaltung für taktbetriebene Nahverkehrsnetze*, Disertační práce, TU Carolo Wilhelmina zu Braunschweig, 1974.

72. **Wiegand, Klaus.** Gesetzmässigkeiten des Taktfahrplans im Personenverkehr, In: ETR 28 1979,
73. Rozhovor s Wernerem Stohlerem, 16.6.2006
74. **Hrabáček, Jan.** *Periodická doprava na dopravních sítích a její optimalizace*, Písemná zpráva ke státní doktorské zkoušce, Pardubice 2005.
75. *Sčítání domů, lidí a bytů k. 1.3. 2001*, Dojíždka do zaměstnání a škol, Okres Klatovy, Okres Plzeň-jih, ČSÚ, 2004
76. Interní dokumenty POVED Plzeň, 2010
77. **Nachtigall, Karl.** *Periodic Network and Optimization and Fixed Interval Timetables*, Deutsches Centrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Braunschweig, 1999
78. **Lichtenegger, Michael.** *Der Integrierte Taktfahrplan, Abbildung und Konstruktion mit der Hilfe Graphentheorie, Minimierung der Realisierungskosten*, Disertační práce, TU Graz, 1990
79. **Lichtenegger, Michael.** *Der Integrierte Taktfahrplan*, In: ETR 40, 1991, str. 171 – 175, H3

## 9 Seznam zkratek

ČD	České dráhy
ČR	Česká republika
ČSD	Československé státní dráhy
DB	Deutsche Bahn, německý národní dopravce
DPH	daň z přidané hodnoty
DML	Desiro Main Line, elektrická jednotka Siemens
EC	EuroCity
EDB	elektrodynamická brzda
EN	EuroNight
Ex	expres
GIS	geografický informační systém
GTW	Gelenktriebwagen, elektrická nebo motorová jednotka Stadler
GVD	grafikon vlakové dopravy
HV	hnací vozidlo
hrtkm	hrubý tunokilometr
IAD	individuální automobilová doprava
IC	InterCity
IDS	integrovaný dopravní systém
ITJŘ	integrovaný taktový jízdní řád
JD	jízdní doba
JŘ	jízdní řád
KJŘ	knižní jízdní řád
kWh	kilowatthodina
MÁV	Magyar Államvasutak, maďarský národní dopravce
MDČR	Ministerstvo dopravy ČR
MHD	městská hromadná doprava
NJŘ	nákresný jízdní řád
NS	Nederlandse Spoorwegen, nizozemský národní dopravce
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen, rakouský národní dopravce
ODIS	koordinátor IDS, Ostrava, Moravskoslezský kraj
Os	osobní vlak (v rámci práce i jako zastávkový)
oskm	osobový kilometr

PESP	Periodic Event Scheduling Problem
PID	Pražská integrovaná doprava
PKP	Polskie Koleje Państwowe, polský národní dopravce
R	rychlík
SBB	Schweizerische Bundesbahnen, švýcarský národní dopravce
SC	SuperCity
SJŘ	sešitový jízdní řád
Sp	spěšný vlak (v rámci práce i jako zrychlený)
SQ	status quo
SW	software
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, s.o.
TEE	Trans Europe Express
TJŘ	taktový jízdní řád
TGV	Train à Grande Vitesse, vysokorychlostní jednotka
TRS	traťový rádiový systém
VD	veřejná doprava
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
vlkm	vlakový kilometr
vozokm	vozový kilometr
VRT	vysokorychlostní trať
ZSSK	Železničná spoločnosť Slovensko, slovenský národní dopravce
ŽSR	Železnice Slovenskej Republiky, slovenský provozovatel dráhy
ZVS	závazek veřejné služby

## 10 Seznam tabulek

Tabulka 1-1 Osy symetrie v závislosti na velikosti taktu .....	8
Tabulka 1-2 Shrnutí rozsahu standardní nabídky dopravy a doby provozu.....	40
Tabulka 1-3 Rozdělení linek a produktů ČD .....	41
Tabulka 3-1 Měrné vozidlové odpory .....	52
Tabulka 3-2 Hodnoty doby brzdění pro konstantní hodnoty brzdného zpomalení a počáteční rychlosti brzdění.....	74
Tabulka 3-3 Hodnoty měrného výkonu a adhezního poměru pro vybrané produkty osobní dopravy.....	75
Tabulka 3-4 Orientační hodnoty $f_{ok}$ .....	85
Tabulka 3-5 Průměrné rychlosti uvažované pro docházku/dojížděku na zastávky veřejné dopravy .....	88
Tabulka 3-6 Přehled standardních docházkových vzdáleností k zastávkám veřejné dopravy u vybraných švýcarských kantonů .....	94
Tabulka 3-7 Docházkové vzdálenosti dle typu obce a doby docházky pro faktor okliky $f_{ok} = 1,2$ a rychlost chůze $v = 1,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .....	94
Tabulka 3-8 Kombinace docházkových vzdáleností na vlak a autobus pro faktor okliky $f_{ok} = 1,2$ a rychlosti chůze dle [13], [21, 22, 23] vztažená k akceptovatelné době docházky získané na z dotazníku .....	95
Tabulka 3-9 Dosažitelné dojezdové vzdálenosti v závislosti na průměrné cestovní rychlosti a vstupní podmínce doby dojezdu do daného centra .....	97
Tabulka 3-10 Dosažitelné dojezdové vzdálenosti v závislosti na průměrné cestovní rychlosti a vstupní podmínce doby dojezdu do daného centra - rozšíření a změna vstupních parametrů z [13] .....	97
Tabulka 3-11 Potřebné průměrné cestovní rychlosti v závislosti na stanovené maximální době dojížděky a vzdálenosti od příslušného centra - rozšíření a změna vstupních parametrů z [13] .....	99
Tabulka 3-12 Průměrné cestovní rychlosti vybraných linek železniční regionální dopravy v JŘ 2009/10 .....	99
Tabulka 3-13 Průměrné cestovní rychlosti vybraných linek železniční dálkové dopravy v JŘ 2009/10 .....	100

Tabulka 3-14 Průměrné cestovní rychlosti vybraných linek autobusové regionální dopravy v JŘ 2009/10.....	100
Tabulka 3-15 Příklad časového pokrytí veřejné dopravy v kantonu Bern.....	103
Tabulka 3-16 Příklad ročních odpisů na vozidla v závislosti na ceně vozidla a délce doby odepisování.....	128
Tabulka 3-17 Srovnání hmotností na 1 sedadlo vybraných souprav .....	141
Tabulka 4-1 Typové rozdělení velikosti doby pobytu z přepravních důvodů .....	148
Tabulka 4-2 Vybrané typové zastavení z dopravních důvodů a jejich orientační velikosti doby pobytu.....	149



## 11 Seznam obrázků

Obrázek 1-1 Příklady taktového jízdního řádu .....	7
Obrázek 1-2 Využití ITJŘ v železniční dopravě .....	9
Obrázek 1-3 Vztah velikosti taktu a hranového času .....	11
Obrázek 1-4 Vztah velikosti taktu a jednotlivých hranových časů v rámci uzavřené sítě .....	12
Obrázek 1-5 Příklad nemožné realizace ITJŘ při daných hodnotách hranových časů .....	13
Obrázek 1-6 Příklad různé a stejné osy symetrie dvou taktových systémů .....	14
Obrázek 1-7 Příklad optimálního využití infrastruktury při stejné ose symetrie .....	15
Obrázek 1-8 Rendezvous princip ITJŘ .....	16
Obrázek 1-9 Kombinace nutného projetí zastávky Y a přidání možné nové zastávky N z důvodu dosažení potřebných hranových časů pro dosažení přestupních vazeb v taktovém uzlu B .....	18
Obrázek 1-10 Vyrovnávací pobyty spojů linky U11 v zastávce Libochovice město .....	19
Obrázek 1-11 Realizace přestupních vazeb mezi 2 linkami o různém intervalu .....	20
Obrázek 1-12 Možná organizace jízd vlaků ve stanici s úrovnovým křížením relací .....	21
Obrázek 1-13 Příklad síťové grafiky S-Bahn Zürich .....	23
Obrázek 1-14 Matematicko – nákrešná analýza JŘ dle H. Wegela .....	29
Obrázek 3-1 Pohybové fáze jízdy vozidla. Protože by křivka dosahovala značné délky, kreslí se jako pilovitá čára, která se zrcadlově lomí v mezích délkové jednotky dráhy; např. v jednom km (nutnost zachování měřítka) .....	48
Obrázek 3-2 Grafické znázornění polynomu vozidlového odporu .....	51
Obrázek 3-3 Rozklad tíhy na sklonu trati .....	54
Obrázek 3-4 Trakční charakteristika .....	62
Obrázek 3-5 Trakční charakteristika uvedená v měrných jednotkách doplněná o průběh měrné tažné síly a zrychlení při zhoršené adhezi .....	63
Obrázek 3-6 Závislost adhezního poměru na stoupání trati pro dosažení potřebného rychlostního profilu (jedná se o minimální potřebné hodnoty, reálné hodnoty mohou být vyšší) .....	69
Obrázek 3-7 Závislost počátečního zrychlení na adhezním poměru a sklonu tratě .....	69

Obrázek 3-8 Závislost počátečního zrychlení na adhezním poměru a sklonu tratě s příklady adhezního poměru vybraných souprav .....	70
Obrázek 3-9 Závislost měrného trakčního výkonu na stoupání trati pro dosažení potřebného rychlostního profilu (jedná se o minimální potřebné hodnoty, reálné hodnoty mohou být vyšší) .....	70
Obrázek 3-10 Závislost měrného trakčního výkonu na stoupání trati pro dosažení potřebného rychlostního profilu s příklady měrného výkonu hnacího vozidla u vybraných souprav .....	71
Obrázek 3-11 Závislost (teoretická) průměrného rozjezdového zrychlení na vodorovné trati na adhezním poměru a adhezních podmínkách pro hypotetický případ, kdy trakční výkon není omezen .....	71
Obrázek 3-12 Závislost průměrné rychlosti chůze po rovině na věku chodce.....	80
Obrázek 3-13 Závislost průměrné rychlosti chůze na výškovém profilu cesty .....	81
Obrázek 3-14 Metody stanovení docházkové vzdálenosti. (různobarevné tečky představují různé typy sídel - barevné plochy pak stejnou docházkovou vzdálenost k dané zastávce - označena červeně) .....	83
Obrázek 3-15 Příklad problematického stanovení docházkové vzdálenosti vzdušnou vzdáleností díky přirozené překážce v cestě - řece (žlutě vyznačená oblast v rámci isochrony, ale za řekou) .....	84
Obrázek 3-16 Příklad stanovení isochrony při respektování docházkové vzdálenosti a výškového rozdílu vztaženého ke zvolené železniční stanici.....	84
Obrázek 3-17 Podíl respondentů z hlediska subjektivního vnímání dostupnosti zastávek veřejné dopravy .....	86
Obrázek 3-18 Závislost doby docházky/dojížděky při faktoru okliky 1,2 .....	89
Obrázek 3-19 Závislost docházkové/dojížděkové vzdálenosti při faktoru okliky 1,2 .....	89
Obrázek 3-20 Posouzení obecně větší pohodlnosti vlaku oproti autobusu.....	90
Obrázek 3-21 Posouzení obecně větší pohodlnosti vlaku oproti autobusu .....	91
Obrázek 3-22 Podíl respondentů z hlediska akceptovatelné docházkové vzdálenosti na zastávku veřejné dopravy (vztaženo k prostředku veřejné dopravy) při jízdě nad 30 minut...	92
Obrázek 3-23 Podíl respondentů z hlediska akceptovatelné doby docházky na zastávku veřejné dopravy (vztaženo k prostředku veřejné dopravy) při jízdě nad 30 minut.....	93
Obrázek 3-24 Možné příklady závislosti střední doby čekání na délce intervalu linky.....	101
Obrázek 3-25 Průběh závislosti složky $S_{CAN/CAB}$ na délce docházkové vzdálenosti na zastávku VD .....	111
Obrázek 3-26 Průběh závislosti střední doby čekání $t_W$ na velikosti intervalu $t_T$ .....	112

Obrázek 3-27 Průběh závislostí složky $S_W$ na velikosti střední doby čekání.....	113
Obrázek 3-28 Průběh závislostí složky $S_U$ na velikosti doby přestupu.....	113
Obrázek 3-29 Průběh závislostí složka $S_{IAD}$ na délce přepravní vzdálenosti.....	115
Obrázek 3-30 Principiální schéma variabilních a fixních nákladů.....	119
Obrázek 3-31 Spotřebovaná měrná trakční energie na vodorovné trati na obvodu kol pro vozidlo s měrným výkonem $6 \text{ kW.t}^{-1}$ pro vzdálenost zastávek 0,5 až 9 km.....	121
Obrázek 3-32 Spotřebovaná měrná trakční energie na vodorovné trati na obvodu kol pro vozidlo s měrným výkonem $13 \text{ kW.t}^{-1}$ pro vzdálenost zastávek 0,5 až 9 km.....	122
Obrázek 3-33 Podíl ceny peněz z ceny vozidla v závislosti na výši úroku z jistiny.....	131
Obrázek 3-34 Průběh ročního anuitního splácení úvěru při úroku 5% p.a., délce splátky 10 let a ceně vozidla 25 mil. Kč.....	132
Obrázek 3-35 Průběh ročního anuitního splácení úvěru při úroku 5% p.a., délce splátky 10 let a ceně vozidla 80 mil. Kč.....	132
Obrázek 3-36 Teoretická závislost potřebného počtu turnusových náležitostí na oběhové rychlosti a délce ramene při 1h taktu.....	133
Obrázek 3-37 Teoretická závislost potřebného počtu turnusových náležitostí na oběhové rychlosti a na délce ramene při 2h taktu.....	133
Obrázek 3-38 Závislost potřebného počtu turnusových náležitostí (v diskrétních hodnotách celých čísel) na oběhové rychlosti a na délce ramene při 1h taktu.....	134
Obrázek 3-39 Závislost potřebného počtu turnusových náležitostí (v diskrétních hodnotách celých čísel) na oběhové rychlosti a na délce ramene při 2h taktu.....	134
Obrázek 3-40 Příklad obsazení vlaků ČD vlakovými čety v závislosti na počtu vozů, druhu vlaku a nabídce dalších přepravních služeb pro JŘ 2009/10.....	135
Obrázek 4-1 Příklad poměru obratu cestujících v pracovní dny a o víkendu.....	145
Obrázek 4-2 Příklad obratu cestujících v pracovní dny pro vybrané stanice a zastávky za 4 sčítací kampaně během roku.....	145
Obrázek 4-3 Příklad výkyvu obratu cestujících v letní sezóně (srpen) na trati 198 Strakonice - Volary.....	146
Obrázek 4-4 Příklad zhoršené dostupnosti železniční zastávky Hoštice u Volyně na trati 198 Strakonice - Volary díky velké docházkové vzdálenosti.....	146
Obrázek 4-5 Příklad zhoršené dostupnosti železniční zastávky Velký Bor na trati 190 Plzeň - České Budějovice díky velké docházkové vzdálenosti.....	147
Obrázek 4-6 Příklad dostupnosti železniční stanice Volyně na trati 198 Strakonice - Volary.....	147

Obrázek 4-7 Metodika postupu při řešení problematiky potřebné systémové jízdní doby $t_H$ nutné pro realizaci daného konceptu nabídky ITJŘ projektí.....	160
Obrázek 4-8 Metodika výběru přepravních bodů na železnici vhodných k projektí .....	161
Obrázek 4-9 Metodika základního postupu řešení alternativní obslužnosti železniční dopravou nově neobsložených přepravních bodů .....	162
Obrázek 4-10 Schéma obsluhy kombinace dálkové dopravy (modře) a regionálních autobusů (červeně) v úseku Airolo - Biasca - Bellinzona .....	165
Obrázek 4-11 Schéma obsluhy zrychlenými spoji.....	165
Obrázek 4-12 Schéma obsluhy pásmovým systémem .....	166
Obrázek 4-13 Příklad pásmového provozu společnosti RBS na trati Bern - Solothurn - schéma linek.....	166
Obrázek 4-14 Příklad pásmového provozu společnosti RBS na trati Bern - Solothurn - výňatek z jízdního řádu .....	166
Obrázek 4-15 Příklad pásmového provozu společnosti RBS na trati Bern - Solothurn - výřez nákrešného jízdního řádu, zeleně vlaky RE (non-stop v příměstském úseku), černě vlaky zastávkové (linka S8) .....	167
Obrázek 4-16 Příklad potřebné systémové jízdní doby v úseku Ostroměř - Chlumeck nad Cidlinou, v přípojových řádcích obou stanic (modře, zeleně) jsou patrné přípojné skupiny, červeně - úsek neobsložený železniční dopravou .....	168
Obrázek 4-17 Příklad nahrazení obsluhy železničních zastávek Luková a Zachrašťany na trati Chlumeck nad Cidlinou - Ostroměř, vlak modře, bus červeně .....	168
Obrázek 4-18 Příklad obsluhy regionálním vlakem v úseku Wolfsberg - Zeltweg pouze v určité období dne, zbytek obsluhy autobusy, vlak červeně, bus modře .....	169

## **12 Seznam příloh**

**Příloha P1** - Posouzení průměrné vzdálenosti mezi zastávkami na síti SŽDC

**Příloha P2** - Doplnkové údaje k trakční mechanice a dynamice

**Příloha P3** - Dotazník k chování cestujících

**Příloha P4** - Doplnující tabulky k dostupnosti VD

**Příloha P5** - Posouzení dopadů projíždění vybraných zastávek na trati 198 Strakonice - Volary do úspory náležitostí a vlakového personálu

**Příloha P6** - Posouzení dopadu projíždění vybraných zastávek na modal split veřejné dopravy v dotčených obcích na trati 190 v úseku Nepomuk - Horažďovice předměstí

**Příloha P7** - Posouzení dopadu projíždění vybraných zastávek na trati 190 v úseku Nepomuk - Horažďovice předměstí do nákladů nabídky veřejné dopravy

## 13 Přehled publikovaných prací autora

1. **Hrabáček, Jan.** *Podmínky pro zavádění IDS*, konference Perner's Contacts, Pardubice, 2003
2. **Hrabáček, Jan.** *Taktová doprava v rámci České republiky*, konference Perner's Contacts, Pardubice, 2004
3. **Vaněk, Petr, Hrabáček, Jan.** *Periodická doprava v celosíťovém měřítku*. In: Vědeckotechnický sborník ČD, 2005.
4. **Hrabáček, Jan.** *Veřejná doprava ve Švýcarsku*, In: *Doprava* 3/2006 a 4/2006.
5. **Hrabáček, Jan.** *ŽKV z pohledu koncepčního plánování osobní dopravy*, Seminář Železniční kolejová vozidla současnost a výhled, Pardubice 2006
6. **Hrabáček, Jan.** *Standardy obslužnosti v regionální dopravě*, Konference Standardy obslužnosti v regionální dopravě, Pardubice, 2007.
7. **Hrabáček, Jan.** *Standardy obslužnosti v regionální dopravě*, Pracovní setkání ČAOVD, Chocerady, 2007.
8. **Hrabáček, Jan, Šustal, Martin, Urbanský, Zdeněk.** *Návrh dopravního řešení na železnici ve Zlínském kraji pro období JŘ 2009/2010*, Studie ČD pro Zlínský kraj, 2008
9. **Hrabáček, Jan.** *Konkurenceschopnost regionální železnice v systému veřejné dopravy*. In: *Konkurenceschopnost a konkurence v železniční dopravě*, Seminář Telč 2009 - recenzovaný sborník příspěvků, 2009 Masarykova univerzita, ISBN 978-80-210-5008-2.
10. **Hrabáček, Jan.** *Regionální doprava na železnici v systému veřejné dopravy*, In: *ŽEL AKTUEL 2009* Institut Jana Pernera, 2009, ISBN 978- 80- 86530-61-1

## **Příloha P1 - Posouzení průměrné vzdálenosti mezi zastávkami na síti SŽDC**

V rámci přílohy P1 byl zpracován jednoduchý přehled průměrných vzdáleností mezi zastávkami dálkové, regionální a příměstské dopravy. Pro vlastní práci je relevantní část týkající se zastávkových vlaků, část dálkové dopravy je uvedena pro doplnění celkového přehledu.

### **Metodika stanovení průměrné vzdálenosti pro zastávkové vlaky regionální a příměstské dopravy**

Pro stanovení průměrné vzdálenosti mezi zastávkami lze přistupovat k řešení celou řadou způsobů:

- Pro účely práce byl jako základ vzat knižní jízdní řád pro rok 2010 [51].
- Základem byly tratě uvedené v KJŘ [51], včetně vzdáleností.
- U některých tratí byla vzata délka bez dalších úprav, zbytek byl rozdělen na provozně-logické celky s částečným přihlédnutím k hustotě osídlení nebo typu oblasti, kde daná trať prochází.
- Pro každý úsek byla spočtena suma všech zastávek (bez ohledu na to, zda v nich vlaky zastavují, či nikoliv).
- Délka úseku byla podělena počtem mezilehlých úseků mezi počáteční a koncovou stanicí resp. zastávkou.
- Úseky byly seřazeny podle délky do 5 kategorií (do 15 km, 15 - 30 km, 30 - 50 km, 50 - 70 km, 70 - 105 km).
- Pro jednotlivé úseky byla přiřazena maximální rychlost vycházející z rozptylu maximálních rychlostí v jednotlivých částech.

### **Závěry shrnutí:**

- Průměrná hodnota vzdálenosti zastávek se pohybuje od 2,8 do 3,8 km.
- Minimální vzdálenost mezi zastávkami je cca 1 km, maximální cca 7,5 km.
- S rostoucí délkou úseků roste průměrná zastávková vzdálenost.
- Pro modelové posouzení doporučeno řešit vzdálenosti zastávek 3 km, jako doplňkovou srovnávací vzdálenost 5 km.

### Úseky do 15 km

- Celkem 59 úseků,
- průměrná vzdálenost zastávek 2,8 km,
- převažující maximální traťová rychlost 30 - 60 km.h<sup>-1</sup> (86 % všech úseků),
- typické lokálky nebo krátké spojovací trati nebo trati mezi uzlem a státní hranicí,
- 6 úseků elektrizovaných,
- detaily tabulka P1-1.

Úseky do 15 km		
vzdálenost zastávek		
min	max	průměr
1,3	7,0	2,8
rychlost do	počet	podíl
40	13	22,0%
50	23	39,0%
60	15	25,4%
70	1	1,7%
80	2	3,4%
90	0	0,0%
100	4	6,8%
120	1	1,7%
140	0	0,0%
160	0	0,0%
<b>celkem</b>	<b>59</b>	<b>100,0%</b>

### Úseky od 15 km do 30 km

- Celkem 67 úseků,
- průměrná vzdálenost zastávek 2,7 km
- převažující maximální traťová rychlost 40 - 70 km.h<sup>-1</sup> (89 % úseků),
- lokálky a nekoridorové tratě celostátního významu,
- 8 úseků elektrizovaných,
- detaily tabulka P1-2.

Úseky od 15 km do 30 km		
vzdálenost zastávek		
min	max	průměr
1,6	4,8	2,7
rychlost do	počet	podíl
40	2	3,0%
50	22	32,8%
60	23	34,3%
70	8	11,9%
80	5	7,5%
90	2	3,0%
100	5	7,5%
120	0	0,0%
140	0	0,0%
160	0	0,0%
<b>celkem</b>	<b>67</b>	<b>100,0%</b>

### Úseky od 30 km do 50 km

- Celkem 80 úseků,
- průměrná vzdálenost zastávek 3,4 km,
- převažující maximální traťová rychlost 40 - 50 km.h<sup>-1</sup> (27 % úseků), 50 - 80 km.h<sup>-1</sup> (46% úseků) a 90 - 100 km.h<sup>-1</sup> (14% úseků),
- tratě nad 100 km.h<sup>-1</sup> (10% úseků),
- lokálky a tratě celostátního významu,
- 22 úseků elektrizovaných,
- detaily tabulka P1-3.

Úseky od 30 km do 50 km		
vzdálenost zastávek		
min	max	průměr
2,1	5,6	3,4
rychlost do	počet	podíl
40	1	1,3%
50	22	27,5%
60	13	16,3%
70	14	17,5%
80	10	12,5%
90	1	1,3%
100	11	13,8%
120	2	2,5%
140	3	3,8%
160	3	3,8%
<b>celkem</b>	<b>80</b>	<b>100,0%</b>



### Úseky od 50 km do 70 km

- Celkem 41 úseků,
- průměrná vzdálenost zastávek 3,8 km,
- převažující maximální traťová rychlost 70 - 90 km.h<sup>-1</sup> (53% úseků) a 50 - 70 km.h<sup>-1</sup> (22% úseků),
- tratě nad 100 km.h<sup>-1</sup> (24% úseků),
- tratě celostátního významu a koridory,
- 14 úseků elektrizovaných,
- detaily tabulka P1-4.

Úseky od 50 km do 70 km		
vzdálenost zastávek		
min	max	průměr
2,5	7,6	3,8
rychlost do	počet	podíl
40	0	0,0%
50	0	0,0%
60	5	12,2%
70	4	9,8%
80	11	26,8%
90	11	26,8%
100	1	2,4%
120	7	17,1%
140	0	0,0%
160	2	4,9%
<b>celkem</b>	<b>41</b>	<b>100,0%</b>

### Úseky od 70 km do 105 km

- Celkem 10 úseků,
- průměrná vzdálenost zastávek 3,8 km,
- převažující maximální traťová rychlost 100 - 120 km.h<sup>-1</sup> (40% úseků) a 70 - 80 km.h<sup>-1</sup> (30% úseků) a 50 - 60 km.h<sup>-1</sup> (20% úseků),
- tratě celostátního významu a koridory,
- 6 úseků elektrizovaných,
- detaily tabulka P1-5.

Úseky od 70 km do 105 km		
vzdálenost zastávek		
min	max	průměr
3,2	4,5	3,8
rychlost do	počet	podíl
40	0	0,0%
50	0	0,0%
60	2	20,0%
70	0	0,0%
80	3	30,0%
90	1	10,0%
100	0	0,0%
120	4	40,0%
140	0	0,0%
160	0	0,0%
<b>celkem</b>	<b>10</b>	<b>100,0%</b>

Tabulka P1-1 Úseky tratí s délkou do 15 km, Zdroj: autor, [51]

trati		délka úseku	počet míst zastavení	Ø vzdálenost	elektrizace	průměrná vzdálenost zastávek	rozptyl rychlosti v úseku	maximální rychlost
číslo	úsek	km		km		km	km/h	km/h
013	Bošice - Bečváry	11	5	2,8	n	2,9	55-60	60
017	Chrudim - Heřmanův Městec	13	5	3,3	n	2,8	45-50	50
022	Častolovice - Solnice	15	8	2,1	n	2,8	55-60/45-50	50
026B	Meziměstí - Broumov	10	5	2,5	n	2,7	55-60/45-50	55
028	Opočno p.O.h. - Dobruška	5	3	2,5	n	2,8	45-50	50
033	Starkoč - Václavice	3	2	3,0	n	3,1	55-60	60
034	Smržovka - Josefův Důl	7	5	1,8	n	3,0	do 40	40
036B	Tanvald - Harrachov	12	8	1,7	n	2,9	do 40	40
038	Bílý Potok p.S. - Raspenava	6	5	1,5	n	2,9	do 40	40
044	Vrchlabí - Kunčice nad Labem	4	3	2,0	n	2,9	45-50	50
044A	Královec - Zacléf	5	3	2,5	n	2,9	45-50	50
045	Trutnov - Svoboda nad Úpou	10	6	2,0	n	2,8	55-60	60
046	Hněvčoves - Smiřice	11	6	2,2	n	2,8	55-60	60
060	Poříčany - Nymburk	15	6	3,0	e	2,8	65-70/85-100	100
088	Rumburk - Jířkovic	7	4	2,3	n	2,9	55-60	60
089	Rybniště - Varnsdorf	11	5	2,8	n	2,9	45-50	50
094	Vraňany - Lužec n.V.	3	2	3,0	n	2,9	do 40	40
098	Děčín - Dolní Žleb	10	6	2,0	e	2,9	105-120	120
111	Kralupy n.V. před. - Velvary	7	4	2,3	n	2,9	do 40	40
125	Krupá - Kolečovice	12	6	2,4	n	2,9	45-50	50
133	Chomutov - Jirkov	6	3	3,0	n	2,9	45-50	50
134	Oldřichov - Litvínov	13	6	2,6	e	2,9	45-50	50
141	Dalovice - Merklín	11	7	1,8	n	2,9	45-50	50
144	Nové Sedlo - Loket před.	4	4	1,3	n	2,9	55-60	60
144	Chodov - Nová Role	6	4	2,0	n	2,9	do 40	40
147	Františkovy Lázně - Plesná	14	4	4,7	n	2,9	55-60	60
164A	Kadan Prunéřov - Kadaň předměstí	6	3	3,0	n	3,0	75-80	80
164C	Vilémov u Kadaně - Kadaňský Rohozec	9	5	2,3	n	3,0	do 40	40
178	Svojsín - Bor	15	5	3,8	n	3,0	55-60	60
179	Cheb - Pomezí	10	3	5,0	n	3,0	85-100	100
181	Nýřany - HeřmanovaHuť	10	6	2,0	n	3,0	55-60	60
184C	Tachov - Planá u ML	12	4	4,0	n	2,6	55-60	60
193	Dívčice - Netolice	13	7	2,2	n	3,0	55-60/45-50	50
204	Rožmitál p.T. - Březnice	9	5	2,3	n	3,0	45-50	50
232	Lysá nad Labem - Milovice	5	2	5,0	n	3,1	65-70	70
233	Čelákovice - Mochov	4	3	2,0	n	3,1	55-60	60
244	Moravské Bránice - Oslavany	9	5	2,3	n	3,1	45-50	50
245	Hrušovany nad Jevišovkou - Hevlín	7	3	3,5	n	3,1	45-50	50
247	Břeclav - Lednice	12	6	2,4	n	3,1	45-50	50
248	Znojmo - Šatov	11	3	5,5	e	3,1	85-100	100
253	Vranovice - Pohořelice	8	4	2,7	n	3,1	do 40	40
254	Šakvice - Hustopeče	7	2	7,0	n	3,1	55-60	60
272	Rudoltice - Lanškroun	4	2	4,0	n	3,2	45-50	50
274	Litovel předměstí - Mladeč	6	4	2,0	n	3,2	do 40	40
277	Suchdol nad Odrou - Fulnek	10	4	3,3	n	3,2	55-60	60
278	Suchdol nad Odrou - Nový Jičín	8	4	2,7	n	3,2	do 40	40
279	Studénka - Bílovec	7	4	2,3	n	3,2	45-50	50
281	Valašské Meziříčí - Rožnov p.R.	13	7	2,2	n	3,2	55-60	60
291	Šumperk - Zábřeh na Moravě	13	5	3,3	e	3,1	85-100	100
293	Petrov nad Desnou - Sobotín	3	3	1,5	n	3,1	do 40	40
294	Hanušovice - Staré Město	11	5	2,8	n	3,1	do 40	40
296	Velká Kraš - Vídnava	4	3	2,0	n	3,1	45-50	50
297	Mikulovice - Zlaté Hory	9	4	3,0	n	3,1	do 40	40
311	Valšov - Rýmařov	15	7	2,5	n	3,2	45-50	50
315	Opava - Hradec nad Moravicí	8	4	2,7	n	3,2	45-50/55-60	60
318	Kravaře - Chuchelná	10	4	3,3	n	3,2	45-50	50
320	Dětmarovice - Petrovice	6	3	3,0	e	3,2	145-160	160
324	Frýdlant n.O. - Ostravice	7	5	1,8	n	3,2	45-50	50
326	Hostašovice - Nový Jičín	10	5	2,5	n	3,2	45-50	50
342	Bzenec - Moravský Písek	4	3	2,0	n	3,2	75-80	80
346	Újezdec u Luhačovic - Luhačovice	10	4	3,3	n	3,2	45-50	50

Tabulka P1-2 Úseky tratí s délkou od 15 km do 30 km, Zdroj: autor, [51]

trati		délka úseku	počet míst zastavení	Ø vzdálenost	elektrizace	průměrná vzdálenost zastávek	rozptyl rychlosti v úseku	maximální rychlost
číslo	úsek	km		km		km	km/h	km/h
012	Pečky - Kouřim	17	11	1,7	n	2,9	55-60/do 40	60
015	Přelouč - Prachovice	21	9	2,6	n	2,8	45-50	50
018	Choceň - Litomyšl	24	14	1,8	n	2,7	55-60	60
020B	Velký Osek - Chlumeck nad Cidlinou	24	6	4,8	e	2,7	85-100	100
020C	Týniště nad Orlicí - Choceň	24	7	4,0	e	3,0	75-80/85-100	90
023	Doudleby - Rokytnice	20	7	3,3	n	2,9	45-50	50
024	Lichkov - Štítý	21	12	1,9	n	2,8	85-100/45-50	50
025	Dolní Lipka - Hanušovice	20	6	4,0	n	2,9	45-50	50
035	Železný Brod - Tanvald	17	8	2,4	n	3,0	45-50/55-60	50
036A	Liberec - Tanvald	27	18	1,6	n	2,9	45-50	50
039	Frydlant v C. - Jindřichovice p.S.	23	11	2,3	n	2,9	do 40/45-50	50
041B	Jičín - Turnov	30	15	2,1	n	2,7	55-60	60
042	Martinice v Kr. - Rokytnice n.J.	20	9	2,5	n	2,9	45-50	50
043	Trutnov - Královec	17	7	2,8	n	2,9	55-60	60
062	Chlumeck nad Cidlinou - Křinec	29	9	3,6	n	2,9	55-60/45-50	50
071	Nymburk - Mladá Boleslav	30	10	3,3	n	2,9	75-80/85-100	80
073	Děčín východ - Ústí nad Labem Střekov	28	10	3,1	e	2,9	75-80	80
074	Čelákovice - Neratovice	24	12	2,2	n	2,9	do 40/55-60	50
081	Benešov - Česká Lipa	20	8	2,9	n	2,9	65-70	70
083	Rumburk - Dolní Poustevna	27	12	2,5	n	2,9	55-60/45-50	50
084	Rumburk - Panský - Mikulášovice	18	8	2,6	n	2,9	45-50	50
089	Liberec - Hrádek nad Nisou	21	8	3,0	n	2,9	75-80/85-100	80
091	Praha - Kralupy nad Vltavou	27	12	2,5	e	2,9	85-100	100
092	Kralupy nad Vltavou - Neratovice	17	6	3,4	n	2,9	55-60	60
093	Kralupy nad Vltavou - Kladno	25	12	2,3	n	2,9	55-60	60
121	Hostivice - Podlešín	30	12	2,7	n	2,9	65-70/75-80	70
122	Praha Smíchov - Hostivice - Rudná u P.	27	9	3,4	n	2,9	75-80	80
131	Ústí nad Labem Západ - Bílina	29	15	2,1	e	2,9	55-60	60
145	Sokolov - Kraslice	24	9	3,0	n	2,9		
146	Tršnice - Luby u Chebu	21	9	2,6	n	2,9	55-60	60
161A	Rakovník - Blatno u Jesenice	27	11	2,7	n	2,8	55-60	60
170	Mariánské Lázně - Cheb	30	9	3,8	e	2,8	85-100/105-120	100
172	Zadní Třeboň - Lochovice	27	12	2,5	n	3,0	45-50	50
175	Rokycany - Nezvěstice	27	15	1,9	n	3,0	45-50	50
176	Chrást u Plzně - Radnice	17	11	1,7	n	3,0	55-60	60
177	Přovany - Bezručice	24	10	2,7	n	3,0	55/60/55	60
182	Staňkov - Poběžovice	22	10	2,4	n	3,0	55-60	60
184A	Domažlice - Poběžovice	22	10	2,4	n	2,7	55-60	60
191	Nepomuk - Blatná	25	11	2,5	n	3,0	45-50	50
192	Číčenice - Týn nad Vltavou	21	8	3,0	n	3,0	55-60	60
195	Rybník - Lipno	22	10	2,4	e	3,0	50/60	50
202	Tábor - Bechyně	24	13	2,0	n	3,0	55-60	60
210	Praha Vršovice - Vrané nad Vltavou	20	8	2,9	n	3,0	55-60	60
212	Čerčany - Ledečko	27	13	2,3	n	3,0	55-60/45-50	60
212	Ledečko - Zruč nad Sázavou	30	15	2,1	n	3,0	55-60/45-50	60
223	Olbramovice - Sedlčany	17	7	2,8	n	3,0	45-50	50
236	Čáslav - Třemošnice	17	10	1,9	n	3,0	55-60	60
237	Havlíčkův Brod - Humpolec	25	10	2,8	n	3,0	45-50	50
240	Brno - Zastávka u Brna	23	9	2,9	n	3,0	85-100/75-80	90
243	Moravské Budějovice - Jemnice	21	7	3,5	n	3,1	45-50	50
275	Olomouc - Senice na Hané	19	10	2,1	n	3,2	55-60	60
282	Vsetín - Velké Karlovice	27	14	2,1	n	3,1	45-50	50
283	Horní Lideč - Bynice	19	8	2,7	n	3,1	65-70	70
292A	Šumperk - Hanušovice	27	11	2,7	n	2,7	65-70/75-80	70
292C	Krnov - Jindřichov ve Slezsku	23	6	4,6	n	3,2	75-80/55-60	70
293	Šumperk - Kouty nad Desnou	19	13	1,6	n	3,1		
298	Třemešná ve Slezsku - Osoblaha	20	9	2,5	n	3,1	do 40	40
305	Kroměříž - Zborovice	17	8	2,4	n	3,1	55-60	60
310	Olomouc - Domašov nad Bystřicí	29	12	2,6	n	3,1	65-70	70
310	Krnov - Opava	29	8	4,1	n	3,2	75-80	80
312	Bruntál - Malá Morávka	17	5	4,3	n	3,2	do 40/45-50	40
313	Milotice nad Opavou - Vrbno p. Pradědem	20	10	2,2	n	3,2	45-50	50
314	Opava - Jakartovice	21	9	2,6	n	3,2	45-50	50
317	Opava - Hlučín	22	10	2,4	n	3,2	55-60/65-70	60
321	Opava - Ostrava Svinov	28	10	3,1	e	3,2	85-100	100
322	Frydek Místek - Český Těšín	27	9	3,4	n	3,2	65-70	70
325	Studénka - Veřovice	26	9	3,3	n	3,2	75-80/do 40	70
331	Otrokovice - Vizovice	25	15	1,8	n	3,2	55-60	60
340	Veselí nad Moravou - Uherské Hradiště	16	6	3,2	n	3,2	85-100	100

Tabulka P1-3 Úseky tratí s délkou od 30 km do 50 km, Zdroj: autor, [51]

trať		délka úseku	počet míst zastavení	Ø vzdálenost	elektrizace	průměrná vzdálenost zastávek	rozptyl rychlosti v úseku	maximální rychlost
číslo	úsek	km		km		km	km/h	km/h
010	Pardubice - Kolín	42	14	3,2	e	3,2	145-160	160
014	Kolín - Ledečko	40	18	2,4	n	2,8	55-60/do 40	60
016	Borohrádek - Chrudim	36	14	2,8	n	2,8	55-60/do 40	60
020A	Chlumeck nad Cidlinou - Týniště nad Orlicí	48	15	3,4	e	2,9	85-100	100
021	Týniště nad Orlicí - Letohrad	41	15	2,9	n	2,9	85-100/75-80/65-70	70
024	Ústí nad Orlicí - Lichkov	35	13	2,9	e	2,9	65-70/85-100	80
030A	Jaroměř - Stará Paka	46	12	4,2	n	3,0	85-100/75-80/65-70	80
030B	Stará Paka - Turnov	38	10	4,2	n	3,0	85-100/75-80/65-70	80
030C	Turnov - Liberec	38	10	4,2	n	3,1	/75-80/65-70	70
031	Pardubice - Jaroměř	39	13	3,3	e	3,1	85-100	100
037	Liberec - Černousy	39	11	3,9	n	2,9	75-80/65-70	70
040B	Stará Paka - Trutnov	50	16	3,3	n	2,9	75-80	80
047	Trutnov - Teplice nad M.	35	13	2,9	n	2,8	45-50	50
061	Nymburk - Jičín	45	17	2,8	n	2,8	65-70	70
063	Bakov nad Jizerou - Kopidlno	41	16	2,7	n	2,8	55-60	60
070A	Praha hl.n. - Všetaty	40	12	3,6	n	3,3	85-100	100
076	Mladá Boleslav - Mělník	49	19	2,7	n	2,9	45-50	50
087	Lovosice - Česká Lípa	50	16	3,3	n	2,9	55-60	60
090A	Kralupy nad Vltavou - Roudnice n. Labem	39	13	3,3	e	3,3	85-100/145-160	140
095	Vraňany - Libochovice	37	15	2,6	n	3,2	45-50	50
096	Roudnice nad Labem - Zlonice	33	14	2,5	n	3,2	55-60	60
097	Lovosice - Řetenice	36	16	2,4	n	2,9	45-50	50
113	Čížkovice - Obrnice	37	14	2,8	n	2,9	45-50	50
114	Lovosice - Postoloprty	46	21	2,3	n	2,9	55/60	60
120	Praha - Kladno	31	10	3,4	n	2,9	65-70/75-80	70
120	Kladno - Rakovník	42	11	4,2	n	2,9	75-80/45-50	70
123	Most - Zatec	32	10	3,6	e	2,9	75-80/65-70	70
126	Louny - Rakovník	48	18	2,8	n	3,2	45-50/65-70	60
132	Děčín - Oldřichov u Duchcova	40	19	2,2	n	2,9	45-50	50
135	Most - Moldava	40	14	3,1	n	2,9	55-60/45-50/do 40	50
142	Karlovy Vary - Potůčky	44	16	2,9	n	2,9	45-50/55-60	50
148	Cheb - Hranice v Čechách	44	12	4,0	n	2,9	65-70/do 40	70
160	Plzeň - Plasy	33	10	3,7	n	2,9	65-70	70
162	Rakovník - Mladotice	39	11	3,9	n	3,0	55-60/do 40	60
164B	Kadaň předměstí - Kašice	27	11	2,7	n	3,0	do 40	40
171	Praha hl.n. - Beroun	43	13	3,6	e	3,0	85-100	100
173	Praha Smíchov - Rudná - Beroun	34	12	3,1	n	3,0	65-70/55-60	60
174	Beroun - Rakovník	44	15	3,1	n	3,0	65-70	70
183	Plzeň - Klatovy	48	16	3,2	e	3,0	90	90
185	Klatovy - Domažlice	40	14	3,1	n	3,0	55-60	60
183	Klatovy - Železná Ruď	49	13	4,1	n	3,0	90/80/70	70
199	České Budějovice - České Velenice	50	12	4,5	e	3,0	90/100	100
203	Břežnice - Strakonice	50	17	3,1	n	3,0	45-50	50
210	Vrané nad Vltavou - Dobříš	32	14	2,5	n	3,0	45-50	50
210	Vrané nad Vltavou - Čerčany	37	16	2,5	n	3,0	45-50	50
212	Zruč nad Sázavou - Světlá nad Sázavou	33	16	2,2	n	3,0	45-50/55-60	60
221	Praha hl.n. - Benešov u Prahy	49	18	2,9	e	3,0	125-140	140
222	Benešov u Prahy - Trhový Štěpánov	33	14	2,5	n	3,0	55-60/45-50	50
228	Jindřichův Hradec - Obrataň	46	19	2,6	n	3,0		50
229	Jindřichův Hradec - Nová Bystřice	33	12	3,0	n	3,0		50
231A	Praha - Lysá nad Labem	35	8	5,0	e	3,2	85-100	100
231B	Lysá nad Labem - Kolín	38	13	3,2	e	3,2	105-120	120
235	Zruč nad Sázavou - Kutná Hora	36	18	2,1	n	3,0	45-50	50
244	Střelice - Hrušovany nad Jevišovkou	50	14	3,8	n	3,1	65-70/75-80	70
250	Brno hl.n. - Tišnov	32	11	3,2	e	3,1	85-100	100
252	Křížanov - Studenec	34	12	3,1	n	3,1	65-70/55-60	60
255	Hodonín - Zaječí	37	10	4,1	n	3,1	45-50	50
260	Letovice - Česká Třebová	44	12	4,0	e	3,1	5-100/105-120/120-140	120
260	Brno hl.n. - Letovice	47	16	3,1	e	3,1	75-80/85-100/105-120	100
262A	Třebovice - Chornice	36	12	3,3	n	3,2	45-50	50
262B	Chornice - Skalice nad Svitavou	32	10	3,6	n	3,2	45-50	50
270	Česká Třebová - Zábřeh na Moravě	40	10	4,4	e	3,1	145-160	160
270	Suchdol nad Odrou - Bohumín	42	9	5,3	e	3,2	5-160/105-120/120-140	140
270	Přerov - Suchdol nad Odrou	50	10	5,6	e	3,2	120-145/145-160	150
271	Prostějov - Chornice	41	15	2,9	n	3,2	45-50	50
273	Červenka - Prostějov	41	18	2,4	n	3,2	55-60	60
276	Suchdol n. Odrou - Budišov n. Budišovkou	39	11	3,9	n	3,2	55-60/45-50	50
292B	Hanušovice - Mikulovice	49	16	3,3	n	3,3	45-50/do 40	50
295	Lipová Lázně - Javorník ve Slezsku	31	10	3,4	n	3,1	45-50/55-60	50
300	Vyškov na Moravě - Přerov	43	11	4,3	e	3,1	85-100	100
300	Brno hl.n. - Vyškov	45	13	3,8	e	3,1	85-100	100
301	Olomouc - Nezamyslice	39	14	3,0	e	3,1	85-100	100
321	Ostrava Svinov - Český Těšín	41	11	4,1	e	3,2	75-80	80
323	Ostrava hl.n. - Frydlant nad Odrou	33	12	3,0	n	3,2	75-80	80
323	Frydlant nad Odrou - Valašské Meziříčí	40	9	5,0	n	3,2	65-70	70
330	Přerov - Staré Město u U.H.	46	12	4,2	n	3,2	145-160	160
340	Brno hl.n. - Nesovice	44	13	3,7	n	3,2	75-80	80
340	Nesovice - Veselí nad Moravou	46	11	4,6	n	3,2	75-80	80
341	Bojkovice město - Vlárský Průsmyk	32	10	3,6	n	3,2	65-70	70
341	Staré Město u U.H. - Bojkovice město	36	14	2,8	n	3,2	75-80	80
343	Rohatec - Javorník nad Velickou z.	38	13	3,2	n	3,2	75-80	80

Tabulka P1-4 Úseky tratí s délkou od 50 km do 70 km, Zdroj: autor, [51]

trať		délka úseku	počet míst zastavení	Ø vzdálenost	elektrizace	průměrná vzdálenost zastávek	rozptyl rychlosti úseku	maximální rychlost
číslo	úsek	km		km		km	km/h	km/h
011	Kolín - Praha hl.n.	62	19	3,4	e	3,5	120/145/160	140
026A	Týniště nad Orlicí - Meziměstí	68	28	2,5	n	3,0	85-100/75-80/65-70	80
032	Jaroměř - Trutnov	53	17	3,3	n	3,1	75-80/85-100	80
040A	Chlumeck nad Cidlinou - Stará Paka	52	14	4,0	n	2,9	75-80	80
041A	Hradec Králové - Jičín	52	19	2,9	n	3,2	65-70/75-80	70
064	Mladá Boleslav - Stará Paka	60	24	2,6	n	2,8	55-60/45-50	60
070B	Všetaty - Turnov	62	17	3,9	n	3,2	85-100	100
080	Bakov nad Jizerou - Jedlová	70	18	4,1	n	2,9	75-100/65-79	80
081	Děčín - Rumburk	61	18	3,6	n	2,9	65-70/55-60/75-80	70
086	Liberec - Česká Lípa	59	20	3,1	n	2,9	85-100/55-60/65-70	70
090B	Roudnice nad Labem - Děčín	63	24	2,7	e	3,3	160/120/145	140
110	Kralupy nad Vltavou - Louny	63	21	3,2	n	2,9	45-50/65-70	60
124	Chomutov - Lužná u Rakovníka	66	20	3,5	n	2,9	75-80	80
137	Chomutov - Vejprty	58	17	3,6	n	2,9	55-60/90/45-50	70
140A	Chomutov - Karlovy Vary	59	13	4,9	e	3,4	75-80/85-100	80
140B	Karlovy Vary - Cheb	52	14	4,0	e	3,5	75-80/85-100	80
149	Karlovy Vary - Mariánské Lázně	56	21	2,8	n	2,9	55-60	60
161B	Blatno u Jesenice - Bečov nad Teplou	61	18	3,6	n	3,4	45-50/55-60	50
180	Plzeň - Domažlice - Česká Kubice	70	20	3,7	n	3,0	60/100	100
184B	Poběžovice - Tachov	55	19	3,1	n	3,4	55-60/45-50	60
185	Horáždovice předměstí - Klatovy	58	17	3,6	n	3,0	65	70
190	Plzeň - Horažďovice předměstí	59	17	3,7	e	3,0	100/90/100	100
196	České Budějovice - Horní Dvořiště	57	16	3,8	e	3,0	90/85	90
197	Číčenice - Volary - Nové Údolí	70	21	3,5	n	3,0	45-50/55/60	50
201	Tábor - Ražice	68	20	3,6	n	3,0	70/75/70	70
220	Tábor - Benešov	54	13	4,5	e	3,0	100/95	100
220	České Budějovice - Tábor	66	20	3,5	e	3,0	100/95/100/120	100
224	Tábor - Horní Cerekev	69	18	4,1	n	3,0	70/65	70
225	Havlíčkův Brod - Horní Cerekev	57	17	3,6	e	3,0	80/65/70	70
225	Horní Cerekev - Veselí nad Lužnicí	63	17	3,9	e	3,0	70	70
226	Veselí nad Lužnicí - České Velenice	55	15	3,9	n	3,0	100/90	100
227	Kostelec u Jihlavy - Slavonice	53	22	2,5	n	3,0	50	50
241	Znojmo - Okříšky	70	14	5,4	n	3,1	75-80	80
246	Břeclav - Znojmo	69	15	4,9	n	3,1	75-80	80
250	Brno - Břeclav	59	17	3,7	e	3,1	145-160	160
251	Tišnov - Nové Město - Zdár nad Sázavou	62	17	3,9	n	3,1	45-50	50
261	Svitavy - Žďarec u Skutče	53	21	2,7	n	3,1	45-50/55-60	50
270	Zábřeh na Moravě - Přerov	68	12	6,2	e	3,1	145-160	160
280	Hranice na Moravě - Střelná	67	20	3,5	e	3,2	75-80	80
290	Olomouc - Šumperk	57	17	3,6	n	3,1	85-100/65-70	80
303	Kojetín - Valašské Meziříčí	61	19	3,4	n	3,1	65-70	70
310	Domašov nad Bystřicí - Krnov	68	10	7,6	n	3,2	65-70	70
320	Bohumín - Mosty u Jablunkova z.	61	18	3,6	e	3,2	85-100	100
330	Staré Město u U.H. - Břeclav	54	13	4,5	n	3,2	145-160	160

Tabulka P1-5 Úseky tratí s délkou od 70 km do 105 km, Zdroj: autor, [51]

trať		délka úseku	počet míst zastavení	Ø vzdálenost	elektrizace	průměrná vzdálenost zastávek	rozptyl rychlosti v úseku	maximální rychlost
číslo	úsek	km		km		km	km/h	km/h
130	Ústí nad Labem hl.n. - Chomutov	71	20	3,7	e	2,9	75-120	100
160	Plasy - Zatec	74	20	3,9	n	2,9	65-70	70
170	Beroun - Plzeň hl.n.	71	20	3,7	e	3,0	100	100
170	Plzeň hl.n. - Mariánské Lázně	76	20	4,0	e	3,8	100-120	110
190	Horažďovice před. - České Budějovice	77	23	3,5	e	3,0	100	100
194	České Budějovice - Černý Kříž	88	28	3,3	n	3,0	80/50/60	50
198	Strakonice - Volary	71	23	3,2	n	3,0	50	50
230	Kolín - Havlíčkův Brod	74	19	4,1	e	3,0	65-70/85-100	80
238	Pardubice - Havlíčkův Brod	92	28	3,4	n	3,0	85-100/65-70/75-80	70
240	Zastávka u Brna - Jihlava	81	19	4,5	n	3,1	55-60/75-80	70
250	Tišnov - Havlíčkův Brod	89	22	4,2	e	3,1	85-100	100
200	Zdice - Protivín	103	26	4,1	n	3,8	75-80	80

Tabulka P1-6 Příklady průměrné délky mezizastávkových úseků pro dálkovou a rychlou regionální dopravu, Zdroj: autor, [51]

		Průměrná vzdálenost zastávek								
		EC		IC/Ex		R		Sp		
trať číslo	úsek	délka km	zast.	vzd.	zast.	vzd.	zast.	vzd.	zast.	vzd.
010	Česká Třebová - Kolín	102	2	102	3	51	6	20		
010	Česká Třebová - Pardubice	60	2	60	2	60	4	20		
010	Pardubice - Kolín	42	2	42	2	42	3	21		
011	Kolín - Praha hl.n.	62	2	62	3	31	3	31		
020A	Chlumec n.C. - Týniště n.O.	48					5	12	5	12
021	Týniště n.O. - Letohrad	41					8	6	8	6
024	Ústí nad Orlicí - Lichkov	35					3	18	12	3
026	Týniště n.O. - Broumov	78							15	6
030	Jaroměř - Liberec	122					9	15	9	15
030A	Jaroměř - Stará Paka	46					3	23	3	23
030B	Stará Paka - Turnov	38					5	10	5	10
030C	Turnov - Liberec	38					3	19	3	19
031	Pardubice - Jaroměř	39					4	13	4	13
032	Jaroměř - Trutnov	53					9	7	11	5
033	Starkoč - Václavice	3					2	3	2	3
035	Železný Brod - Tanvald	17					5	4	5	4
036A	Liberec - Tanvald	27					16	2	16	2
040	Chlumec nC- Trutnov	102					17	6	17	6
040A	Chlumec nC - Stará Paka	52					7	9	7	9
040B	Stará Paka - Trutnov	50					11	5	11	5
061	Nymburk - Jičín	45					7	8	9	6
070	Praha hl.n.- Turnov	102					10	11	15	7
070A	Praha hl.n. - Všetaty	40					5	10	6	8
070B	Všetaty - Turnov	62					6	12	9	8
071	Nymburk - Mladá Boleslav	30					2	30	2	30
072	Lysá nad Labem - UnLZ	96					8	14	8	14
080	Bakov nad Jizerou - Jedlová	70					7	12	9	9
081	Děčín - Rumburk	61					3	6	3	6
081	Benešov - Č.Lípa	20					2	20	2	20
086	Liberec - Česká Lípa	59					4	20	10	7
089	Liberec - Hrádek nad Nisou	21							3	11
090	Kralupy nV - Děčín	102					7	17	7	17
090A	Kralupy nad Vltavou - Roudnice nad Labem	39					3	20	3	20
090B	Roudnice nad Labem - Děčín	63					5	16	5	16
091	Praha - Kralupy nV	27					3	14	3	14
110	Kralupy nV - Louny	63					7	11	12	6
120	Praha - Kladno - Rakovník	73					9	9	12	7
120	Praha - Kladno	31					4	10	6	6
120	Kladno - Rakovník	42					6	8	8	6
124	Chomutov - Lužná u Rakovníka	66					11	7	12	6
130	Ústí nad Labem - Chomutov	71					8	10	13	6
133	Chomutov - Jirkov	6					3	3	3	3
140	Chomutov - Cheb	111					9	14	9	14
160	Plzeň - Žatec	107					9	13	9	13
160	Plzeň - Plasy	33					3	17	3	17
160	Plasy - Žatec	74					7	12	7	12
170	Beroun - Plzeň - Cheb	177					10	20	11	18
170	Beroun - Plzeň	71					5	18	6	14
170	Plzeň - Cheb	106					6	21	6	21
170	Plzeň - Mariánské Lázně	76					2	76	2	76
170	Mariánské Lázně - Cheb	30					5	8	5	8
171	Praha hl.n. - Beroun	43					3	22	3	22
180	Plzeň - Domažlice - Č.Kubice	70					2	59	6	14
183	Plzeň - Klatovy - Ž.Ruda	97					18	6	18	6
183	Plzeň - Klatovy	48					7	8	9	6
183	Klatovy - Železná Ruda	49					12	4	12	4

Tabulka P1-7 Příklady průměrné délky mezizastávkových úseků pro dálkovou a rychlou regionální dopravu, Zdroj: autor, [51]

		Průměrná vzdálenost zastávek								
		délka km	EC		IC/Ex		R		Sp	
trať číslo	úsek		zast.	vzd.	zast.	vzd.	zast.	vzd.	zast.	vzd.
190	Plzeň - České Budějovice	136					8	19	9	17
190	Plzeň - Horažďovice před.	59					3	30	3	30
190	Horažďovice př. - České Budějovice	77					6	15	7	13
194	České Budějovice - Černý Kříž	88					14	7	14	7
196	České Budějovice - Horní Dvořiště	57					2	57	9	7
199	České Budějovice - České Velenice	50					6	10	11	5
200	Zdice - Protivín	103					10	11	10	11
220	České Budějovice - Benešov u Prahy	120					6	24	6	24
220	České Budějovice - Tábor	66					4	22	4	22
220	Tábor - Benešov u Prahy	54					3	27	3	27
221	Praha hl.n. - Benešov u Prahy	49					3	25	4	16
225	Havlíčkův Brod - Veselí nad Lužnicí	120					9	15	10	13
225	Havlíčkův Brod - Horní Cerekev	57					5	14	6	11
225	Horní Cerekev - Veselí nad Lužnicí	63					5	16	5	16
230	Kolín - Havlíčkův Brod	74					6	15	8	11
231	Praha - Lysá nL - Kolín	73					7	12	8	10
238	Pardubice - Havlíčkův Brod	92					10	10	10	10
240	Brno - Jihlava	104					5	26	12	9
250	Havlíčkův Brod - Brno - Lanžhot	188					8	26	12	16
250	Brno - Břeclav	59	2	59			2	59	6	12
250	Brno - Tišnov	32					3	16	4	11
250	Tišnov - Havlíčkův Brod	89					5	22	5	22
260	Brno - Česká Třebová	91	2	91			6	18	11	9
260	Brno - Letovice	47					4	16	5	12
260	Letovice - Česká Třebová	44					3	22	7	7
270	Česká Třebová - Bohumín	200	7	33	9	25	10	22	11	20
270	Česká Třebová - Zábřeh na Moravě	40			2	40	2	40	3	20
270	Zábřeh na Moravě - Přerov	68			3	34	4	23	5	17
270	Přerov - Suchdol nad Odrou	50					3	25	3	25
270	Suchdol nad Odrou - Bohumín	42					5	11	5	11
280	Hranice na Moravě - Střelná	67					4	22	4	22
290	Olomouc - Šumperk	57					5	14	11	6
291	Šumperk - Zábřeh na Moravě	13					2	13	2	13
292	Šumperk - Mikulovice	76					13	6	13	6
292A	Šumperk - Hanušovice	27					4	9	4	9
292B	Hanušovice - Mikulovice	49					10	5	10	5
292C	Krnov - Jindřichov ve Slezsku	23					4	8	4	8
300	Brno - Přerov	88					4	29	5	22
300	Brno - Vyškov	45					2	45	4	15
300	Vyškov - Přerov	43					3	22	4	14
301	Olomouc - Nezamyslice	39					3	20	4	13
303	Kojetín - Valašské Meziříčí	61					7	10	10	7
310	Olomouc - Krnov - Opava	116					12	11	18	7
310	Olomouc - Krnov	87					10	10	16	6
310	Olomouc - Domašov nad Bystřicí	29					3	15	8	4
310	Domašov nad Bystřicí - Krnov	68					7	11	7	11
310	Krnov - Opava	29					4	10	4	10
320	Bohumín - Mosty u Jablunkova z.	61	5	15	5	15	6	12	6	12
321	Opava - Ostrava Svinov	28					2	28	3	14
323	Ostrava hl.n. - Valašské Meziříčí	73					8	10	8	10
323	Ostrava hl.n. - Frydlant n.O.	33					5	8	5	8
323	Frydlant n.O. - Valašské Meziříčí	40					4	13	4	13
330	Přerov - Staré Město u U.H.	46	3	23	3	23	4	15	6	9
330	Staré Město u U.H. - Břeclav	54	3	27	3	27	4	18	4	18
330	Přerov - Břeclav	100	5	25	5	25	7	17	9	13
340	Brno - Uherské Hradiště	106					12	10	13	9
340	Brno - Nesovice	44					4	15	4	15
340	Nesovice - Veselí nad Moravou	46					9	6	10	5
340	Veselí nad Moravou - Uherské Hradiště	16					5	4	5	4
341	Staré Město u U.H. - Vlárský Průsmyk	68					3	13	4	9
346	Újezdec u Luhačovic - Luhačovice	10							2	10

## Příloha P2 - Doplnkové údaje k trakční mechanice a dynamice

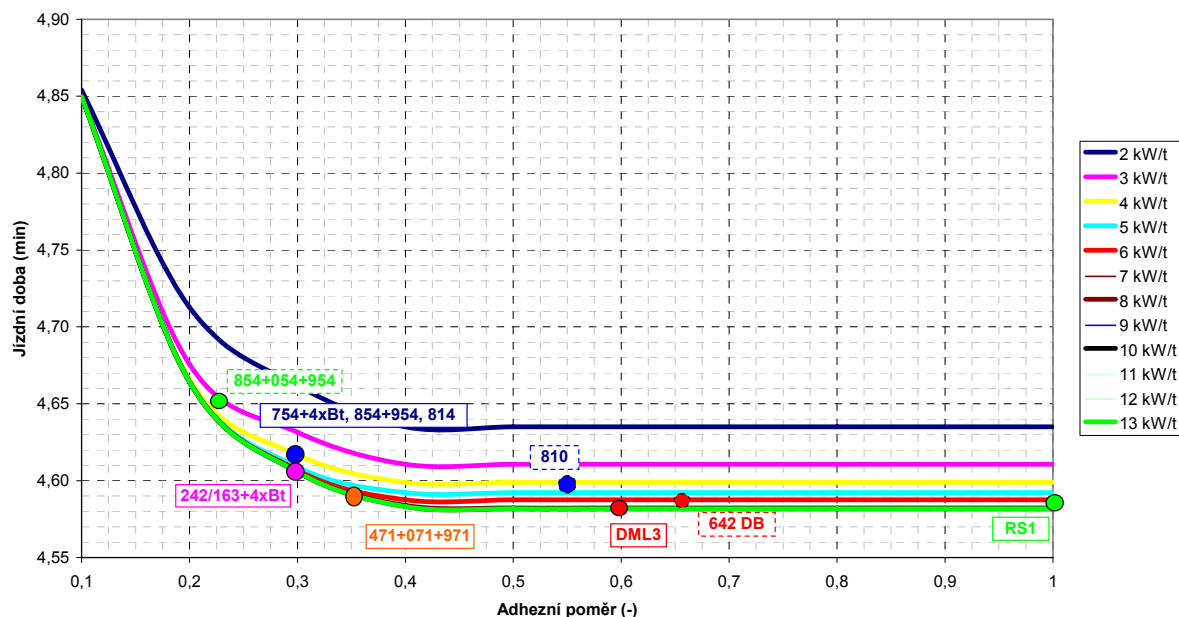
Tabulka P2-1 Přehled vybraných vozidel a souprav a jejich základních dynamických parametrů (červeně podbarvená vozidla či soupravy byly použity pro praktické srovnání v jednotlivých grafech), Zdroj - autor, SŽDC a ČD

vozidlo souprava	výkon HV na obvodu kol	měrný výkon při 50% maximální rychlosti	hmotnost obsazené soupravy	adhezni hmotnost	adhezni poměr, obsazená souprava	teoretické přibližné počáteční zrychlení na rovině, $\mu_0 = 0,25$	poznámky
	kW	kW/t	t	t	-	$m.s^{-2}$	
810	103	4,29	24	13,2	0,55	1,10	
810+010	103	2,34	44	13,2	0,30	0,60	
814	200	4,26	47	13	0,28	0,55	814+914
814.2	400	5,41	74	26	0,35	0,70	814+014+814
842	264	5,18	51	24	0,47	0,94	
842.5	409	8,02	51	24	0,47	0,94	modernizace 842
843	433	6,98	62	56	0,90	1,81	
843 + 043	433	4,37	99	56	0,57	1,13	
843 + 043 + 943	433	3,16	137	56	0,41	0,82	
642 DB	483	6,04	80	53	0,66	1,33	Desiro, Siemens, 375 kW
854	447	7,98	56	32,6	0,58	1,16	
854 + 954	447	4,38	102	32,6	0,32	0,64	
865 + 054 + 954	447	3,04	147	32,6	0,22	0,44	
RS1	348	6,21	56	56	1,00	2,00	Regioshuttle, Stadler, menší výkon
RS1	408	7,29	56	56	1,00	2,00	Regioshuttle, Stadler
242	2997	35,68	84	84	1,00	2,00	
242 + 4xBt	2997	11,18	268	84	0,31	0,63	
263	3151	37,42	84,2	84,2	1,00	2,00	
263 + 4xBt	3151	11,75	268,2	84,2	0,31	0,63	
363	3065	35,23	87	87	1,00	2,00	platí pro 25 kV, 50 Hz, AC
363 + 4xBt	3065	11,31	271	87	0,32	0,64	
163	3100	36,69	84,5	84,5	1,00	2,00	platí pro 3 kV, DC
163 + 4xBt	3100	11,55	268,5	84,5	0,31	0,63	
162	3550	42,01	84,5	84,5	1,00	2,00	platí pro 3 kV, DC
162 + 4xBt	3550	13,22	268,5	84,5	0,31	0,63	
362	3305	37,99	87	87	1,00	2,00	platí pro 25 kV, 50 Hz, AC
362+4xBt	3305	12,20	271	87	0,32	0,64	
380	5086	57,66	88,2	88,2	1,00	2,00	výkon na mezi adheze
380+4xBt	5086	18,68	272,2	88,2	0,32	0,65	
754	1117	15,01	74,4	74,4	1,00	2,00	
754 + 4xBt	1117	4,32	258,4	74,4	0,29	0,58	
749	910	12,13	75	75	1,00	2,00	
749 + 4xBt	910	3,51	259	75	0,29	0,58	
471	2430	13,50	180	67	0,37	0,74	471+071+971
560	2796	10,47	267	68,8	0,26	0,52	560+3x060+560
460	3630	13,70	265	140,8	0,53	1,06	460+3x060+460
451	2586	12,31	210	130	0,62	1,24	451+2x051+451
452	2586	12,31	210	130	0,62	1,24	452+2x051+452
Desiro MainLine 2vz	1100	9,57	114,9	53	0,46	0,92	DML2 2-dílná jednotka
Desiro MainLine 3vz	2200	12,91	170,4	106	0,62	1,24	DML3 3-dílná jednotka
Desiro MainLine 4vz	2200	10,43	211	106	0,50	1,00	DML4 4-dílná jednotka
							Zdroj: SŽDC



### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

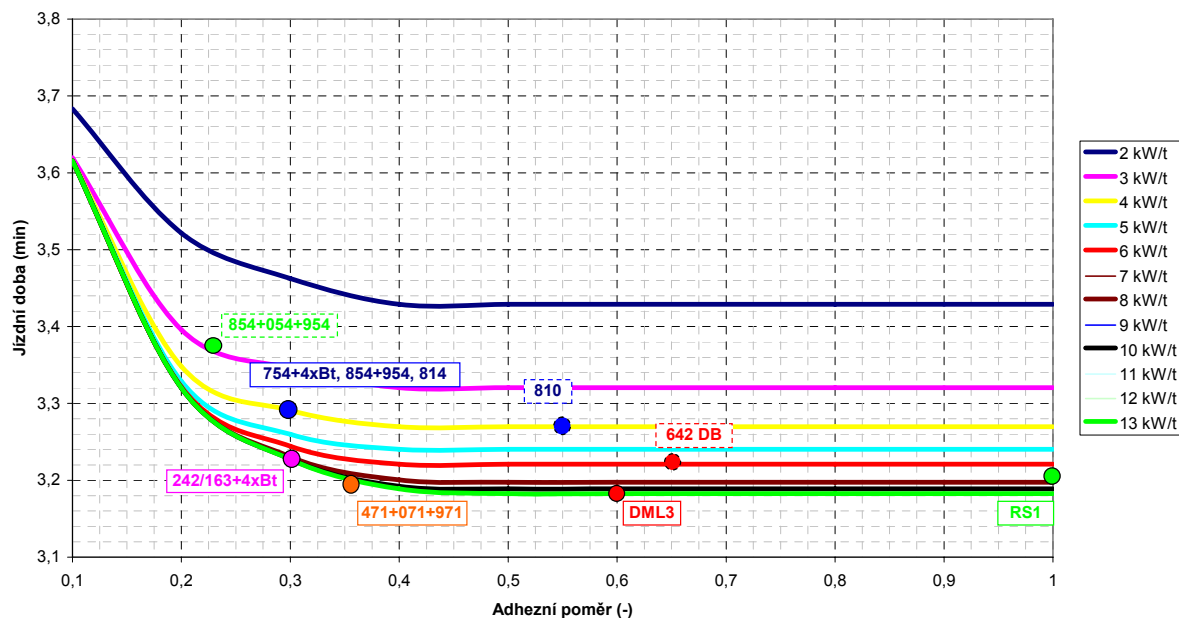
(vzdálenost zastávky 3 km, traťová rychlost 40 km/h, stoupání 0‰, adheze 100%)



Obrázek P2-2 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 3 km, maximální traťová rychlost 40 km/h, stoupání 0 ‰, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

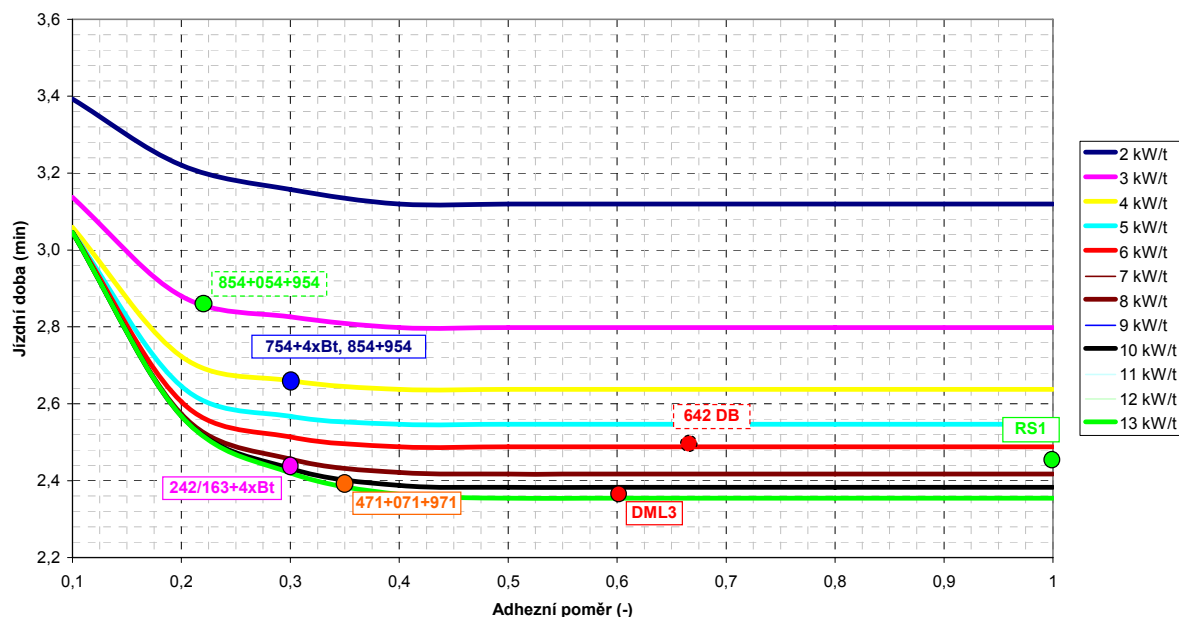
(vzdálenost zastávky 3 km, traťová rychlost 60 km/h, stoupání 0‰, adheze 100%)



Obrázek P2-3 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 3 km, maximální traťová rychlost 60 km/h, stoupání 0 ‰, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

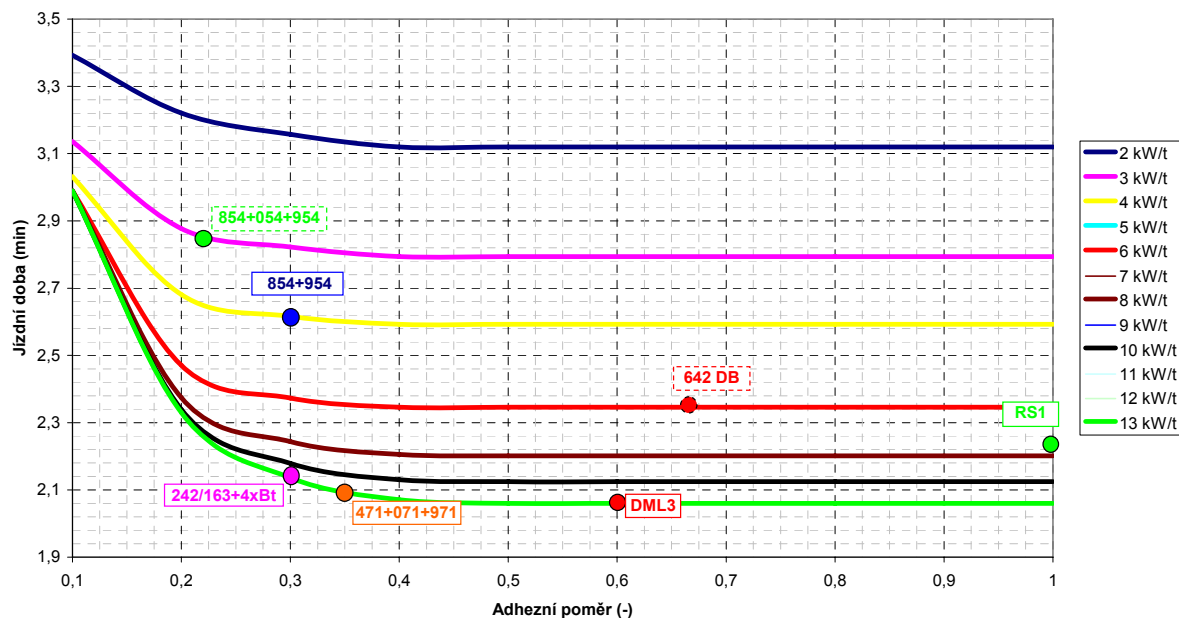
(vzdálenost zastávky 3 km, traťová rychlost 90 km/h, stoupání 0‰, adheze 100%)



Obrázek P2-4 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 3 km, maximální traťová rychlost 90 km/h, stoupání 0 ‰, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

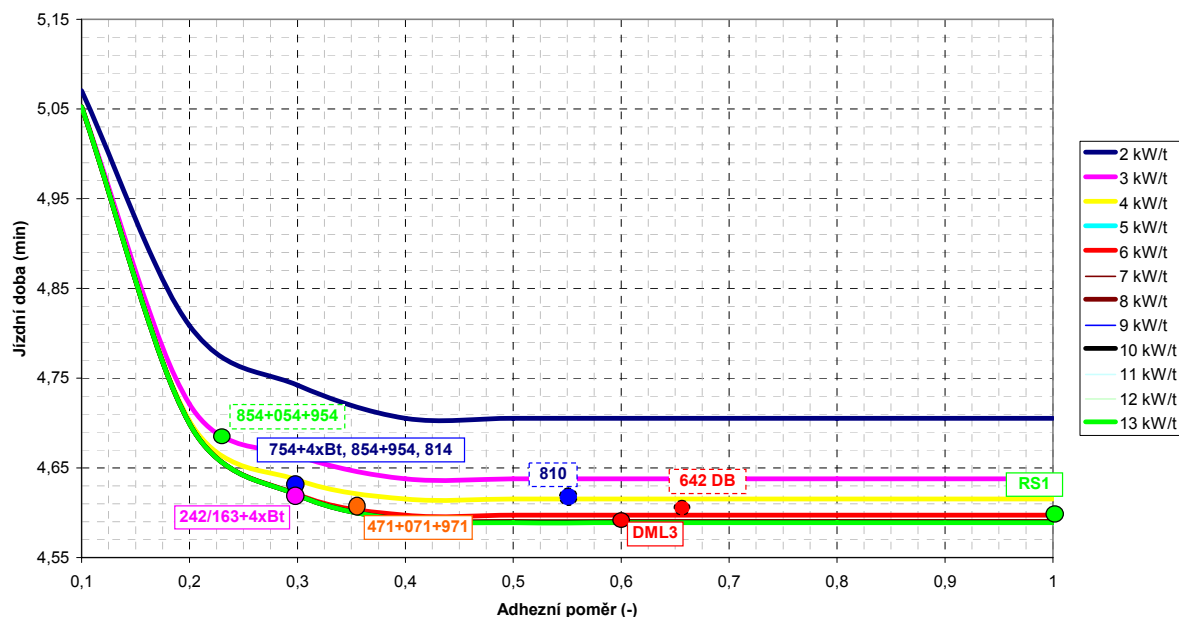
(vzdálenost zastávky 3 km, traťová rychlost 120 km/h, stoupání 0‰, adheze 100%)



Obrázek P2-5 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 3 km, maximální traťová rychlost 120 km/h, stoupání 0 ‰, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

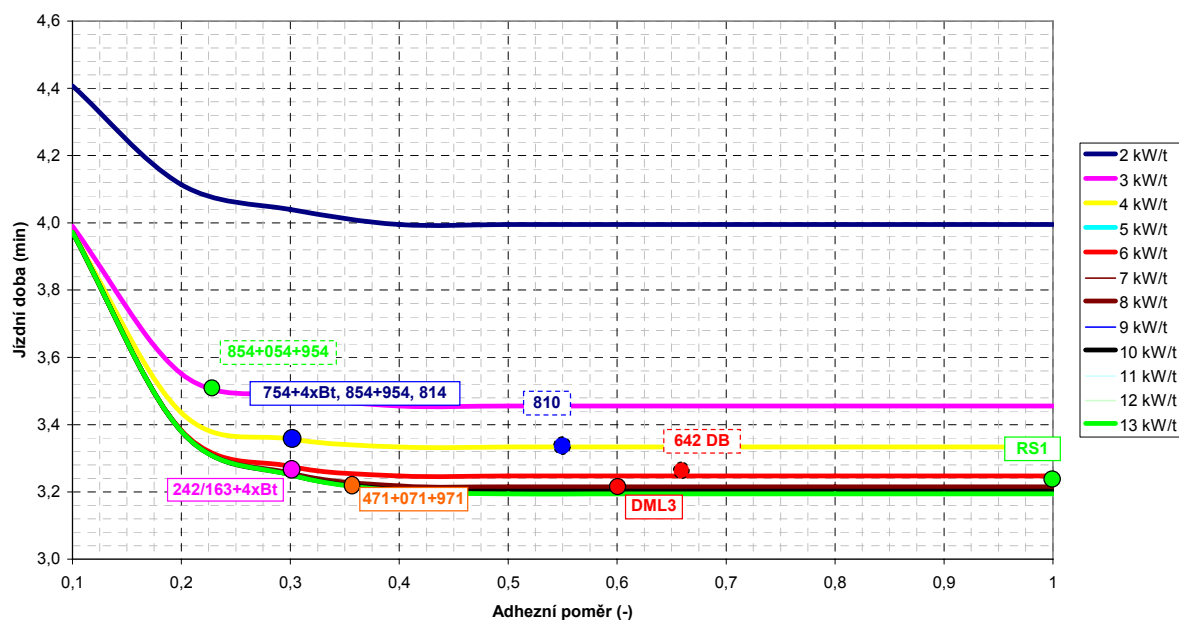
(vzdálenost zastávky 3 km, traťová rychlost 40 km/h, stoupání 10o/oo, adheze 100%)



Obrázek P2-6 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 3 km, maximální traťová rychlost 40 km/h, stoupání 10 %, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

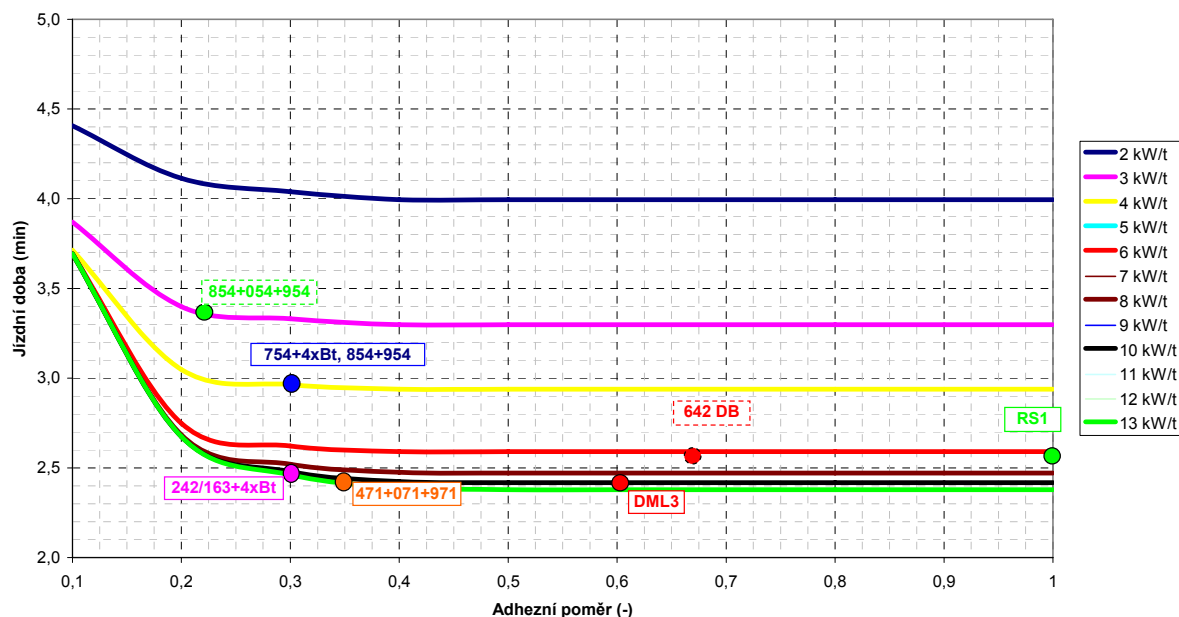
(vzdálenost zastávky 3 km, traťová rychlost 60 km/h, stoupání 10o/oo, adheze 100%)



Obrázek P2-7 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 3 km, maximální traťová rychlost 60 km/h, stoupání 10 %, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

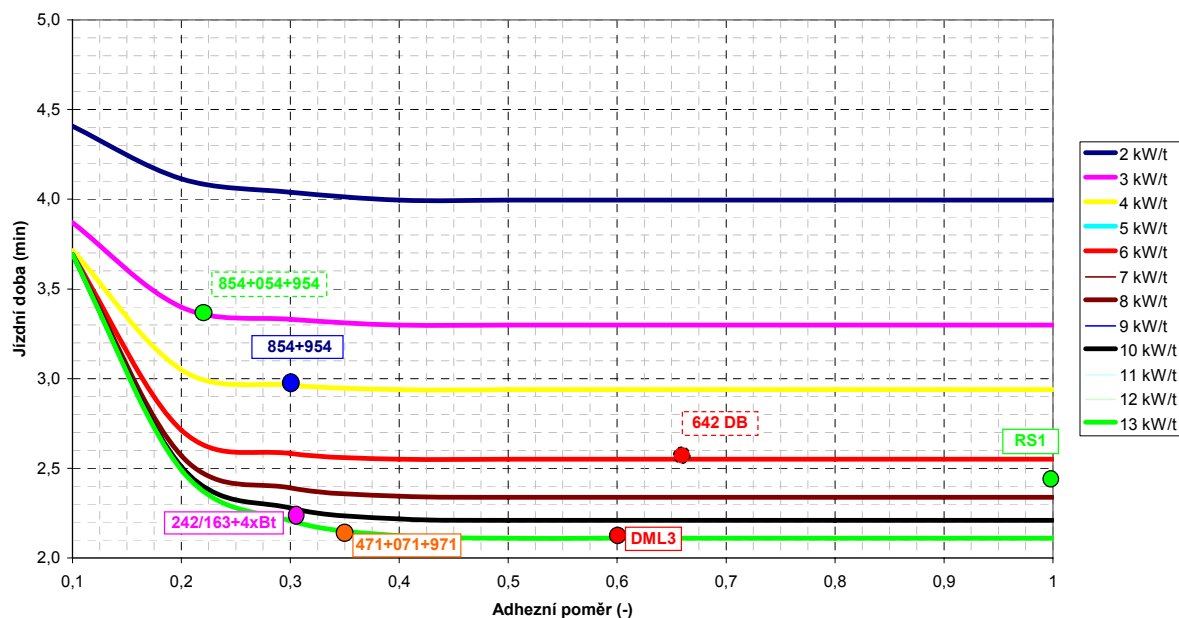
(vzdálenost zastávky 3 km, traťová rychlost 90 km/h, stoupání 10‰, adheze 100%)



Obrázek P2-8 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 3 km, maximální traťová rychlost 90 km/h, stoupání 10 ‰, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

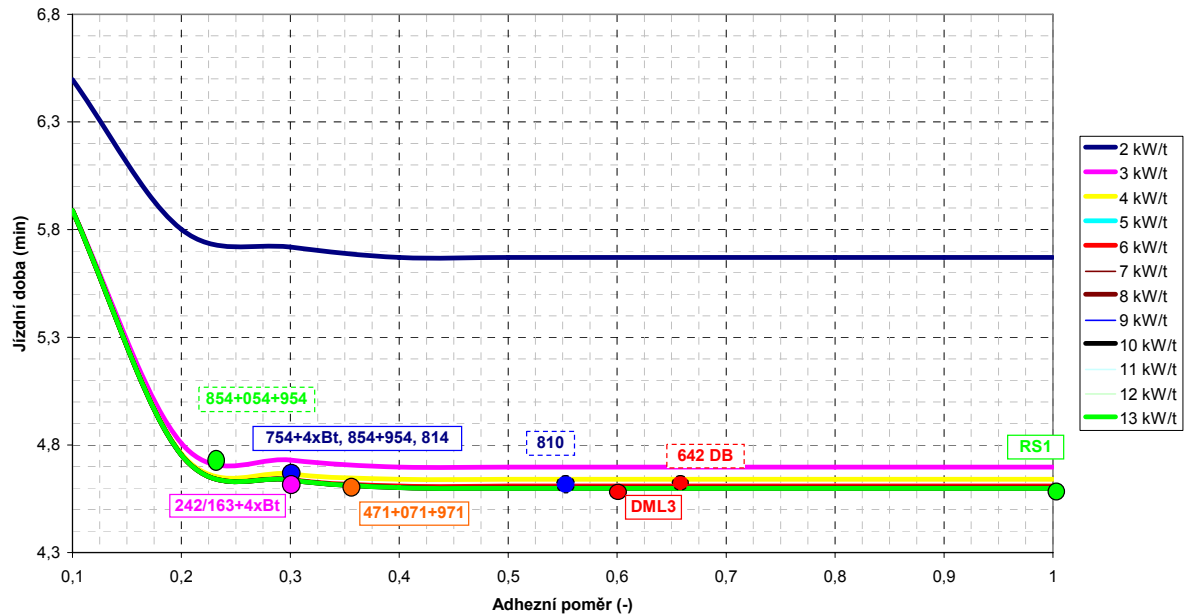
(vzdálenost zastávky 3 km, traťová rychlost 120 km/h, stoupání 10‰, adheze 100%)



Obrázek P2-9 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 3 km, maximální traťová rychlost 120 km/h, stoupání 10 ‰, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

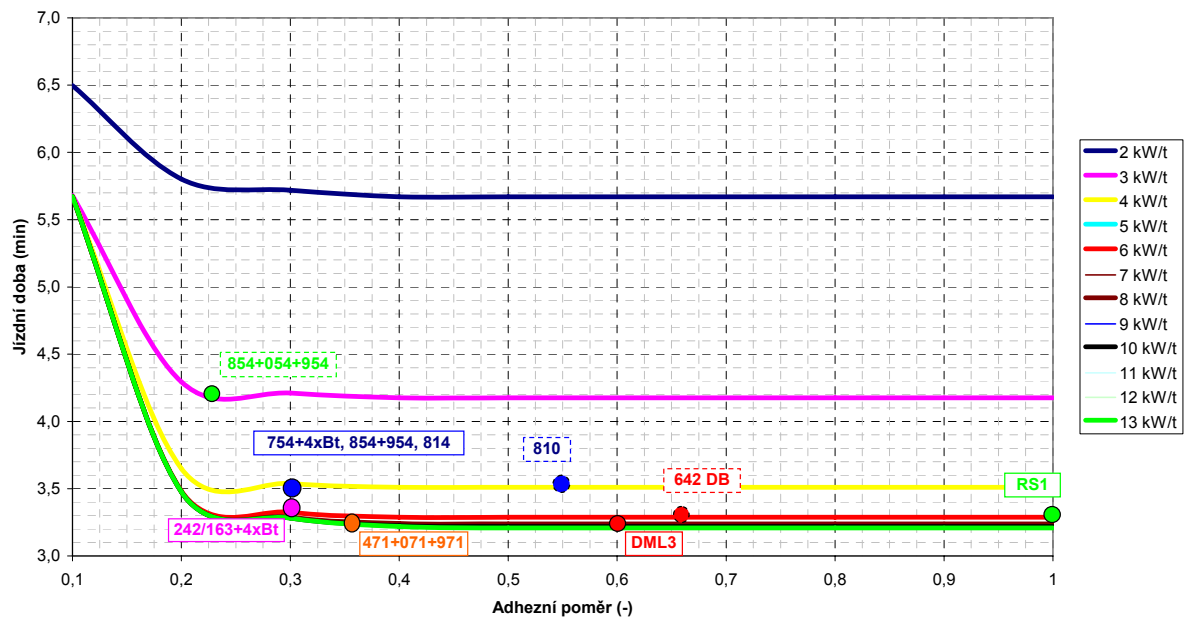
(vzdálenost zastávky 3 km, traťová rychlost 40 km/h, stoupání 20‰, adheze 100%)



Obrázek P2-10 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 3 km, maximální traťová rychlost 40 km/h, stoupání 20 ‰, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

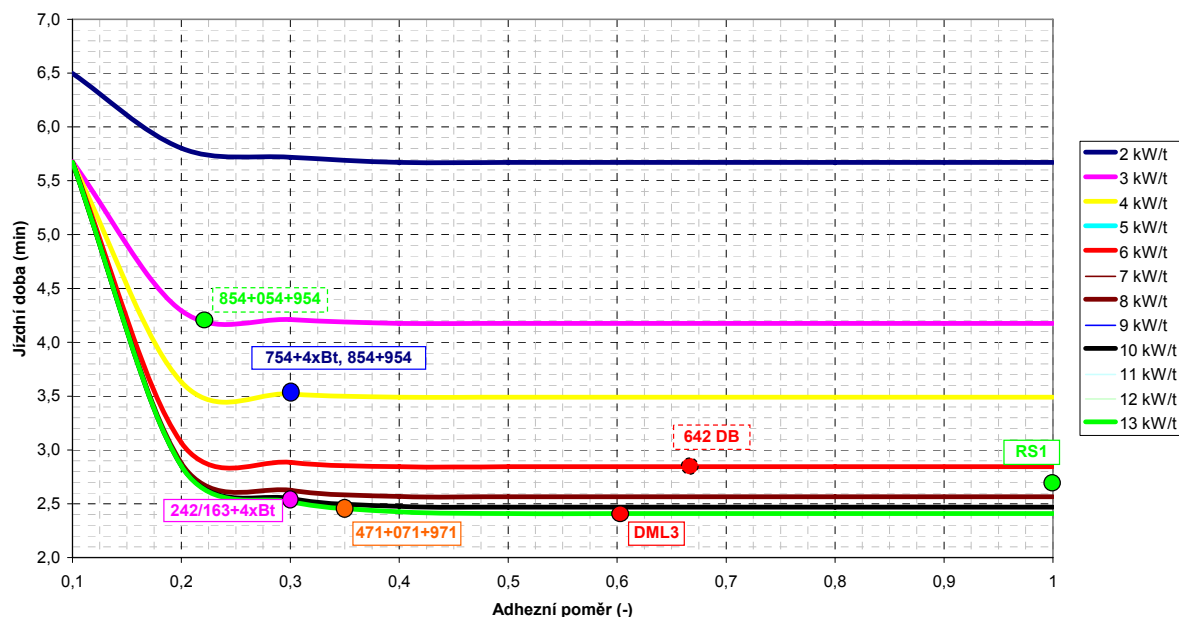
(vzdálenost zastávky 3 km, traťová rychlost 60 km/h, stoupání 20‰, adheze 100%)



Obrázek P2-11 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 3 km, maximální traťová rychlost 60 km/h, stoupání 20 ‰, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

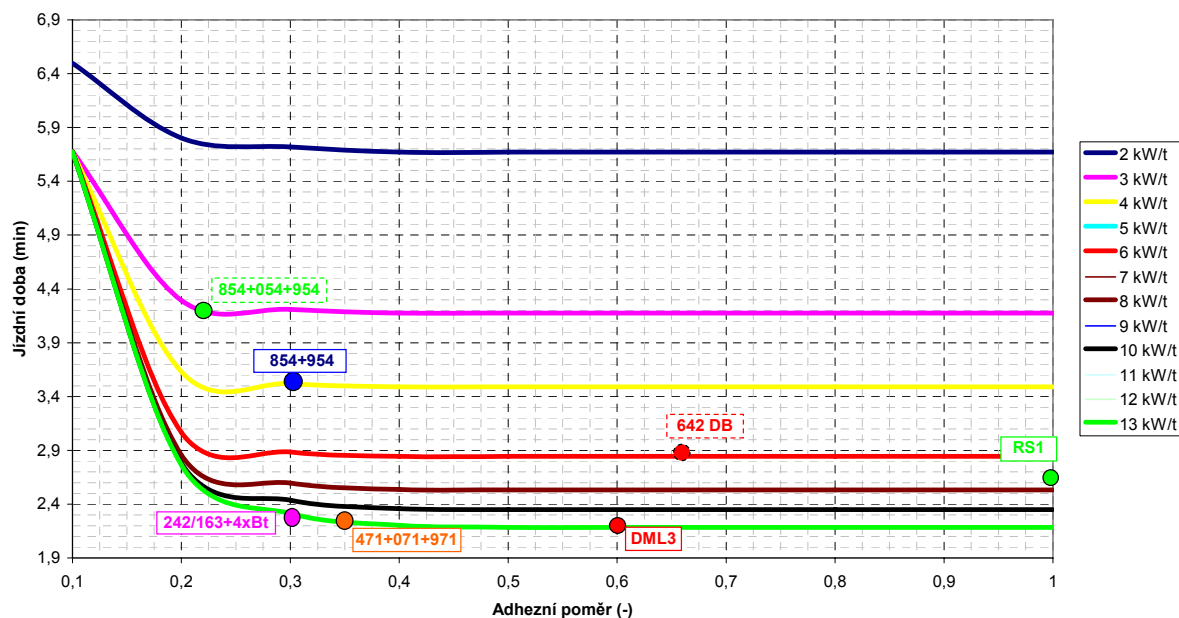
(vzdálenost zastávky 3 km, traťová rychlost 90 km/h, stoupání 20‰, adheze 100%)



Obrázek P2-12 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 3 km, maximální traťová rychlost 90 km/h, stoupání 20 ‰, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

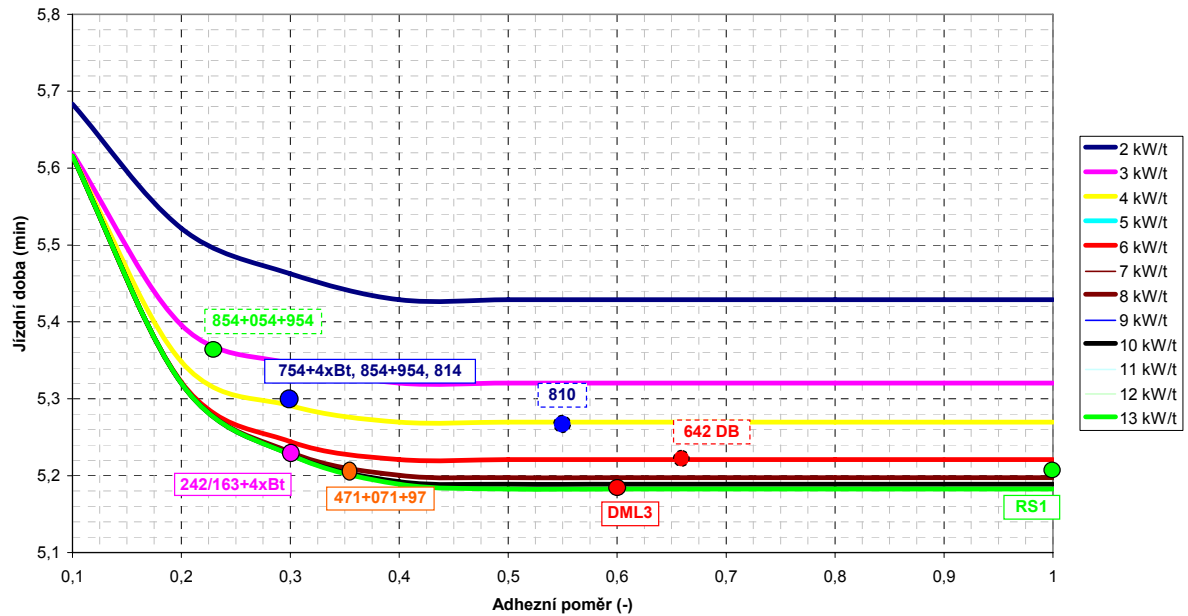
(vzdálenost zastávky 3 km, traťová rychlost 120 km/h, stoupání 20‰, adheze 100%)



Obrázek P2-13 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 3 km, maximální traťová rychlost 120 km/h, stoupání 20 ‰, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

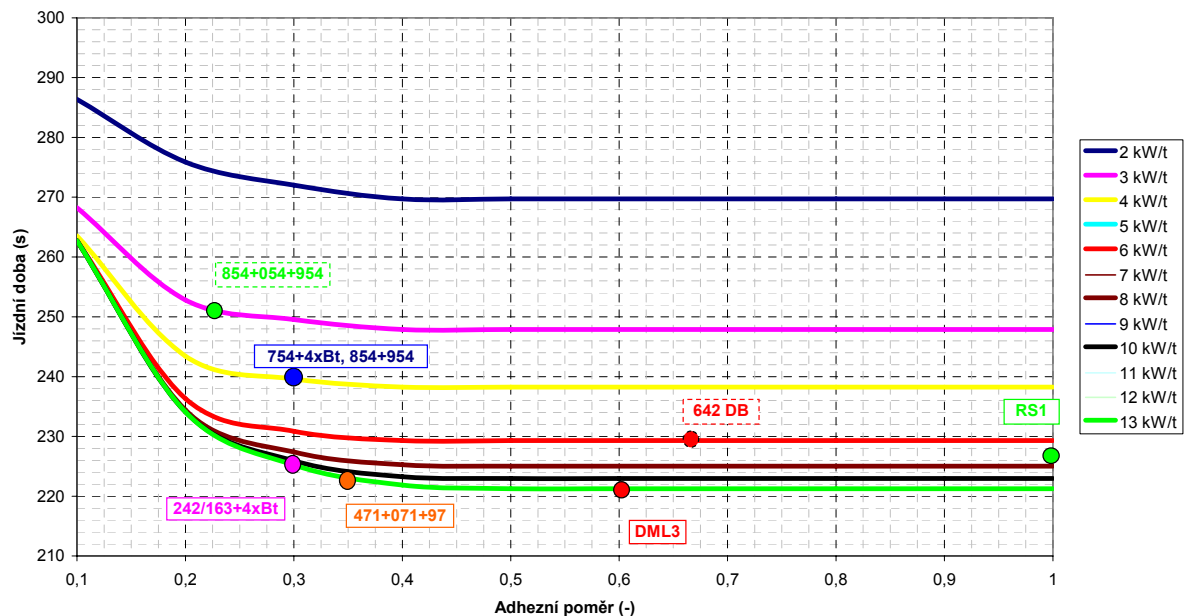
(vzdálenost zastávky 5 km, traťová rychlost 60 km/h, stoupání 0 ‰, adheze 100%)



Obrázek P2-14 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 5 km, maximální traťová rychlost 60 km/h, stoupání 0 ‰, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

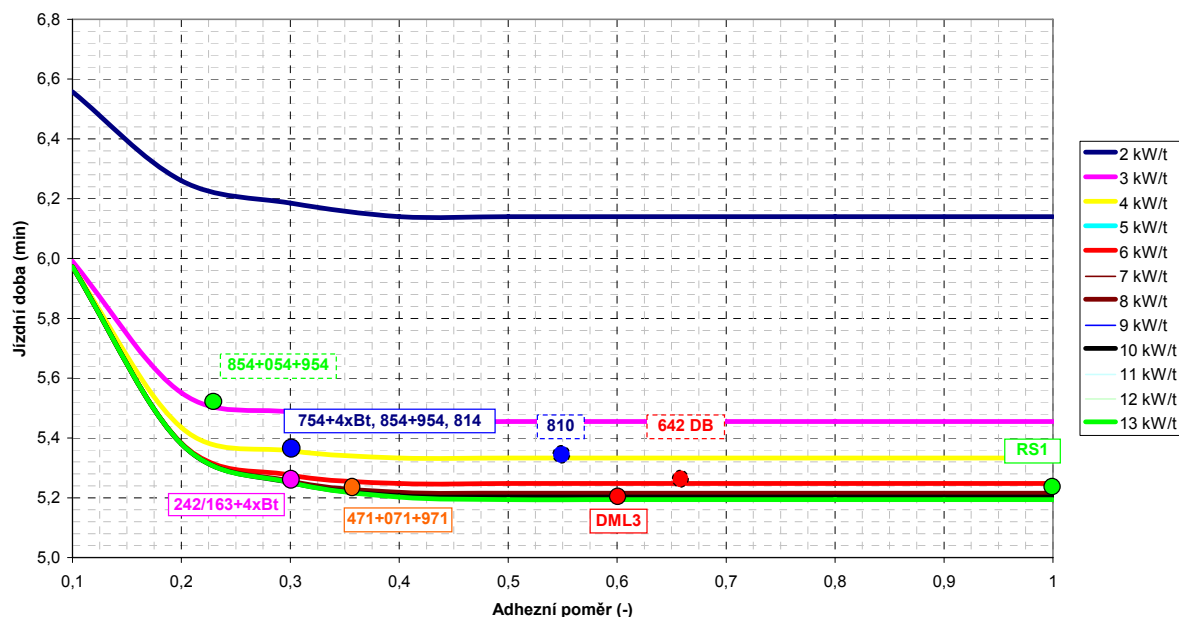
(vzdálenost zastávky 5 km, traťová rychlost 90 km/h, stoupání 0 ‰, adheze 100%)



Obrázek P2-15 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 5 km, maximální traťová rychlost 90 km/h, stoupání 0 ‰, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

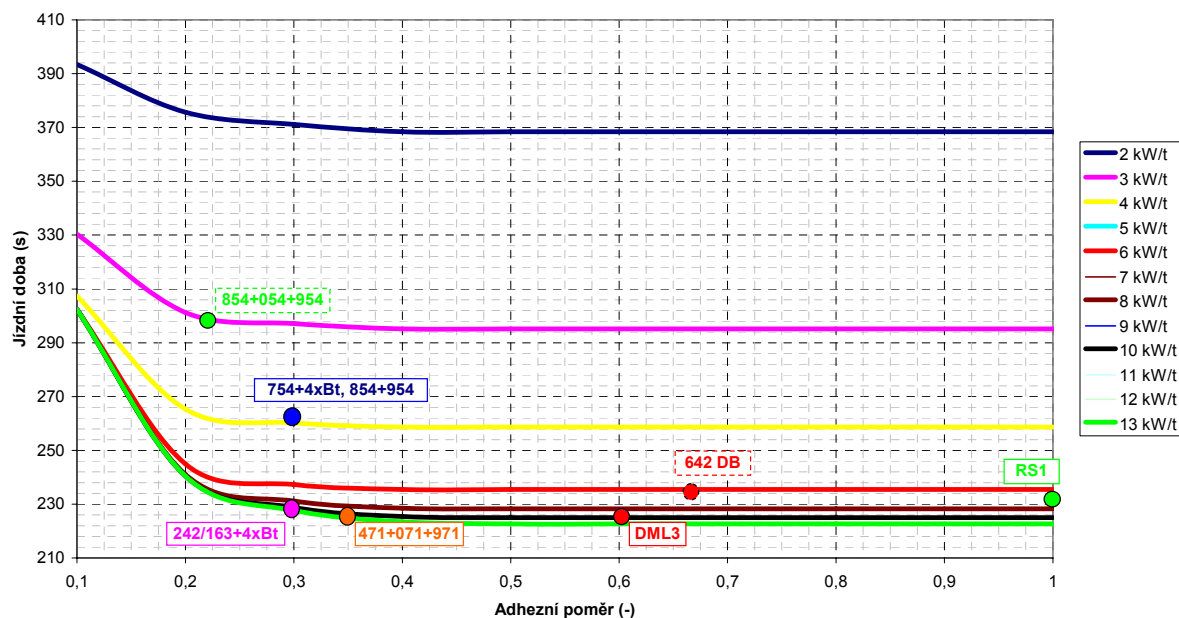
(vzdálenost zastávky 5 km, traťová rychlost 60 km/h, stoupání 10 o/oo, adheze 100%)



Obrázek P2-16 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 5 km, maximální traťová rychlost 60 km/h, stoupání 10 ‰, Zdroj: autor

### Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru

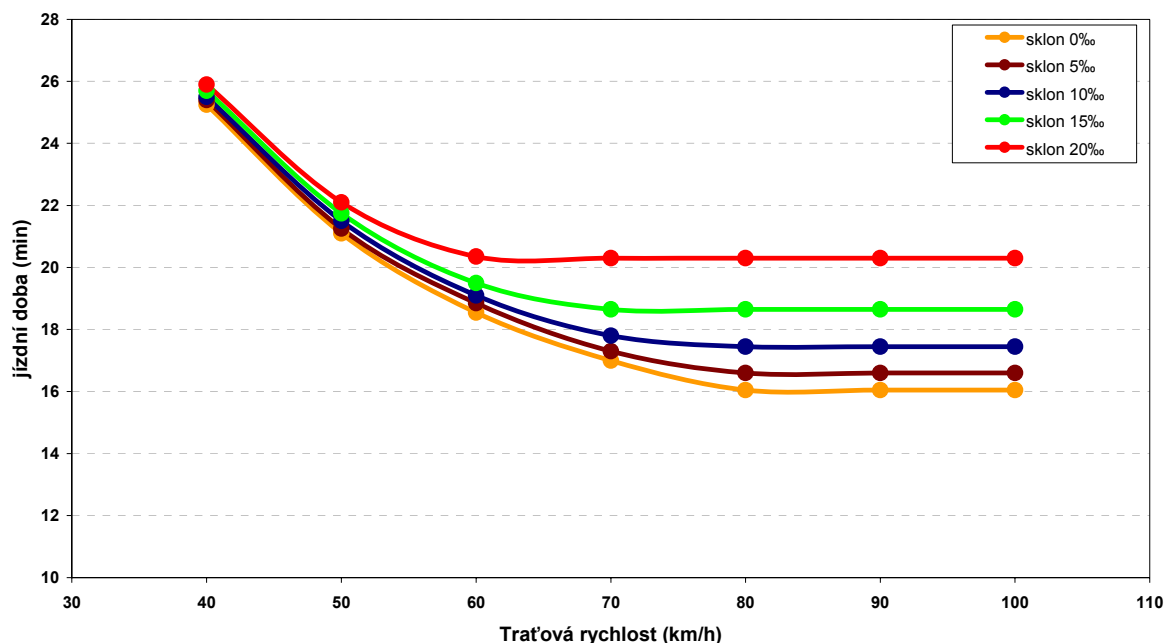
(vzdálenost zastávky 5 km, traťová rychlost 90 km/h, stoupání 10 o/oo, adheze 100%)



Obrázek P2-17 Závislost jízdní doby na měrném výkonu a adhezním poměru soupravy - vzdálenost zastávek 5 km, maximální traťová rychlost 90 km/h, stoupání 10 ‰, Zdroj: autor

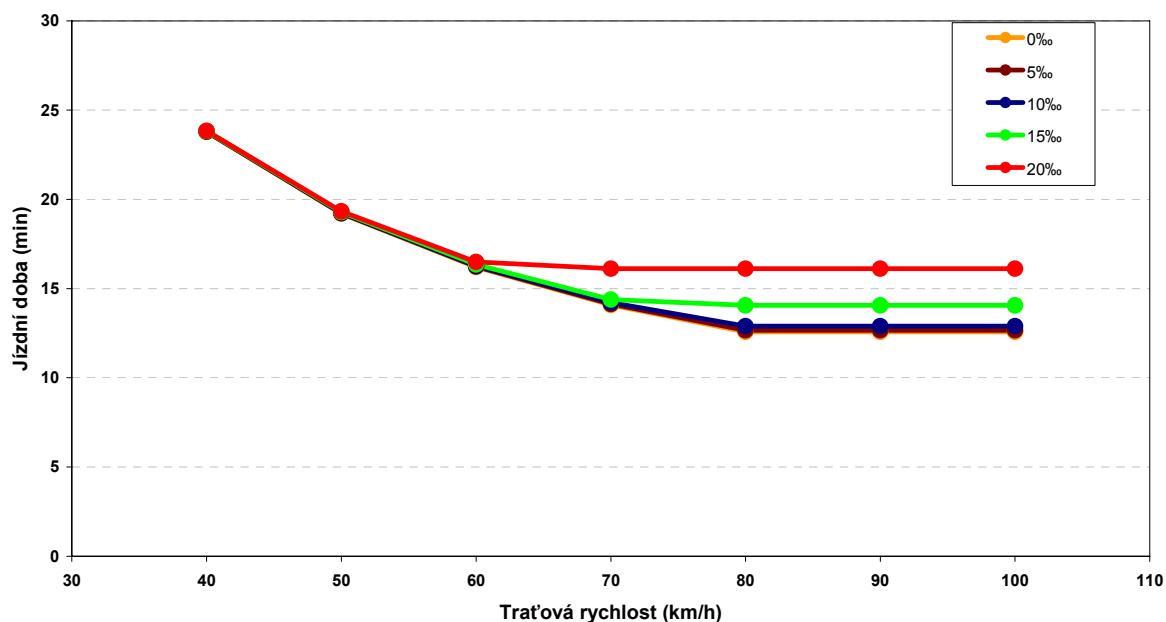


**Závislost doby jízdy vozidla řady 814 na sklonu a maximální traťové rychlosti na 15 km dlouhém úseku, při 6 zastaveních po 3 km, adheze 100%**



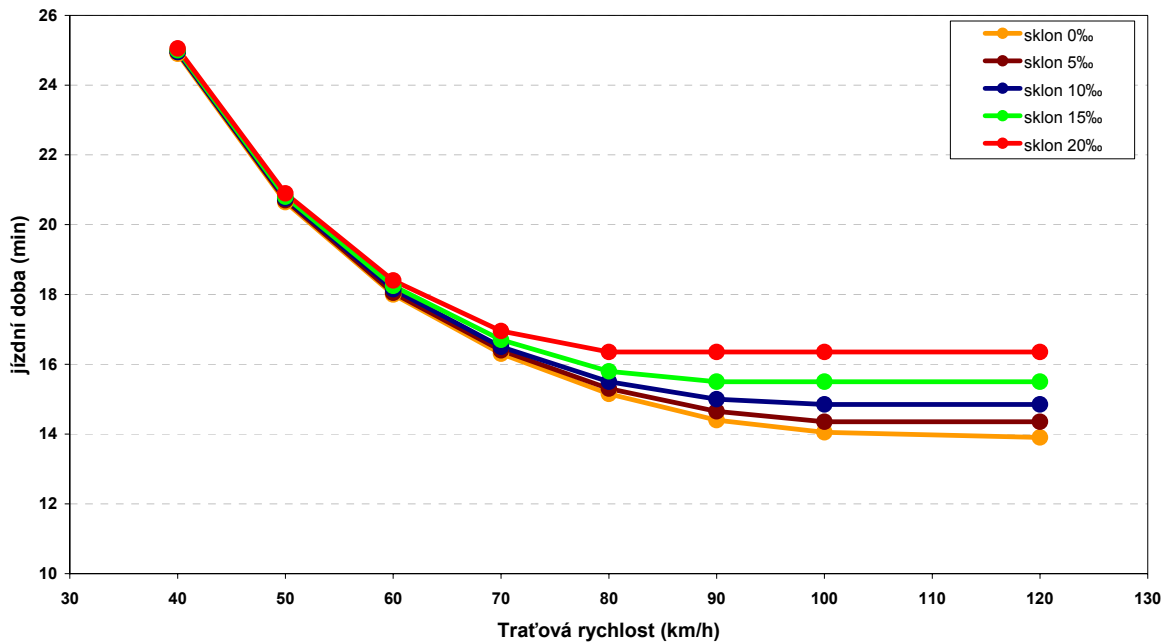
*Obrázek P2-17 Průběh závislosti jízdní doby na traťové rychlosti a sklonu při jízdě na 15 km úseku při zastavení ve všech zastávkách po 3 km pro vozidlo řady 814 s měrným výkonem  $4,26 \text{ kW}\cdot\text{t}^{-1}$  a adhezním poměrem 0,28, Zdroj: autor*

**Závislost doby jízdy vozidla řady 814 na sklonu a maximální traťové rychlosti na 15 km dlouhém úseku, při jízdě se zastavením v krajních stanicích, adheze 100%**



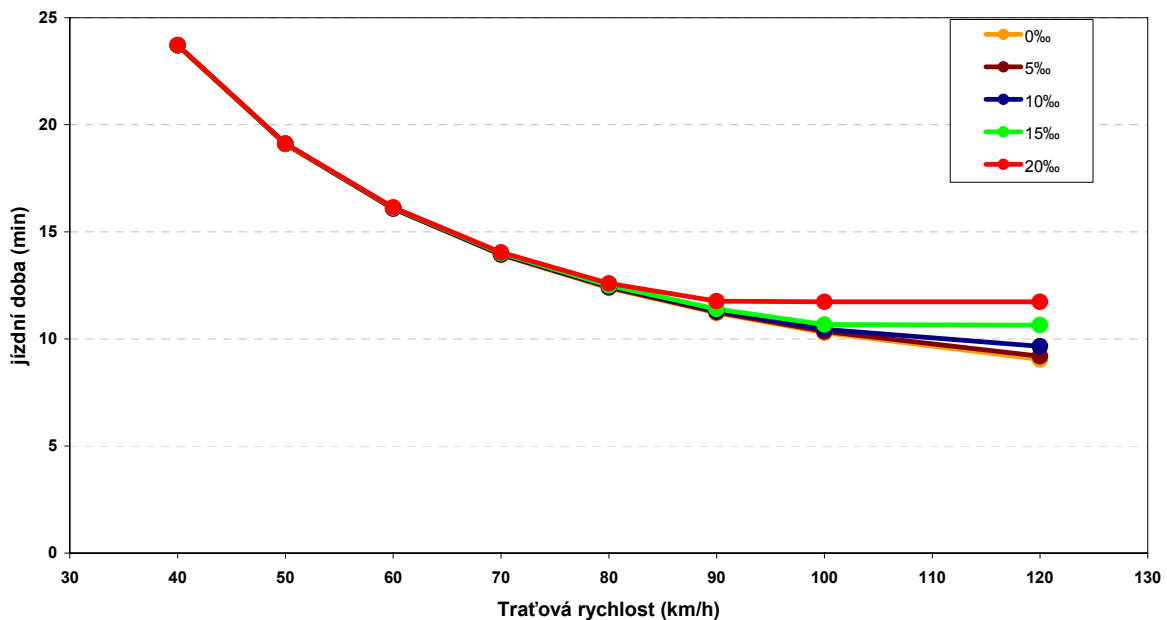
*Obrázek P2-18 Průběh závislosti jízdní doby na traťové rychlosti a sklonu při jízdě na 15 km úseku při zastavení pouze v krajních zastávkách pro vozidlo řady 814 s měrným výkonem  $4,26 \text{ kW}\cdot\text{t}^{-1}$  a adhezním poměrem 0,28, Zdroj: autor*

**Závislost doby jízdy jednotky Desiro na sklonu a maximální traťové rychlosti  
na 15 km dlouhém úseku, při 6 zastaveních po 3 km, adheze 100%**



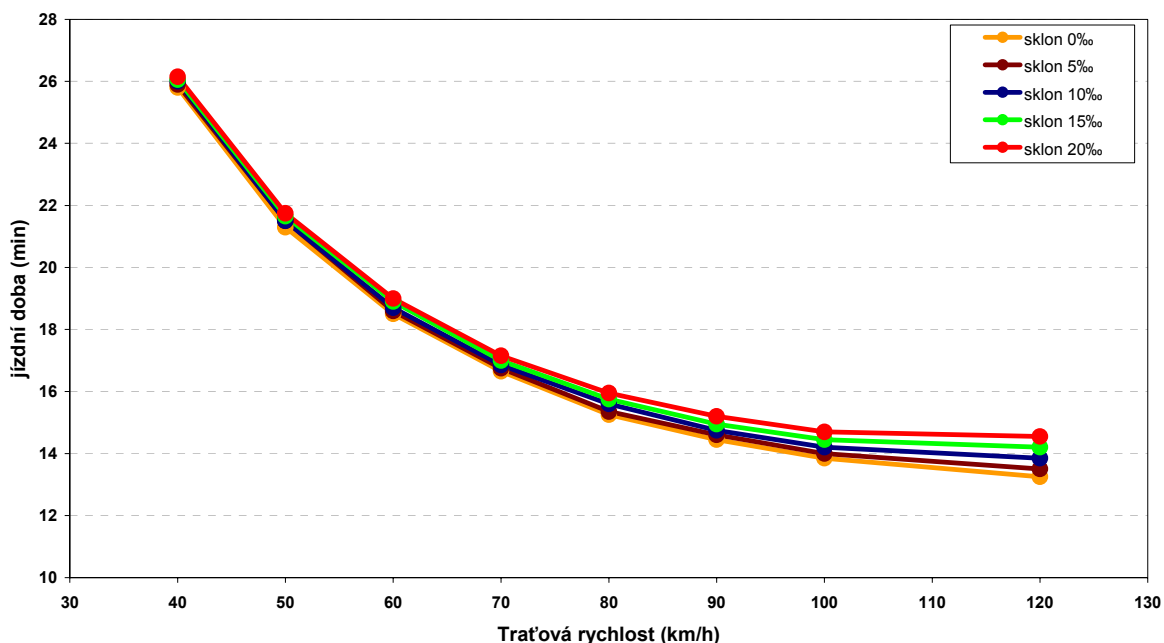
*Obrázek P2-19 Průběh závislosti jízdní doby na traťové rychlosti a sklonu při jízdě na 15 km úseku při zastavení ve všech zastávkách po 3 km pro jednotku Desiro s měrným výkonem  $6,04 \text{ kW}\cdot\text{t}^{-1}$  a adhezním poměrem 0,66, Zdroj: autor*

**Závislost doby jízdy jednotky Desiro na sklonu a maximální traťové rychlosti  
na 15 km dlouhém úseku, při jízdě se zastavením v krajních stanicích, adheze 100%**



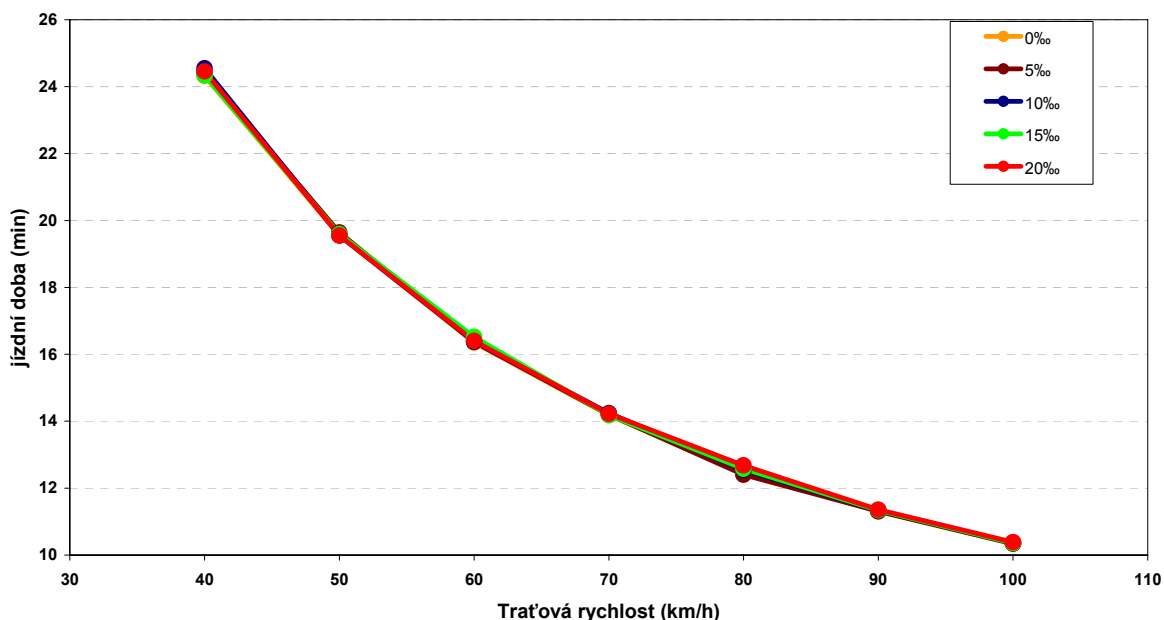
*Obrázek P2-20 Průběh závislosti jízdní doby na traťové rychlosti a sklonu při jízdě na 15 km úseku při zastavení pouze v krajních zastávkách pro jednotku Desiro s měrným výkonem  $6,04 \text{ kW}\cdot\text{t}^{-1}$  a adhezním poměrem 0,66, Zdroj: autor*

**Závislost doby jízdy soupravy 242+4Bt na sklonu a maximální traťové rychlosti  
na 15 km dlouhém úseku, při 6 zastaveních po 3 km, adheze 100%**



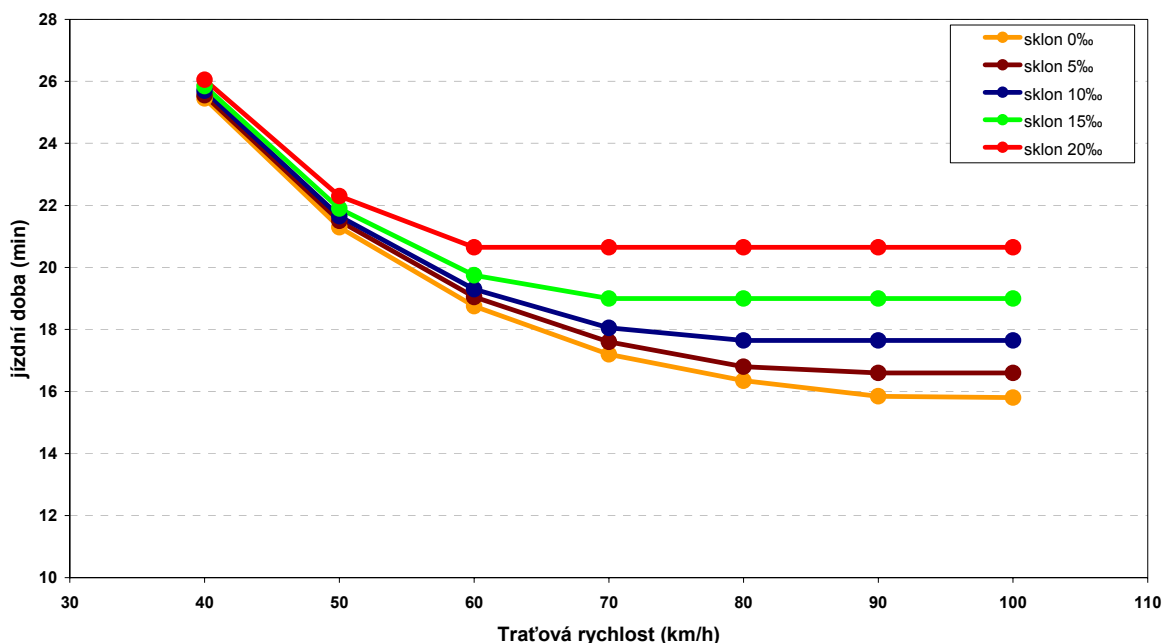
*Obrázek P2-21 Průběh závislosti jízdní doby na traťové rychlosti a sklonu při jízdě na 15 km úseku při zastavení ve všech zastávkách po 3 km pro soupravu 242 + 4x Bt s měrným výkonem 11,18 kW.t<sup>-1</sup> a adhezním poměrem 0,31, Zdroj: autor*

**Závislost doby soupravy 242+4Bt na sklonu a maximální traťové rychlosti  
na 15 km dlouhém úseku, při jízdě se zastavením v krajních stanicích, adheze 100%**



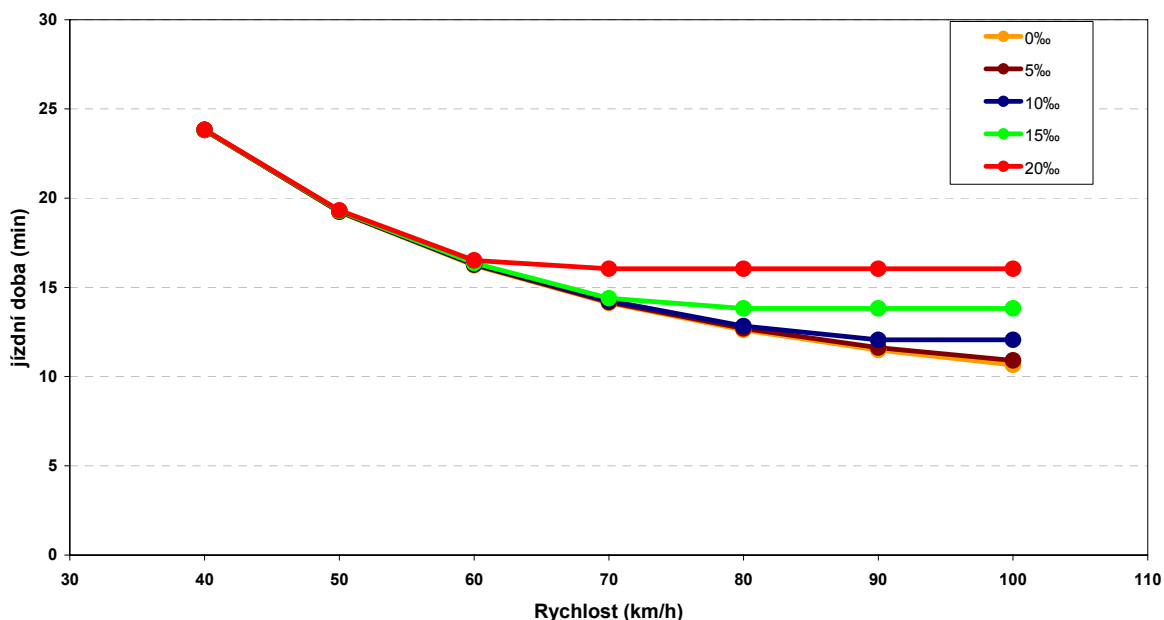
*Obrázek P2-22 Průběh závislosti jízdní doby na traťové rychlosti a sklonu při jízdě na 15 km úseku při zastavení pouze v krajních zastávkách pro soupravu 242 + 4x Bt s měrným výkonem 11,18 kW.t<sup>-1</sup> a adhezním poměrem 0,31, Zdroj: autor*

**Závislost doby jízdy soupravy 754+4Bt na sklonu a maximální traťové rychlosti na 15 km dlouhém úseku, při 6 zastaveních po 3 km, adheze 100%**



*Obrázek P2-23 Průběh závislosti jízdni doby na traťové rychlosti a sklonu při jízdě na 15 km úseku při zastavení ve všech zastávkách po 3 km pro soupravu 754 + 4x Bt s měrným výkonem  $4,32 \text{ kW}\cdot\text{t}^{-1}$  a adhezním poměrem 0,29, Zdroj: autor*

**Závislost doby soupravy 754+4Bt na sklonu a maximální traťové rychlosti na 15 km dlouhém úseku, při jízdě se zastavením v krajních stanicích, adheze 100%**



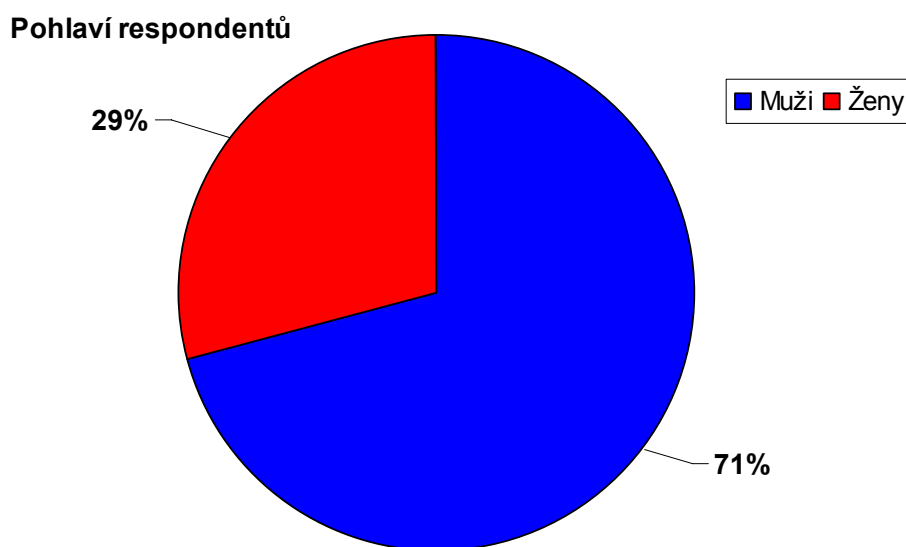
*Obrázek P2-24 Průběh závislosti jízdni doby na traťové rychlosti a sklonu při jízdě na 15 km úseku při zastavení pouze v krajních zastávkách pro soupravu 754 + 4x Bt s měrným výkonem  $4,32 \text{ kW}\cdot\text{t}^{-1}$  a adhezním poměrem 0,29, Zdroj: autor*

## Příloha P3 - Dotazník k chování cestujících

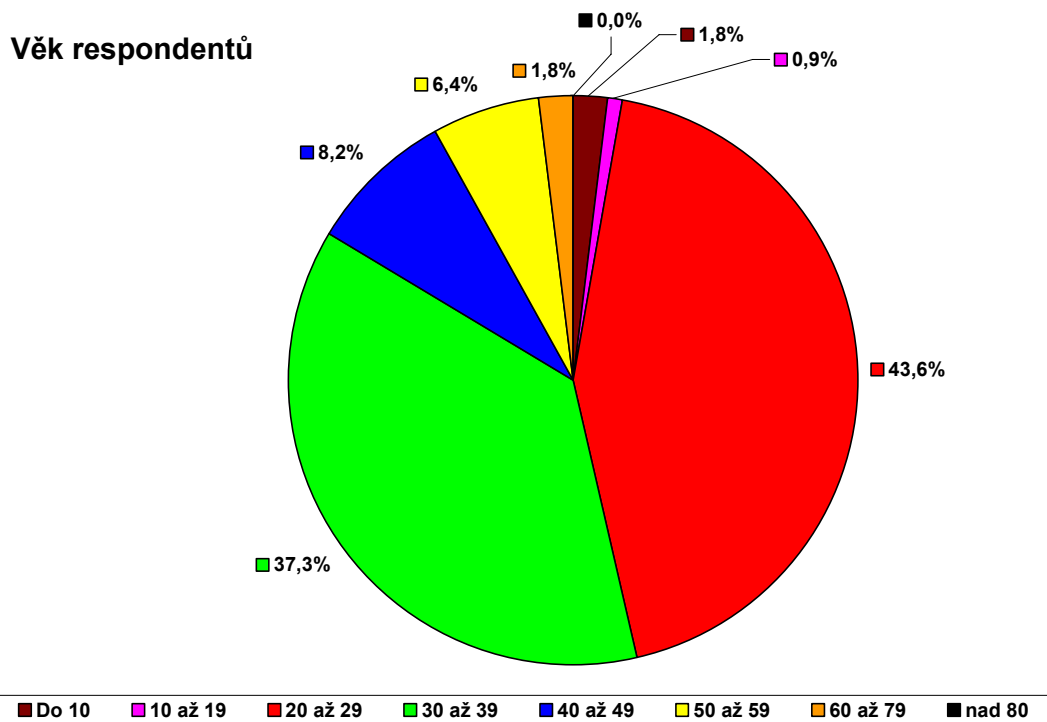
Pro účely disertační práce byla uspořádána anketa, která rámcově mapovala chování cestujících při dojížděce dopravními prostředky. Respondentům byl zaslán dotazník s 22 otázkami. Byly zjišťovány následující okruhy dotazů:

- specifikace respondentů (pohlaví, věk, velikost bydliště nebo místa trvalého pobytu),
- způsob dojížděky do zaměstnání, za nákupy a ve volném čase,
- doba dojížděky do zaměstnání, resp. do školy (celková doba, doba strávená v dopravním prostředku, doba docházky k/od dopravního prostředku doma a v cíli cesty),
- subjektivní vnímání dostupnosti veřejné dopravy (vzdálenost, čas) a optimální a akceptovatelná dostupnost (časová, vzdálenostní) libovolného prostředku veřejné dopravy, vlaku a autobusu (linkového, ne MHD),
- akceptovatelná doba přestupu, resp. čekání na spoj veřejné dopravy,
- subjektivní vnímání kvality vlaku a autobusu a schopnosti ohodnocení jednotky času (minuta, hodina) strávené v prostředku veřejné dopravy v korunách (Kč.min<sup>-1</sup>, Kč.h<sup>-1</sup>).

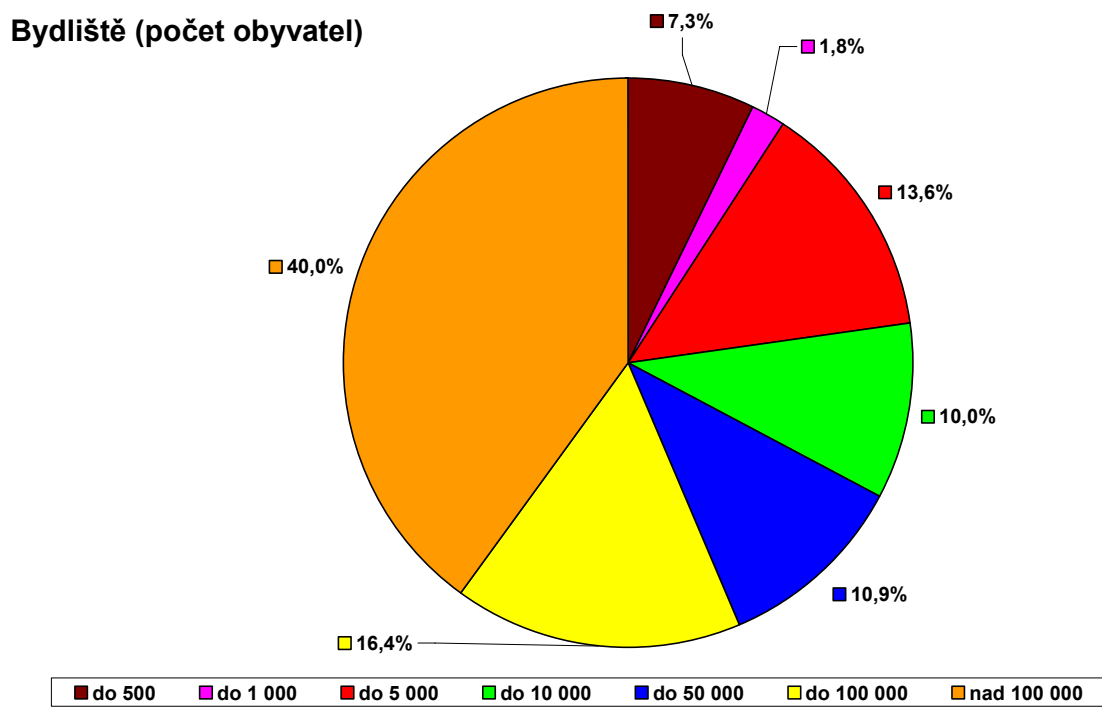
Na anketu odpovědělo 110 respondentů, přičemž jejich skladba byla následující:



Obrázek P3-1 Podíl mužů a žen, Zdroj: autor



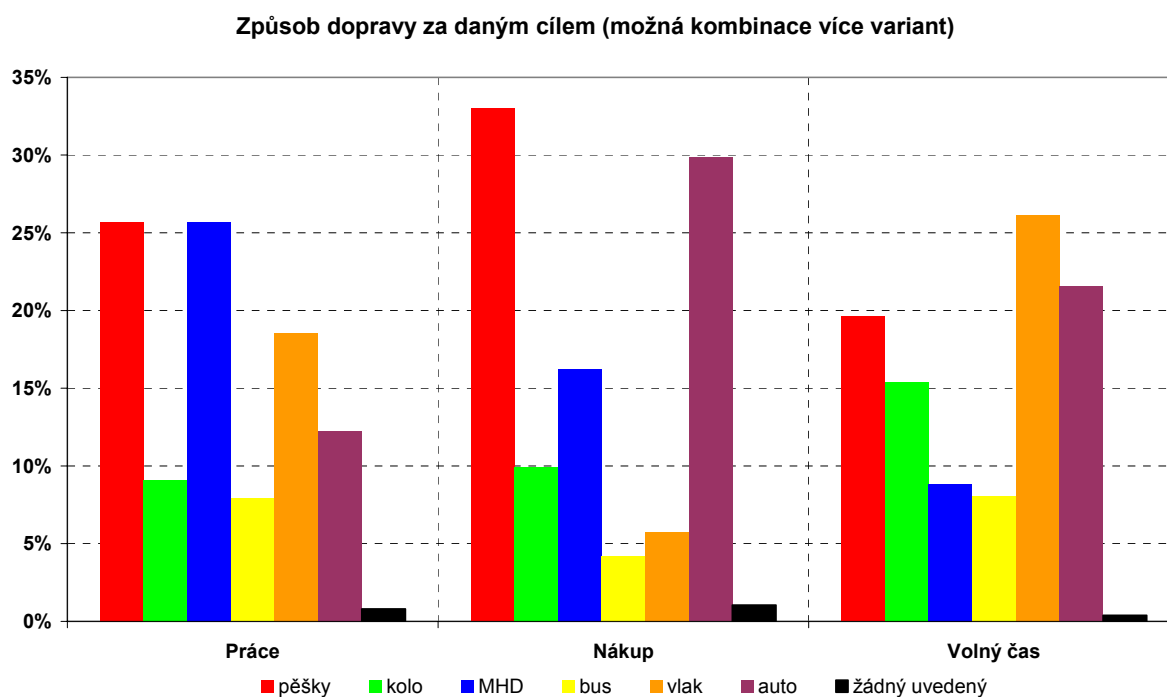
Obrázek P3-2 Věkový podíl respondentů, Zdroj: autor



Obrázek P3-3 Bydliště respondentů (velikost sídla, kde respondent trvale bydlí nebo dlouhodobě pobývá), Zdroj: autor

Z obrázku P3-2 je patrné, že z 80% převažuje věková skupina respondentů 20 - 39 let. Vzhledem k danému převažujícímu věku respondentů může docházet k určitému zkreslení získaných údajů. K objektivnějším výsledkům by přispěla větší skupina osob ve věku 40 - 60 let.

Místo bydliště nebo trvalejšího přebývání bylo u dotazovaných zastoupeno nejvíce obcemi nad 100 000 obyvatel (40%). Na dalším místě byli respondenti z obcí od 50 do 100 tisíce obyvatel (16,4%), následováni obcemi od 1000 do 5000 obyvatel (13,6%), od 10 tisíc do 50 tisíc (10,9%) a od 5 do 10 tisíc (10%) obyvatel. Nejméně zastoupeni byli respondenti z obcí do 5 tisíc obyvatel. Výše uvedená skutečnost opět může zkreslovat dosažené závěry, zejména v případě, pokud by měly být výsledky aplikovány na menší sídla. V případě dalšího podobného výzkum by bylo vhodné se na tyto obce více zaměřit.



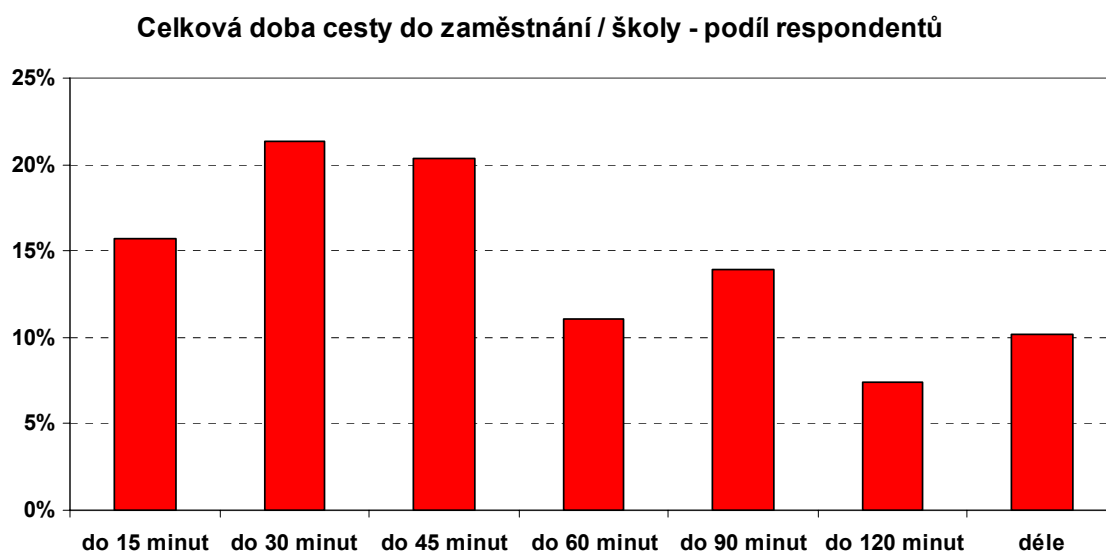
Obrázek P3- 4 Způsob dopravy za daným účelem a cílem, Zdroj: autor

Dále byly vyhodnoceny otázky způsobu dopravování do zaměstnání, za nákupy a ve volném čase. Možnou odpovědí byla i kombinace více způsobů dopravy.

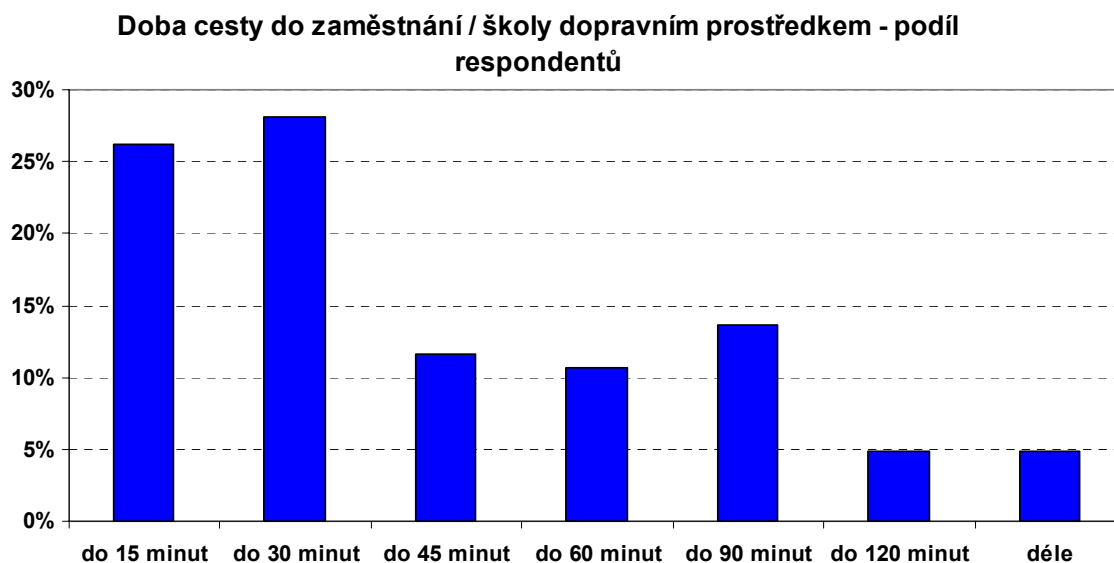
Pro cesty do zaměstnání či do školy je z grafu patrné, že převládá pěší chůze (26%) s jízdou v MHD (26%, dáno vysokým podílem osob z obcí nad 50 000 obyvatel, kde často bývá MHD). Na dalším místě se umístil vlak (19%) následovaný osobním automobilem (12%).

U cest za nákupy převládá vysoký podíl pěší chůze (33%), těsně následovaný osobním automobilem (29%). Dále se umístila cesta v prostředcích MHD (16%), což opět potvrzuje vysoký podíl respondentů z velkých sídel. U cest za nákupy je patrné, že nejsou příliš realizované vlakem nebo linkovým autobusem nezávisle na velikosti obce.

U cesty absolvovaných za účelem volného času převládá u respondentů vlak (26%). Zde mohlo dojít k určitému zkreslení díky relativně vyššímu podílu dotazovaných pracujících u Českých drah, kteří vlastní režijní jízdenku opravňující k bezplatným cestám vlakem. Následuje osobní automobil (22%), pěší chůze (20%) a jízda na kole (15%).

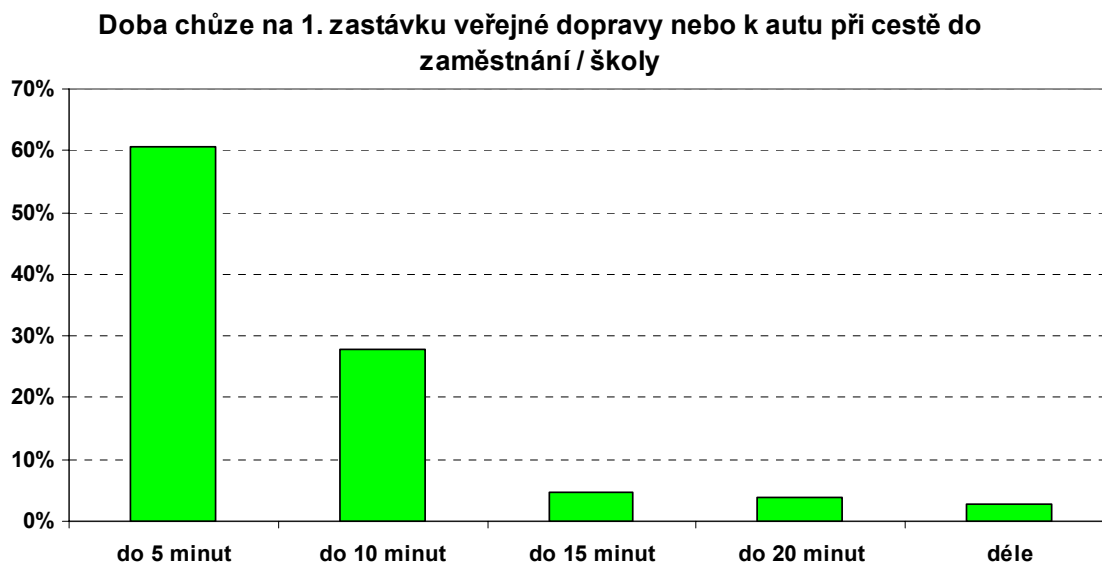


Obrázek P3-5 Podíl respondentů na celkové době cesty do zaměstnání nebo do školy,  
Zdroj: autor

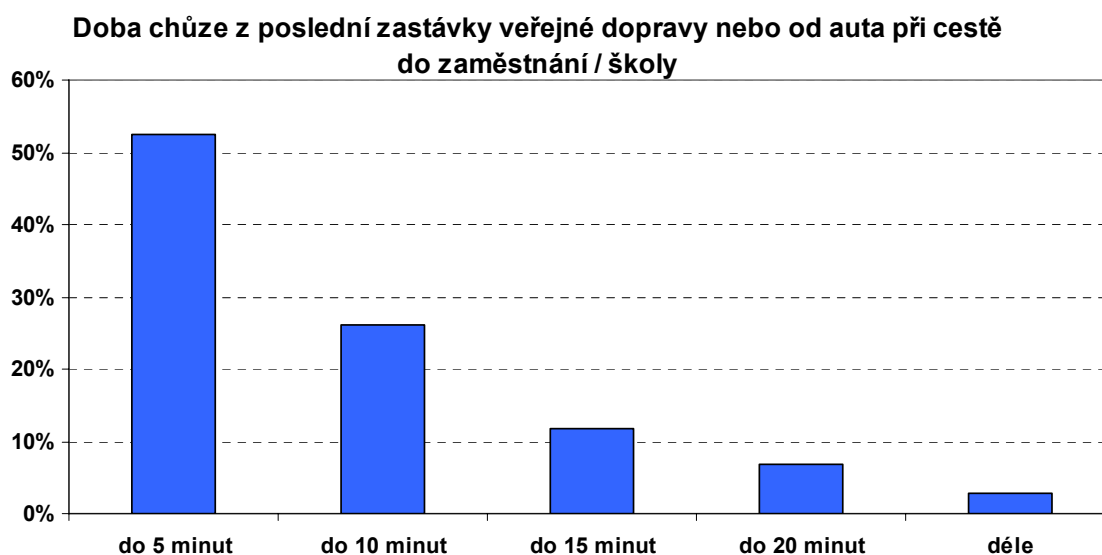


Obrázek P3-6 Podíl respondentů na době cesty do zaměstnání nebo do školy strávené v dopravním prostředku, Zdroj: autor





Obrázek P3-7 Podíl respondentů na době chůze k autu nebo na 1. zastávku veřejné dopravy při cestě do zaměstnání nebo do školy, Zdroj: autor

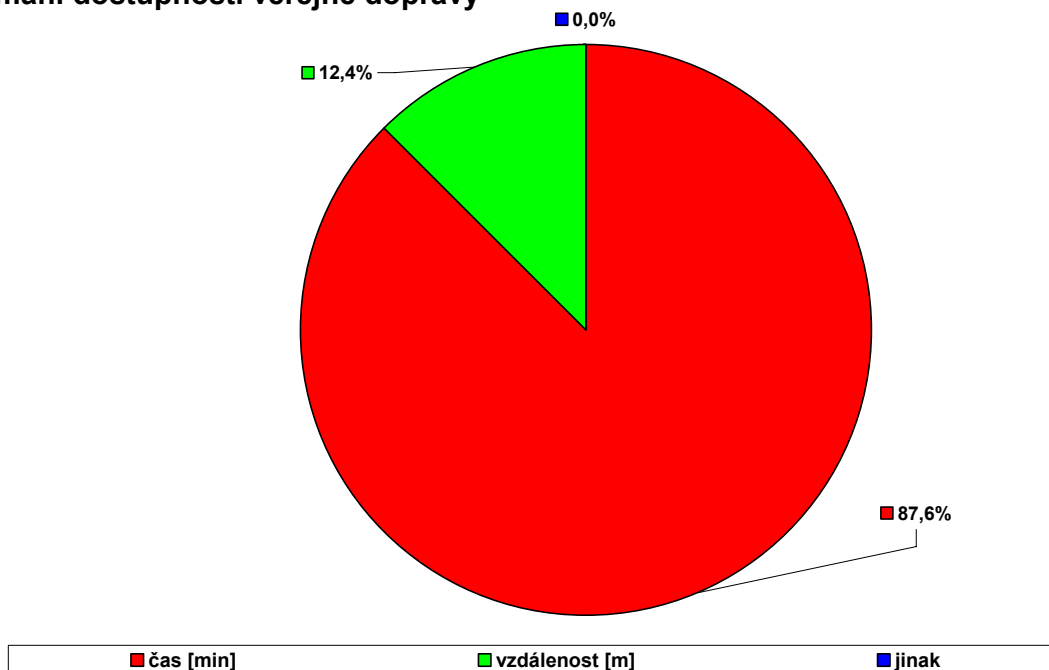


Obrázek P3-8 Podíl respondentů na době chůze od auta nebo od poslední zastávky veřejné dopravy při cestě do zaměstnání nebo do školy, Zdroj: autor

V obrázcích P3-5 až P3-8 jsou shrnuty údaje o stávajících cestách respondentů do zaměstnání nebo školy. Zajímavé jsou údaje týkající se doby docházky z místa bydliště k autu nebo na první zastávku veřejné dopravy a od auta či zastávky veřejné dopravy do cíle cesty. V obou případech převládá výrazně doba 5 minut (50% - 60%), následovaná 10 minutami (cca 25% v obou případech). Interpretace může být různá, nicméně lze odvodit

vliv vysoký podíl respondentů z obcí nad 50 000 obyvatel s kvalitní dostupností MHD do 5 až 10 minut chůze.

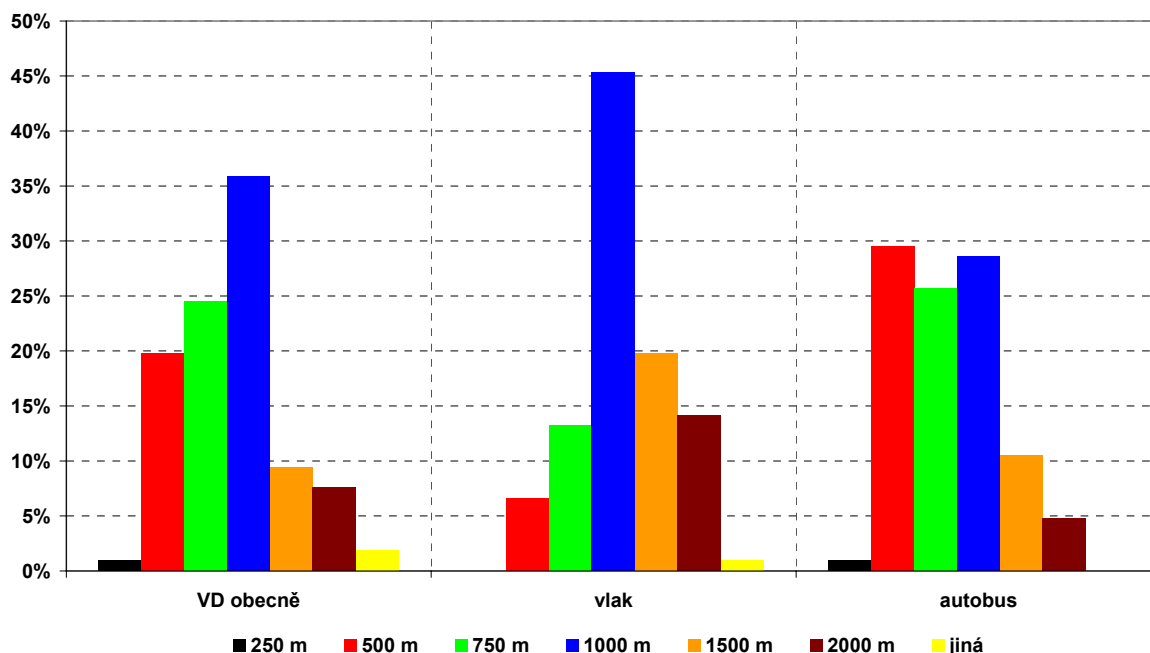
### Vnímání dostupnosti veřejné dopravy



Obrázek P3-9 Podíl respondentů z hlediska subjektivního vnímání dostupnosti zastávek veřejné dopravy, Zdroj: autor

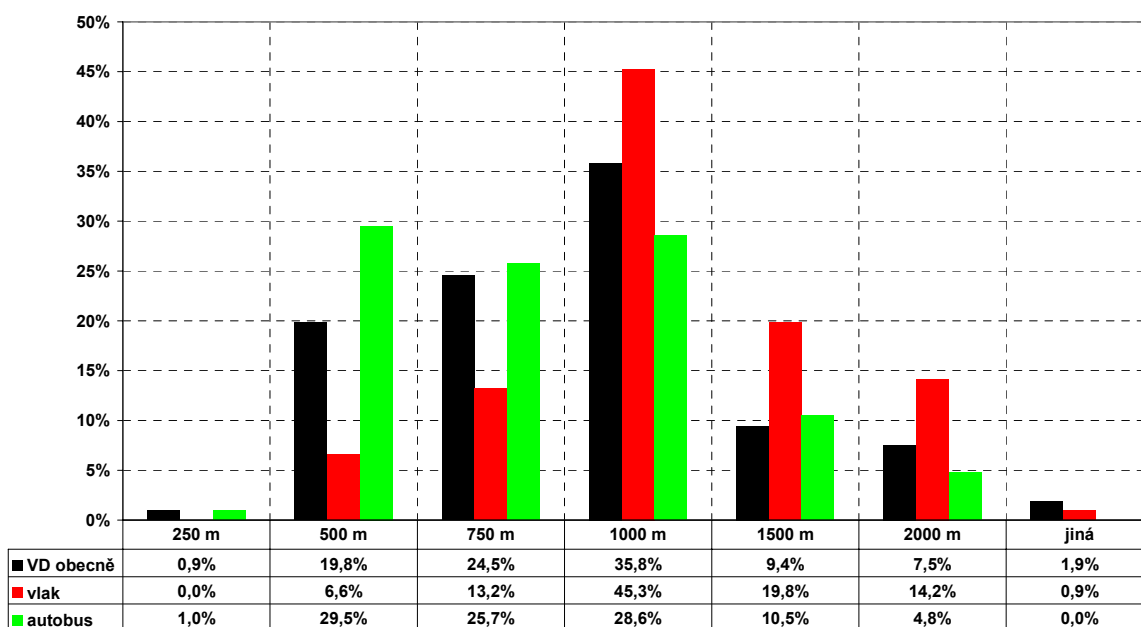
Obrázek P3-9 ukazuje, v jakých veličinách respondenti vnímají dostupnost veřejné dopravy. Skoro 90% dotázaných uvedlo, že je pro ně určujícím časové hledisko.

**Akceptovatelná docházková vzdálenost - podíl respondentů (vztaženo k prostředku VD)**



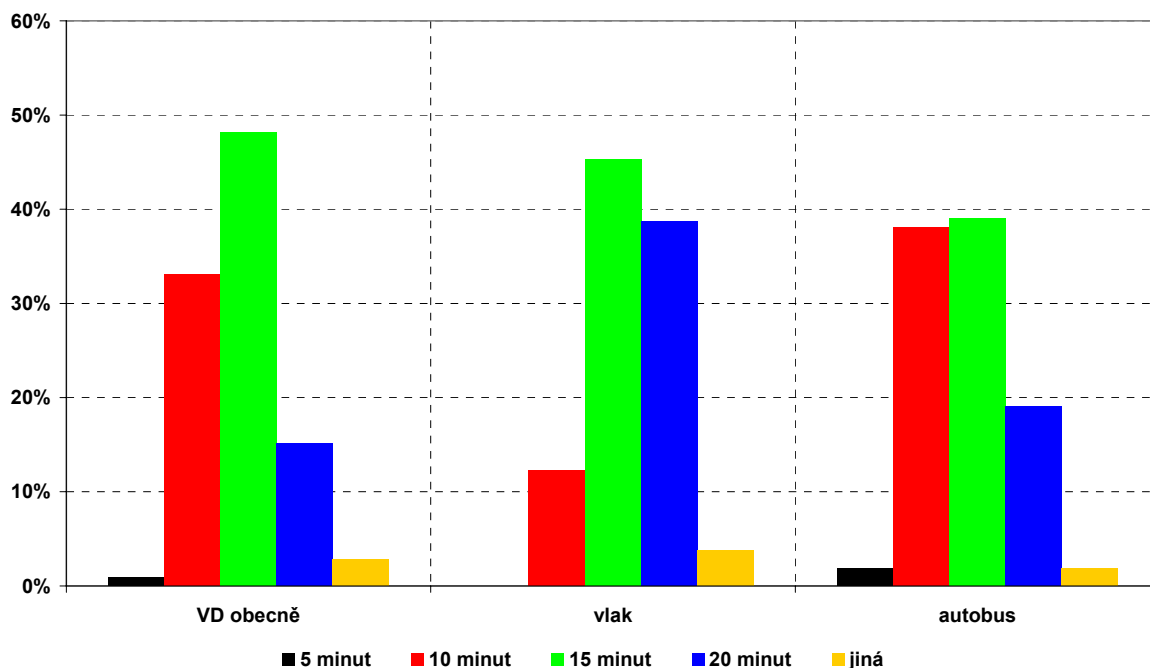
*Obrázek P3-10 Podíl respondentů z hlediska akceptovatelné docházkové vzdálenosti na zastávku veřejné dopravy (vztaženo k prostředku veřejné dopravy) při jízdě nad 30 minut, Zdroj: autor*

**Akceptovatelná docházková vzdálenost - podíl respondentů (vztaženo k vzdálenosti)**



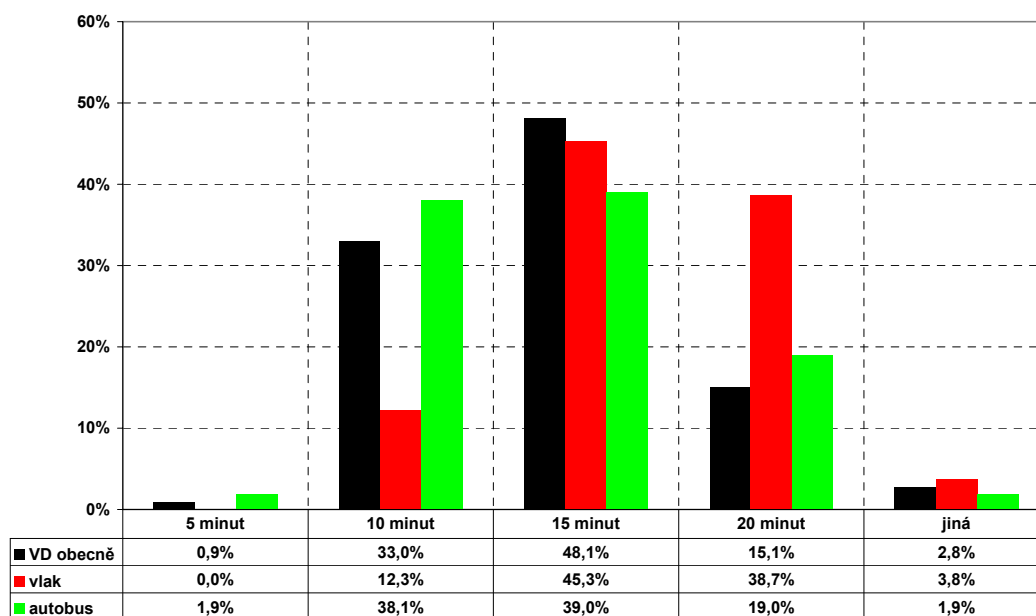
*Obrázek P3-11 Podíl respondentů z hlediska akceptovatelné docházkové vzdálenosti na zastávku veřejné dopravy (vztaženo k docházkové vzdálenosti na zastávku) při jízdě nad 30 minut, Zdroj: autor*

**Akceptovatelná doba docházky - podíl respondentů (vztaženo k prostředku VD)**



*Obrázek P3-12 Podíl respondentů z hlediska akceptovatelné doby docházky na zastávku veřejné dopravy (vztaženo k prostředku veřejné dopravy) při jízdě nad 30 minut, Zdroj: autor*

**Akceptovatelná doba docházky - podíl respondentů (vztaženo k času)**

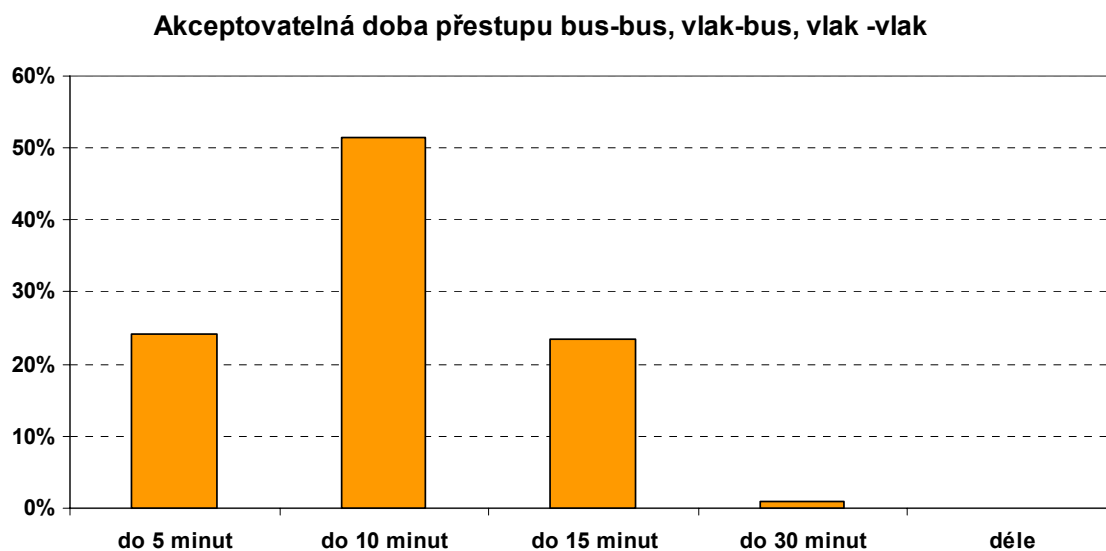


*Obrázek P3-13 Podíl respondentů z hlediska akceptovatelné doby docházky na zastávku veřejné dopravy (vztaženo k docházkové vzdálenosti na zastávku) při jízdě nad 30 minut, Zdroj: autor*

V obrázcích P3-10 a P3-11 je znázorněn podíl akceptovatelné docházkové vzdálenosti na zastávku veřejné dopravy na obecný prostředek veřejné dopravy, na vlak a na linkový autobus při následné době cesty delší než 30 minut. Z obou grafů je zřejmé, že pro většinu respondentů má největší zastoupení akceptovatelná docházková vzdálenost na vlak 1000 m (45%) a pak 1500 m (20%). Na autobus linkové dopravy byli respondenti ochotni akceptovat docházku 500m až 1000 m s podílem 25% resp. 30%.

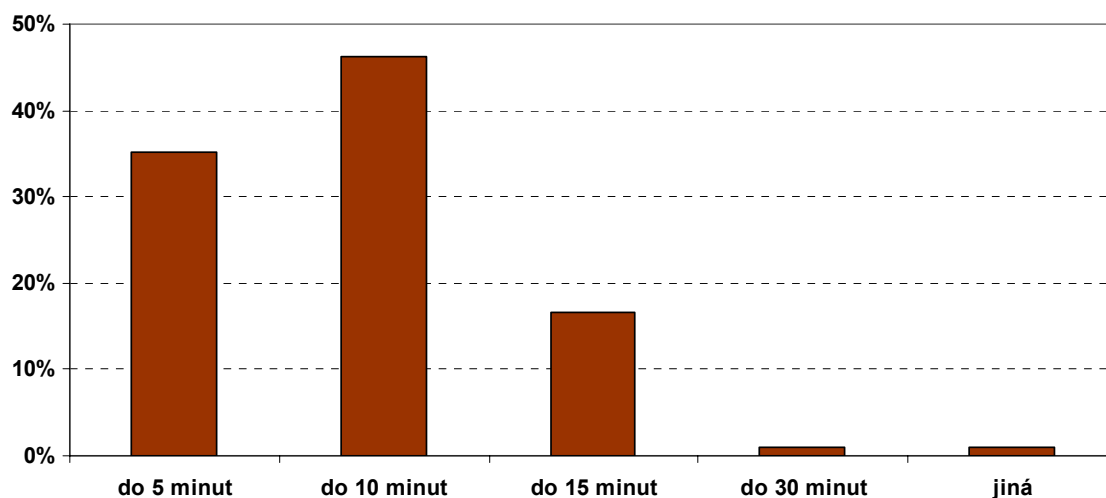
Obrázky P3-12 a P3-13 ukazují podíl akceptovatelné doby docházky na zastávku veřejné dopravy, na obecný prostředek veřejné dopravy, na vlak a na linkový autobus opět při následné době cesty delší než 30 minut. Akceptovatelná doba docházky na vlak byla pro většinu respondentů 15 minut (45%), resp. 20 minut (39%). Na autobus linkové dopravy byli respondenti ochotni akceptovat dobu docházky 10 minut (38% dotázaných), resp. 15 minut (39% dotázaných).

Hodnocení akceptovatelné doby přestupu mezi spoji veřejné dopravy mimo MHD a dobu čekání na spoj (opět mimo MHD) při cestě do zaměstnání či školy jsou znázorněna v obrázcích P3-14 a P3-15. Je patrné, že v obou případech převládá maximální doba 10 minut v 5 minutové škále. V prvním případě s 51%, v druhém se 46% podílem odpovědí respondentů.



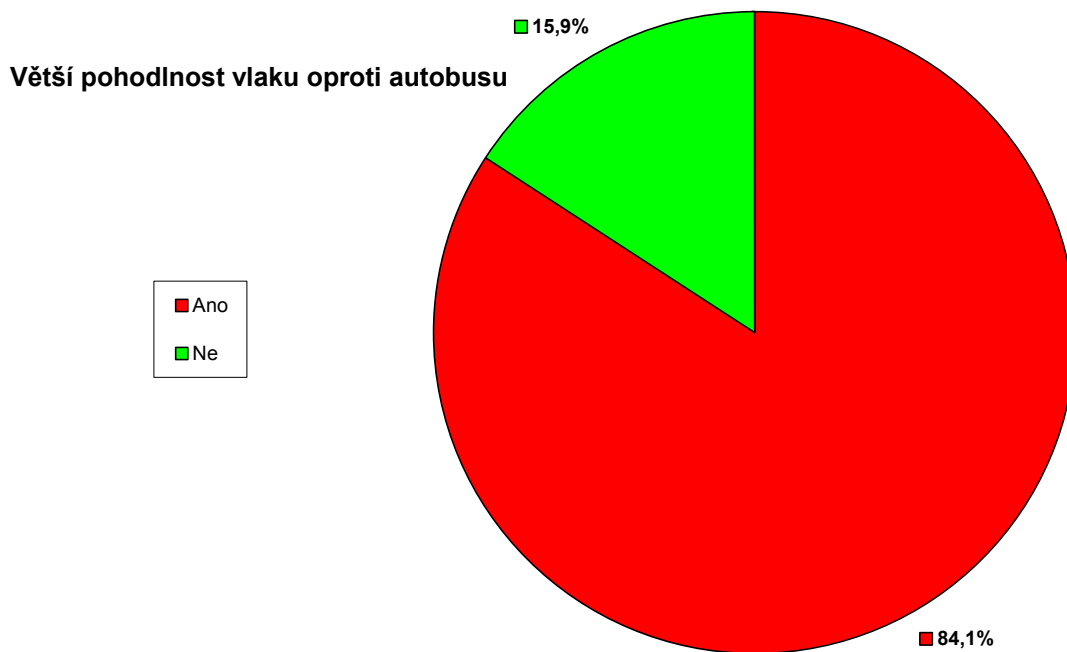
*Obrázek P3-14 Podíl respondentů z hlediska akceptovatelné doby přestupu mezi prostředky veřejné dopravy (mimo MHD), Zdroj: autor*

### Akceptovatelná doba čekání na spoj při jízdě do práce / školy

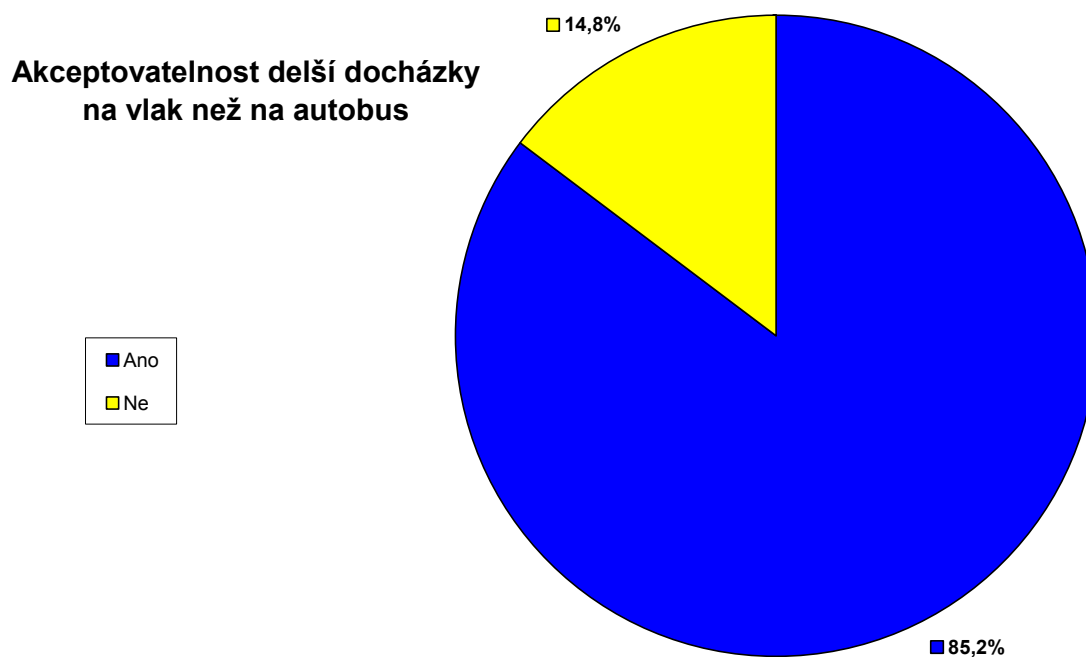


Obrázek P3-15 Podíl respondentů z hlediska akceptovatelné doby čekání na spoj veřejné dopravy (mimo MHD), Zdroj: autor

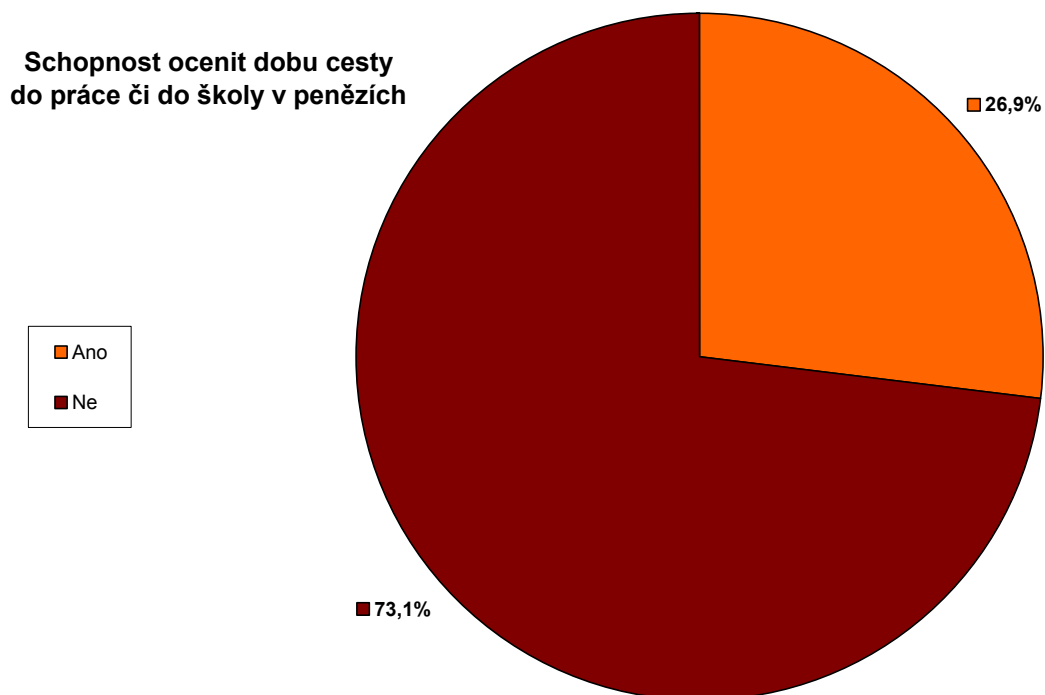
S otázkami vyhodnocenými v obrázcích P3-16 a P3-17 souvisí vnímání obecné kvality vlaku a autobusu z hlediska pohodlnosti přepravy, resp. ochotě cestujících absolvovat delší cestu na vlak než na autobus. V obou případech byl akceptován vlak jako komfortnější (84%), resp. s větší mírou ochoty docházky na zastávku (85%). U vlaku byl (odhlédneme-li od stávající různorodé kvality vozidel Českých drah) oceňován např. větší prostor, možnost se projít, klidnější jízda. V případě akceptovatelnosti delší docházky na vlak byly často dávány doplňující podmínky vázající kladnou odpověď na výši ceny přepravy, poměru doby docházky a doby vlastní cesty vlakem.



Obrázek P3-16 Posouzení obecně větší pohodlnosti vlaku oproti autobusu, Zdroj: autor



Obrázek P3-17 Posouzení obecně větší pohodlnosti vlaku oproti autobusu, Zdroj: autor



Obrázek P3-18 Podíl respondentů vyjádřit ocenění doby cesty do práce nebo do školy v penězích (Kč.h<sup>-1</sup>, Kč.min<sup>-1</sup>), Zdroj: autor

Poslední dotazy se týkaly schopnosti respondentů ocenit absolvovanou dobu strávenou na cestě do školy/zaměstnání v penězích.  $\frac{3}{4}$  respondentů toto nedokázalo odhadnout. Z 29 kladných odpovědí pak pouze 24 uvedlo konkrétní hodnotu ceny ocenění doby cesty. Maximální hodnota byla 500 Kč za hodinu cesty, minimální pak 50 Kč.h<sup>-1</sup>. Průměrná částka vychází 174 Kč za hodinu.

### Závěr

Realizovaný dotazník rámcově mapoval chování cestujících v dopravě. Byl realizován za účel získání určitého přehledu pro účely disertační práce. Vzhledem k omezenému počtu respondentů a ne zcela reprezentativnímu vzorku dotazovaných jak z hlediska věku, tak místa bydliště, nemusí zcela odrážet realitu.

Z dosažených výsledků vyplývá:

- Respondenti vnímají dostupnost veřejné dopravy spíše v časových než vzdálenostních veličinách.
- Respondenti vnímají obecně vyšší komfortnost vlaku především díky většímu prostoru, možnosti se projít, klidnější jízdě a jsou ochotni na vlak absolvovat delší



cestu než na autobus. Toto však neplatí absolutně, důležitou roli hraje poměr doby cesty a doby docházky, příp. cena za přepravu.

- Výše uvedené skutečnosti byly potvrzeny i v dotazech na akceptovatelnou dobu docházky, resp. docházkovou vzdálenost na zastávku vlaku a autobus. Na vlak jsou respondenti ochotni absolvovat 1000 až 1500 metrů, resp. 15 až 20 minut. Autobus akceptují od 500 do 1000 metrů, resp. od 10 do 15 minut doby docházky.
- Většina respondentů nedokáže ocenit v penězích čas strávený na cestě do zaměstnání. Z kladných odpovědí (cca  $\frac{1}{4}$ ) vychází průměrná hodnota 174 Kč za hodinu cesty vlakem, což odpovídá zhruba 2,9 Kč za minutu jízdy.

## Souhrn dosažených výsledků

Počet respondentů celkem	110
--------------------------	-----

Pohlaví	Podíl	Počet osob
muži	70,9%	78
ženy	29,1%	32

Věk (roky)	Podíl	Počet osob
Do 10	1,8%	2
10 až 19	0,9%	1
20 až 29	43,6%	48
30 až 39	37,3%	41
40 až 49	8,2%	9
50 až 59	6,4%	7
60 až 79	1,8%	2
nad 80	0,0%	0

Bydliště (počet obyvatel)	Podíl	Počet osob
do 500	7,3%	8
do 1 000	1,8%	2
do 5 000	13,6%	15
do 10 000	10,0%	11
do 50 000	10,9%	12
do 100 000	16,4%	18
nad 100 000	40,0%	44

Vnímání dostupnosti VD	Podíl	Počet osob
čas [min]	87,6%	99
vzdálenost [m]	12,4%	14
jinak	0,0%	0

Dojíždka práce (způsob)	Podíl	Počet osob
pěšky	25,7%	65
kolo	9,1%	23
MHD	25,7%	65
bus	7,9%	20
vlak	18,6%	47
auto	12,3%	31
žádný uvedený	0,8%	2

Dojíždka nákup (způsob)	Podíl	Počet osob
pěšky	33,0%	63
kolo	9,9%	19
MHD	16,2%	31
bus	4,2%	8
vlak	5,8%	11

auto	29,8%	57
žádný uvedený	1,0%	2

Dojíždka volný čas (způsob)	Podíl	Počet osob
pěšky	19,6%	51
kolo	15,4%	40
MHD	8,8%	23
bus	8,1%	21
vlak	26,2%	68
auto	21,5%	56
žádný uvedený	0,4%	1

Cesta do práce celkem (čas)	Podíl	Počet osob
do 15 minut	15,7%	17
do 30 minut	21,3%	23
do 45 minut	20,4%	22
do 60 minut	11,1%	12
do 90 minut	13,9%	15
do 120 minut	7,4%	8
déle	10,2%	11

Cesta do práce VD/auto (čas)	Podíl	Počet osob
do 15 minut	26,2%	27
do 30 minut	28,2%	29
do 45 minut	11,7%	12
do 60 minut	10,7%	11
do 90 minut	13,6%	14
do 120 minut	4,9%	5
déle	4,9%	5

Cesta do práce na 1. zastávku / k autu (čas)	Podíl	Počet osob
do 5 minut	60,6%	63
do 10 minut	27,9%	29
do 15 minut	4,8%	5
do 20 minut	3,8%	4
déle	2,9%	3

Cesta do práce z poslední zastávky / od auta (čas)	Podíl	Počet osob
do 5 minut	52,4%	54
do 10 minut	26,2%	27
do 15 minut	11,7%	12
do 20 minut	6,8%	7
déle	2,9%	3

Akceptovatelná docházková vzdálenost - libovolný prostředek VD	Podíl	Počet osob
250 m	0,9%	1
500 m	19,8%	21
750 m	24,5%	26
1000 m	35,8%	38
1500 m	9,4%	10
2000 m	7,5%	8
jiná	1,9%	2

Akceptovatelná doba docházky - libovolný prostředek VD	Podíl	Počet osob
5 minut	0,9%	1
10 minut	33,0%	35
15 minut	48,1%	51
20 minut	15,1%	16
jiná	2,8%	3

Akceptovatelná docházková vzdálenost - vlak	Podíl	Počet osob
250 m	0,0%	0
500 m	6,6%	7
750 m	13,2%	14
1000 m	45,3%	48
1500 m	19,8%	21
2000 m	14,2%	15
jiná	0,9%	1

Akceptovatelná doba docházky - vlak	Podíl	Počet osob
5 minut	0,0%	0
10 minut	12,3%	13
15 minut	45,3%	48
20 minut	38,7%	41
jiná	3,8%	4

Akceptovatelná docházková vzdálenost - bus	Podíl	Počet osob
250 m	1,0%	1
500 m	29,5%	31
750 m	25,7%	27
1000 m	28,6%	30
1500 m	10,5%	11
2000 m	4,8%	5
jiná	0,0%	0

Akceptovatelná doba docházky - bus	Podíl	Počet osob
5 minut	1,9%	2
10 minut	38,1%	40
15 minut	39,0%	41
20 minut	19,0%	20
jiná	1,9%	2

Akceptovatelná doba přestupu při cestě do školy / práce, bus-bus, vlak - vlak, vlak - bus	Podíl	Počet osob
do 5 minut	24,3%	26
do 10 minut	51,4%	55
do 15 minut	23,4%	25
do 30 minut	0,9%	1
déle	0,0%	0

Akceptovatelná doba čekání při cestě do školy / práce,	Podíl	Počet osob
do 5 minut	35,2%	38
do 10 minut	46,3%	50
do 15 minut	16,7%	18
do 30 minut	0,9%	1
jiná	0,9%	1

Je vlak více pohodlný než bus	Podíl	Počet osob
ano	84,1%	90
ne	15,9%	17

Akceptace delší docházky na vlak než na autobus	Podíl	Počet osob
ano	85,2%	92
ne	14,8%	16

Dokážete ocenit cestu do práce školy (penězi)	Podíl	Počet osob
ano	26,9%	29
ne	73,1%	79

odpovědí ano s částkou v Kč	osoby	24
průměr Kč/hod	Kč	174
max	Kč	500
min	Kč	50

## Text dotazníku

### Jednoduchý dotazník k dostupnosti zastávek veřejné dopravy

Dotazník je koncipován zjednodušeně k některým aspektům cestování veřejnou dopravou a autem. Cílem je zjistit, jakou dobu přepravy pro přepravu do školy nebo do zaměstnání respondenti subjektivně vnímají jako optimální. Pohled na dobu přepravy je v několika rovinách. Jednak jako celková doba přepravy (chůze na zastávku či k autu, jízda dopravním prostředkem, chůze do cíle cesty) resp. její jednotlivé v závorce uvedené části. Respondent je dotazován, jak subjektivně lépe vnímá parametr docházkové vzdálenosti - zda ve vlastní absolutní vzdálenosti (metry) či v době docházky (minuty). Dále je zjišťováno, jakou docházkovou vzdálenost na zastávku veřejné dopravy považuje dotazovaný za subjektivně optimální, pokud by pravidelně do cíle své cesty cestoval libovolným prostředkem veřejné dopravy. Tentýž dotaz je směřován v případě cesty vlakem nebo linkovým autobusem. Respondent je dotazován na akceptovatelnou dobu přestupu a dobu čekání na spoj na zastávce veřejné dopravy.

Dále je zjišťováno, zda cestující považuje všeobecně cestu vlakem oproti cestě autobusem za více pohodlnou a dále, zda by byl ochoten docházet na vlak delší vzdálenost než na autobus. Pro rámcovou představu je vznesen dotaz, na kolik si cení respondent svůj čas v penězích. Pro přehlednější zařazení respondentů je požadován jejich věk v dané škále, pohlaví a velikost sídla, kde převážně pobývají a odkud realizují své cesty.

#### Základní všeobecné dotazy

##### 1) Všeobecné parametry

- a. muž
- b. žena

##### 2) Věk

- a. do 10 let
- b. 10 - 19 let
- c. 20 - 29 let
- d. 30 - 39 let
- e. 40 - 49 let
- f. 50 - 59 let
- g. 60 - 79 let
- h. nad 80 let

##### 3) Bydliště (myšleno místo, kde převážně přebýváte, tzn. nemusí být trvalé bydliště)

- a. obec do 500 obyvatel
- b. obec do 1000 obyvatel
- c. obec do 5000 obyvatel
- d. obec do 10 000 obyvatel

- e. obec do 50 000 obyvatel
- f. obec do 100 000 obyvatel
- g. obec nad 100 000 obyvatel

4) Docházkovou vzdálenost vnímáte subjektivně v jakých veličinách

- a. v podobě doby docházky (5, 10, 15 atd. min)
- b. v podobě vlastní docházkové vzdálenosti (250m, 500 m...atd.)
- c. jinak (uvedte)

**Dotazy zaměřené na stávající způsob dojíždění (práce, škola, volnočasové aktivity apod.)**

5) Do práce nebo do školy se dostávám (v případě kombinace více možností, označte všechny. V případě použití hromadné dopravy se v případě, že nebydlíte přímo u zastávky veřejné dopravy, resp. cíl Vaší cesty neleží přímo u ní, předpokládá i chůze na zastávku VD)

- a. pěšky
- b. na kole
- c. MHD
- d. autobusem
- e. vlakem
- f. autem
- g. žádná z výše uvedených možností

6) Nákup převážně realizuji (v případě kombinace více možností, označte všechny. V případě použití hromadné dopravy se v případě, že nebydlíte přímo u zastávky veřejné dopravy, resp. cíl Vaší cesty neleží přímo u ní, předpokládá i chůze na zastávku VD)

- a. pěšky
- b. na kole
- c. MHD
- d. autobusem
- e. vlakem
- f. autem
- g. žádná z výše uvedených možností

7) Ve volném čase převážně cestuji (za účelem turistiky, cestování, ..). V případě použití hromadné dopravy se v případě, že nebydlíte přímo u zastávky veřejné dopravy, resp. cíl Vaší cesty neleží přímo u ní, předpokládá i chůze na zastávku VD)

- a. pěšky
- b. na kole
- c. MHD
- d. autobusem

- e. vlakem
- f. autem
- g. žádná z výše uvedených možností

8) Cesta do práce nebo do školy mi trvá celkem (včetně chůze z/na zastávku a jízdy dopravním prostředkem)

- a. do 15 minut
- b. do 30 minut
- c. do 45 minut
- d. do 60 minut
- e. do 90 minut
- f. do 120 minut
- g. déle

9) V případě jízdy jedním či více dopravními prostředky (auto, vlak, autobus, MHD) mi tato cesta (**pouze v nich**) trvá celkem (cílem je zjistit podíl jízdy dopravními prostředky z celkové cestovní doby)

- a. do 15 minut
- b. do 30 minut
- c. do 45 minut
- d. do 60 minut
- e. do 90 minut
- f. do 120 minut
- g. déle

10) V případě jízdy jedním či více dopravními prostředky (auto, vlak, autobus, MHD) mi **trvá cesta z domova na první nástupní zastávku** (v případě jízdy autem k autu; cílem je zjistit podíl pěší chůze z celkové cestovní doby)

- a. do 5 minut
- b. do 10 minut
- c. do 15 minut
- d. do 20 minut
- e. déle

11) V případě jízdy jedním či více dopravními prostředky (auto, vlak, autobus, MHD) mi **trvá cesta z poslední výstupní zastávky** (v případě jízdy autem od auta) do cíle cesty (škola, zaměstnání; cílem je zjistit podíl pěší chůze z celkové cestovní doby)

- a. do 5 minut
- b. do 10 minut
- c. do 15 minut
- d. do 20 minut



e. déle

**Dotazy zaměřené na subjektivně optimální a ještě akceptovatelnou docházkovou vzdálenost, resp. dobu docházky na libovolný prostředek veřejné dopravy, vlak a nebo linkový autobus v případě, že by měl respondent možnost výběru (práce, škola, volnočasové aktivity apod.)**

U otázek 12 až 17 označte optimální variantu písmenem **O** a ještě akceptovatelnou variantu písmenem **A**

12) Pokud byste denně dojížděli do zaměstnání (**libovolným prostředkem veřejné dopravy, tj. ne vlastním autem**) při jeho cestovní době **minimálně 30 minut**, jakou **maximální docházkovou vzdálenost** na jeho zastávku považujete subjektivně za optimální a kterou za ještě akceptovatelnou (**zde důraz kladen na vzdálenost**):

1. 250m
2. 500m
3. 750m
4. 1000m
5. 1500m
6. 2000m
7. jinou

13) Pokud byste denně dojížděli do zaměstnání (**libovolným prostředkem veřejné dopravy, tj. ne vlastním autem**) při jeho cestovní době **minimálně 30 minut**, jakou **maximální docházkovou vzdálenost** na jeho zastávku považujete subjektivně za optimální a kterou za ještě akceptovatelnou (**zde kladen důraz na dobu docházky**):

1. 5 minut
2. 10 minut
3. 15 minut
4. 20 minut
5. jinou

14) Pokud byste denně dojížděli do zaměstnání **vlakem** při cestovní době vlaku **minimálně 30 minut**, jakou **maximální docházkovou vzdálenost** na jeho zastávku považujete subjektivně za optimální a kterou za ještě akceptovatelnou (**zde důraz kladen na vzdálenost**):

1. 250m
2. 500m
3. 750m
4. 1000m
5. 1500m
6. 2000m
7. jinou

15) Pokud byste denně dojížděli do zaměstnání **vlakem** při cestovní době vlaku **minimálně 30 minut**, jakou **maximální docházkovou vzdálenost** na jeho zastávku považujete subjektivně za optimální a kterou za ještě akceptovatelnou (**zde kladen důraz na dobu docházky**):

1. 5 minut
2. 10 minut
3. 15 minut
4. 20 minut
5. jinou

16) Pokud byste denně dojížděli do zaměstnání **linkovým autobusem (ne MHD)** při cestovní době autobusu **minimálně 30 minut**, jakou **maximální docházkovou vzdálenost** na jeho zastávku považujete subjektivně za optimální a kterou za ještě akceptovatelnou (**zde důraz kladen na vzdálenost**):

1. 250m
2. 500m
3. 750m
4. 1000m
5. 1500m
6. 2000m
7. jinou

17) Pokud byste denně dojížděli do zaměstnání **linkovým autobusem (ne MHD)** při cestovní době autobusu **minimálně 30 minut**, jakou **maximální docházkovou vzdálenost** na jeho zastávku považujete subjektivně za optimální a kterou za ještě akceptovatelnou (**zde kladen důraz na dobu docházky**):

1. 5 minut
2. 10 minut
3. 15 minut
4. 20 minut
5. jinou

#### **Dotazy zaměřené na subjektivní vnímání přestupů a čekání na spoj**

18) Akceptovatelná přestupní doba při pravidelné cestě z/do zaměstnání/školy mezi dvěma vlakovými nebo autobusovými spoji, případně mezi vlakem a autobusem

- a. do 5 minut
- b. do 10 minut
- c. do 15 minut
- d. do 30 minut
- e. jiná

- 19) Akceptovatelná doba čekání na spoj při pravidelné cestě z/do zaměstnání
- a. do 5 minut
  - b. do 10 minut
  - c. do 15 minut
  - d. do 30 minut
  - e. jiná

**Dotazy zaměřené na subjektivní vnímání kvality vlaku a autobusu a týkající se subjektivního ohodnocení času při cestě do zaměstnání v Kč/minuta, příp. Kč/hod**

- 20) Představuje pro Vás vlak obecně větší pohodlí než autobus?
- a. ano
  - b. ne
  - c. uveďte důvod \_\_\_\_\_
- 21) Byli byste ochotni akceptovat delší docházkovou vzdálenost na vlak než na autobus
- a. ano
  - b. ne
  - c. uveďte důvod \_\_\_\_\_
- 22) Dokážete ohodnotit subjektivně, jak si ceníte doby cesty do zaměstnání (minuta v Kč)?
- a. ano (kolik Kč/min, příp. Kč/hod)
  - b. ne

## Příloha P4 - Doplnující tabulky k dostupnosti VD

V tabulkách P4-1 až P4-23 jsou uvedeny hodnoty docházkových nebo dojížděkových vzdáleností, resp. dob docházky a dojížděky na zastávky veřejné dopravy pro různé faktory okliky a různé typy dopravních prostředků

*Tabulka P4-1 Závislost doby docházky [min] pěšky na docházkové vzdálenosti [m] a faktoru okliky při průměrné rychlosti chůze  $1,34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , barevně zvýrazněny jsou vzdálenosti po 250, resp. 500 metrech, Zdroj: autor na základě podkladů z [21, 22, 23]*

<b>s[m] / f<sub>ok</sub></b>	<b>1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>
100	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87
150	1,87	2,05	2,24	2,43	2,61	2,80
200	2,49	2,74	2,99	3,23	3,48	3,73
250	3,11	3,42	3,73	4,04	4,35	4,66
300	3,73	4,10	4,48	4,85	5,22	5,60
350	4,35	4,79	5,22	5,66	6,09	6,53
400	4,98	5,47	5,97	6,47	6,97	7,46
450	5,60	6,16	6,72	7,28	7,84	8,40
500	6,22	6,84	7,46	8,08	8,71	9,33
550	6,84	7,52	8,21	8,89	9,58	10,26
600	7,46	8,21	8,96	9,70	10,45	11,19
650	8,08	8,89	9,70	10,51	11,32	12,13
700	8,71	9,58	10,45	11,32	12,19	13,06
750	9,33	10,26	11,19	12,13	13,06	13,99
800	9,95	10,95	11,94	12,94	13,93	14,93
850	10,57	11,63	12,69	13,74	14,80	15,86
900	11,19	12,31	13,43	14,55	15,67	16,79
950	11,82	13,00	14,18	15,36	16,54	17,72
1000	12,44	13,68	14,93	16,17	17,41	18,66
1100	13,68	15,05	16,42	17,79	19,15	20,52
1200	14,93	16,42	17,91	19,40	20,90	22,39
1300	16,17	17,79	19,40	21,02	22,64	24,25
1400	17,41	19,15	20,90	22,64	24,38	26,12
1500	18,66	20,52	22,39	24,25	26,12	27,99
1600	19,90	21,89	23,88	25,87	27,86	29,85
1700	21,14	23,26	25,37	27,49	29,60	31,72
1800	22,39	24,63	26,87	29,10	31,34	33,58
1900	23,63	26,00	28,36	30,72	33,08	35,45
2000	24,88	27,36	29,85	32,34	34,83	37,31

Tabulka P4-2 Závislost doby docházky [min] pěšky na docházkové vzdálenosti [m] a faktoru okliky při průměrné rychlosti chůze  $70 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , což je  $1,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , barevně zvýrazněny jsou vzdálenosti po 250, resp. 500 metrech, Zdroj: autor na základě údajů dle [13]

s[m] / f <sub>ok</sub>	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
100	1,42	1,57	1,71	1,85	1,99	2,14
150	2,14	2,35	2,56	2,78	2,99	3,21
200	2,85	3,13	3,42	3,70	3,99	4,27
250	3,56	3,92	4,27	4,63	4,99	5,34
300	4,27	4,70	5,13	5,56	5,98	6,41
350	4,99	5,48	5,98	6,48	6,98	7,48
400	5,70	6,27	6,84	7,41	7,98	8,55
450	6,41	7,05	7,69	8,33	8,97	9,62
500	7,12	7,83	8,55	9,26	9,97	10,68
550	7,83	8,62	9,40	10,19	10,97	11,75
600	8,55	9,40	10,26	11,11	11,97	12,82
650	9,26	10,19	11,11	12,04	12,96	13,89
700	9,97	10,97	11,97	12,96	13,96	14,96
750	10,68	11,75	12,82	13,89	14,96	16,03
800	11,40	12,54	13,68	14,81	15,95	17,09
850	12,11	13,32	14,53	15,74	16,95	18,16
900	12,82	14,10	15,38	16,67	17,95	19,23
950	13,53	14,89	16,24	17,59	18,95	20,30
1000	14,25	15,67	17,09	18,52	19,94	21,37
1100	15,67	17,24	18,80	20,37	21,94	23,50
1200	17,09	18,80	20,51	22,22	23,93	25,64
1300	18,52	20,37	22,22	24,07	25,93	27,78
1400	19,94	21,94	23,93	25,93	27,92	29,91
1500	21,37	23,50	25,64	27,78	29,91	32,05
1600	22,79	25,07	27,35	29,63	31,91	34,19
1700	24,22	26,64	29,06	31,48	33,90	36,32
1800	25,64	28,21	30,77	33,33	35,90	38,46
1900	27,07	29,77	32,48	35,19	37,89	40,60
2000	28,49	31,34	34,19	37,04	39,89	42,74

Tabulky P4-3 a P4-4 Porovnání doby docházky [min] pěšky pro faktor okliky 1,2 pro vybrané vzdálenosti [m] (údaj ve 3. sloupci je zaokrouhlený na celé minuty), Zdroj: autor na základě údajů dle [13, 21, 22, 23]

Weidmann, v = 1,34 m/s			VDV, v = 1,17 m/s		
s [m]	t [min]	t [min]	s [m]	t [min]	t [min]
300	4,48	4	300	5,13	5
400	5,97	6	400	6,84	7
500	7,46	7	500	8,55	9
600	8,96	9	600	10,26	10
700	10,45	10	700	11,97	12
800	11,94	12	800	13,68	14
1000	14,93	15	1000	17,09	17
1500	22,39	22	1500	25,64	26
2000	29,85	30	2000	34,19	34

Tabulky P4-5 a P4-6 Závislost docházkové vzdálenosti [m] na době docházky [min] pěšky a na faktoru okliky při průměrné rychlosti chůze  $1,34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  resp.  $70 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , což je  $1,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , barevně zvýrazněny jsou odstupy po 5 minutách chůze, Zdroj: autor na základě údajů dle [13, 21, 22, 23]

v = 1,34 m/s							v = 1,17 m/s = 70 m/min						
t [min] / f <sub>ok</sub>	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	t [min] / f <sub>ok</sub>	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
1	80	73	67	62	57	54	1	70	64	59	54	50	47
2	161	146	134	124	115	107	2	140	128	117	108	100	94
3	241	219	201	186	172	161	3	211	191	176	162	150	140
4	322	292	268	247	230	214	4	281	255	234	216	201	187
5	402	365	335	309	287	268	5	351	319	293	270	251	234
6	482	439	402	371	345	322	6	421	383	351	324	301	281
7	563	512	469	433	402	375	7	491	447	410	378	351	328
8	643	585	536	495	459	429	8	562	511	468	432	401	374
9	724	658	603	557	517	482	9	632	574	527	486	451	421
10	804	731	670	618	574	536	10	702	638	585	540	501	468
11	884	804	737	680	632	590	11	772	702	644	594	552	515
12	965	877	804	742	689	643	12	842	766	702	648	602	562
13	1045	950	871	804	747	697	13	913	830	761	702	652	608
14	1126	1023	938	866	804	750	14	983	893	819	756	702	655
15	1206	1096	1005	928	861	804	15	1053	957	878	810	752	702
16	1286	1169	1072	990	919	858	16	1123	1021	936	864	802	749
17	1367	1243	1139	1051	976	911	17	1193	1085	995	918	852	796
18	1447	1316	1206	1113	1034	965	18	1264	1149	1053	972	903	842
19	1528	1389	1273	1175	1091	1018	19	1334	1213	1112	1026	953	889
20	1608	1462	1340	1237	1149	1072	20	1404	1276	1170	1080	1003	936

Tabulka P4-7 Porovnání docházkové vzdálenosti [m] pro faktor okliky 1,2 pro vybrané doby docházky [min] při chůzi pěšky, Zdroj: autor na základě údajů dle [13, 21, 22, 23]

ujitá vzdálenost [m] při faktoru okliky 1,2			
	rychlost chůze		
čas [min]	1,34 m/s	1,17 m/s	rozdíl
5	335	293	43
10	670	585	85
15	1005	878	128
20	1340	1170	170

Tabulky P4-8 a P4-9 Závislost doby dojížd'ky [min] na kole na dojížd'kové vzdálenosti [m] a faktoru okliky při průměrné rychlosti jízdy na kole 12 km.h<sup>-1</sup> a 15 km.h<sup>-1</sup>, Zdroj: autor na základě údajů dle [13, 21, 22, 23]

jízda na kole, V = 12 km/h							jízda na kole, V = 15 km/h						
s / f <sub>ok</sub>	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	s / f <sub>ok</sub>	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
100	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	100	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60
150	0,75	0,83	0,90	0,98	1,05	1,13	150	0,60	0,66	0,72	0,78	0,84	0,90
200	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	200	0,80	0,88	0,96	1,04	1,12	1,20
250	1,25	1,38	1,50	1,63	1,75	1,88	250	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
300	1,50	1,65	1,80	1,95	2,10	2,25	300	1,20	1,32	1,44	1,56	1,68	1,80
350	1,75	1,93	2,10	2,28	2,45	2,63	350	1,40	1,54	1,68	1,82	1,96	2,10
400	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00	400	1,60	1,76	1,92	2,08	2,24	2,40
450	2,25	2,48	2,70	2,93	3,15	3,38	450	1,80	1,98	2,16	2,34	2,52	2,70
500	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	500	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00
550	2,75	3,03	3,30	3,58	3,85	4,13	550	2,20	2,42	2,64	2,86	3,08	3,30
600	3,00	3,30	3,60	3,90	4,20	4,50	600	2,40	2,64	2,88	3,12	3,36	3,60
650	3,25	3,58	3,90	4,23	4,55	4,88	650	2,60	2,86	3,12	3,38	3,64	3,90
700	3,50	3,85	4,20	4,55	4,90	5,25	700	2,80	3,08	3,36	3,64	3,92	4,20
750	3,75	4,13	4,50	4,88	5,25	5,63	750	3,00	3,30	3,60	3,90	4,20	4,50
800	4,00	4,40	4,80	5,20	5,60	6,00	800	3,20	3,52	3,84	4,16	4,48	4,80
850	4,25	4,68	5,10	5,53	5,95	6,38	850	3,40	3,74	4,08	4,42	4,76	5,10
900	4,50	4,95	5,40	5,85	6,30	6,75	900	3,60	3,96	4,32	4,68	5,04	5,40
950	4,75	5,23	5,70	6,18	6,65	7,13	950	3,80	4,18	4,56	4,94	5,32	5,70
1000	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	1000	4,00	4,40	4,80	5,20	5,60	6,00
1100	5,50	6,05	6,60	7,15	7,70	8,25	1100	4,40	4,84	5,28	5,72	6,16	6,60
1200	6,00	6,60	7,20	7,80	8,40	9,00	1200	4,80	5,28	5,76	6,24	6,72	7,20
1300	6,50	7,15	7,80	8,45	9,10	9,75	1300	5,20	5,72	6,24	6,76	7,28	7,80
1400	7,00	7,70	8,40	9,10	9,80	10,50	1400	5,60	6,16	6,72	7,28	7,84	8,40
1500	7,50	8,25	9,00	9,75	10,50	11,25	1500	6,00	6,60	7,20	7,80	8,40	9,00
1600	8,00	8,80	9,60	10,40	11,20	12,00	1600	6,40	7,04	7,68	8,32	8,96	9,60
1700	8,50	9,35	10,20	11,05	11,90	12,75	1700	6,80	7,48	8,16	8,84	9,52	10,20
1800	9,00	9,90	10,80	11,70	12,60	13,50	1800	7,20	7,92	8,64	9,36	10,08	10,80
1900	9,50	10,45	11,40	12,35	13,30	14,25	1900	7,60	8,36	9,12	9,88	10,64	11,40
2000	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	2000	8,00	8,80	9,60	10,40	11,20	12,00
2500	12,50	13,75	15,00	16,25	17,50	18,75	2500	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00
3000	15,00	16,50	18,00	19,50	21,00	22,50	3000	12,00	13,20	14,40	15,60	16,80	18,00
3500	17,50	19,25	21,00	22,75	24,50	26,25	3500	14,00	15,40	16,80	18,20	19,60	21,00
4000	20,00	22,00	24,00	26,00	28,00	30,00	4000	16,00	17,60	19,20	20,80	22,40	24,00
4500	22,50	24,75	27,00	29,25	31,50	33,75	4500	18,00	19,80	21,60	23,40	25,20	27,00
5000	25,00	27,50	30,00	32,50	35,00	37,50	5000	20,00	22,00	24,00	26,00	28,00	30,00
7500	37,50	41,25	45,00	48,75	52,50	56,25	7500	30,00	33,00	36,00	39,00	42,00	45,00
10000	50,00	55,00	60,00	65,00	70,00	75,00	10000	40,00	44,00	48,00	52,00	56,00	60,00

Tabulky P4-10 a P4-11 Porovnání doby dojížd'ky [min] na kole pro faktor okliky 1,2 pro vybrané vzdálenosti [m] (údaj ve 3. sloupci je zaokrouhlený na celé minuty), Zdroj: autor na základě údajů dle [13, 21, 22, 23]

jízda na kole 12 km/h			jízda na kole 15 km/h		
s [m]	t [min]	t [min]	s [m]	t [min]	t [min]
300	1,80	2	300	1,44	1
400	2,40	2	400	1,92	2
500	3,00	3	500	2,40	2
600	3,60	4	600	2,88	3
700	4,20	4	700	3,36	3
800	4,80	5	800	3,84	4
1000	6,00	6	1000	4,80	5
1500	9,00	9	1500	7,20	7
2000	12,00	12	2000	9,60	10
2500	15,00	15	2500	12,00	12
3000	18,00	18	3000	14,40	14
3500	21,00	21	3500	16,80	17
4000	24,00	24	4000	19,20	19
4500	27,00	27	4500	21,60	22
5000	30,00	30	5000	24,00	24
7500	45,00	45	7500	36,00	36
10000	60,00	60	10000	48,00	48

Tabulky P4-12 a P4-13 Závislost dojížd'kové vzdálenosti [m] na době dojížd'ky [min] na kole a na faktoru okliky při průměrné rychlosti jízdy 12 km.h<sup>-1</sup> a 15 km.h<sup>-1</sup>. Barevně zvýrazněny jsou odstupy po 5 minutách chůze, Zdroj: autor na základě údajů dle [25]

kolo, V = 12 km/h							kolo, V = 15 km/h						
t / f <sub>ok</sub>	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	t / f <sub>ok</sub>	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
1	200	182	167	154	143	133	1	250	227	208	192	179	167
2	400	364	333	308	286	267	2	500	455	417	385	357	333
3	600	545	500	462	429	400	3	750	682	625	577	536	500
4	800	727	667	615	571	533	4	1000	909	833	769	714	667
5	1000	909	833	769	714	667	5	1250	1136	1042	962	893	833
6	1200	1091	1000	923	857	800	6	1500	1364	1250	1154	1071	1000
7	1400	1273	1167	1077	1000	933	7	1750	1591	1458	1346	1250	1167
8	1600	1455	1333	1231	1143	1067	8	2000	1818	1667	1538	1429	1333
9	1800	1636	1500	1385	1286	1200	9	2250	2045	1875	1731	1607	1500
10	2000	1818	1667	1538	1429	1333	10	2500	2273	2083	1923	1786	1667
11	2200	2000	1833	1692	1571	1467	11	2750	2500	2292	2115	1964	1833
12	2400	2182	2000	1846	1714	1600	12	3000	2727	2500	2308	2143	2000
13	2600	2364	2167	2000	1857	1733	13	3250	2955	2708	2500	2321	2167
14	2800	2545	2333	2154	2000	1867	14	3500	3182	2917	2692	2500	2333
15	3000	2727	2500	2308	2143	2000	15	3750	3409	3125	2885	2679	2500
16	3200	2909	2667	2462	2286	2133	16	4000	3636	3333	3077	2857	2667
17	3400	3091	2833	2615	2429	2267	17	4250	3864	3542	3269	3036	2833
18	3600	3273	3000	2769	2571	2400	18	4500	4091	3750	3462	3214	3000
19	3800	3455	3167	2923	2714	2533	19	4750	4318	3958	3654	3393	3167
20	4000	3636	3333	3077	2857	2667	20	5000	4545	4167	3846	3571	3333

Tabulka P4-14 Porovnání dojížd'kové vzdálenosti [m] pro faktor okliky 1,2 pro vybrané doby dojížd'ky [min] na kole, Zdroj: autor na základě údajů dle [25]

ujetá vzdálenost [m] při faktoru okliky 1,2			
	rychlost jízdy na kole		
čas [min]	15 km/h	12 km/h	rozdíl
5	1042	833	208
10	2083	1667	417
15	3125	2500	625
20	4167	3333	833



Tabulka P4-15 Závislost doby dojížd'ky [min] autem nebo motocyklem ve městě na dojížd'kové vzdálenosti [m] a faktoru okliky při průměrné rychlosti 40 km.h<sup>-1</sup>, Zdroj: autor

jízda na auto-moto, V = 40 km/h						
s / f <sub>ok</sub>	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
100	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21	0,23
150	0,23	0,25	0,27	0,29	0,32	0,34
200	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45
250	0,38	0,41	0,45	0,49	0,53	0,56
300	0,45	0,50	0,54	0,59	0,63	0,68
350	0,53	0,58	0,63	0,68	0,74	0,79
400	0,60	0,66	0,72	0,78	0,84	0,90
450	0,68	0,74	0,81	0,88	0,95	1,01
500	0,75	0,83	0,90	0,98	1,05	1,13
550	0,83	0,91	0,99	1,07	1,16	1,24
600	0,90	0,99	1,08	1,17	1,26	1,35
650	0,98	1,07	1,17	1,27	1,37	1,46
700	1,05	1,16	1,26	1,37	1,47	1,58
750	1,13	1,24	1,35	1,46	1,58	1,69
800	1,20	1,32	1,44	1,56	1,68	1,80
850	1,28	1,40	1,53	1,66	1,79	1,91
900	1,35	1,49	1,62	1,76	1,89	2,03
950	1,43	1,57	1,71	1,85	2,00	2,14
1000	1,50	1,65	1,80	1,95	2,10	2,25
1100	1,65	1,82	1,98	2,15	2,31	2,48
1200	1,80	1,98	2,16	2,34	2,52	2,70
1300	1,95	2,15	2,34	2,54	2,73	2,93
1400	2,10	2,31	2,52	2,73	2,94	3,15
1500	2,25	2,48	2,70	2,93	3,15	3,38
1600	2,40	2,64	2,88	3,12	3,36	3,60
1700	2,55	2,81	3,06	3,32	3,57	3,83
1800	2,70	2,97	3,24	3,51	3,78	4,05
1900	2,85	3,14	3,42	3,71	3,99	4,28
2000	3,00	3,30	3,60	3,90	4,20	4,50
2500	3,75	4,13	4,50	4,88	5,25	5,63
3000	4,50	4,95	5,40	5,85	6,30	6,75
3500	5,25	5,78	6,30	6,83	7,35	7,88
4000	6,00	6,60	7,20	7,80	8,40	9,00
4500	6,75	7,43	8,10	8,78	9,45	10,13
5000	7,50	8,25	9,00	9,75	10,50	11,25
7500	11,25	12,38	13,50	14,63	15,75	16,88
10000	15,00	16,50	18,00	19,50	21,00	22,50
12000	18,00	19,80	21,60	23,40	25,20	27,00
15000	22,50	24,75	27,00	29,25	31,50	33,75

Tabulky P4-16 a P4-17 Závislost doby dojížd'ky [min] autem nebo motocyklem na dojížd'kové vzdálenosti [m] a faktoru okliky při průměrné rychlosti jízdy  $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a  $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

Zdroj: autor

jízda na auto-moto, V = 70 km/h						
s / f <sub>ok</sub>	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
100	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13
150	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19
200	0,17	0,19	0,21	0,22	0,24	0,26
250	0,21	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32
300	0,26	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39
350	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45
400	0,34	0,38	0,41	0,45	0,48	0,51
450	0,39	0,42	0,46	0,50	0,54	0,58
500	0,43	0,47	0,51	0,56	0,60	0,64
550	0,47	0,52	0,57	0,61	0,66	0,71
600	0,51	0,57	0,62	0,67	0,72	0,77
650	0,56	0,61	0,67	0,72	0,78	0,84
700	0,60	0,66	0,72	0,78	0,84	0,90
750	0,64	0,71	0,77	0,84	0,90	0,96
800	0,69	0,75	0,82	0,89	0,96	1,03
850	0,73	0,80	0,87	0,95	1,02	1,09
900	0,77	0,85	0,93	1,00	1,08	1,16
950	0,81	0,90	0,98	1,06	1,14	1,22
1000	0,86	0,94	1,03	1,11	1,20	1,29
1100	0,94	1,04	1,13	1,23	1,32	1,41
1200	1,03	1,13	1,23	1,34	1,44	1,54
1300	1,11	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67
1400	1,20	1,32	1,44	1,56	1,68	1,80
1500	1,29	1,41	1,54	1,67	1,80	1,93
1600	1,37	1,51	1,65	1,78	1,92	2,06
1700	1,46	1,60	1,75	1,89	2,04	2,19
1800	1,54	1,70	1,85	2,01	2,16	2,31
1900	1,63	1,79	1,95	2,12	2,28	2,44
2000	1,71	1,89	2,06	2,23	2,40	2,57
2500	2,14	2,36	2,57	2,79	3,00	3,21
3000	2,57	2,83	3,09	3,34	3,60	3,86
3500	3,00	3,30	3,60	3,90	4,20	4,50
4000	3,43	3,77	4,11	4,46	4,80	5,14
4500	3,86	4,24	4,63	5,01	5,40	5,79
5000	4,29	4,71	5,14	5,57	6,00	6,43
7500	6,43	7,07	7,71	8,36	9,00	9,64
10000	8,57	9,43	10,29	11,14	12,00	12,86
12000	10,29	11,31	12,34	13,37	14,40	15,43
15000	12,86	14,14	15,43	16,71	18,00	19,29

jízda na auto-moto, V = 60 km/h						
s / f <sub>ok</sub>	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
100	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
150	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21	0,23
200	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30
250	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38
300	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45
350	0,35	0,39	0,42	0,46	0,49	0,53
400	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60
450	0,45	0,50	0,54	0,59	0,63	0,68
500	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
550	0,55	0,61	0,66	0,72	0,77	0,83
600	0,60	0,66	0,72	0,78	0,84	0,90
650	0,65	0,72	0,78	0,85	0,91	0,98
700	0,70	0,77	0,84	0,91	0,98	1,05
750	0,75	0,83	0,90	0,98	1,05	1,13
800	0,80	0,88	0,96	1,04	1,12	1,20
850	0,85	0,94	1,02	1,11	1,19	1,28
900	0,90	0,99	1,08	1,17	1,26	1,35
950	0,95	1,05	1,14	1,24	1,33	1,43
1000	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
1100	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65
1200	1,20	1,32	1,44	1,56	1,68	1,80
1300	1,30	1,43	1,56	1,69	1,82	1,95
1400	1,40	1,54	1,68	1,82	1,96	2,10
1500	1,50	1,65	1,80	1,95	2,10	2,25
1600	1,60	1,76	1,92	2,08	2,24	2,40
1700	1,70	1,87	2,04	2,21	2,38	2,55
1800	1,80	1,98	2,16	2,34	2,52	2,70
1900	1,90	2,09	2,28	2,47	2,66	2,85
2000	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00
2500	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75
3000	3,00	3,30	3,60	3,90	4,20	4,50
3500	3,50	3,85	4,20	4,55	4,90	5,25
4000	4,00	4,40	4,80	5,20	5,60	6,00
4500	4,50	4,95	5,40	5,85	6,30	6,75
5000	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
7500	7,50	8,25	9,00	9,75	10,50	11,25
10000	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00
12000	12,00	13,20	14,40	15,60	16,80	18,00
15000	15,00	16,50	18,00	19,50	21,00	22,50

Tabulky P4-18 a P4-19 Porovnání doby dojížd'ky [min] automobilem a motocyklem pro průměrné rychlosti  $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a  $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  pro faktor okliky 1,2 pro vybrané vzdálenosti [m] (údaj ve 3. sloupci je zaokrouhlený na celé minuty), Zdroj: autor

auto-moto 60 km/h			auto-moto 70 km/h		
s [m]	t [min]	t [min]	s [m]	t [min]	t [min]
300	0,36	0	300	0,31	0
400	0,48	0	400	0,41	0
500	0,60	1	500	0,51	1
600	0,72	1	600	0,62	1
700	0,84	1	700	0,72	1
800	0,96	1	800	0,82	1
1000	1,20	1	1000	1,03	1
1500	1,80	2	1500	1,54	2
2000	2,40	2	2000	2,06	2
2500	3,00	3	2500	2,57	3
3000	3,60	4	3000	3,09	3
3500	4,20	4	3500	3,60	4
4000	4,80	5	4000	4,11	4
4500	5,40	5	4500	4,63	5
5000	6,00	6	5000	5,14	5
7500	9,00	9	7500	7,71	8
10000	12,00	12	10000	10,29	10
12000	14,40	14	12000	12,34	12
15000	18,00	18	15000	15,43	15

Tabulka P4-20 Závislost dojížd'kové vzdálenosti [m] na době dojížd'ky [min] autem nebo motocyklem a na faktoru okliky při průměrné rychlosti jízdy ve městě  $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Barevně zvýrazněny jsou odstupy po 5 minutách jízdy, Zdroj: autor

auto-moto, V = 40 km/h						
t / f <sub>ok</sub>	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
1	667	606	556	513	476	444
2	1333	1212	1111	1026	952	889
3	2000	1818	1667	1538	1429	1333
4	2667	2424	2222	2051	1905	1778
5	3333	3030	2778	2564	2381	2222
6	4000	3636	3333	3077	2857	2667
7	4667	4242	3889	3590	3333	3111
8	5333	4848	4444	4103	3810	3556
9	6000	5455	5000	4615	4286	4000
10	6667	6061	5556	5128	4762	4444
11	7333	6667	6111	5641	5238	4889
12	8000	7273	6667	6154	5714	5333
13	8667	7879	7222	6667	6190	5778
14	9333	8485	7778	7179	6667	6222
15	10000	9091	8333	7692	7143	6667
16	10667	9697	8889	8205	7619	7111
17	11333	10303	9444	8718	8095	7556
18	12000	10909	10000	9231	8571	8000
19	12667	11515	10556	9744	9048	8444
20	13333	12121	11111	10256	9524	8889

Tabulky P4-21 a P4-22 Závislost dojížd'kové vzdálenosti [m] na době dojížd'ky [min] autem nebo motocyklem a na faktoru okliky při průměrné rychlosti jízdy  $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a  $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Barevně zvýrazněny jsou odstupny po 5 minutách jízdy, Zdroj: autor

auto-moto, V = 70 km/h							auto-moto, V = 60 km/h						
t / f <sub>ok</sub>	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	t / f <sub>ok</sub>	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
1	1167	1061	972	897	833	778	1	1000	909	833	769	714	667
2	2333	2121	1944	1795	1667	1556	2	2000	1818	1667	1538	1429	1333
3	3500	3182	2917	2692	2500	2333	3	3000	2727	2500	2308	2143	2000
4	4667	4242	3889	3590	3333	3111	4	4000	3636	3333	3077	2857	2667
5	5833	5303	4861	4487	4167	3889	5	5000	4545	4167	3846	3571	3333
6	7000	6364	5833	5385	5000	4667	6	6000	5455	5000	4615	4286	4000
7	8167	7424	6806	6282	5833	5444	7	7000	6364	5833	5385	5000	4667
8	9333	8485	7778	7179	6667	6222	8	8000	7273	6667	6154	5714	5333
9	10500	9545	8750	8077	7500	7000	9	9000	8182	7500	6923	6429	6000
10	11667	10606	9722	8974	8333	7778	10	10000	9091	8333	7692	7143	6667
11	12833	11667	10694	9872	9167	8556	11	11000	10000	9167	8462	7857	7333
12	14000	12727	11667	10769	10000	9333	12	12000	10909	10000	9231	8571	8000
13	15167	13788	12639	11667	10833	10111	13	13000	11818	10833	10000	9286	8667
14	16333	14848	13611	12564	11667	10889	14	14000	12727	11667	10769	10000	9333
15	17500	15909	14583	13462	12500	11667	15	15000	13636	12500	11538	10714	10000
16	18667	16970	15556	14359	13333	12444	16	16000	14545	13333	12308	11429	10667
17	19833	18030	16528	15256	14167	13222	17	17000	15455	14167	13077	12143	11333
18	21000	19091	17500	16154	15000	14000	18	18000	16364	15000	13846	12857	12000
19	22167	20152	18472	17051	15833	14778	19	19000	17273	15833	14615	13571	12667
20	23333	21212	19444	17949	16667	15556	20	20000	18182	16667	15385	14286	13333

Tabulka P4-23 Porovnání dojížd'kové vzdálenosti [m] pro faktor okliky 1,2 pro vybrané doby dojížd'ky [min] autem nebo motocyklem, Zdroj: autor

ujetá vzdálenost [m] při faktoru okliky 1,2			
	rychlost jízdy		
čas [min]	70 km/h	60 km/h	40 km/h
5	4 861	4 167	2 778
10	9 722	8 333	5 556
15	14 583	12 500	8 333
20	19 444	16 667	11 111

# **Příloha P7 - Posouzení dopadu projíždění vybraných zastávek na trati 190 v úseku Nepomuk - Horažďovice předměstí do nákladů nabídky veřejné dopravy**

## **Zadání**

Provéřit na trati č. 190 v úseku Nepomuk - Horažďovice předměstí dopad do nákladů nabídky za předpokladu:

- Potřeba zkrátit jízdní dobu v úseku Nepomuk-Horažďovice předměstí o 4 minuty - nutné projetí zastávek Mileč, Nekvasovy, Kovčín, Jetenovice a Velký Bor.
- Trasy vlaků Os jsou v úseku Plzeň - Nepomuk v rámci možností status quo z pohledu JŘ 2009/2010.
- Referenční souprava je 242 + 4xBt, pro rámcové srovnání možností krácení jízdních dob možno srovnat s jinými alternativními soupravami.
- Rámcově porovnat případnou úsporu nákladů dosaženou projížděním s náklady na zavedení autobusové linky Nepomuk - Pačejov - Horažďovice (zjednodušeně dána průměrná nákladová sazba 33 Kč/vozokm linky).

## **Vstupní parametry nabídky**

### **Porovnání variant nabídky:**

Pro modelový příklad jsou posuzovány dvě varianty nabídky veřejné dopravy v úseku Nepomuk - Horažďovice předměstí. Společné parametry posuzované nabídky pro obě varianty jsou:

- Vlaky Os jsou vázány na uzel v X.00 ve stanici Plzeň, v úseku Plzeň - Nepomuk zastavení ve všech stanicích a zastávkách, volnost tras limitována jednokolejným úsekem Plzeň - Nepomuk (pravidelná taktová symetrická křižování vlaků Os-Os a Os-R).
- Soupravy resp. vozidla pro alternativní porovnání - Desiro Main Line (3 vozová jednotka, modelována stejnosměrná i střídavá verze, dále jako DML3, resp. DML3AC), Desiro - dieselová dvojdílná jednotka (BR 642 DB, dále Desiro), 814, 810.
- Zastavovací politika dle jednotlivých variant.

Varianta 1 - SQ nabídky dle JŘ 2009/2010:

- 10 párů zastávkových vlaků, přičemž 1 ranní vlak ve směru do Plzně v úseku Horažďovice předměstí (mimo) - Nepomuk (mimo) zastavuje pouze ve stanici Pačejov (zrychlená verze jako ve Variantě 2).

Varianta 2 - výhledová změna nabídky:

- 10 párů zrychlených vlaků Horažďovice předměstí - Nepomuk (-Plzeň),
- 8 párů autobusových spojů Nepomuk - Horažďovice,
- 3 páry autobusových spojů Nepomuk - Pačejov.

### ***Posouzení variant***

Základní porovnání jízdních dob a nákladů spojených se spotřebovanou trakční energií zastávkových a zrychlených vlaků v úseku Nepomuk - Horažďovice předměstí je realizováno pro referenční soupravu 242+4xBt. Z hlediska citlivostní analýzy je nicméně doplněno porovnání s výše uvedenými soupravami.

Na obrázcích P7-1 a P7-2 je uveden příklad srovnání jízdních dob pro jednotlivé mezizastávkové úseky pro zastávkový a zrychlený vlak ve směru Horažďovice předměstí - Nepomuk. Z obrázků je patrné, že nasazení moderní elektrické jednotky DML3/DML3AC nepřináší prakticky žádnou časovou úsporu, jak pro zastávkové, tak pro zrychlené vlaky. Referenční souprava i obě jednotky mají podobný měrný výkon. DML3/DML3AC mají sice lepší adhezní poměr, nicméně rozdíl v jízdní době je není větší než 0,2 minuty (viz. obrázek P7-3, resp. P7-4). Toto platí i pro opačný směr. V případě nasazení vozidel nezávislé trakce reprezentované jednotkou Desiro a řadami 814 a 810, je zřejmé, že pouze jednotka Desiro má srovnatelnou jízdní dobu. Zbylé motorové vozy jsou pomalejší z důvodu nižší maximální rychlosti (viz obrázek P7-3, resp. P7-4). Důvodem, proč byly oba motorové vozy použity pro modelové srovnání, je nižší vytížení vlaků v úseku Horažďovice předměstí - Nepomuk.

V případě spotřeby trakční energie na obvodu kol je situace pro referenční soupravu méně příznivá než pro ostatní soupravy. Porovná-li se spotřeba s DML3/DML3AC, je u referenční soupravy zhruba o 35% v obou směrech vyšší u zastávkových vlaků a zhruba o 10% vyšší u zrychlených vlaků. Toto je jednoznačně dáno vyšší hmotností referenční soupravy (hmotnost cca 270 t) o zhruba 100 tun oproti elektrické jednotce DML3, přičemž

větší energetické úspory je u elektrické jednotky dosaženo v případě zastávkových vlaků díky častějším rozjezdům.

V porovnání s motorovou jednotkou Desiro a motorovými vozy řady 810 a 814 je bilance úspory přirozeně ještě výraznější (70-90% ve prospěch motorových jednotek či vozů). Tato úspora je však u vozidel řady 810 a 814 vykoupena delší jízdou, což však znamená nesplnění podmínek zadání.

Prakticky nulová spotřeba trakční energie na obvodu kol v úseku Kovčín - Nepomuk (obrázek P7-6) je dána jízdou ve spádu při projíždění všech zastávek. Obdobný průběh spotřeby trakční energie je i pro úsek (Pačejov-) Jetenovice - Horažďovice předměstí.

V obrázku P7-9 jsou porovnány relativní změny spotřeby a krácení jízdých doby mezi zastávkovými a zrychlenými vlaky pro posuzovanou skupinu souprav. Relativně nejlepšího výsledku bylo dosaženo u referenční soupravy, kdy zkrácení jízdých doby o cca 18% je doprovázeno nižší spotřebou trakční energie na obvodu kol o cca 44%. Těsně následují jednotky DML3 (16% jízdých doby, 41% trakční energie na obvodu kol). V absolutních hodnotách dosahuje největší úsporu referenční souprava, která se v případě porovnání spotřeby dle směru pohybuje okolo 110-115 kWh, zatímco elektrické jednotky DML3 se pohybují okolo 70 kWh, což odpovídá zhruba spotřebě elektrické energie 140 kWh na sběrači u referenční soupravy, resp. cca 90 kWh u elektrické jednotky (viz tabulky P7-14 až P7-16).

Důležité je finanční vyčíslení dosažených energetických úspor. Konkrétní hodnoty jsou pro cenu nafty 26 Kč/litr bez DPH a odhadnuté ceny elektrické energie na sběrači ve výši 2,45 Kč/kWh uvedeny v tabulce P7-17. Jedná se o monetarizovaný rozdíl spotřeby elektrické energie resp. motorové nafty pro zastávkové a zrychlené vlaky. Je nutno konstatovat, že se jedná o hodnoty silně závislé na cenách energií a paliv. V případě elektrické energie se jedná o kvalifikovaný odhad.

Pro dané vstupní hodnoty by pak finanční úspora u referenční soupravy činila pro 19 spojů denně (1 spoj je ve Variantě 1 zrychlený se stejnou politikou zastavování jako u všech vlaků ve variantě 2) cca 6400 Kč. U jednotek DML3 pak cca 3500 Kč.

### **Porovnání s provozními náklady na autobusovou dopravu**

Alternativní autobusová linka je vedena v trase Horažďovice - Velký Bor - Pačejov - Nepomuk (viz. obrázek P6-2 v příloze P6 a návrh jízdého řádu pro variantu 2 v tabulkách P6-8 až P6-13). Zajištění linky až do Horažďovic je z důvodu využití synergických efektů v obslužnosti daného regionu do jeho centra.

Uspořené náklady zrychlených vlaků u referenční soupravy 242 + 4xBt byly zjednodušeně porovnány s průměrnými náklady na provoz alternativní obsluhy autobusovými spoji. (viz tabulka P7-18). Při uvažované průměrné ceně výkonu autobusové regionální dopravy ve výši cca 33 Kč/km [76] vychází průměrné denní náklady na 8 párů spojů Nepomuk - Horažďovice a 3 páry spojů Nepomuk - Pačejov na cca 20 000 Kč.

### ***Dílčí závěr***

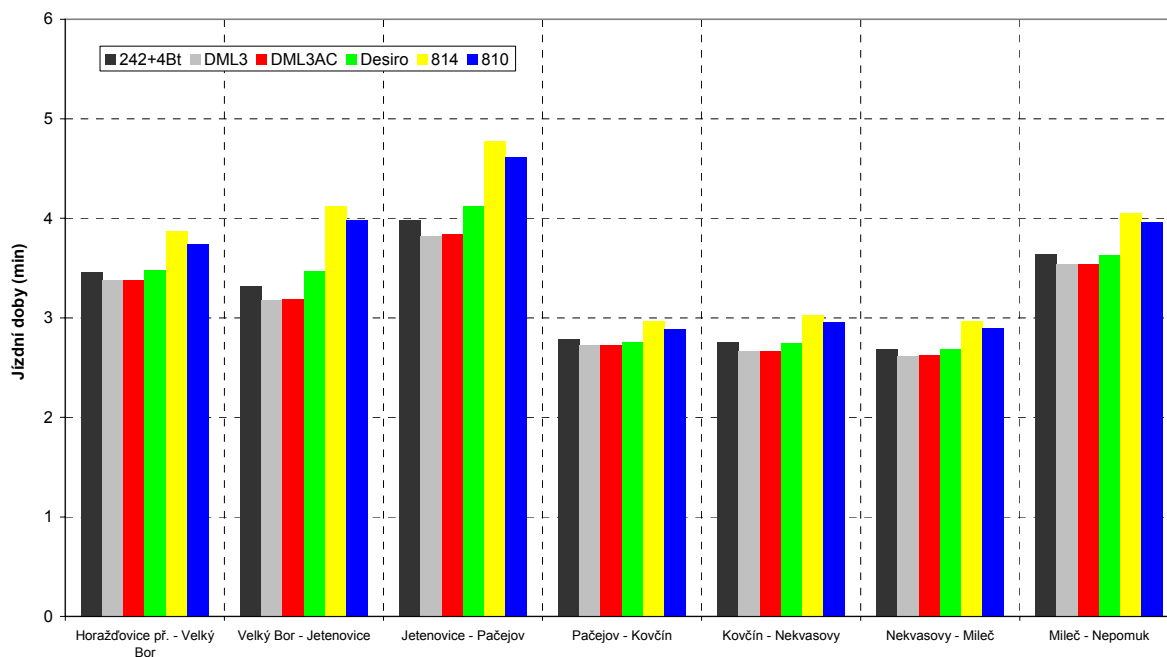
Určení provozních úspor vzniklých projížděním vybraných zastávek je u elektrické trakce v současné době problematické z hlediska stanovení příslušných sazeb za spotřebovanou energii na sběrači vozidla. Bez problému lze změřit nebo odsimulovat spotřebu energie na obvodu hnacích kol, příp. elektrické spotřeby na sběrači.

Pro odhadnutou sazbu vychází pro danou trať, rozsah a formu nabídky železniční osobní dopravy denní úspora vyčíslená zhruba na 6 400 Kč pro referenční soupravu. Při velmi hrubém porovnání s náklady spojenými na provoz konkrétní alternativní autobusové linky, které pro daný koncept vychází zhruba 20 000 Kč denně, je zřejmé, že potenciální odhadnutá úspora dosahuje pouze 1/3 provozních nákladů autobusové linky.

Lepšího poměru lze dosáhnout např. nižším počtem spojů alternativní autobusové linky nebo např. zrušením všech zrychlených spojů v sedlových časech a jejich ponecháním pouze v době přepravní špičky.

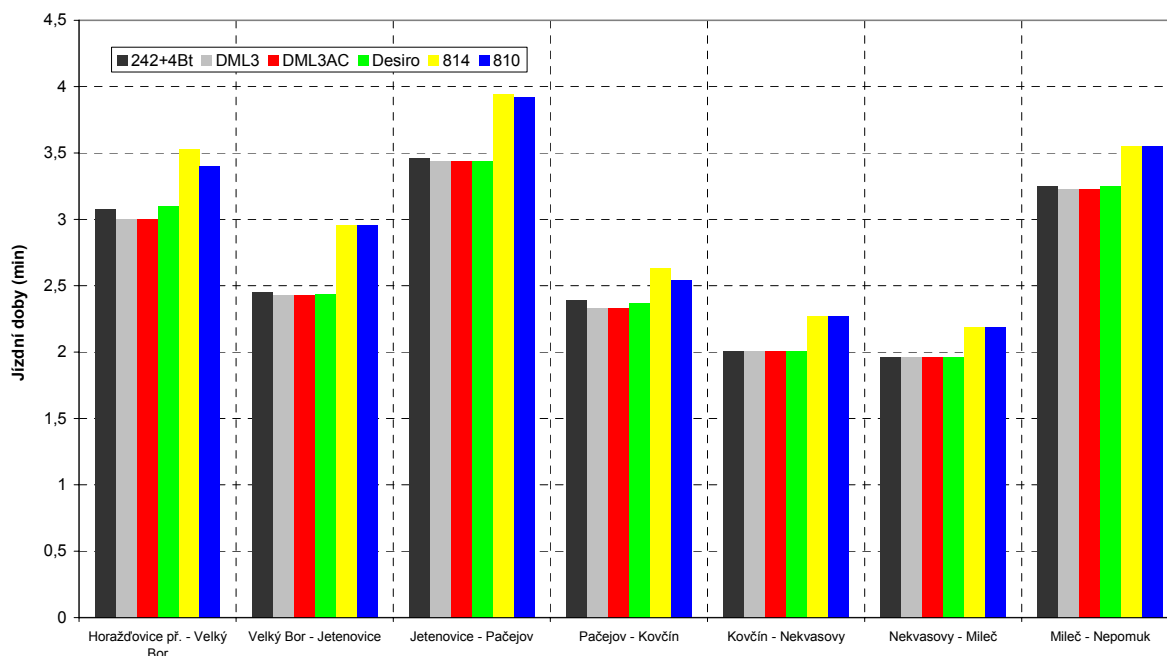


**Srovnání čistých jízdních dob vybraných vozidel v jednotlivých úsecích na trati Horažďovice  
předměstí - Nepomuk při zastavení ve všech dopravních a zastávkách**

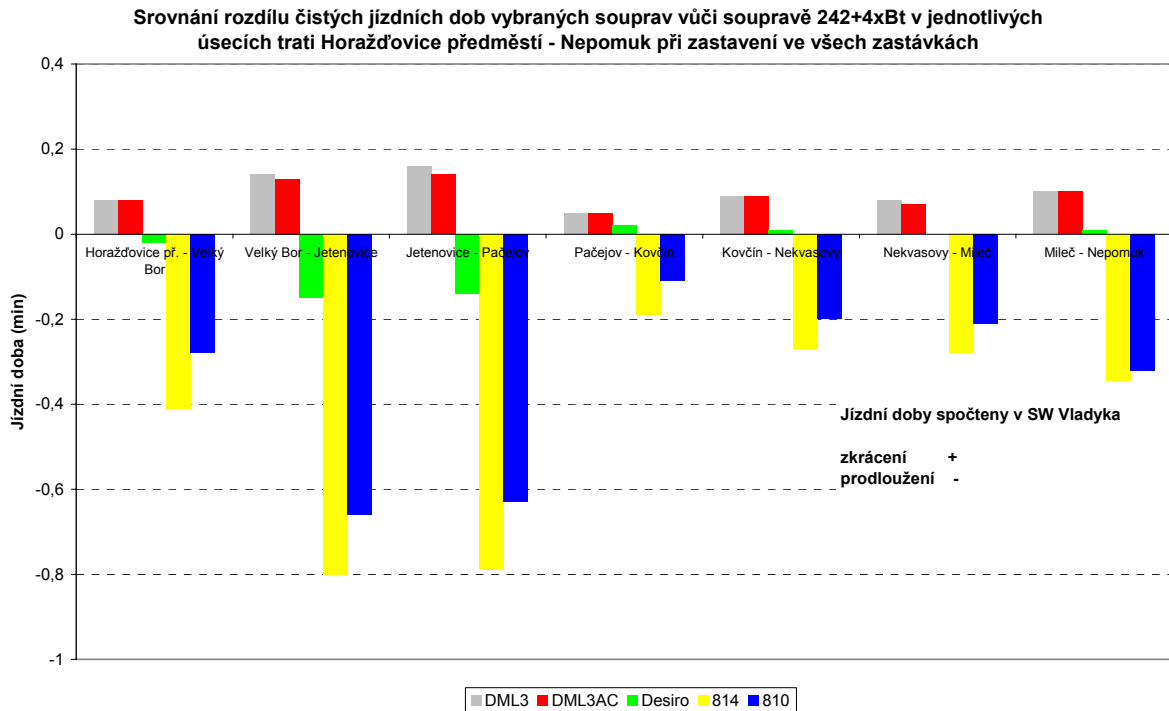


*Obrázek P7-1 Porovnání jízdních dob pro různá vozidla a soupravy zastávkových vlaků v úseku Horažďovice předměstí - Nepomuk, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka*

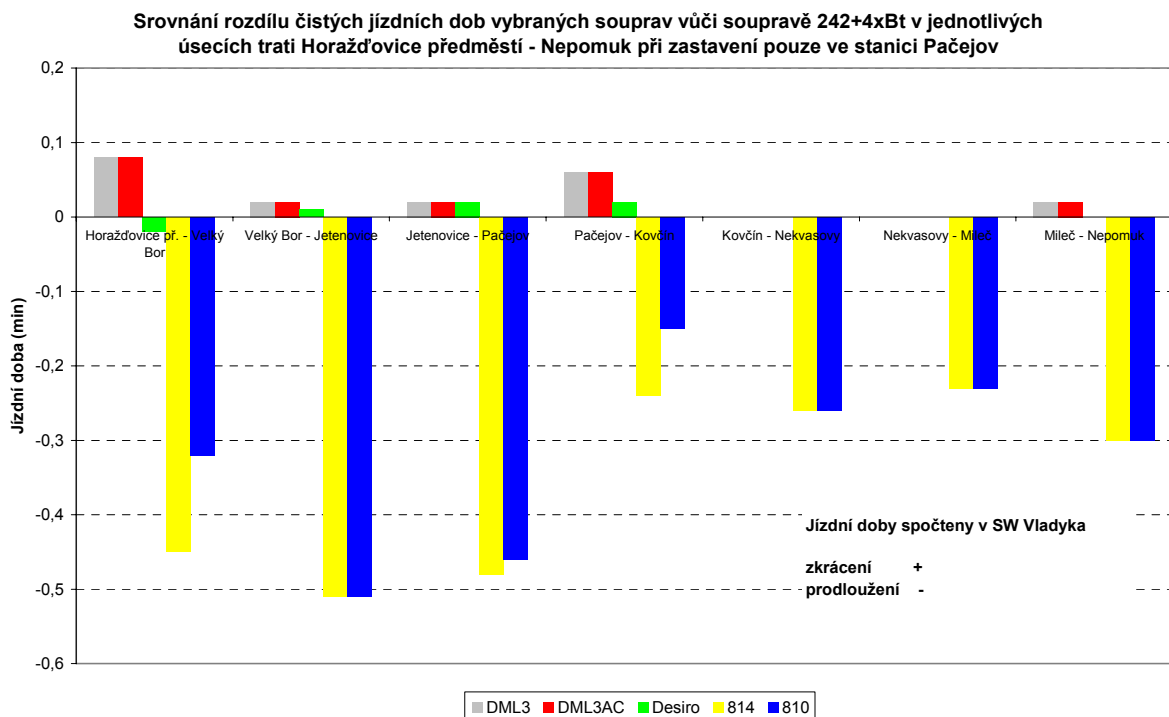
**Srovnání čistých jízdních dob vybraných vozidel v jednotlivých úsecích na trati Horažďovice  
předměstí - Nepomuk při zastavení pouze ve stanici Pačejov**



*Obrázek P7-2 Porovnání jízdních dob pro různá vozidla a soupravy zrychlených vlaků v úseku Horažďovice předměstí - Nepomuk, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka*

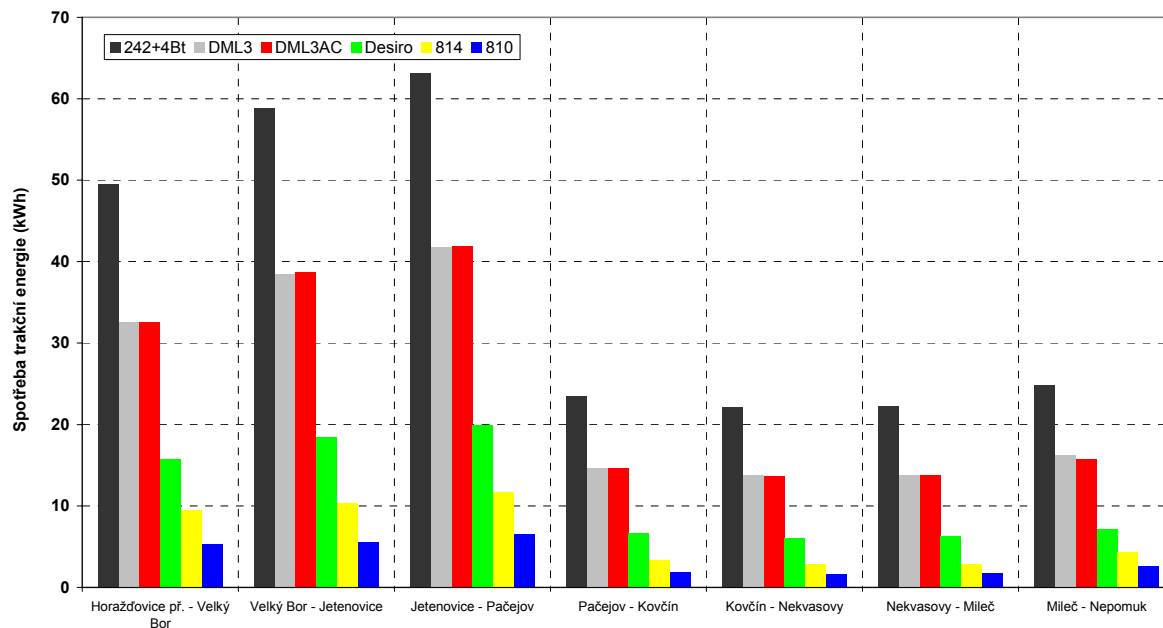


Obrázek P7-3 Porovnání rozdílu jízdních dob pro různá vozidla vůči referenční soupravě u zastávkových vlaků v úseku Horažďovice předměstí - Nepomuk, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka



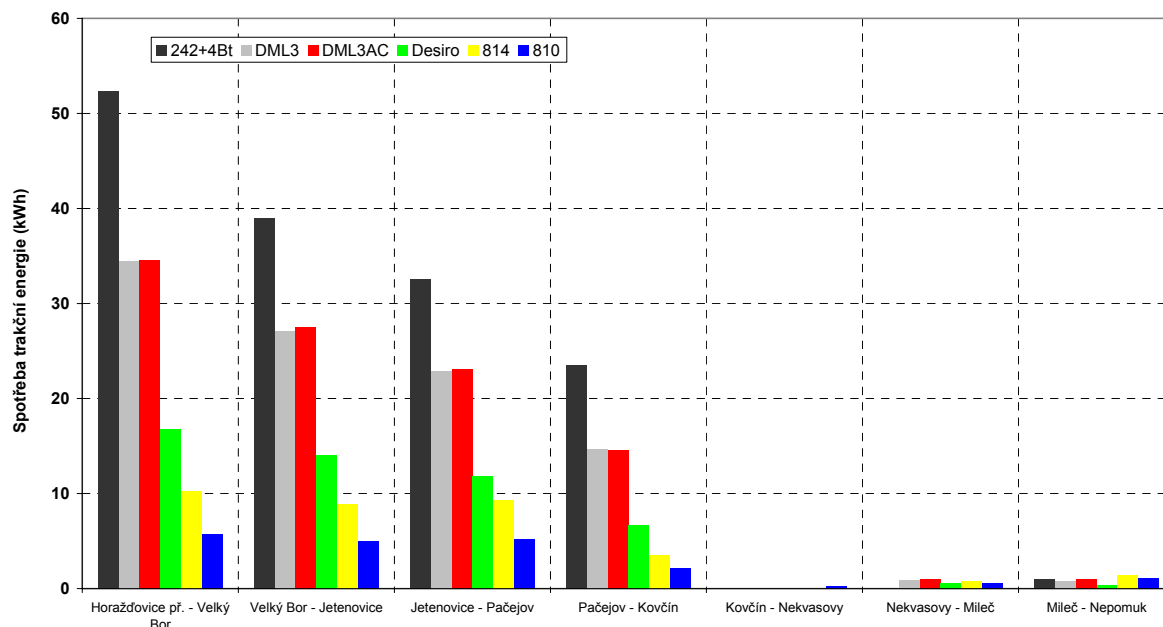
Obrázek P7-4 Porovnání rozdílu jízdních dob pro různá vozidla vůči referenční soupravě u zrychlených vlaků v úseku Horažďovice předměstí - Nepomuk, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka

**Porovnání spotřeby trakční energie na obvodu kol vybraných vozidel v jednotlivých úsecích trati  
Horažďovice předměstí - Nepomuk při zastavení ve všech dopravních a zastávkách**

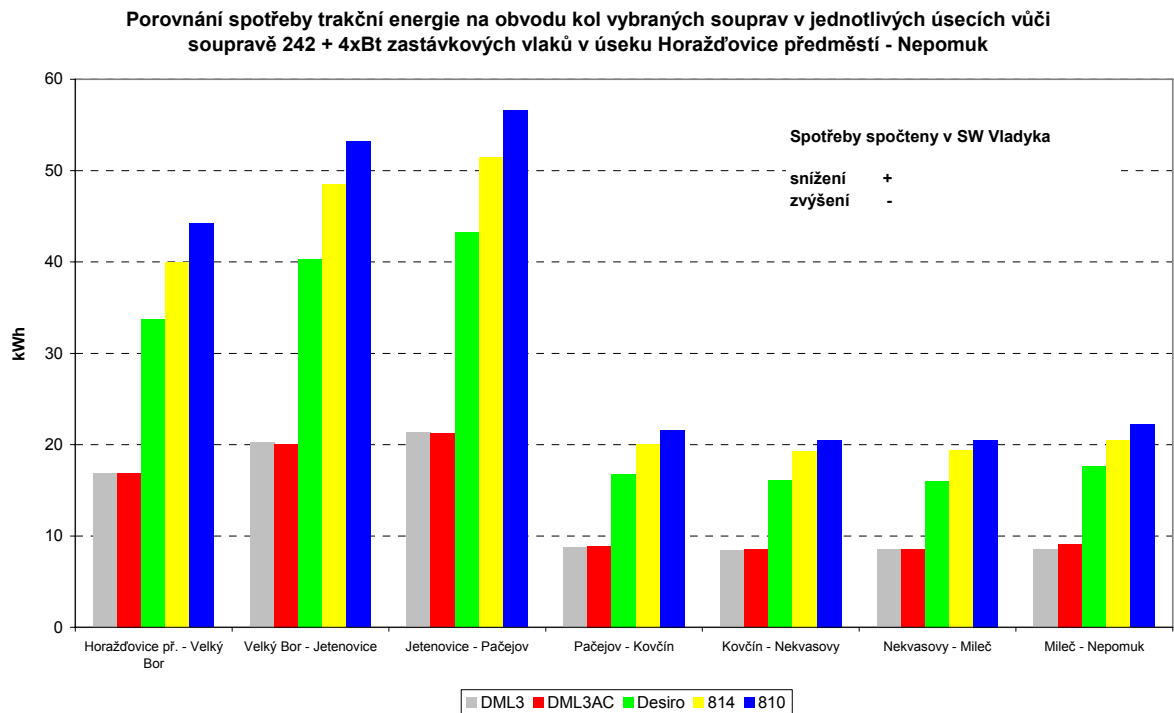


*Obrázek P7-5 Porovnání spotřeby trakční energie na obvodu kol pro různá vozidla a soupravy zastávkových vlaků v úseku Horažďovice předměstí - Nepomuk, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka*

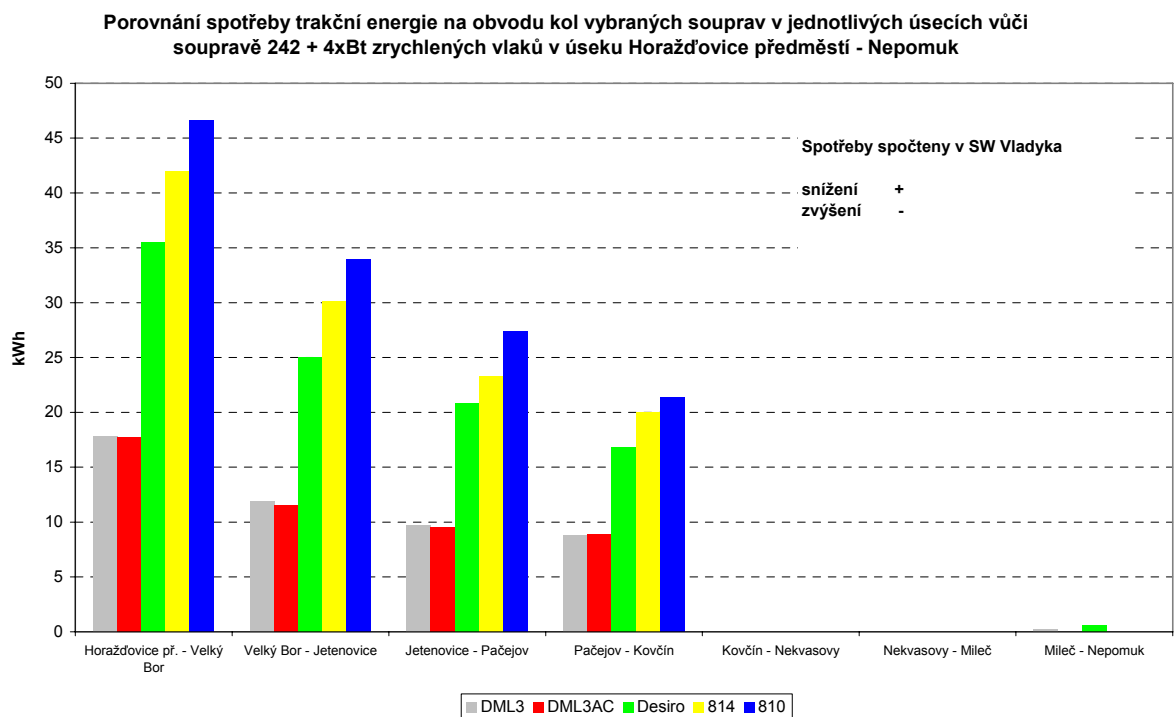
**Porovnání spotřeby trakční energie na obvodu kol vybraných vozidel v jednotlivých úsecích trati  
Horažďovice předměstí - Nepomuk při zastavení pouze ve stanici Pačejov**



*Obrázek P7-6 Porovnání spotřeby trakční energie na obvodu kol pro různá vozidla a soupravy zrychlených vlaků v úseku Horažďovice předměstí - Nepomuk, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka*

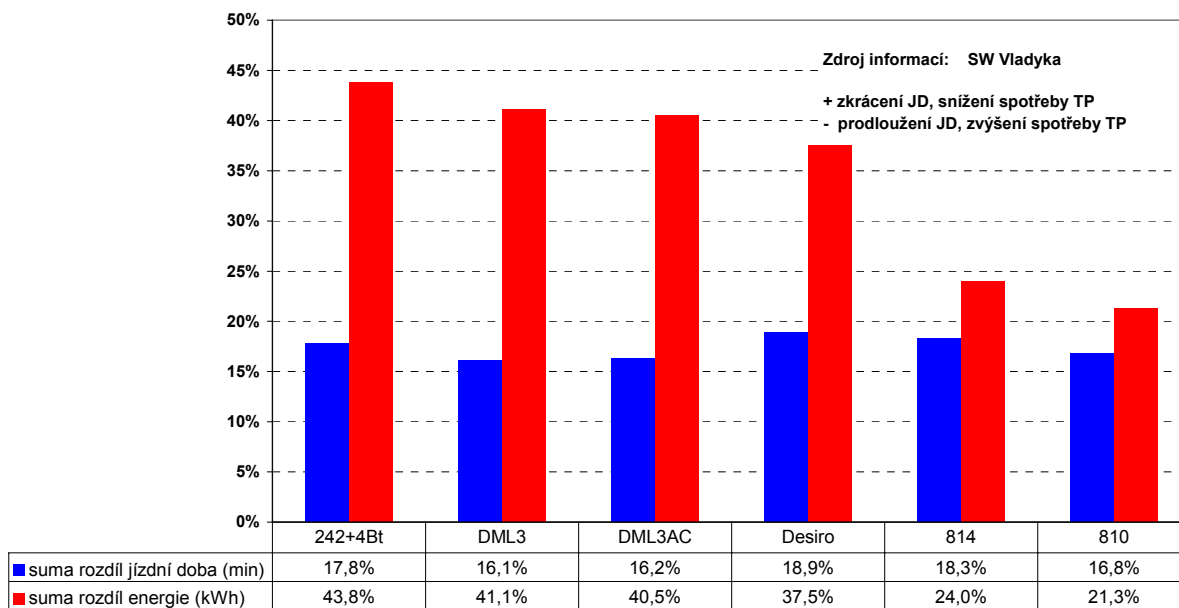


*Obrázek P7-7 Porovnání rozdílu spotřeby trakční energie na obvodu kol pro různá vozidla vůči referenční soupravě u zastávkových vlaků v úseku Horažďovice předměstí - Nepomuk, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka*



*Obrázek P7-8 Porovnání rozdílu spotřeby trakční energie na obvodu kol pro různá vozidla vůči referenční soupravě u zrychlených vlaků v úseku Horažďovice předměstí - Nepomuk, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka*

**Poměr zkrácení jízdní doby na úseku Horažďovice předměstí - Nepomuk a rozdílu spotřebované energie při zastavení pouze ve stanici Pačejov vůči zastavení ve všech zastávkách**



*Obrázek P7-9 Porovnání poměru zkrácení jízdní doby a rozdílu spotřeby trakční energie na obvodu kol pro různá vozidla u zrychlených vlaků vůči zastávkovým v úseku Horažďovice předměstí - Nepomuk, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka*

Tabulka P7-10 Srovnání jízdních dob pro zastávkové a zrychlené vlaky Horažďovice předměstí - Nepomuk pro různá vozidla, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka

Jízdní doba	minuty											
	242+4Bt		DML3		DML3AC		Desiro		814		810	
úsek	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp
Horažďovice př. - Velký Bor	3,46	3,08	3,38	3	3,38	3	3,48	3,1	3,87	3,53	3,74	3,4
Velký Bor - Jetenovice	3,32	2,45	3,18	2,43	3,19	2,43	3,47	2,44	4,12	2,96	3,98	2,96
Jetenovice - Pačejov	3,98	3,46	3,82	3,44	3,84	3,44	4,12	3,44	4,77	3,94	4,61	3,92
Pačejov - Kovčín	2,78	2,39	2,73	2,33	2,73	2,33	2,76	2,37	2,97	2,63	2,89	2,54
Kovčín - Nekvasovy	2,76	2,01	2,67	2,01	2,67	2,01	2,75	2,01	3,03	2,27	2,96	2,27
Nekvasovy - Mileč	2,69	1,96	2,61	1,96	2,62	1,96	2,69	1,96	2,97	2,19	2,9	2,19
Mileč - Nepomuk	3,64	3,25	3,54	3,23	3,54	3,23	3,63	3,25	4,05	3,55	3,96	3,55
<b>suma</b>	<b>22,63</b>	<b>18,6</b>	<b>21,93</b>	<b>18,4</b>	<b>21,97</b>	<b>18,4</b>	<b>22,9</b>	<b>18,57</b>	<b>25,78</b>	<b>21,07</b>	<b>25,04</b>	<b>20,83</b>

Tabulka P7-11 Srovnání jízdních dob pro zastávkové a zrychlené vlaky Nepomuk - Horažďovice předměstí pro různá vozidla, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka

Jízdní doba	minuty											
	242+4Bt		DML3		DML3AC		Desiro		814		810	
úsek	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp
Nepomuk - Mileč	3,71	3,33	3,58	3,19	3,59	3,2	3,7	3,31	4,16	3,82	4,06	3,71
Mileč - Nekvasovy	2,77	1,98	2,64	1,96	2,65	1,96	2,82	1,96	3,25	2,24	3,14	2,21
Nekvasovy - Kovčín	2,88	2,03	2,73	2	2,74	2	2,94	2	3,45	2,33	3,33	2,25
Kovčín - Pačejov	2,84	2,38	2,7	2,37	2,71	2,37	2,91	2,37	3,29	2,55	3,17	2,51
Pačejov - Jetenovice	3,94	3,55	3,87	3,47	3,87	3,48	3,92	3,53	4,36	3,98	4,23	3,89
Jetenovice - Velký Bor	3,23	2,43	3,14	2,43	3,15	2,43	3,28	2,43	3,81	3	3,73	3
Velký Bor - Horažďovice před.	3,26	2,86	3,15	2,85	3,15	2,85	3,26	2,85	3,63	3,11	3,53	3,09
<b>suma</b>	<b>22,63</b>	<b>18,56</b>	<b>21,81</b>	<b>18,27</b>	<b>21,86</b>	<b>18,29</b>	<b>22,83</b>	<b>18,45</b>	<b>25,95</b>	<b>21,03</b>	<b>25,19</b>	<b>20,66</b>

Tabulka P7-12 Srovnání spotřeby trakční energie na obvodu kol pro zastávkové a zrychlené vlaky Horažďovice předměstí - Nepomuk pro různá vozidla, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka

Spotřeba trakční energie na obvodu kol	kWh											
	242+4Bt		DML3		DML3AC		Desiro		814		810	
úsek	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp
Horažďovice př. - Velký Bor	49,5	52,3	32,6	34,5	32,6	34,6	15,8	16,8	9,5	10,3	5,3	5,7
Velký Bor - Jetenovice	58,8	39	38,5	27,1	38,7	27,5	18,5	14	10,3	8,9	5,6	5
Jetenovice - Pačejov	63,1	32,6	41,8	22,9	41,9	23,1	19,9	11,8	11,7	9,3	6,5	5,2
Pačejov - Kovčín	23,5	23,5	14,7	14,7	14,6	14,6	6,7	6,7	3,4	3,5	1,9	2,1
Kovčín - Nekvasovy	22,2	0	13,8	0	13,7	0	6,1	0	2,9	0	1,7	0,3
Nekvasovy - Mileč	22,3	0	13,8	0,9	13,8	1	6,3	0,6	2,9	0,8	1,8	0,6
Mileč - Nepomuk	24,8	1	16,2	0,8	15,7	1	7,2	0,4	4,3	1,4	2,6	1,1
<b>suma</b>	<b>264,2</b>	<b>148,4</b>	<b>171,4</b>	<b>100,9</b>	<b>171</b>	<b>101,8</b>	<b>80,5</b>	<b>50,3</b>	<b>45</b>	<b>34,2</b>	<b>25,4</b>	<b>20</b>

Tabulka P7-13 Srovnání spotřeby trakční energie na obvodu kol pro zastávkové a zrychlené vlaky Nepomuk - Horažďovice předměstí pro různá vozidla, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka

Spotřeba trakční energie na obvodu kol	kWh											
	242+4Bt		DML3		DML3AC		Desiro		814		810	
úsek	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp
Nepomuk - Mileč	50,1	52,9	33,3	35,4	33,6	35,7	16,5	17,6	10,5	11,3	5,8	6,3
Mileč - Nekvasovy	44	25	28,6	17,7	28,7	17,9	13,8	9,1	8	6,7	4,4	3,8
Nekvasovy - Kovčín	48,3	30,4	31,5	20,6	31,5	20,7	15,1	10,4	8,6	7,4	4,7	4,2
Kovčín - Pačejov	41,4	15,8	26,9	11,5	26,9	11,5	12,5	5,8	7,1	4,9	3,8	2,7
Pačejov - Jetenovice	24,2	29,1	15,4	17,2	15,3	17,2	7,1	7,7	3,5	3,7	2,3	2,4
Jetenovice - Velký Bor	31,5	0,2	19,3	2,8	19,4	2,9	8,8	1,8	3,5	0,9	2,2	0,8
Velký Bor - Horažďovice před.	25,7	1,6	16,6	1,2	16,6	1,2	7,5	0,7	3,6	0,7	2,2	0,7
<b>suma</b>	<b>265,2</b>	<b>155</b>	<b>171,6</b>	<b>106,4</b>	<b>172</b>	<b>107,1</b>	<b>81,3</b>	<b>53,1</b>	<b>44,8</b>	<b>35,6</b>	<b>25,4</b>	<b>20,9</b>

Tabulka P7-14 Srovnání spotřeby trakční energie na sběrači, resp. nafty pro zastávkové a zrychlené vlaky Horažďovice předměstí - Nepomuk pro různá vozidla, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka

Nepomuk - Horažďovice předměstí Spotřeba nafty a energie na sběrači	kWh						litry					
	242+4Bt		DML3		DML3AC		Desiro		814		810	
úsek	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp
Nepomuk - Mileč	63,5	66,9	40,6	43,2	41,0	43,5	5,27	5,5	2,85	3	2,21	2,32
Mileč - Nekvasovy	54,9	31,6	34,9	21,6	35,0	21,8	4,31	2,9	2,2	1,74	1,68	1,37
Nekvasovy - Kovčín	60,2	37,5	38,4	25,1	38,4	25,2	4,69	3,27	2,41	1,91	1,82	1,51
Kovčín - Pačejov	52,3	21,3	32,8	14,0	32,8	14,0	3,96	2,06	2,01	1,35	1,53	1,03
Pačejov - Jetenovice	32,6	37,9	18,8	21,0	18,7	21,0	2,75	2,84	1,2	1,22	1,1	1,12
Jetenovice - Velký Bor	39,9	2,3	23,5	3,4	23,7	3,5	3,08	0,96	1,16	0,44	1,02	0,49
Velký Bor - Horažďovice před.	33,7	4,5	20,2	1,5	20,2	1,5	2,72	0,75	1,18	0,41	1,05	0,46
<b>suma</b>	<b>337,1</b>	<b>202</b>	<b>209,3</b>	<b>129,8</b>	<b>209,8</b>	<b>130,6</b>	<b>26,78</b>	<b>18,28</b>	<b>13,01</b>	<b>10,07</b>	<b>10,41</b>	<b>8,3</b>
<b>rozdíl energie [kWh] / nafta [ l ]</b>	<b>135,1</b>		<b>97,0</b>		<b>96,5</b>		<b>8,5</b>		<b>2,9</b>		<b>2,1</b>	

Tabulka P7-15 Srovnání spotřeby trakční energie na sběrači, resp. nafty pro zastávkové a zrychlené vlaky Nepomuk - Horažďovice předměstí pro různá vozidla, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka

Horažďovice předměstí - Nepomuk Spotřeba nafty a energie na sběrači	kWh						litry					
	242+4Bt		DML3		DML3AC		Desiro		814		810	
úsek	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp	Os	Sp
Horažďovice př. - Velký Bor	62,1	65,5	32,6	34,5	32,6	34,6	4,97	5,19	2,62	2,79	2,02	2,13
Velký Bor - Jetenovice	71,8	47,2	38,5	27,1	38,7	27,5	5,75	4,25	2,82	2,34	2,16	1,79
Jetenovice - Pačejov	77,6	40,8	41,8	22,9	41,9	23,1	6,27	3,78	3,21	2,51	2,5	1,97
Pačejov - Kovčín	30,8	30,4	14,7	14,7	14,6	14,6	2,42	2,34	1,07	1,06	0,9	0,91
Kovčín - Nekvasovy	29,1	1,8	13,8	0	13,7	0	2,26	0,39	0,96	0,18	0,83	0,27
Nekvasovy - Mileč	29	1,7	13,8	0,9	13,8	1	2,28	0,55	0,96	0,36	0,83	0,37
Mileč - Nepomuk	33	4,4	16,2	0,8	15,7	1	2,72	0,76	1,38	0,6	1,2	0,61
<b>suma</b>	<b>333,4</b>	<b>191,8</b>	<b>171,4</b>	<b>100,9</b>	<b>171</b>	<b>101,8</b>	<b>26,67</b>	<b>17,26</b>	<b>13,02</b>	<b>9,84</b>	<b>10,44</b>	<b>8,05</b>
<b>rozdíl energie [kWh] / nafta [ l ]</b>	<b>141,6</b>		<b>86,0</b>		<b>84,4</b>		<b>9,4</b>		<b>3,2</b>		<b>2,4</b>	



Tabulka P7-16 Srovnání úspory spotřeby trakční energie na sběrači, resp. nafty zrychlených vlaků oproti zastávkovým vlakům v úseku Nepomuk - Horažďovice předměstí pro různá vozidla, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka

suma spotřeba elektrické energie/ motorové nafty na vlak	242+4Bt	DML3	DML3AC	Desiro	814	810
	kWh	kWh	kWh	l	l	l
úspora 1 vlak Nepomuk - Horažďovice př.	135	97	97	9	3	2
úspora 1 vlak Horažďovice př.- Nepomuk	142	86	84	9	3	2
úspora 9 párů / den	2625	1743	1725	170	58	43

Tabulka P7-17 Srovnání finanční úspory vypočtené ze spotřeby trakční energie na sběrači, resp. nafty zrychlených vlaků oproti zastávkovým vlakům v úseku Nepomuk - Horažďovice předměstí pro různá vozidla, Cena nafty - 26 Kč/litr bez DPH, Cena elektrické energie na sběrači - 2,45 Kč/kWh bez DPH, Zdroj: autor s využitím SW Vladyka

suma náklady na vlak	242+4Bt	DML3	DML3AC	Desiro	814	810
	Kč	Kč	Kč	Kč	Kč	Kč
úspora 1 vlak Nepomuk - Horažďovice př.	330	194	193	221	76	55
úspora 1 vlak Horažďovice př.- Nepomuk	346	172	169	245	83	62
úspora u 19 vlaků / den	6418	3495	3457	4412	1509	1108

Tabulka P7-18 Rozsah nabídky autobusové dopravy ve Variantě 2 a průměrné rámcové hodnoty nákladů, Zdroj: autor

Úsek	Průměrné hodnoty vztahované k 1 dni provozu				
	počet spojů	vzdálenost	celkem km	průměrné náklady	celkem Kč
	[ - ]	[ km ]	[ km/den ]	[ Kč ]	[ Kč/den ]
Horažďovice - Nepomuk	8	32	256	33	8 448
Nepomuk - Horažďovice	8	32	256	33	8 448
Nepomuk - Pačejov	3	17	51	33	1 683
Pačejov - Nepomuk	3	17	51	33	1 683
<b>suma</b>	<b>22</b>	<b>-</b>	<b>614</b>	<b>-</b>	<b>20 262</b>