



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Disertační práce

OPTIMÁLNÍ KOOPERACE JEDNOTLIVÝCH SEGMENTŮ OSOBNÍ KOLEJOVÉ DOPRAVY

Ing. Pavel Purkart

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích (P 3710)

Studijní obor: Dopravní systémy a technika (3708V009)

Školitel: doc. Ing. Lukáš Týfa, Ph.D.

Školitel specialista: Ing. Martin Jacura, Ph.D.

Praha

2022

Prohlášení

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

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

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

V Mirošově dne 27. června 2022

.....
podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady a své zkušenosti k vypracování mé disertační práce. Zvláště rád bych pak chtěl poděkovat doc. Ing. Lukáši Týfovi, Ph.D. a Ing. Martinu Jacurovi, Ph.D., jakožto školiteli a školiteli specialistovi po celou dobu studia. Poděkování patří i všem kolegům z Ústavu dopravních systémů z železniční sekce i paní sekretářce za jejich obětavou pomoc a součinnost po celou dobu studia.

V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu studia.

**Věnováno symbolicky dědečkovi Františku Purkartovi (zemřel 27. února 2022),
který autora disertační práce při cestě za svými cíli vždy podporoval.**

Anotace

Veřejná osobní doprava je komplexní propojený systém veřejných služeb v přepravě cestujících. Páteří systému jsou zpravidla systémy osobní kolejové dopravy, které se vyznačují vysokou kapacitou pro přepravu cestujících a separovanou dopravní cestou od ostatních módů dopravy. To je výborně předurčuje tvořit kostru celého systému. Zároveň v jejich případě je však nejsložitější řešení kapacity dopravní cesty a jejího přidělování. Nejsou tak ojedinělé případy, ve kterých dochází ke střetu požadavků na přidělování kapacity železniční dopravní cesty a k jejímu vyčerpání. Tato disertační práce si klade za cíl řešit právě tyto případy, přičemž řeší komplexně otázku, které segmenty osobní přepravy na dopravní cestu umístit v případě vzniku jejího přetížení.

Summary

Public transport is a comprehensive interconnected system of public passenger transport services. The backbone of the system is usually passenger rail transport systems, which are characterized by a high capacity for passenger transport and by a separate traffic path from other modes of transport. This makes them very determined to form the backbone of the whole public transport system. At the same time, however, the most complicated solution in their case is the capacity of the railway traffic path and its allocation. Thus, there are not isolated cases in which there is a conflict between the requirements for the allocation of railway traffic path capacity and its full consumption. This dissertation aims to address precisely these cases, which segments of passenger transport should be allocated on the railway traffic path in the case of its overfulfilment.

Obsah

1	Seznam použitých zkratk	7
2	Úvod	9
3	Teoretický úvod do problematiky kooperace jednotlivých segmentů veřejné hromadné dopravy	10
4	Legislativa, předpisy a praktické zkušenosti v oblasti řešené problematiky...	13
4.1	Hierarchizace zajištění služeb ve veřejných službách v přepravě cestujících	13
4.2	Zákon o drahách a přidělování kapacity dráhy	17
4.3	Prohlášení o dráze Správy železnic	20
4.4	Základní rešerše vybrané zahraniční legislativy ve věci řešení přetížených úseků infrastruktury a přidělování kapacity dráhy	22
4.5	Vybrané dokumenty a pojmy týkající se přidělování a hospodárného využívání kapacity dráhy	27
5	Praktické příklady v oblasti kooperace veřejné hromadné dopravy a řešení hospodárného využití kapacity železniční dopravní cesty	36
5.1	Řešení kooperace segmentů na železniční trati Beroun – Plzeň – Klatovy a autobusové linky Plzeň – Klatovy	36
5.2	Problematika omezení obsluhy vybraných bodů za účelem dosažení systémové nabídky	40
5.3	Vybrané zkušenosti s hospodařením s kapacitou železniční dopravní cesty v zahraničí	44
5.4	Využití lehkých kolejových systémů jako kooperativního prvku veřejné hromadné dopravy	52
6	Expertní dotazník týkající se problematiky hospodárného využívání kapacity železniční dopravní cesty	59
6.1	Otázka 1: Domníváte se, že řešení kapacity železniční dopravní cesty, problematiky jejího zatížení a metodiky jejího přidělu je aktuálním problémem, jehož řešením je vhodné se zabývat a věnovat mu zvláštní pozornost?	61
6.2	Otázka 2: Domníváte se, že v případě přidělování kapacity dráhy by měly mít přednost osobní vlaky v závazku veřejné služby nad komerčními spoji?	61
6.3	Otázka 3: Domníváte se, že v případě přidělování kapacity dráhy by měly mít přednost dálkové/expresní mezinárodní vlaky před vnitrostátními vlaky?	62

6.4	Otázka 4: Domníváte se, že v případě přidělování kapacity dráhy by měly mít přednost dálkové/expresní vlaky před regionálními vlaky?	63
6.5	Otázka 5: Domníváte se, že v případě konstrukce tras by měla mít přednost osobní doprava před dopravou nákladní?	63
6.6	Otázka 6: Domníváte se, že v případě přidělování kapacity dráhy by se měla zohledňovat obsazenost cestujícími jednotlivých linek osobní železniční dopravy, příp. jednotlivých spojů osobní dopravy (zejména v případě požadavků převyšujících kapacitu dráhy)?	63
6.7	Otázka 7: Domníváte se, že v případě přidělování kapacity železniční dopravní cesty by se měly zohledňovat technické parametry vozidel v průniku s parametry infrastruktury, tj. možnosti využití parametrů infrastruktury (např. rychlostní profily a jejich hladiny) nasazenými vozidly na dané výkony (zejména v případě požadavků převyšujících kapacitu dráhy)?	65
6.8	Otázka 8: Domníváte se, že přidělcem kapacity dráhy v případě požadavků převyšujících její kapacitu, by měl mít možnost nebo povinnost před odmítnutím vybraných požadavků navrhnout řešení na jejich uspokojení (např. projetím vybraných zastávek u vybraných vlaků zajistit rovnoběžnost tras, čímž lze lépe zužít kapacitu dráhy, spojení vybraných vlaků v kritickém úseku, navrhnout nasazení jiných vozidel na vybrané linky apod.)?...	66
6.9	Otázka 9: Domníváte, že v případě přidělování kapacity železniční dopravní cesty na trati pro provoz v elektrické trakci by měla být bonifikována vozidla, která tuto trakci skutečně využijí, nebo by měla být bonifikována vozidla s moderními trakčními pohony (BEMU, HEMU/HMU apod.)?	66
6.10	Otázka 10: Domníváte se, že při přidělování kapacity železniční dopravní cesty by měla být bonifikována vozidla vybavená moderními zabezpečovacími systémy (typicky ETCS a GSM-R)?	67
6.11	Otázka 11: Domníváte se, že stát či EU by měly pozitivně motivovat dopravce a objednatele veřejných služeb v přepravě cestujících (např. dotačními programy) k obnově vozového parku či zlepšování jeho kvality ve prospěch lepšího a smysluplnějšího využití kapacity železniční dopravní cesty?	68
6.12	Otázka 12: Regionální a dálková doprava se v případě přidělu kapacity na jedné trati ovlivňují. Uměle může proto dojít za účelem konstrukce jízdního řádu ke zpomalení tras dálkové dopravy. Jaké je podle Vás případné únosné zpomalení vlaků dálkové dopravy vlivem konstrukce tras regionální dopravy?.....	68
6.13	Závěry expertního dotazníku jako vstup pro vědecké poznání	69
7	Model hospodárneho využití kapacity železniční dopravní cesty.....	71

7.1	Metoda STEM – teoretický popis a konkrétní uplatnění	71
7.2	Metoda STEM – modifikace metody pro problematiku optimální kooperace jednotlivých segmentů železniční osobní dopravy	77
8	Aplikace a vyhodnocení modelu hospodárného využití kapacity železniční dopravní cesty	81
8.1	Uplatnění metody STEM na traťovém úseku Plzeň – Žihle včetně konkrétní ukázky výpočtu se zohledněním vstupních dat.....	82
8.2	Zkouška citlivosti metody STEM na změny parametrů v počtech cestujících	100
8.3	Srovnání hodnot optimalizačních kritérií pro jednotlivé varianty výpočtu.....	105
9	Závěr	107
10	Seznam příloh	110
11	Seznam obrázků	111
12	Seznam tabulek	113
13	Seznam literatury	115

1 Seznam použitých zkratek

- BEG – Bayerische Eisenbahngesellschaft (Bavorská železniční společnost)
- BEMU – Battery Electric Multiple Unit (vlaková jednotka na kombinovaný pohon – baterie a elektřina)
- CBA – cost benefit analysis (analýza ekonomických nákladů a přínosů)
- ČD – České dráhy
- ČR – Česká republika
- ČVUT v Praze – České vysoké učení technické v Praze
- DB – Deutsche Bahn (Německé dráhy)
- EisbG - Bundesgesetz über Eisenbahnen, Schienenfahrzeuge auf Eisenbahnen und den Verkehr auf Eisenbahnen (spolkový zákon pro železnice, vozidla a provoz na nich)
- EC – EuroCity (komerční kategorie vlaku)
- EMU – Electric Multiple Unit (vlaková jednotka na elektrický pohon)
- Ex – expres (dopravní kategorie vlaku)
- EU – Evropská unie
- EUR – euro (měna)
- ETCS – European Train Control System (jednotný evropský zabezpečovací železniční systém)
- ERegG – Eisenbahnregulierungsgesetz (regulační zákon na železnici – Německo)
- Gbf. – Güterbahnhof (nákladní nádraží)
- Hbf. – Hauptbahnhof (hlavní nádraží)
- HEMU – Hydrogen Electric Multiple Unit (vlaková jednotka na kombinovaný pohon – vodík a elektřina)
- HMU – Hydrogen Multiple Unit (vlaková jednotka na vodíkový pohon)
- GVD – grafikon vlakové dopravy
- GSM-R – Global System for Mobile Communications – Railway (globální systém pro mobilní komunikaci – železnice)
- IAD – individuální automobilová doprava
- IPR Praha – Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy
- JIKORD – Jihočeský koordinátor dopravy
- KJŘ – knižní jízdní řád
- MD ČR – Ministerstvo dopravy České republiky
- MHD – městská hromadná doprava
- NJŘ – nákresný jízdní řád
- NZV – Eisenbahn-Netz Zugangsverordnung (podmínky přístupu na drážní síť)
- NWS – Network Statement (prohlášení o dráze)

OCÚ Západ – Oblastní centrum údržby Západ (organizační složka ČD)
Os – osobní vlak (dopravní kategorie vlaku)
Pbf. – Personenbahnhof (osobní nádraží)
POVED – Plzeňský organizátor veřejné dopravy
R – rychlík (dopravní kategorie vlaku)
RS – rychlá spojení
s. o. – státní organizace
Sp – spěšný vlak (dopravní kategorie vlaku)
S-Bahn – tzv. městská dráha, z němčiny; vlak sloužící k obsluze města, příp. vnitřního aglomeračního pásma
SNB – Schienennetz-Benutzungsbedingungen der DB Netz AG (podmínky užití železniční sítě DB)
SNNB – Schienennetz-Nutzungsbedingungen (podmínky užití železniční sítě)
STEM – STEp Method (metoda lineární optimalizace)
SBB – Schweizerische Bundesbahnen (Švýcarské spolkové dráhy)
SŽ – Správa železnic, státní organizace
TA ČR – Technologická agentura České republiky
UIC – Union Internationale des Chemins de Fer (Mezinárodní železniční unie)
VŠB TU Ostrava – Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
VDV – Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (sdružení německých dopravců)

2 Úvod

Disertační práce na téma Optimální kooperace jednotlivých segmentů osobní kolejové dopravy se zabývá tématem, které v odborných kruzích velmi často vyvolává diskuse a není uspokojivě řešeno či dokonce neexistují jednotné postupy k jeho vyřešení.

Zejména na velmi vytížených železničních tratích je nutné zabývat se otázkou kapacity železniční dopravní cesty a jejího konkrétního využití tak, aby efekty z jejího využívání byly pro společnost i provozovatele dráhy optimální. V současnosti jsme velmi často svědky skutečnosti, že v mnohých místech je kapacita zcela vyčerpána¹ a trasy jednotlivých segmentů dopravy na takových tratích dosahují obtížné kooperace. Cílem je často vyhovět všem požadavkům na přidělení kapacity železniční dopravní cesty tak, aby byly uspokojeny, otázkou je však pak kvalita² takto přidělených tras.

Disertační práce nemá za cíl věnovat se všem druhům infrastruktury, ve výše uvedeném kontextu je jejím primárním cílem zabývat se zmíněnou problematikou výhradně na infrastruktuře železniční. Tím není nijak popřeno, že komplikace se vyskytují a je nutné je řešit i v případě pozemních komunikací, nicméně v případě železnic je tato problematika jednoznačně složitější. Na základě zhodnocení stávajícího stavu poznání, legislativy a provedeného výzkumu je tak cílem nabídnout řešení pro přetížené úseky železniční infrastruktury, dokud nedojde k jejich adekvátnímu zkapacitnění. V takovém případě dochází k řešení otázky, které segmenty drážní dopravou realizovat, pokud není možné přidělením kapacity železniční dopravní cesty uspokojit všechny popávané požadavky.

Cíle disertační práce je možné shrnout do čtyř bodů:

- analýza legislativy, předpisů a výzkumu v oblasti segmentace veřejné hromadné dopravy a vyvození závěrů z těchto materiálů,
- oslovení expertů za účelem získání odborných názorů na danou problematiku,
- vytvoření rozhodovacího nástroje, který propojí problematiku přidělování kapacity dráhy a vhodné kooperace jednotlivých segmentů veřejné hromadné dopravy na železnici,
- aplikace rozhodovacího nástroje na konkrétní trati a zhodnocení jeho funkčnosti.

Pokud není v disertační práci uvedeno jinak, čísla tratí dle KJŘ se vztahují k platnému jízdnímu řádu 2021/22.

¹ V českém měřítku se s tímto pojmem „vyčerpání kapacity“ prakticky téměř nesetkáváme, cílem je uspokojit všechny požadavky často i bez většího zřetele na kvalitu výsledných tras.

² Kvalitou trasy je zde myšleno především její praktické dodržení, tj. odolnost proti jejímu narušení či odchylkám od její teoretické podoby vlivem nepravidelností v dopravě a také v případě jejího narušení či vzniku odchylky rychlost stabilizace takové trasy do původní podoby.

3 Teoretický úvod do problematiky kooperace jednotlivých segmentů veřejné hromadné dopravy

Řešení problémů optimální kooperace veřejné dopravy je v současnosti velmi živé téma jak prakticky, tak teoreticky. Na problém lze hledět ve více rovinách, nicméně na začátku této práce je vhodné zmínit teoretický úvod do celé problematiky, tedy zejména segmentaci veřejné hromadné dopravy.

Veřejnou dopravu lze teoreticky rozdělit do několika vrstev, které odborně můžeme pojmenovat jako segmenty. Každá vrstva má svůj účel a s ohledem na její potřeby lze navrhnout konkrétní dopravní prostředek, který k jejímu provozu je vhodné využít. Teoretické dělení segmentů, resp. hierarchizace je následující ([3] plus vlastní vysvětlení):

A – tranzitní funkce

- A1 – mezikontinentální a dlouhé vnitrokontinentální relace (letadlo),
- A2 – vzájemné propojení sousedních center státu nebo velkých center v rámci jednoho zpravidla rozlehlého státu (vysokorychlostní železnice, expresní segment vlaků dálkové dopravy, v případě středně a významně rozlehlých států letadlo).

B – sběrná funkce

- B1, B2 – spojení aglomerací s regionálními centry, spojení řetězce regionálních center (vlaky dálkové dopravy konvenčního charakteru, v našich podmínkách zejm. vlaky kategorie Ex, R a částečně Sp – B1, příp. dálkové autobusy – B2).

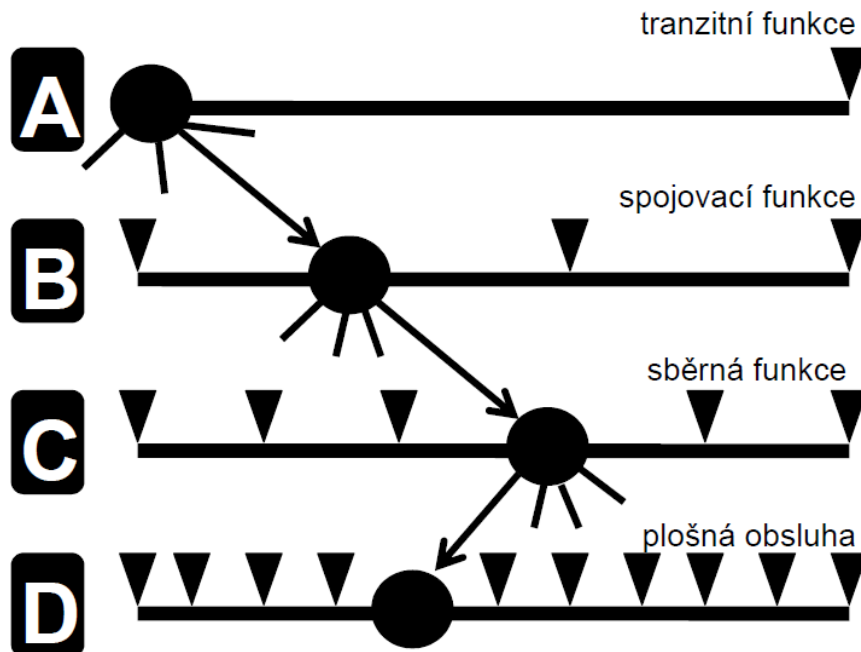
C – spojovací funkce

- C1 – spojení vnějšího aglomeračního pásma s centrem oblasti (zde je vhodným dopravním prostředkem vlak s průjezdem zastávek ve vnitřním aglomeračním pásmu oblasti, tj. v českých podmínkách část vlaků kategorie Sp, RER v okolí Paříže, částečně vlaky typu S-Bahn),
- C2 – spojení vnitřních pásem aglomerační oblasti s centrem (zde je opět vhodným prostředkem železnice, zpravidla se jedná o příměstské vlaky provozované na trase do cca 30–40 km od centra, např. linky S kolem Prahy),
- C3, C4 – spojení sídel mimo aglomerace (příp. okrajových sídel v aglomeraci) s nejbližším významným dopravním uzlem (zpravidla zajišťují v případě silného přepravního proudu a vhodné infrastruktury osobní vlaky, v ostatních případech jsou na tyto spoje nasazovány regionální autobusy).

D – obslužná funkce

- D1 – spojení městských částí metropole navzájem a jejich spojení s centrem metropole (městská rychlodráha, např. metro),

- D2 – spojení městských částí velkých měst navzájem a jejich spojení s centrem města (tramvaj, trolejbus, městský, příp. regionální autobus),
- D3 – vnitřní obsluha městských částí, obsluha malých měst či malých sídelních celků (zpravidla městský nebo regionální autobus),
- D4 – speciální kategorie, zpravidla turistická obsluha, nekonvenční systémy (typicky monorail nebo lanová dráha).



Zdroj: Baudyš, Technologie železniční dopravy, 2014 [3]

Obrázek 1: Segmenty veřejné hromadné dopravy

Sestupně od kategorií A až D přirozeně klesá přepravní vzdálenost, kterou cestující jednotlivými segmenty veřejné dopravy překoná. Zatímco u kategorie A se může jednat o vzdálenost přesahující i tisíc km (zejména v segmentu A1 je toto velmi běžné), u kategorií B a C klesá tato vzdálenost maximálně na číslo mírně přesahující 100 km a častěji pouze desítky kilometrů, v případě kategorie D se může jednat pouze o jednotky kilometrů.

Je žádoucí si též všimnout, že pro jednotlivé segmenty veřejné hromadné dopravy je s ohledem na jejich význam doporučen konkrétní dopravní prostředek. To je jak z důvodu kapacity (vyhovění síle přepravního proudu), tak z důvodu ekonomických nákladů, tedy aby bylo možné zajistit kvalitní dopravní obslužnost při vynaložení přiměřených finančních prostředků. Rozhodně se však nejedná o dogmata a často je nutné vybrané případy posuzovat specificky. Klíčové je též zajištění četnosti těchto služeb, kdy nižší segmenty jsou provozovány zpravidla v kratších intervalech než ty vyšší, a to s ohledem na atraktivitu celého systému veřejné dopravy.

Zde se nabízí jednoduché srovnání. Například segment A1 může být zaoceánský let, který cestující absolvuje zpravidla zřídka. V takovém případě není nutná četná nabídka a cestující je ochoten využít daný spoj, i když bude provozován např. 1x denně a klidně i pro cestujícího v ne zrovna vhodné denní době.

Naopak v případě segmentu C1 se jedná o příměstskou železnici, jejíž nabídka již musí být přiměřeně četná, aby ji byli cestující ochotni využívat, tudíž pro ně byla atraktivní (toto jde ruku v ruce s tím, že čím dál více pracujících má možnost využití klouzavé pracovní doby či veřejnou dopravu využívá k přepravě za účelem dosažení volnočasových aktivit).

Celkovým protipólem pak může být segment D1, kdy např. samo o sobě již velmi kapacitní metro na území města není provozováno ve velmi krátkých intervalech nejen kvůli tomu, aby bylo cestujícími vnímáno jako dostatečně atraktivní, ale především aby bylo vůbec schopné vyhovět přepravní poptávce na území města (zda je interval nastaven např. na 3 minuty nebo na 4 minuty, už na atraktivitě systému směrem k jeho uživatelům zásadně nepřidá). Tato skutečnost je dána především požadavkem na zajištění dostatečné přepravní kapacity, aby byli v daný čas uspokojeni všichni cestující.

4 Legislativa, předpisy a praktické zkušenosti v oblasti řešené problematiky

Disertační práce se zaměřuje v průniku na dva základní problémy:

- segmentace jednotlivých druhů veřejné kolejové dopravy
- hospodárné a smysluplné využití železniční dopravní cesty v rámci výše uvedeného problému.

V případě prvním jednoznačně vhodná segmentace přispívá ke zvýšení atraktivity systému pro cestující. V druhém případě však často vede na nutnost existence velmi kvalitní infrastruktury, která bude mít schopnost reagovat na všechny požadavky a zajistí stabilitu jízdního řádu. Tato kapitola má za cíl jednoduše shrnout aktuální legislativní, předpisový a procesní stav této problematiky.

4.1 Hierarchizace zajištění služeb ve veřejných službách v přepravě cestujících

Zajištění služeb ve veřejných službách v přepravě cestujících je odlišné na základě platné legislativy pro jednotlivé státy. Pro evropský rámec je platné nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1370/2007 ze dne 23. října 2007 o veřejných službách v přepravě cestujících po železnici a silnici a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 1191/69 a č. 1107/70. To stanovuje podmínky pro zadávání veřejných služeb v přepravě cestujících, konkrétně například limity pro využití institutu přímých zadání místo otevřených nabídkových řízení [8].

V České republice je klíčový zákon č. 194/2010 Sb., o veřejných službách v přepravě cestujících a o změně dalších zákonů [44]. Ten jasně určuje povinnosti jednotlivých subjektů, jež jsou zodpovědné za konkrétní zajištění daného segmentu^{3,4} veřejných služeb v přepravě cestujících a stanovuje podmínky zajišťování těchto služeb, a to v §3 a §4:

§ 3

(1) Kraje a obce ve své samostatné působnosti stanoví rozsah dopravní obslužnosti a zajišťují dopravní obslužnost veřejnými službami v přepravě cestujících veřejnou drážní osobní dopravou a veřejnou linkovou dopravou a jejich propojením.

(2) Kraj zajišťuje dopravní obslužnost ve svém územním obvodu a se souhlasem jiného kraje v jeho územním obvodu. Kraj může zajišťovat veřejné služby v přepravě cestujících

³ Zde je nutné segmentaci vnímat velmi zjednodušeně, tj. především na dálkovou a regionální dopravu.

⁴ Dále je na tomto místě vhodné uvést, že zákon ve svém předchozím znění obsahoval ustanovení, že dopravní plánování má vycházet z páteřních spojů železniční dopravy. Ministerstvu dopravy sice i nadále ukládá možnost řešit dopravní obslužnost státu objednávkou výhradně spojů drážní dopravy v závazku veřejné služby (nepřipouští objednávku veřejné linkové dopravy prostřednictvím MD ČR, prostřednictvím krajů ano), nicméně výše uvedené ustanovení o zajištění páteřních spojů primárně železniční dopravou bylo ze zákona vyjmutu.

veřejnou drážní osobní dopravou a veřejnou linkovou dopravou v sousedícím územním obvodu jiného státu po předchozí dohodě s příslušným orgánem veřejné moci jiného státu, pokud je to potřeba pro zajištění dopravní obslužnosti kraje.

(3) Obec zajišťuje dopravní obslužnost ve svém územním obvodu nad rámec dopravní obslužnosti území kraje. Obec může zajišťovat veřejné služby v přepravě cestujících veřejnou drážní osobní dopravou a veřejnou linkovou dopravou mimo svůj územní obvod, pokud je to potřeba pro zajišťování dopravní obslužnosti obce a se souhlasem kraje a obcí, které mají uzavřenou smlouvu o veřejných službách v přepravě cestujících a jejichž územní obvod je zajišťováním služeb dotčen.

§ 4

(1) Stát prostřednictvím své organizační složky zajišťuje dopravní obslužnost veřejnými službami v přepravě cestujících veřejnou drážní osobní dopravou vlaky celostátní dopravy, které mají nadregionální nebo mezinárodní charakter; v sousedícím územním obvodu jiného státu ji může zajišťovat po předchozí dohodě s příslušným orgánem veřejné moci jiného státu.

(2) Za stát zajišťuje dopravní obslužnost Ministerstvo dopravy. Ministerstvo dopravy po dohodě s Ministerstvem financí určí maximální výši kompenzace a způsob tohoto určení na dobu účinnosti smluv o veřejných službách v přepravě cestujících. Nedojde-li mezi Ministerstvem dopravy a Ministerstvem financí k dohodě, určí maximální výši kompenzace na návrh Ministerstva dopravy vláda; návrh na rozhodnutí vlády podá Ministerstvo dopravy vládě nejpozději do 30 dnů ode dne, kdy nedošlo k dohodě mezi oběma ministerstvy ani na úrovni ministrů. Do doby rozhodnutí vlády určí rozsah dopravní obslužnosti Ministerstvo dopravy podle rozsahu dopravní obslužnosti určené v předchozím rozpočtovém roce. Na základě určené maximální výše kompenzace Ministerstvo dopravy určí rozsah zajišťování dopravní obslužnosti.

(3) Dopravní obslužnost pro potřeby obrany státu zajišťuje Ministerstvo dopravy po dohodě s Ministerstvem obrany.

Stavem trhu železniční dopravy a jeho srovnáváním se zabývá např. vědecký tým Seidenglanz, Nigrin a Dujka z Masarykovy univerzity Brno, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav, historicky např. v rámci grantu TA ČR TD020010 *Optimalizace a zefektivnění zadávání a kontroly veřejných soutěží v osobní železniční dopravě v ČR v kontextu spol. politik EU*. V rámci grantu zkoumal tento vědecký tým rozdíl v podobě objednávky veřejných služeb na železnici v Německu, Rakousku a v České republice [36]. Klíčová je analýza modelu objednávky železniční dopravy ve veřejných službách v přepravě cestujících v jednotlivých státech:

- **Česká republika:** za dálkovou dopravu zodpovídá ministerstvo dopravy, za regionální dopravu celkem čtrnáct krajů,
- **Německo:** za objednávku vlaků v závazku veřejné služby jsou zodpovědné jednotlivé spolkové země⁵ a každá má svá specifika; dálková

⁵ V Bavorsku je například jeden jediný organizátor železniční dopravy v celé spolkové zemi, kterou je společnost BEG. Pro srovnání, Bavorsko je rozlohou zhruba stejně velké jako celá Česká

doprava je provozována na komerční riziko dopravců. Dálková doprava v německém pojetí však není typově česká dálková doprava (v Německu jsou tyto vlaky považovány v základu za regionální vrstvu), jedná se například o provoz vysokorychlostních vlaků,

- **Rakousko:** spolkové země mají sice k dispozici jisté rozhodovací možnosti, nicméně systém je řízen centrálními pravidly a zásadní rozhodnutí nemohou dělat spolkové země samy,
- na **Slovensku** je objednávka základní dopravní obslužnosti formou železniční dopravy centralizována zcela, kraje mají minimální rozhodovací pravomoci⁶.

Zatímco tak v systémech ČR a Německa lze najít určité podobnosti, tak situace v Rakousku a na Slovensku je do značné míry odlišná, protože rozhodování je více centralizováno. I když objektivně například Spolková země Bavorsko je podobně rozlehlá jako ČR, v Bavorsku ve veřejných službách v přepravě cestujících v železniční dopravě formuje objednávku jediný organizátor – Bayerische Eisenbahngesellschaft (BEG) se sídlem v Mnichově. Naopak v ČR je legislativně pověřeno základní objednávkou 15 institucí (Ministerstvo dopravy ČR a 14 krajů). Autoři dále uvádějí, že kromě legislativních podmínek v daných státech jsou rozhodující v širším slova smyslu též geografické parametry oblasti a stav ekonomiky. Zatímco kraje v ČR a spolkové země v Německu mají poměrně významné pravomoci v objednavce veřejných služeb v přepravě cestujících, spolkové země v Rakousku jsou zavázány sledovat centralizovaný model a pravomoci mají méně. Na druhou stranu, rakouský systém je více koherentní a přináší například jednotné tarifní podmínky (dnes v ČR řešeno již Státním jednotným tarifem). Autoři též uvádějí, že centralizace, resp. decentralizace systému musí být zárukou dostatečné podpory páteřního systému železniční dopravy.

Jak v českých podmínkách, tak u zkoumaných zahraničních systémů, jsou vnímány odlišnosti v roli regionální železniční dopravy s přihlédnutím na zajištění dopravní obslužnosti území. V České republice, kde objednávka regionální dopravy je decentralizovaná, jsou přirozeně patrné odlišnosti mezi kraji. Avšak i při vyšším stupni centralizace systému jsou patrné odlišnosti – tým z Masarykovy univerzity v Brně uvádí například Mariazellskou dráhu ve spolkové zemi Salcbursko, která obecně podporuje regionální železniční dopravu i na méně významných tratích, zatímco například spolková země Dolní Rakousko se k podpoře regionální dopravy na méně významných tratích podobného charakteru tolik nepřiklání. Jako obecný problém ve všech zemích uvádí vědecký

republika. Naproti tomu Sasko je rozděleno mezi čtyři dopravní svazy. Situace v každé spolkové zemi je tak skutečně velmi specifická.

⁶ Okrajově je vhodné zmínit i problematiku veřejné linkové, tj. regionální autobusové dopravy. V České republice a na Slovensku ji objednávají kraje, v Rakousku jednotlivé spolkové země. V Německu je pak zajišťována okresy.

tým nedostatečně konkurenceschopnou infrastrukturu, na které často není možné provozovat účelně a efektivně vlaky regionální dopravy.

S kooperací jednotlivých segmentů veřejné dopravy též úzce souvisí uspořádání trhu a možnosti provozování dopravy. Tímto problémem se zabýval např. tým Tomeš a Jandová opět z Masarykovy univerzity v Brně a v grantu TA ČR TD020010 (viz výše). Na železnici existují v základu dva přístupy k nastolení konkurenčního prostředí [15]:

- neregulovaná konkurence, tzv. *open access*, kdy jednotliví dopravci provozují vlaky v přímé konkurenci proti sobě,
- regulovaná konkurence, tzv. *competitive tendering*, kdy jednotliví dopravci získávají výkony na základě nabídkových řízení, tj. veřejných soutěží.

Zatímco první způsob vyžaduje dosažení skutečné ziskovosti linek, u druhého způsobu je deklarována podpora státu (objednatel) ve věci kompenzace ztráty vzniklé provozováním služby. Odhaduje se, že 90 % všech veřejných služeb musí být financováno ze státního rozpočtu, jinak by nebyly zajišťovány. Vybrané evropské státy neregulovanou konkurenci (*open access*) dokonce vůbec nepovolují (např. Norsko, Portugalsko, Španělsko či Francie aj.), aby nedocházelo ke vzniku fenoménu tzv. „vzobávání rozinek“⁷. V českém prostředí lze najít oba přístupy. Tyto přístupy pak významně mohou formovat provázanost, resp. neprovázanost jednotlivých druhů veřejné dopravy. Na základě jak zahraničních, tak domácích zkušeností se jako přínosnější ukazuje regulovaná konkurence, která zpravidla vede ke zvýšení frekvence a ke snížení dotací veřejných služeb (ve vybraných evropských zemích snížení dotace např. i o 20 % při zachování nebo zlepšení kvality služeb), nicméně je zachována systémovost provozu. Neregulovaná konkurence může sice vést k dalšímu snížení cen jízdného pro cestujícího, ale často vzniká až cenová válka mezi dopravci a zejména může docházet k nevhodnému využívání kapacity dopravní cesty, což je příklad i spojení Praha – Ostrava (to má pak i přímý vliv na kvalitu a spolehlivost poskytování dotovaných služeb), či nepokrytí spojení v méně atraktivních časech (např. okrajové části dne). V takovém případě se pak nabízí otázka uplatnění tzv. koncesního modelu, jehož praktickou aplikaci zatím na českém území nenajdeme.

Co z výše uvedeného plyne je však skutečnost, že požadavky objednatelů na vedení jednotlivých spojů mají přímý vliv na spotřebu kapacity železniční dopravní cesty. I když nakonec v dané oblasti operuje pouze jeden objednatel veřejných služeb (myšleno zejména na železnici), musí minimálně dojít ke

⁷ Jedná se o fenomén, kdy pro provozování komerčních produktů se dopravce účelově soustředí pouze jednoznačně na zajištění spojení v takových relacích a v časech, ve kterých lze očekávat významný výnos tržeb. O provoz ostatních linek nebo provoz v okrajových časech přitom nejvíce zájem, výsledkem jsou často nesystémové produkty a zvýšené nároky na zajištění dopravní obslužnosti dopravou v závazku veřejné služby v časech, které komerční produkty nepokrývají.

skloubení a vzájemnému zkorigování mezi závazkem veřejné služby a komerčními produkty. Pokud kapacita infrastruktury není schopna pojmout všechny tyto požadavky nebo není dostatečně kvalitní (znakem nekvalitní infrastruktury je např. neschopnost konstrukce přijatelných tras jak pro dopravce, cestující, tak objednatele), pak je zcela přirozené, že dochází na železnici k přímému konfliktu mezi těmito dvěma kategoriemi a kooperaci je nutné řešit.

Z této kapitoly obecně plynou otázky:

- Má mít přednost dálková doprava před dopravou regionální?
- Má mít přednost závazek veřejné služby před komerčními produkty?
- Jaká jsou práva objednatelů a dopravců v závazku veřejné služby při přidělování kapacity železniční dopravní cesty a zejména v případě jejího odmítnutí?

4.2 Zákon o drahách a přidělování kapacity dráhy

Problematika přidělování kapacity dráhy v českých podmínkách je v základu zakotvena v zákoně č. 266/1994 Sb., o drahách, ve znění pozdějších předpisů [43].

Zákon se zabývá postupem v případě prohlášení dráhy za přetíženou, a to v §23 odst. 5 až 7:

(5) *Byla-li dráha nebo její část prohlášena za přetíženou, zpracuje provozovatel dráhy do 6 měsíců ode dne tohoto prohlášení analýzu kapacity dotčené dráhy, ve které uvede zjištěné příčiny přetížení dráhy a navrhne opatření ke zmírnění nebo odstranění přetížení. Při zpracování analýzy provozovatel dráhy zohlední alespoň technické a provozní vlastnosti přetížené dráhy a druh a intenzitu provozované drážní dopravy. Opatření ke zmírnění nebo odstranění přetížení odpovídají zjištěným příčinám přetížení a zahrnují zejména návrhy na změnu jízdního řádu, změnu rychlosti jízdy na dráze nebo uskutečnění stavby dráhy.*

(6) *Provozovatel dráhy přijme do 6 měsíců ode dne zpracování analýzy kapacity dráhy na jejím základě plán na zmírnění nebo odstranění přetížení dráhy. Návrh plánu projedná s dopravci provozujícími drážní dopravu na dotčené dráze a rovněž, je-li na dotčené dráze provozována drážní doprava na základě smlouvy o veřejných službách v přepravě cestujících, s kraji, v jejichž územním obvodu se dráha nachází, a s Ministerstvem dopravy. Je-li plán přijat, není provozovatel dráhy povinen provádět další analýzu při opětovném prohlášení dotčené dráhy nebo její části za přetíženou. Provozovatel dráhy zpracuje analýzu kapacity dráhy a přijme plán na jejím základě rovněž v případě, že přetížení dráhy nebo její části bezprostředně hrozí.*

(7) *Provozovatel dráhy, která byla prohlášena za přetíženou, vyzve v souladu s pravidly obsaženými v prohlášení o dráze dopravce užívajícího tuto dráhu nebo její část ke vzdání se přidělené kapacity dráhy, pokud*

a) v průběhu alespoň jednoho měsíce nevyužívá přidělenou kapacitu přetížené dráhy v plném rozsahu a

b) tato skutečnost je způsobena hospodařením dopravce nebo jinými důvody, které dopravce mohl ovlivnit.

Zákon tak obsahuje mechanismy, jak se postupuje v případě prohlášení dráhy jejím provozovatelem za přetíženou, nastaví povinnosti na straně provozovatele dráhy a v případě, že přidělená kapacita na takové dráze není dopravcem využita, definuje možnost výzvy vůči danému dopravci ke vzdání se přidělené kapacity. Autorovi práce však není známo, že by reálně v českých podmínkách taková situace nastala; vždy je snaha k přidělu v takovém případě přistupovat kompromisem tak, aby byly uspokojivě vyřešeny všechny požadavky (alespoň v osobní dopravě), a to i se zohledněním skutečnosti, že mohou být v takovém případě využity odklonové trasy, a že část méně významných přeprav musí být realizována v módu náhradní autobusové dopravy⁸.

Zákon dále definuje v §23b a §23c možnosti omezení provozování dráhy, přičemž vůči dopravnímu plánování je klíčový §23b, odst. 4:

(4) Návrh plánu omezení provozování dráhy nebo její části projedná provozovatel dráhy s vlastníkem dráhy a s dopravci, kteří na dotčené dráze provozují drážní dopravu. Je-li na dráze přidělována kapacita dráhy, provozovatel dráhy návrh plánu projedná rovněž s osobou, která kapacitu přiděluje, je-li odlišná od tohoto provozovatele dráhy, a s žadatelem o přidělení kapacity na této dráze. S krajem, na jehož území se dráha nebo její část dotčená omezením nachází, a s Ministerstvem dopravy projedná provozovatel dráhy návrh plánu s ohledem na jeho dopady na dopravu provozovanou na základě smlouvy o veřejných službách v přepravě cestujících. Provozovatel dráhy je povinen umožnit účast při projednávání návrhu plánu zástupci Úřadu, jde-li o dráhu celostátní nebo regionální anebo veřejně přístupnou vlečku, nebo drážního správního úřadu u ostatních drah.

Provozovatel dráhy je tak povinen případná omezení projednat nejen s dotčenými dopravci, ale v podstatě i objednateli veřejných služeb v přepravě cestujících. V případě krajů je explicitně uvedeno „S krajem, na jehož území se dráha nebo její část dotčená omezením nachází“, nicméně v souvislosti se smluvním zajištěním vybraných služeb je nutné pro úplnost podotknout i to, že v rámci objednávek krajů dochází k tomu, že některé kraje objednávají i přesahy spojů na území sousedních krajů⁹.

Pro přidělování kapacity dráhy je klíčový celý oddíl §32 až §34. Kapacita je přidělována na období platnosti železničního jízdního řádu a pokud je dráha

⁸ Typickým příkladem jsou aktuálně modernizační práce mezi Chocní a Ústím nad Orlicí. Jejich vlivem došlo ke snížení kapacity dráhy natolik, že významná část dálkových vlaků Praha – Brno musí být odkloněna mimo Českou Třebovou přes Havlíčkův Brod a vlaky regionální dopravy jsou v předmětném úseku zajišťovány náhradní autobusovou dopravou.

⁹ Typickým příkladem je linka P2 Klatovy – Plzeň – Beroun, kterou v celém úseku objednává Plzeňský kraj i v územní působnosti Středočeského kraje a v rámci veřejnoprávní smlouvy mezi Plzeňským a Středočeským krajem dochází k finančním tokům mezi kraji. Podobná situace je na hranicích Plzeňského kraje s Jihočeským krajem, a to u regionálních vlaků na trati č. 191 v úseku Strakonice – Horažďovice předměstí (všechny regionální vlaky v objednávce Plzeňského kraje) a č. 192 Nepomuk – Blatná (všechny regionální vlaky v objednávce Jihočeského kraje). Podobné případy najdeme v zásadě na území celé České republiky [26].

vlastněna státem, právo přidělece kapacity dráhy náleží státní organizaci Správa železnic. Zákon také definuje situace na hranicích provozovatelů drah, kdy tito provozovatelé dráhy jsou zavázáni spolupracovat za účelem uspokojení požadavků dopravců. U mezinárodních tras je pak nutná příprava ve značném časovém předstihu – návrhy mezinárodních tras vlaků projedná společný koordinační orgán nejpozději 11 měsíců před nabytím platnosti jízdního řádu.

Každý provozovatel dráhy je povinen vydat tzv. prohlášení o dráze, které stanovuje podmínky přidělení a odnímání kapacity dráhy. Zároveň přidělci dráhy umožňuje zákon určitou variabilitu, pokud dochází k přidělu tras, a to ve smyslu, pokud je dostupná trasa vlaků mezi dvěma totožnými místy na dráze při využití jiné dráhy se srovnatelnými provozně technickými vlastnostmi, může přidělece určit dráhu nebo její část, na níž bude přednostně přidělovat kapacitu dráhy. Toto však musí projednat s příslušnými dopravci a objednateli služeb ve veřejných službách v přepravě cestujících. Dále zákon stanovuje základní pravidla při přidělování kapacity dráhy při zpracování jízdního řádu a jeho změny. Pro osobní dopravu je v tomto případě klíčový paragraf §34a odst. 4 až 7, které stanovují:

(4) Požádá-li více žadatelů o přidělení téhož dílu kapacity dráhy, rozvrhne přidělece její přidělení tak, aby mohl vyhovět každému žadateli, a tento rozvrh s dotčenými žadateli projedná. Požádá-li více žadatelů o přidělení téhož dílu kapacity dráhy v případě dráhy nebo její části, která byla určena k přednostnímu přidělování kapacity dráhy za účelem provozování osobní nebo nákladní drážní dopravy, rozvrhne přidělece její přidělení tak, aby mohl vyhovět každé žádosti o přidělení kapacity dráhy za účelem provozování příslušného druhu drážní dopravy, a poté, zbývá-li dostupná kapacita dráhy, ostatním žádostem; tento rozvrh s žadateli projedná. Přidělece se smí v nezbytné míře odchýlit od požadovaného dílu kapacity dráhy; přitom dbá na zachování mezinárodních tras vlaků, je-li to možné. Přidělece poskytne v dostatečném předstihu před projednáním rozvrhu dotčeným žadatelům potřebné informace, zejména údaje o žádostech o přidělení téhož dílu kapacity dráhy, údaje o ostatních žádostech o přidělení kapacity na dotčené dráze a údaje o rozvrženém přidělení kapacity dráhy. Identifikační údaje žadatele přidělece poskytne pouze s jeho souhlasem.

(5) Nepodaří-li se postupem podle odstavce 4 vyhovět všem požadavkům na přidělení kapacity dráhy, prohlásí přidělece dotčenou dráhu nebo její část za přetíženou. Na přetížené dráze nebo její části vyhoví přidělece přednostně žádostem o přidělení kapacity dráhy za účelem provozování drážní dopravy na základě smlouvy o veřejných službách v přepravě cestujících, kombinované dopravy a nákladní drážní dopravy, při níž vlak překračuje státní hranici České republiky. Přednostní přidělení kapacity dráhy přidělece s příslušnými žadateli projedná; v případě potřeby se přiměřeně použije postup podle odstavce 4. Nepodaří-li se ani po projednání vyhovět všem přednostním žádostem, přidělece přidělí kapacitu dráhy nejprve za účelem provozování drážní dopravy na základě smlouvy o veřejných službách v přepravě cestujících, poté kombinované dopravy a poté nákladní drážní dopravy, při níž vlak překračuje státní hranici České republiky, zbývá-li dostupná kapacita dráhy. V rámci drážní dopravy na základě smlouvy o veřejných službách v přepravě cestujících přidělece přidělí kapacitu dráhy nejprve za účelem provozování drážní dopravy při zajišťování dopravní obslužnosti státu, poté drážní

dopravy při zajišťování dopravní obslužnosti kraje a poté drážní dopravy při zajišťování dopravní obslužnosti obce.

(6) Nepodaří-li se v případě dráhy nebo její části, která byla určena k přednostnímu přidělování kapacity dráhy za účelem provozování osobní nebo nákladní drážní dopravy, postupem podle odstavce 4 vyhovět všem požadavkům na přidělení kapacity dráhy za účelem provozování příslušného druhu drážní dopravy, prohlásí přidělcce dotčenou dráhu nebo její část za přetíženou; odstavec 5 se v takovém případě nepoužije.

(7) Na přetížené dráze nebo její části, která byla určena k přednostnímu přidělování kapacity dráhy za účelem provozování osobní drážní dopravy, vyhoví přidělcce přednostně žádostem o přidělení kapacity dráhy za účelem provozování drážní dopravy na základě smlouvy o veřejných službách v přepravě cestujících. Přednostní přidělení kapacity dráhy přidělcce s příslušnými žadateli projedná; v případě potřeby se přiměřeně použije postup podle odstavce 4. Nepodaří-li se ani po projednání vyhovět všem přednostním žádostem, přidělcce přidělí kapacitu dráhy nejprve za účelem provozování drážní dopravy při zajišťování dopravní obslužnosti státu, poté drážní dopravy při zajišťování dopravní obslužnosti kraje a poté drážní dopravy při zajišťování dopravní obslužnosti obce, zbývající dostupná kapacita dráhy.

Z těchto odstavců zákona plynou některá další fakta. Přidělcce kapacity přiděluje nejdříve kapacitu spojům s přednostním určením dle prohlášení o dráze a následně teprve ostatním vlakům. Dbá přitom na to, aby především přednostně uspokojil požadavky mezinárodních tras. Pokud se nepodaří přidělcce respektovat všechny požadavky, musí prohlásit dráhu za přetíženou, přičemž zákon jasně stanovuje, že v takovém případě mají v žádostech o kapacitu přednost služby v závazku veřejné služby, přičemž vyšší prioritu má dálková doprava. Až po dopravě osobní se přiděluje kapacita dopravě kombinované a nákladní.

Z této kapitoly pak plynou další otázky:

- **Má mít skutečně přednost osobní doprava před dopravou nákladní?**
- **Mají mít přednost mezinárodní trasy před uspokojením tras v režimu vnitrostátním?**

4.3 Prohlášení o dráze Správy železnic

Dle zákona č. 266/1994 Sb., o drahách [43] je provozovatel dráhy povinen vypracovat tzv. prohlášení o dráze, ve kterém vymezí pravidla přidělu (odejmutí) kapacity a využívání dráhy, jejímž je provozovatelem. Pro každý jízdní řád vydává Správa železnic, státní organizace, tento dokument. Vybrané aspekty týkající se problematiky disertační práce jsou zde sumarizovány z dokumentu pro jízdní řád 2021/22 (dále jen „Prohlášení 2022“ [29]).

Vybrané pasáže se zabývají právě upřesněním přidělu kapacity dráhy, tj, priorit a řešení situace v případě, že žádosti o kapacitu přesahují limity infrastruktury. V kapitole 4.5.3.2 Přijetí žádosti o kapacitu dráhy se obecně uvádí:

V případě konfliktu při konstrukci jízdního řádu má přednost ta žádost, která byla přijata dříve. Při souběhu žádostí přednostně přidělí nevyužitou kapacitu dráhy žadateli, který hodlá zajišťovat dopravní obslužnost.

Tento odstavec by sám o sobě mohl být při precizním výkladu v rozporu se zákonem o drahách, protože ten stanovuje ještě další podmínky přednostního udělování tras. Nicméně Prohlášení 2022 toto dále upřesňuje v kapitole 4.5.4 *Koordináční proces*, kde jsou pravidla pro přidělování kapacity dráhy v případě přetížení infrastruktury:

Nelze-li uspokojit všechny uplatněné požadavky na přidělení volné kapacity dráhy, je Správa železnic oprávněna přednostně přidělit kapacitu dráhy v tomto pořadí:

- 1) požadavky na přidělení volné kapacity dráhy za účelem provozování drážní dopravy na základě smlouvy o veřejných službách v přepravě cestujících,
 - i) vlaky nadregionálního nebo mezinárodního charakteru*
 - ii) vlaky v územním obvodu kraje*
 - iii) vlaky v územním obvodu obce**
- 2) požadavky na přidělení volné kapacity dráhy za účelem provozování kombinované dopravy*
- 3) požadavky na přidělení volné kapacity dráhy za účelem provozování mezinárodní nákladní drážní dopravy*
- 4) požadavky na přidělení volné kapacity dráhy za účelem provozování pravidelné mezistátní osobní dopravy,*
- 5) požadavky na přidělení volné kapacity dráhy za účelem provozování pravidelné vnitrostátní osobní dopravy,*
- 6) požadavky na přidělení volné kapacity dráhy za účelem provozování pravidelné vnitrostátní nákladní dopravy,*
- 7) požadavky na přidělení volné kapacity dráhy za účelem provozování ostatní dopravy.*

Přednostní přidělení kapacity dráhy Správa železnic s příslušnými žadateli projedná; v případě potřeby se přiměřeně použije postup podle prvního odstavce.

Z výše uvedeného seznamu lze vyvodit, že v Prohlášení 2022 Správa železnic v zásadě respektuje dikci zákona o drahách. Významně je proto upřednostněna závazková osobní doprava, a to nejprve mezistátního a nadregionálního charakteru. Následuje kombinovaná doprava, a poté teprve ostatní nákladní doprava, ale v první řadě mezistátní, což je opět v dikci zákona o drahách. Teprve poté následují další potenciální trasy.

Článek 4.6 Přetížená infrastruktura Prohlášení 2022 pak upřesňuje další aspekty, a to opět v souladu s platnou legislativou:

V případech, kdy po koordinaci požadovaných tras a konzultacích s žadateli nebude možné při dodržení kvalitativních parametrů adekvátním způsobem uspokojit žádosti o volnou kapacitu dráhy, vyhlásí Správa železnic příslušný element infrastruktury, na kterém k této situaci došlo, za „přetíženou dráhu“ ve smyslu § 34a zákona o drahách. Správa železnic oznámí tuto skutečnost na Portále provozování dráhy prokazatelně všem žadatelům (...).

Správa železnic je oprávněna omezit přidělování kapacity dráhy na úseku infrastruktury, pro který poptávka po kapacitě dráhy nemůže být uspokojena během určitých časových období ani po koordinaci různých žádostí na kapacitu dráhy, tj. v případě vyčerpané kapacity dráhy. Prohlášení o dráze celostátní a dráhách regionálních Správa železnic je oprávněna odebrat žadateli přidělenou kapacitu dráhy na úseku dráhy, kde došlo k vyčerpání kapacity, nebo na úseku, kde je plánované omezení provozování dráhy, v případě, že přidělené trasy vlaků podle jízdního řádu nejsou na tomto úseku využívány alespoň na 75 % v průběhu jednoho měsíce.

(...). Je-li daná infrastruktura provozovatelem dráhy prohlášena za infrastrukturu s vyčerpanou kapacitou dráhy, používá Správa železnic pro přidělování této kapacity dráhy kritéria priority procesu koordinace podle kapitoly 4.5.4

Zde je vhodné zmínit skutečnost, že v případě, nevyžívá-li dopravce přidělené trasy na přetížené infrastruktuře, mohou mu být odejmuty.

4.4 Základní rešerše vybrané zahraniční legislativy ve věci řešení přetížených úseků infrastruktury a přidělování kapacity dráhy

Přetížené úseky železničních tratí jsou řešeny i v rámci zahraniční legislativy. Tato kapitola zmiňuje vybrané aspekty z Německa, Rakouska a Švýcarska, přičemž v rámci Studentské grantové soutěže ČVUT v Praze byla tato problematika řešena projektem souvisejícím s touto disertační prací [21].

V německém případě se aplikuje Eisenbahnregulierungsgesetz (ERegG) (2016) [6]. Zákon definuje dva základní pojmy:

- **Přetížená železniční trať** = takový traťový úsek, na kterém nelze v přiměřeném množství uspokojit poptávku po vlakových trasách ani po koordinaci různých žádostí o přidělení vlakových tras v určitém časovém období.
- **Plán na zvýšení kapacity dráhy** = harmonogram opatření nebo řady opatření s cílem odstranění úzkých kapacitních hrdel, která by mohla zapříčinit prohlášení tohoto traťového úseku za přetížený.

Klíčové pro problematiku jsou § 55 Přetížené železniční tratě, § 58 Kapacitní analýza a § 59 Plán na zvýšení kapacity dráhy.

§ 55 Přetížené železniční tratě (výťah a volný překlad ze zákona ERegG)

V případech, kdy nelze žádostem o přidělení kapacity železnice vyhovět v přiměřeném rozsahu ani po koordinaci žádaných tras vlaků a po konzultaci s oprávněnými subjekty, musí příslušný provozovatel dráhy neprodleně prohlásit příslušný traťový úsek za přetížený. Toto se týká také traťových úseků, u nichž lze předpokládat, že jejich kapacita bude v blízké budoucnosti nedostatečná. Prohlášení o přetížení musí být předložena regulačnímu úřadu a odpovědnému dozorovému úřadu.

Pokud byla železniční trať prohlášena za přetíženou, musí provozovatel dráhy provést kapacitní analýzu podle § 58, jestliže již nebyl představen plán na zvýšení kapacity dráhy.

Přidělovací kritéria musí zohledňovat sociální přínos dopravní služby ve porovnání s jinými dopravními službami, které jsou tím vyloučeny z užívání železnice. Provozovatel

dráhy může dát přednost službám veřejné dopravy, pokud je to nezbytně nutné k zajištění odpovídající dopravní obslužnosti. Při stanovení přidělovacích kritérií je potřeba zohlednit význam nákladní dopravy, především u mezinárodní nákladní dopravy.

Pokud provozovatel dráhy prohlásil železniční trať za přetíženou, měl by regulační úřad na žádost oprávněného subjektu stanovit provozovateli dráhy vytvořit a zveřejnit do tří týdnů prioritní kritéria, pokud je to nezbytné k odstranění přetížení. Přidělovací kritéria začínají platit týden po jejich zveřejnění.

§ 58 Kapacitní analýza (výťah a volný překlad ze zákona ERegG)

Účelem kapacitní analýzy přetížených železničních tratí je kromě určení úzkých míst v dopravní kapacitě, která brání úplnému vyhovění žádostem o přidělení kapacity, představení způsobů, díky kterým by mohly být akceptovány další žádosti o kapacitu. V kapacitní analýze musí provozovatel dráhy stanovit důvody přetížení a navrhnout možná krátkodobá a střednědobá nápravná opatření.

Předmětem analýzy je železniční infrastruktura, provozní postupy, charakter různých prováděných železničních služeb a důsledky všech těchto faktorů na kapacitu dráhy. Mezi opatření, která je nutno posoudit, patří zejména objízdné trasy železniční dopravy, odložení termínů služeb železniční infrastruktury, omezení traťové rychlosti a zlepšení železniční infrastruktury.

Kapacitní analýza musí být dokončena do šesti měsíců poté, co je železniční infrastruktura prohlášena za přetíženou.

§ 59 Plán na zvýšení kapacity dráhy (výťah a volný překlad ze zákona ERegG)

Během šesti měsíců od dokončení kapacitní analýzy musí provozovatel dráhy po konzultaci s příslušnými subjekty, jimiž byly přiděleny vlakové trasy na dotčené přetížené infrastrukturu, představit plán na zvýšení kapacity dráhy příslušnému regulačnímu a dozorovému úřadu. V něm jsou uvedeny:

- důvody přetížení,
- očekávaný budoucí vývoj provozu,
- omezení rozvoje železniční infrastruktury,
- možná možnosti a náklady na zvýšení dopravní kapacity, včetně očekávaných změn poplatků za infrastrukturu,

Kromě toho musí být na základě CBA analýzy identifikovaných možných opatření určeno, jaká opatření mají být přijata ke zvýšení kapacity infrastruktury; to zahrnuje také harmonogram provádění těchto opatření.

Má-li provozovatel dráhy v úmyslu předložit plán na zvýšení kapacity dráhy, musí být plán zveřejněn na internetových stránkách provozovatele dráhy nejméně tři měsíce před jeho předložením podle výše zmíněných pravidel. Zveřejnění musí být ve vhodné formě doplněno popisem plánovaných opatření. Oprávněné subjekty mohou posílat své připomínky k tomuto plánu po dobu jednoho měsíce.

Pokud opatření nejsou financována výhradně samotným provozovatelem dráhy, řídí se rozhodnutí o financování opatření u spolkových drah zákonem Bundesschienenwegeausbaugesetz (zákon o modernizaci spolkových železničních tratí)

a zveřejněným spolkovým rozpočtem. V případě železnic, které nejsou spolkové, se rozhodnutí řídí v souladu s platným zákonem o rozpočtu.

Pokud provozovatel neučiní výše uvedené kroky, zákon mu zakazuje dokonce vybírat vybrané poplatky za užívání infrastruktury. Ty smí vybírat pouze nadále na základě schválení specifických podmínek regulačním úřadem (např. když možnosti navýšení kapacity dráhy jsou ekonomicky a finančně neudržitelné, nebo toto nelze fakticky provést). Dozorčí orgán sleduje dodržování povinností vyplývajících z předpisů o přetížených železnicích. Po konzultaci s regulačním úřadem může dozorčí orgán přijmout opatření nezbytná k dodržení povinností. Orgán dozoru může vykonávat své příkazy v souladu s ustanoveními použitelnými na výkon správních opatření. Výše pokuty je až 500 tis. eur.

Z výtahu a překlada skutečností zákona ERegG, který si autor disertační práce dovolil ponechat poměrně obsáhlý, plynou obdobné, ale i rozdílné skutečnosti jako z předchozích, byť tuzemských legislativních materiálů. Nejdříve dojde k vyhlášení předmětného úseku za přetížený, což jeho provozovatele zavazuje provést kapacitní analýzu, pokud již dříve nezpracoval pro tento úsek dráhy konkrétní plán na zvýšení jeho kapacity. Na přetížených úsecích mají opět přednost vlaky k zajištění dopravní obslužnosti území.

V zákoně je přímo popsán i účel provádění kapacitní analýzy. Kromě stanovení úzkých hrdel se jedná především o návrh řešení zkapacitnění přetížených úseků železničních tratí. Kapacitní analýza musí být přitom zpracována v termínu šesti měsíců od prohlášení předmětné části infrastruktury za přetíženou.

Zákon ERegG dále zevrubně stanovuje, jakým způsobem bude zpracován plán na zvýšení kapacity dráhy. Jeho součástí je CBA analýza, která stanoví přínos navržených opatření z hlediska poměrů nákladů a benefitů. Plán na zvýšení kapacity dráhy musí být zveřejněn dálkovým přístupem na internetu. Pokud by provozovatel dráhy neučinil na přetížené infrastrukturu jeho zpracování, může mu být dokonce zakázáno vybírat poplatky za užívání této dopravní infrastruktury při jejím užívání dopravci.

Na základě tohoto zákona stejně jako u Správy železnic v ČR, která vydává každoročně Prohlášení o dráze, existuje na síti DB předpis, který dále tuto problematiku rozvíjí a upřesňuje. Jedná se o Schienennetz-Benutzungsbedingungen der DB Netz AG 2021 (SNB 2021) [37]. V souladu s § 55 zákona ERegG prohlašuje například DB Netz AG traťové úseky za přetížené a stanovuje speciální podmínky užívání takovéto infrastruktury. Dále jsou stanoveny podmínky konstrukce tras jak pro osobní, tak nákladní dopravu.

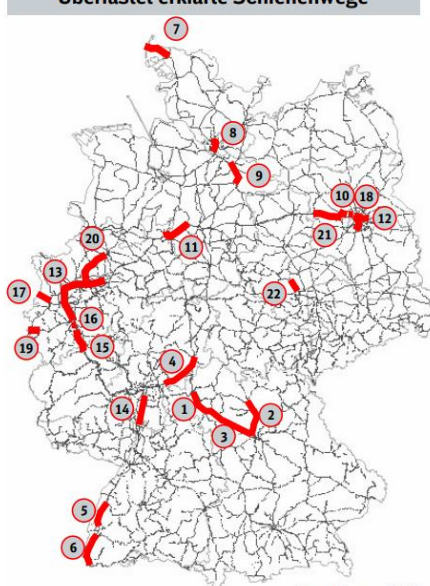
Na stránkách DB Netz lze najít konkrétní příklady přetížených úseků. Z těchto stránek lze citovat například historický stav z roku 2020 [21]:

V souladu se směrnicí Spolkového úřadu pro železnice a Spolkové agentury pro síť ze dne 14.11.2016 byly následující traťové úseky dle definice § 1 zákona ERegG a aplikování §§ 55, 58 - 59 téhož zákona prohlášeny od data 01.12.2020 za přetížené

- trať č. 2650 Gelsenkirchen Hbf – Wanne-Eickel Hbf
- trať č. 2200 Wanne-Eickel Hbf – Münster Hbf
- trať č. 6100 Berlin-Spandau – Nauen
- trať č. 6185 Wustermark – Rathenow

Pro tyto traťové úseky provede DB AG kapacitní analýzu v souladu s § 58 zákona ERegG a vypracuje plány zvýšení kapacity dráhy v souladu s § 59 zákona ERegG.

Na následující straně je pak zobrazena grafika, jež ukazuje úseky na německé železniční síti, které byly označeny k lednu 2022 za přetížené včetně jejich vyznačení na přehledném mapovém podkladu [4].

Überlastet erklärte Schienenwege	Erklärung aus	Nr	Strecke(n)	Abschnitt
 <p>Stand Januar 2022</p>	Netzfahrplan 2008	1	5200	Gemünden (Main) – Würzburg Hbf
		2	5900	Fürth (Bay) Hbf – Bamberg
		3	5910	Würzburg – Fürth (Bay) Hbf
	Nfpl 2009	4	3600	Hailer-Meerholz – Fulda
		5	4000	Offenburg – Abzw. Gundelfingen
		6	4000	Abzw. Leutersberg – Weil am Rhein
	RV-Periode 2011-15, Nfpl 2020	7	1210	Niebuß – Westerland (Sylt)
		8 ¹	2200, 6100	Hamburg-Harburg – Hamburg Rainweg
	Nfpl 2012, Nfpl 2021	9	1720	Uelzen – Stelle
		10 ²	6100	Berlin-Spandau – Nauen
	Nfpl 2013	11	1700	Wunstorf – Minden
	Nfpl 2014	12	6109	Berliner Stadtbahn
	Nfpl 2015	13	2650, 2184, 2300, 2160, 2158	Köln-Mülheim – Duisburg Hbf – Dortmund Hbf (Rhein-Ruhr-Achse)
	EBWU 2015	14	4010	Mannheim-Waldhof – Zeppelinheim
	Nfpl 2017	15	2630	Hürth-Kalscheuren – Remagen
	Nfpl 2018	16	2633, 2639, 2650, 2652, 2658, 2659	Köln Hbf – Köln-Mülheim
	Nfpl 2019 / EBWU	17	2510	Viersen – Kaldenkirchen Gr
	Nfpl 2020	18	6107, 6170, 6171, 6134, 6132	Berlin-Spandau Ost / Berlin-Gesundbrunnen – Großbeeren Süd
	Nfpl 2020	19	2600, 2550	Stolberg Hbf – Aachen West
	Nfpl 2021	20	2650, 2200	Gelsenkirchen Hbf – Münster Hbf
	Nfpl 2021	21	6185	Wustermark – Rathenow
	Nfpl 2022	22	6344	Halle-Trotha – Könnern

¹ Erweiterung des zuvor bestehenden ÜLS Hamburg Hbf
² Erweiterung des zuvor bestehenden ÜLS Berlin-Spandau

Zdroj: DB Netz AG, [4]

Obrázek 2: Přehled všech tratí prohlášených za přetížené, stav leden 2022

I v případě Rakouska je k dispozici konkrétní legislativa, která řeší v této kapitole vzpomínanou problematiku. Zde se jedná o Bundesgesetz über Eisenbahnen, Schienenfahrzeuge auf Eisenbahnen und den Verkehr auf Eisenbahnen (Eisenbahngesetz 1957 – EisbG), znění účinné od 22. 12. 2020 [5]. V tomto zákoně jsou definovány záležitosti, které se týkají železničních tratí prohlášených za přetížené. Problematika řešení přetížených úseků infrastruktury je umístěna v šesté části tohoto zákona a má prakticky stejné paragrafy jako německý zákon, viz znění níže:

- ❖ 6. Teil: Regulierung des Schienenverkehrsmarktes
 - 2. Hauptstück: Zugang zur Eisenbahninfrastruktur, zu Serviceeinrichtungen und -leistungen
 - 2. Abschnitt: Zuweisung von Fahrwegkapazität
 - § 65c. Überlastete Eisenbahninfrastruktur („přetížená infrastruktura“)

- § 65d. Kapazitätsanalyse („kapacitní analýza“)
- § 65e. Plan zur Erhöhung der Fahrwegkapazität („plán na zvýšení kapacity“)

Konkrétnější údaje jsou uvedené v aktuálním vydání dokumentu Schienennetz-Nutzungsbedingungen 2021 (SNNB) [38]. Znění legislativy (jak EisbG, tak SNNB) je v zásadě obdobné jako v německém případě.

Je zajímavé, že jak v Německu, tak v Rakousku se zmiňuje v legislativě možnost zvýšit poplatky za užití dopravní cesty na velmi vytížených úsecích železniční sítě, z materiálů je pak zřejmé, že v Rakousku se tohoto také aktivně využívá.

Také ve Švýcarsku je problematika přetížených železničních tratí řešena legislativně. Zde je pilířem zákon Eisenbahn-Netzzugangsverordnung ze dne 25. listopadu 1998, znění účinné od 1. ledna 2021 (NZV) [7]. V tomto dokumentu jsou definovány záležitosti, které se týkají železničních tratí prohlášených za přetížené, velmi elegantně a jednoduše:

Čl. 12 Přetížené tratě

1. Nemůže-li úřad pro přidělování vlakových tras vyhovět žádostem o přidělení vlakové trasy z důvodu nedostatečné kapacity na trati, je trať prohlášena za přetíženou.
2. Pokud jsou k dispozici alternativní trasy, které nejsou prohlášeny za přetížené, jsou tyto trasy nabízeny jako náhrada za přetížené.
3. Zrušeno dle odst. 14 nařízení ze dne 13.05.2020 s účinností 01.01.2021
4. V případě přetížení trasy určí úřad pro přidělování vlakových tras za účasti dotčeného provozovatele infrastruktury důvody v kapacitní analýze a stanoví krátkodobá a střednědobá opatření k odstranění přetížení. Během tří měsíců po prohlášení traťového úseku za přetížený zveřejní kapacitní analýzu. Opatření uvedená v této analýze mohou být pro uživatele prohlášena jako závazná.
5. Během šesti měsíců od dokončení kapacitní analýzy musí provozovatel dráhy předložit Spolkovému úřadu dopravy plán na zvýšení kapacity dráhy na předmětné trati.
6. Spolkový úřad dopravy předá tento plán uživatelům přetížené trati. Dále plán schválí, nebo požaduje jeho změnu.

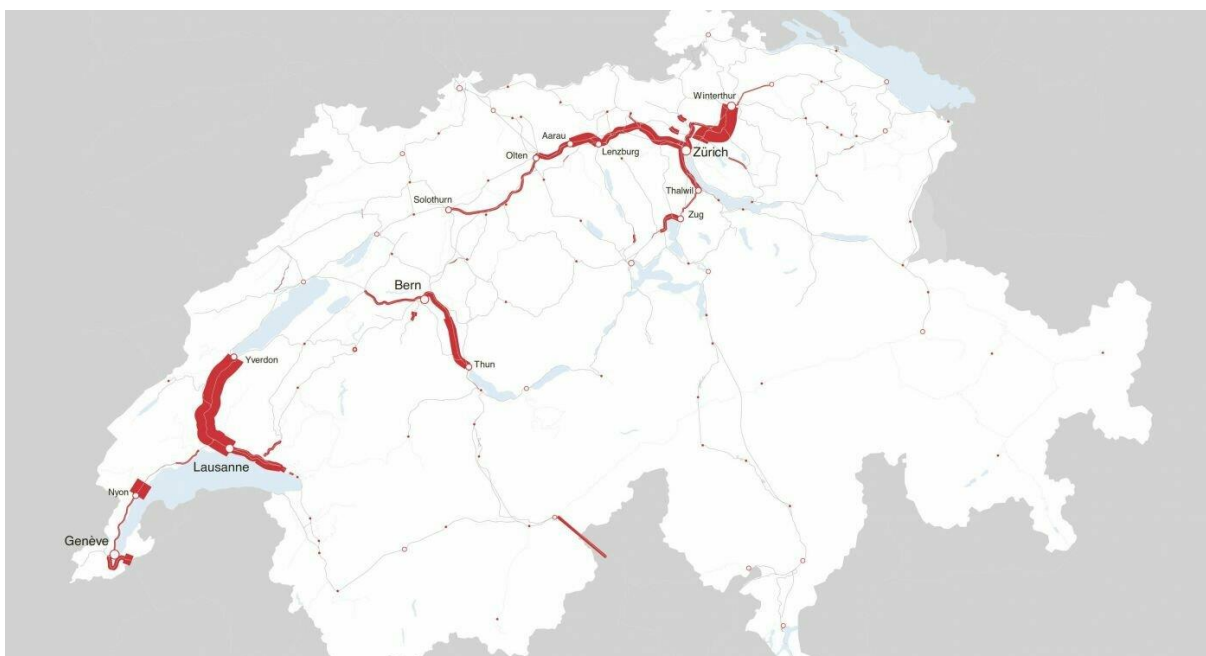
Zde je vhodné zmínit odlišnost od Německa a Rakouska, kdy kapacitní analýza musí být zveřejněna již tři měsíce od prohlášení úseku za přetížený, tedy ve Švýcarsku je čas na zpracování této analýzy poloviční.

Konkrétnější údaje jsou uvedené v aktuálním vydání dokumentu Network Statement 2021 (NWS) [22]. Pokud není možné vyhovět požadavku na přidělení trasy kvůli nedostatečné kapacitě železniční trati nebo je téměř jisté, že kapacita na této trati bude vyčerpána, prohlásí přidělcce kapacity odpovídající trať za přetíženou. V tomto případě je přidělcce oprávněn v souladu s čl. 12a, odst. 3 dokumentu NZV zrušit již přidělené trasy některým vlakům a dále je již nenabízet, jestliže se tím umožní lepšího využívání kapacity na trati. Kromě toho mohou být vlakové trasy odebrány a přiřazeny jinému žadateli, pokud jsou tyto

vlakové trasy na přetížené trase využívány v menší míře, než je stanoveno ve čl. 12, odst. 4 dokumentu NZV.

Ve Švýcarsku v dnešní době se velké množství tratí jak v osobní, tak v nákladní dopravě pohybuje na hranách svých kapacit. Dle dopravních prognóz vzroste do roku 2040 poptávka po osobní dopravě o 51 % a po nákladní dopravě o 45 %. Na mnoha koridorech zatížení stále roste. Přetížené tratě se vyskytují především ve velkých aglomeracích Arc Lémanique, Bern und Zürich:

- Genève–Lausanne,
- Yverdon–Lausanne,
- Vevey–Lausanne,
- Bern–Thun,
- Solothurn–Zürich,
- Zürich–Winterthur,
- Zürich–Zug–Luzern [21].



Zdroj: převzato z [21]

Obrázek 3: Prognóza očekává v roce 2030 přetížení železničních tratí především v oblastech Ženevského jezera, Bernu a Zürichu

4.5 Vybrané dokumenty a pojmy týkající se přidělování a hospodárného využívání kapacity dráhy

Základním pilířem v oblasti problematiky disertační práce je pojem kapacita. Pojem kapacity je dle Kodexu UIC 406 [42] velmi neurčitý a závisí na tom, jak je kapacita využívána. Kapacitu lze obecně definovat jako teoretický maximální možný počet tras v ohraničeném časovém úseku při zohlednění smíšeného provozu na tratích, v uzlech a v konkrétních sítích při zohlednění určitých požadavků kvality konstruovaných tras [2]. Kodex UIC 406 dále uvádí, že proces plánování infrastruktury je dlouhodobý proces trvající i déle než 10 let. Manažeři

železniční infrastruktury by její podobu (kapacitu především) měli přizpůsobit poptávce dopravců. Kodex UIC 406 pak představuje vějíř metod a aspektů, jak tyto kroky učinit [42].

Velký význam v řešení dané problematiky mají pojmy teoretická propustnost (někdy též nazývaná maximální propustnost) a praktická propustnost [10]. Propustnost (resp. propustnou výkonnost) lze definovat jako rozsah vlakové dopravy, který za daného stavu a technického vybavení provozních zařízení tratí a při zachování řádu, platného pro jejich využívání, může být na zjišťované trati v určitém časovém období trvale a pravidelně zvládnut [18].

Propustnou výkonnost je obecně možné stanovit na těchto zařízeních:

- traťové koleje,
- staniční koleje,
- staniční zhlaví.

Teoretická propustnost se stanoví jako podíl výpočetního období a doby obsazení infrastruktury vlakem nebo obecně technologickou operací. Zde se předpokládá, že zařízení výlučně slouží svému účelu, tj. neuvažují se časové ztráty a nevznikají mezery v obsazování zařízení. Teoretickou propustnost lze tak stanovit jednoduše dle vztahu:

$$N_{max} = \frac{T}{t_{obs}} \quad (1)$$

kde:

N_{max} – teoretický (maximální) počet dostupných tras za zvolené výpočetní období [-],

t_{obs} – průměrný čas potřebný na uskutečnění sledovaných technologických operací [min],

T – délka zvoleného výpočetního období [min].

Druhým pojmem je praktická propustnost, někdy též nazývaná jako technická. Tato veličina udává největší rozsah vlakové dopravy, a to stanovený se zřetelem na čas potřebný k výkonu předepsaných kontrolních prohlídek, údržby provozních zařízení a dále také počítá s nutností vyrovnání zpoždění a poruch ve vlakové dopravě. Takový vztah je pak definován komplexněji dle vzorce:

$$N_{prakt} = \frac{T - (T_{výl} + T_{stál})}{t_{obs} + t_{dod} + t_{ruš}} \quad (2)$$

kde:

N_{prakt} – praktický (technicky obhajitelný) počet dostupných tras za zvolené výpočetní období [-],

T – délka zvoleného výpočetního období [min],

T_{vyl} – celková doba, ve které je dané provozní zařízení nebo prvek ve výpočetním období vyloučeno z provozu pro předepsané prohlídky, opravy a údržbu [min],

$T_{stál}$ – celková doba stálých manipulací, tj. doba, ve které je dané provozní zařízení nebo prvek obsazen v období T jinými úkony, než ve kterých je zjišťována propustnost [min],

t_{obs} – technologický čas obsazení daného provozního zařízení nebo prvku jedním vlakem, ve kterém je počítána propustnost [min],

t_{dod} – průměrný čas připadající na jeden vlak, který se skládá z času, o který je potřeba prodloužit čas obsazení daného provozního zařízení či prvku proto, že jeho uvolnění zabraňuje obsazení dalšího provozního zařízení či prvku a dále z času na vyrovnání zpoždění z nepravidelnosti a poruch ve vlakové dopravě [min],

$t_{ruš}$ – průměrný čas pravděpodobného vzájemného rušení jízd vznikajícího v místech možného ohrožení z důvodu nemožnosti současných jízd na daném zařízení či prvku, připadající na jeden vlak [min].

Problematikou kapacity dráhy se zevrubně zabývá směrnice SM124 Zjišťování kapacity dráhy vydaná Správou železnic v roce 2019 [40]. Tato směrnice posuzuje kapacitu dráhy komplexnějším způsobem, přičemž uvádí, že je klíčová i kvalita konstruovaných tras. Směrnice jasně uvádí, že železniční infrastruktura musí kvalitně a ekonomicky zvládat nároky na ní kladené. Proto je potřeba znát kapacitu infrastruktury a s tímto parametrem pracovat. Směrnice tak upravuje metodiku zjišťování kapacity traťových kolejí, zhlaví a kolejových skupin. Pro všechna tato zařízení jsou ve směrnici popsány využití metody.

Směrnice SM124 upravuje metodiku pro zjišťování kapacity traťových kolejí, zhlaví a kolejových skupin. Postupy uvedené v této směrnici se používají pro posuzování jak stávající infrastruktury a stávajícího provozu, tak jejich změn.

Zvláštní pozornost si ve směrnici zaslouhuje definice pojmu kapacita, který je proveden následovně:

Kapacita představuje schopnost realizovat určitý dopravní výkon v určité kvalitě.

Tato definice kapacity koreluje s tvrzením výše, že je potřebná určitá garance kvality přidělovaných tras.

Pro zjišťování kapacity využívá směrnice SM124 tři základních metod:

- **konstrukční** – spočívají v sestavě jízdního řádu,
- **analytické** – vycházejí z teorie pravděpodobnosti nebo teorie hromadné obsluhy,
- **simulační** – spočívají v opakovaném napodobování relevantních technologických procesů s následným statistickým vyhodnocením výsledků.

Základní přehled metod a ukazatelů kapacity shrnuje Tabulka 1 převzatá ze směrnice SM124.

Tabulka 1: Základní přehled metod, včetně hodnotících ukazatelů kapacity využitých v rámci směrnice SM124

metoda	zařízení	hodnotící ukazatele kapacity se stanovenými limitními hodnotami	ostatní hodnotící ukazatele kapacity (bez stanovených limitních hodnot)
analytická metoda	traťové koleje	– stupeň obsazení (S) – propustnost (n) – využití propustnosti (K)	– průměrná doba obsazení (b) – celková doba obsazení (B)
	zhlaví		koeficient koliznosti (φ)
	kolejové skupiny	– pravděpodobnost plánovaného čekání (P_v) – koeficient pravděpodobnosti plánovaného čekání (q_{P_v})	– plánované čekání (v) – stupeň obsazení (S)
separátní simulace	traťové koleje a zhlaví	– čekání v provozu (w) – koeficient čekání v provozu (q_w)	– pravděpodobnost čekání v provozu (P_w) – další veličiny související s velikostí čekání v provozu
metoda přepočtu čekání na přírůstek zpoždění	traťové koleje a zhlaví	přírůstek zpoždění (Δd)	
extenzivní simulace	traťové koleje, zhlaví a kolejové skupiny	přírůstek zpoždění (Δd)	v závislosti na možnostech simulačního programu; např.: – podíl dodržených přestupních vazeb – podíl odřeknutých vlaků

Zdroj: směrnice SŽ SM 124, str. 14 [40]

Směrnice SM124 vytyčuje dvě základní úlohy řešení kapacity dráhy:

- **určování rozsahu infrastruktury** – s touto úlohou je obvykle spojeno určení omezujících zařízení infrastruktury. Může být též ale opačně identifikováno zařízení, jehož kapacita je zbytečně velká,
- **prověřování provozní koncepce** – účelem je zjištění kvalitativních parametrů daného dopravního modelu, který je reprezentován konkrétním jízdním řádem.

Je nutné zmínit i skutečnost, že obě tyto úlohy se mohou nezdědky prolínat.

Směrnice SM124 dále rozlišuje ukazatele technické kapacity a ukazatele provozní kapacity, a to dle principu respektování omezeného personálního obsazení a předpokládaných dob údržby a opravy:

- **ukazatele technické kapacity** – určují se za předpokladu plného personálního obsazení. Je možné předpokládat i provoz zařízení, která jsou běžně trvale uzavřena a nepředpokládá se vyloučení zařízení (opravy, údržby),
- **ukazatele provozní kapacity** – určují se, pokud není naplněn stav pro určení ukazatele technické kapacity (např, dopravní pracují s nižším

personálním obsazením, je zohledněno vyloučení vybraných zařízení z provozu apod.)

Protože směrnice problematiku kapacity dráhy řeší velmi široce a zevrubně, tak definuje celou řadu veličin, které lze měřit. Vybrané ukazatele kapacity mají definovány limitní hodnoty. Podle vztahu vypočtených hodnot (zjištěných pro konkrétní zařízení infrastruktury) k limitním hodnotám lze formulovat závěry o předpokládané kvalitě provozu, popř. závěry týkající se propustnosti a jejího využití.

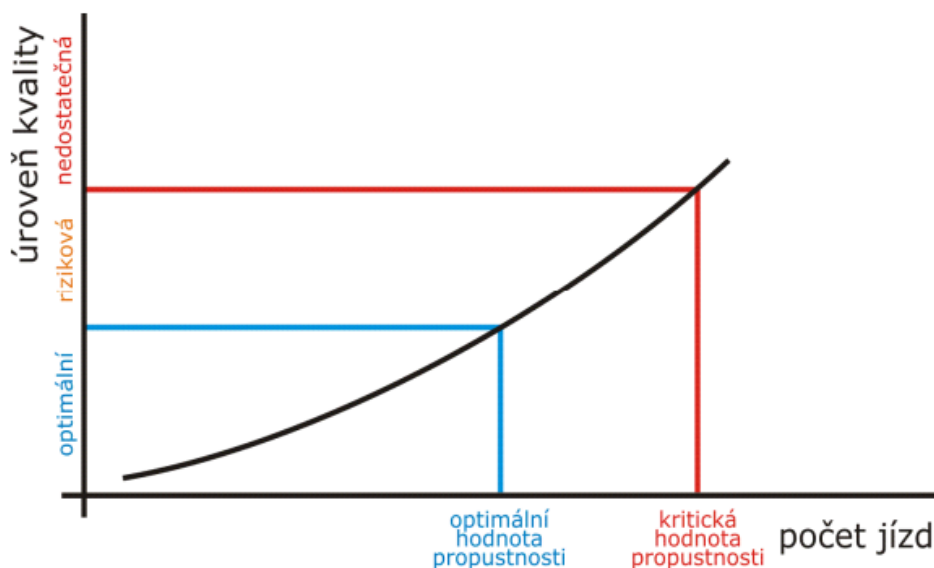
Rozlišují se dva typy limitních hodnot, a to hodnota optimální a kritická. Pro provoz je ideální, aby sledovaná hodnota nepřesahovala mez optimální. Pokud toto nastane, existuje riziko nedostatečné kvality. Pokud hodnota přesáhne mez kritickou, je třeba již nedostatečnou kvalitu předpokládat a takovou část infrastruktury lze považovat za přetíženou. Vztah mezi mírou zatížení, předpokládanou kvalitou a hodnotou ukazatelů kapacity ilustruje následující Tabulka 2.

Vztah mezi počtem jízd a předpokládanou kvalitou znázorňuje také Obrázek 4.

Tabulka 2: Vztah mezi mírou zatížení, předpokládanou kvalitou a hodnotou ukazatelů kapacity

barva	zatížení	vztah zjištěných ukazatelů kapacity k příslušným limitním hodnotám	úroveň kvality	předpokládaná hodnota zpoždění ⁵
	zařízení s kapacitními rezervami	ukazatele kapacity jsou nižší než optimální hodnoty	optimální	pokles
	přiměřeně zatížené zařízení	ukazatele kapacity dosahují optimálních hodnot		přibližně beze změny
	silně zatížené zařízení	ukazatele kapacity jsou vyšší než optimální a současně nižší než kritické hodnoty	riziková	nárůst
	přetížené zařízení	ukazatele kapacity překračují kritické hodnoty	nedostatečná	výraznější nárůst

Zdroj: směrnice SŽ SM 124, str. 35 [40]



Zdroj: směrnice SŽ SM 124, str. 36 [40]

Obrázek 4: Vztah mezi počtem jízd a předpokládanou kvalitou

Směrnice SM124 se zabývá detailně veličinou **stupeň obsazení**, která je klíčová pro stanovení kvality provozu. Stupeň obsazení je poměr celkové doby obsazení k výpočetní době. Jedná se o bezrozměrnou veličinu. Zavádí veličiny optimální a kritický stupeň obsazení.

Limitní hodnoty závisejí na třech parametrech:

- délka analyzovaného období (A),
- výše průměrné doby obsazení (b),
- typ provozu.

Podle délky analyzovaného období (A) se rozlišují 3 druhy limitních hodnot:

- pro špičkové období trvající do 4 hodin,
- pro špičkové období trvající více než 4 a současně do 6 hodin,
- pro období trvající déle než 6 hodin.

Za tímto účelem směrnice dále určuje tři typy provozu, které jsou k dispozici na Obrázek 5.

typ provozu	přibližný podíl regionální osobní dopravy na celkovém počtu vlaků
A	méně než 80 %
B	80 až 90 %
C	více než 90 %

Zdroj: směrnice SŽ SM 124, str. 39 [40]

Obrázek 5: Určení typu provozu podle podílu regionální osobní dopravy

Jak je z tabulky patrné, je přihlíženo pro určení typu provozu především na přibližný podíl regionální osobní dopravy na celkovém počtu vlaků. Tato logika se patrně odvíjí od premisy, že čím více tras regionální osobní dopravy je na úsek umístěno, tím jsou trasy homogennější, a tím je možné tolerovat vyšší stupně obsazení.

Dále směrnice uvádí, že při výběru typu provozu lze dále přihlížet k možnosti realizace následujících opatření:

- omezení čekání na přípojné vlaky,
- při nepravidelnostech možné operativní změny v obězích náležitostí,
- při větších nepravidelnostech možnost odřeknutí vybraných vlaků.

Pokud tato opatření lze aktivně v provozu využít, je možné uvažovat i s vyššími stupni obsazení. Pokud nikoli, naopak je toto možné do kvality tras promítnout negativně.

Směrnice dále stanovuje optimální a kritické hodnoty stupně obsazení pro jednotlivá výpočtová období, přičemž pro potřeby disertační práce postačí pouze výňatky počátečních částí tabulek s ohledem na dosahované hodnoty výše průměrné doby obsazení úseku v návrhové části práce (viz tabulka 3 a tabulka 4)

Z daných materiálů lze vyvodit, že optimální stupeň obsazení mezistaničního úseku na jednokolejně trati, který je jedním vlakem obsazen do 10 minut při výpočetním období do 4 hodin pro trať se smíšeným provozem regionální a dálkové dopravy (přičemž dálková doprava v tomto případě nemá marginální podíl na využívání infrastruktury) činí 0,62 a kritický stupeň obsazení 0,75. Hodnoty do 0,62 jsou tak ideální pro zajištění patřičné kvality a stability tras (dle směrnice označena úroveň kvality provozu „vyhovující“), hodnoty v intervalu mezi 0,62 až 0,75 již vykazují sníženou kvalitu a stabilitu tras (dle směrnice označena úroveň kvality provozu „riziková“), hodnoty nad 0,75 jsou pak z pohledu přidělu kapacity dráhy již nevhodné (dle směrnice označena úroveň kvality provozu „kritická“). Limitní hodnoty stupně obsazení jsou stanoveny pro traťové koleje, tj. nikoli veškerá zařízení.

Pokud se provede úvaha nad hodnotami stanovenými směrnicí pro optimální a kritický stupeň obsazení pro jednokolejně železniční tratě, kde provoz v jednotlivých úsecích probíhá výhradně mezistaničně (tj. bez užití dopraven bez kolejového rozvětvení jako například hláska, hradlo či stanoviště autobloku), jsou tyto hodnoty poměrně ambiciózní, když se vezme v potaz fakt, jak na mnoha jednokolejných tratích je realizován poměrně hustý železniční provoz.

Tabulka 3: Hodnoty optimálního stupně obsazení dle SM 124

analyzované období	$A \leq 4 \text{ h}$			$4 \text{ h} < A \leq 6 \text{ h}$			$A > 6 \text{ h}$		
typ provozu	A	B	C	A	B	C	A	B	C
b [min]	S_{OPT}								
≤ 10	0,62	0,69	0,75	0,55	0,63	0,70	0,40	0,50	0,60
11	0,63	0,69	0,75	0,56	0,63	0,71	0,41	0,51	0,61
12	0,63	0,70	0,76	0,56	0,64	0,71	0,42	0,52	0,61
13	0,64	0,70	0,76	0,57	0,64	0,72	0,43	0,53	0,62
14	0,65	0,71	0,76	0,58	0,65	0,72	0,44	0,53	0,63
15	0,65	0,71	0,77	0,59	0,66	0,73	0,45	0,54	0,63
16	0,66	0,72	0,77	0,59	0,66	0,73	0,46	0,55	0,64

Zdroj: směrnice SŽ SM 124, str. 40 [40]

Tabulka 4: Hodnoty kritického stupně obsazení dle SM 124

analyzované období	$A \leq 4 \text{ h}$			$4 \text{ h} < A \leq 6 \text{ h}$			$A > 6 \text{ h}$		
typ provozu	A	B	C	A	B	C	A	B	C
b [min]	S_{KRIT}								
≤ 10	0,75	0,79	0,83	0,70	0,75	0,80	0,60	0,67	0,74
11	0,75	0,79	0,84	0,71	0,75	0,81	0,61	0,68	0,74
12	0,76	0,80	0,84	0,71	0,76	0,81	0,62	0,68	0,74
13	0,76	0,80	0,84	0,72	0,76	0,81	0,62	0,69	0,75
14	0,77	0,80	0,84	0,72	0,77	0,82	0,63	0,69	0,75
15	0,77	0,81	0,85	0,73	0,77	0,82	0,64	0,70	0,76
16	0,78	0,81	0,85	0,73	0,78	0,82	0,64	0,70	0,76

Zdroj: směrnice SŽ SM 124, str. 41 [40]

Stupeň obsazení je dle směrnice SM 124 ukazatelem vztahujícím se k zařízení. Dalšími ukazateli, které jsou však veličinami jednoduššími, které se vztahují k zařízení, jsou propustnost a využití propustnosti. Hodnota využití propustnosti smí nabýt i hodnoty vyšší než 100 %. Pokud jsou tyto hodnoty vyšší jako v případě hladiny optimální, tak kritické, je kvalita provozu na takové infrastruktuře hodnocena jako nevyhovující. Pokud překračuje hodnotu 100 % pouze hladina optimální, pak je kvalita provozu riziková. Tyto dvě veličiny lze užít pro jakákoli zařízení, tj. nikoli pouze pro traťové koleje jako hodnoty stupně obsazení.

Směrnice SM 124 definuje mimo jiné i velmi důležitý pojem „omezující mezistaniční úsek“, a to následujícím způsobem:

Omezující mezistaniční úsek je takový úsek, který má (ze všech mezistaničních úseků) v daném traťovém úseku nejméně příznivé ukazatele kapacity. Ukazatelem kapacity rozhodným pro určení omezujícího mezistaničního úseku v závislosti na metodě je:

- analytická metoda: průměrná doba obsazení, popř. celková doba obsazení, nebo stupeň obsazení;
- separátní simulace: čekání nebo koeficient čekání.

Obecně se tato směrnice zabývá široce celou problematikou kapacity dráhy včetně konkrétních příkladů.

Problematikou hospodárného přidělování kapacity železniční dopravní cesty se však zabývá ještě řada dalších publikací, předpisů či vědeckých příspěvků. Další aspekty nabízí německá publikace *Eisenbahnbetriebstechnologie (Technologie železniční dopravy)* autora Gerta Heistera a jeho kolektivu [11]. Ta pojem kapacity v doslovném překladu vysvětluje tvrzením „kapacita sjednocuje celistvost výkonnostní schopnosti a síly drážních zařízení v síti“. Ta musí být přitom tržně orientována na požadavky dopravců, přičemž existuje finanční rámec na vykonání potřebných infrastrukturních opatření. Pokud se tyto aspekty zváží dohromady, je možné definovat potřebná infrastrukturní a provozní opatření vedoucí k uspokojení společensky odůvodněných potřeb.

Problematikou přidělu kapacity dráhy se také zabývá článek Gibsona *Allocation of capacity in the rail industry (Přidělování kapacity na železnici)* [12]. Zde je popisována problematika na příkladu Velké Británie po privatizaci železničního sektoru. Autor ve článku zmiňuje vyšší nákladovost zatížených úseků dráhy a navrhuje tři základní mechanismy přidělování kapacity dráhy:

- administrativní – na základě stanových pravidel a kritérií (např. druh vlaků),
- nákladový – vychází z legislativy EU a myšlenky, že více zatížené úseky vyžadují vyšší náklady na zajištění provozuschopnosti dráhy a provozování drážní dopravy, což by se mělo odrazit v ceně za jízdu vlaku a vybrané finance využít k rozvoji sítě,
- tržní – založený na aukci tras, kdy rozhoduje vyšší cena za soubor požadovaných tras.

Také výzkum Nilssona popsáný v článku *Allocation of track capacity (Přidělování kapacity dráhy)* nastiňuje způsob mechanismu přidělování kapacity železniční dopravní cesty [23]. Ve článku jsou zmíněny ekonomické vlivy na provoz infrastruktury při rozhodování se o přidělení kapacity železniční dopravní cesty. Zároveň řeší problematiku aukce tras a jejího dopadu na konečnou cenu za přidělenou trasu. V metodice je do jisté míry zahrnuta i myšlenka nutnosti využívání parametrů dráhy, aby nedocházelo ke snižování propustnosti.

- vlaky dopravní kategorie Ex komerčně nazvané „Západní expres“ (linka Ex6 v objednávce MD ČR), tzv. I. přepravní segment dálkové dopravy; vrstva s převažující funkcí B1 dle teorie segmentace veřejné hromadné dopravy (viz kapitola 3),
- vlaky dopravní kategorie R (Sp) komerčně nazvané „Berounka“ (linka R16 v objednávce MD ČR), tzv. II. přepravní segment dálkové dopravy, vrstva s převažující funkcí B2, resp. částečně B1 a C1 dle teorie segmentace veřejné hromadné dopravy,
- vlaky dopravní kategorie Os linky P2 Plzeňského kraje („dlouhé“ vlaky Plzeň – Hořovice – Beroun a „krátké“ posilové Plzeň – Rokycany; vrstva s převažující funkcí C1, resp. C2 dle teorie segmentace veřejné hromadné dopravy.

Tak, jak jsou segmenty seřazeny výše, se odlišuje i jejich význam. Zatímco funkce expresů je zejména spojovací, u osobních vlaků je především obslužná. Tyto dva segmenty mají tak zcela jinou roli, nicméně si lze dobře na tomto příkladu velmi dobře ukázat, jak se jednotlivé linky společně s linkou rychlíků doplňují.

V případě linek Ex6 a R16 je patrný vzájemný proklad cca +/- 30 minut za účelem vzájemné podpory spojovací funkce. U linek R16 a P2 je též patrný vzájemný proklad +/- 30 minut za účelem vzájemného posílení obslužné funkce. V přepravně nejsilnějším úseku Rokycany – Plzeň jsou pak patrné posilové spoje linky P2, které jsou též vedeny tak, aby vznikal vzájemný proklad spojů linek P2 a R16. Vyosení z taktu (14.03 vs. 15.09) je způsobeno požadavky na trasy spojů regionální linky P22 Plzeň – Radnice, která v úseku Plzeň – Ejpovice využívá stejnou dopravní infrastrukturu jako linky Ex6, R16 a P2.

Tento zmíněný příklad je ukázkou, jak se jednotlivé segmenty veřejné železniční hromadné dopravy mohou mezi sebou vzájemně doplňovat a zároveň využívat kapacitu železniční dopravní cesty skutečně hospodárně tak, aby zůstaly další trasy volné i pro nákladní dopravu. Nicméně je patrný i negativní vliv linky P22 Plzeň – Radnice, který je způsoben nasazením dynamicky nepříliš kvalitních vozidel, jež nejsou schopna maximalizovat využití parametrů infrastruktury v úseku Plzeň – Ejpovice (motorové jednotky řady 814 s maximální konstrukční rychlostí 80 km/h). Paradoxem je i stav, kdy od prosincové změny jízdních řádů v roce 2021 jsou na linku P2 nasazena dynamičtější vozidla (elektrické jednotky řady 650.2 s maximální konstrukční rychlostí 160 km/h) než na linky R16 a Ex6 (dálkové vlaky jsou vedeny lokomotivami řady 362 s maximální rychlostí 140 km/h). Toto poznání tak zcela oprávněně a jednoznačně otvírá i otázku, zda pro dosažení vhodné koordinace mezi segmenty veřejné dopravy a za účelem hospodárného využívání železniční dopravní cesty zároveň není na místě otevřít myšlenku pravidelného nasazování takových vozidel, která co možná nejvíce využijí parametry užívané infrastruktury.

V neposlední řadě je vhodné povšimnout si neobsloužení železniční stanice Ejpovice a zastávky Klabava vloženými spoji osobních vlaků linky P2. Pokud je

pečlivě vyhodnoceno, že četnost obsluhy ostatními spoji v těchto zastávkách postačuje nebo je řešena alternativně, pak tento krok jednoznačně přispívá k dosažení vyššího podílu rovnoběžnosti tras, což má opět pozitivní dopad na hospodárnost využívání kapacity železniční dopravní cesty. Čistě z hlediska nabídky a kooperace segmentů je pak negativním aspektem ukončení vybraných vlaků již v železniční stanici Hořovice.

Jako druhý je pak podroben analýze úsek Plzeň – Klatovy, přičemž výřez dopravní koncepce špičkové dvouhodiny je znázorněn na obrázku 7.

km	Správa železnic / ČD, a.s.	Vlak	R 771	7823	EL 359	7855	R 773	7825	Sp 1705
		Ze stanice			München				Železná Ruda-Alžbětín
0	Klatovy 183,185 ↔084		15 30				16 28		71 17 08
4	Točnick ↔084								
7	Dehtín ↔(083),084								
10	Švihov u Klatov ↔083		15 40				16 37		
13	Červené Poříčí ↔083								
17	Borovy ↔083						16 43		
20	Lužany ↔082,(083)						16 47		
23	Přeštice ↔082		15 51	16 08			16 51	17 08	17 31
27	Přeštice-Zastávka ↔082			x16 12				x17 12	
30	Chlumčany u Dobřan ↔081,(082)		15 59	16 15			16 59	17 15	
34	Dobřany ↔081		16 05	16 20			17 05	17 20	17 40
37	Dobřany zastávka ↔081							x17 23	
41	Plzeň-Valcha ↔001,(081)								
45	Plzeň-Doudlevec ↔001			x16 33				x17 33	
47	Plzeň zastávka ↔001		B 16 17	16 36			B 17 17	17 36	17 56
48	Plzeň hl. n. ↔001 ↔06		E 16 19	16 39	16 47		E 17 19	17 39	71 17 59

Zdroj: Zdroj: Správa železnic, [16]

Obrázek 7: Výřez dopravní koncepce špičkové dvouhodiny v úseku Plzeň – Klatovy (stav v únoru 2022)

V případě této části analyzované drážní infrastruktury se jedná o jednokolejnou železniční trať, v jejímž případě jsou vybrané (zejména delší) jednotlivé mezistaniční úseky rozděleny automatickými hradly (tj. tato premisa neplatí pro všechny mezistaniční úseky). Jedná se tak o infrastrukturu, na které je možné využívat kapacitu jednokolejné trati poměrně dobře, nicméně i tak má tato infrastruktura značné limity pro provázení většího počtu vlaků, resp. možnost konstrukce hustého sledu tras je velmi omezená.

Z dopravní koncepce na trati je možné vysledovat tři základní produkty nabídky, resp. segmentace veřejné hromadné dopravy:

- vlaky dopravní kategorie R (Sp) komerčně nazvané „Berounka“ (linka R16 v objednávkě MD ČR a zde i Plzeňského kraje), tzv. II. přepravní segment dálkové dopravy,
- vlaky dopravní kategorie Os linky P2 Plzeňského kraje (zejm. vlaky Plzeň – Přeštice, až do/z Klatov jsou vedeny pouze jednotky vlaků),
- jednotlivé ostatní vlaky, zejm. rekreační přímé vlaky Plzeň – Železná Ruda a zpět.

Na rozdíl od úseku Beroun – Plzeň se zde projevuje nižší význam této trati a také jednokolejnost úseku. Vlaků je zde vedeno méně, přesto i tady dálková doprava s regionální kooperují a vlaky je snaha vést ve vzájemných časoprostorových prokladech.

Projevuje se také vliv jednokolejnosti trati a tím snížených možností konstrukce jízdního řádu. Za účelem dosažení taktových uzlů v minutu X.30 ve stanicích Rokycany a Klatovy jsou téměř všemi vlaky projížděny vybrané zastávky (tomuto fenoménu bude věnována jedna z dalších kapitol). Snížená kapacita této trati při provozování vlaků linek R16 a P2 má jednoznačný dopad na skutečnost, že ač by sice bylo možné nalézt vhodné prokladové trasy pro špičkové posilové vlaky Plzeň – Klatovy, tak by došlo zcela k vyčerpání kapacity železniční dopravní cesty v úseku Plzeň hl.n. – Přeštice (kritický úsek mezi železničními stanicemi Plzeň hl.n. a Plzeň-Valcha). Zde je tak vzájemná kooperace vyřešena mezi železniční a veřejnou linkovou dopravou. Důkazem je obrázek 8 výřezu z jízdního řádu linky 440 424 Plzeň – Klatovy.

opačný směr – pokračování

km	TPZ	Tč	36	40	20	42	22	106	24	26	28	108
0 0 0 0 0 0	084 36	od						78	31	31	31	78
0 0 0 0 1 0	084 35	Klatovy, aut.nádr. MHD			13 47		14 45	14 50	15 50	16 50	18 03	18 50
0 0 0 0 1 0	084 34	Klatovy, Tylovo nábr. MHD						14 52	15 54	16 54	18 06	18 52
0 0 0 0 1 0	084 33	Klatovy, nábrf.kpt.Nálepky MHD			13 51		14 50					
0 0 0 0 1 0	084 32	Klatovy, u Gymnázia MHD										
1 1 1 1 2 2	084 31	Klatovy, Rybníčky MHD										
1 1 1 1 2 2	084 30	Klatovy, pod nem. MHD			13 54		14 54	14 55	15 57	16 57	18 09	18 55
1 1 1 1 2 2	084 29	x Klatovy, Plzeňská u nemocnice... MHD						15 00				
1 1 1 1 2 2	084 28	x Klatovy, Točnick MHD						15 02				
1 1 1 1 2 2	084 27	x Klatovy, Vícenice MHD						15 04				
5 5 5 5 6 6	084 26	x Klatovy, Dehtín,žel.st. MHD						15 06	16 01	17 01	18 13	19 00
8 8 8 8 9 9	084 25	Klatovy, Stěpanovice MHD			13 58		14 58	15 01	16 04	17 04	18 16	19 02
10 10 10 10 10 10	083 24	x Klatovy, Dehtín MHD			14 01		15 01	15 06	16 06	17 06	18 18	19 04
12 12 12 12 12 15	083 23	x Svihov, Kokšín MHD			14 03		15 03	15 09	16 09	17 09	18 21	19 07
12 12 12 12 12 15	083 22	Svihov, nám. MHD			14 06		15 06	15 14	16 14	17 14	18 24	19 12
14 14 14 14 14 17	083 21	Svihov, u vchodu ZŠ MHD			14 09		15 09	15 17	16 17	17 17	18 27	19 15
16 16 16 16 16 19	083 20	Cervené Poříčí MHD			14 12		15 12	15 20	16 20	17 20	18 30	19 18
17 17 17 17 17 19	083 19	x Borovy, u kult.domu MHD			14 15		15 15	15 24	16 24	17 24	18 33	19 22
19 20 19 20 19 22	082 18	Nezdice MHD			14 17		15 17	15 26	16 26	17 26	18 35	19 23
21 22 21 22 21 24	082 17	Lužany, obecní úřad MHD			14 19		15 19	15 28	16 28	17 28	18 37	19 25
22 23 22 23 22 25	082 16	x Přeštice, u hřbitova MHD			14 22		15 22	15 31	16 31	17 31	18 40	19 28
22 23 22 23 22 25	082 15	Přeštice, nám. MHD			13 45		14 45	14 54	15 54	16 54	18 03	18 50
22 23 22 23 22 25	082 14	Přeštice, Na Chmelnicích MHD			13 47		14 47	14 56	15 56	16 56	18 05	18 52
27 28 27 28 27 30	081 13	Horní Lukavice MHD			13 50		14 50	14 59	15 59	16 59	18 08	18 55
29 30 29 30 29 32	081 12	x Chlumčany, Hradčany,rozc.1.3 MHD			14 15		15 15	15 24	16 24	17 24	18 33	19 21
31 31 31 31 31 33	081 11	Chlumčany, nám. MHD			14 29		15 29	15 38	16 38	17 38	18 47	19 35
32 32 32 32 32 34	081 10	x Chlumčany, Porobeton MHD						15 42	16 42	17 42	18 51	19 39
35 35 35 35 35 37	081 9	Dobřany, Lidový dům MHD						15 46	16 46	17 46	18 55	19 43
36 36 36 36 36 38	081 8	Dobřany, u čerp.st. MHD						15 50	16 50	17 50	19 00	19 48
43 43 43 43 43 45	081 7	x Dobřany, Slovice MHD						15 54	16 54	17 54	19 03	19 51
44 44 44 44 44 46	001 081 7	Plzeň, Litice MHD						15 58	16 58	17 58	19 07	19 55
45 45 45 45 45 47	001 6	Plzeň, Náves Litice MHD						16 02	17 02	18 02	19 11	19 59
48 48 48 48 48 50	001 5	x Plzeň, Borský park MHD						16 06	17 06	18 06	19 15	20 03
41 42 48 42 41 44	001 081 4	Plzeň, Bory MHD			14 00		14 25	14 37	15 37	16 40	17 41	18 49
43 44 50 44 43 46	001 3	Plzeň, Belánka MHD			14 06		14 31	14 43	15 43	16 46	17 47	18 55
43 44 50 44 43 46	001 2	x Plzeň, Radobyčická MHD			14 07		14 32	14 44	15 44	16 47	17 48	18 56
44 45 51 45 44 47	001 1	Plzeň, Terminál Hlavní nádraží MHD			14 15		14 40	14 52	15 52	16 55	17 56	19 04

* jede v pracovních dnech
 ⑥ jede v sobotu
 † jede v neděli a ve státem uznané svátky
 31 nejede 31.12.21
 42 nejede od 23.12.21 do 2.1.22, 4.2.22, od 7.2.22 do 13.2.22, 14.4.22, od 1.7.22 do 31.8.22, od 26.10.22 do 27.10.22
 74 nejede 25.12.21, 1.1.22
 76 nejede 24.12.21
 83 spoj 26 zastávk Nezdice obsluhuje jen na objednání telefonicky nebo u řidiče

MHD zastávka : hromadná
 * zastávka jen pro výstup
 † zastávka jen na znamení nebo požádání
 † spoj s bezbariérově přístupným vozidlem
 △ spoj 20 Tč 34: spoj 20 vyčká v zastávce Klatovy,nábrf.kpt.Nálepky příj 5 minut
 △ spoj 22 Tč 34: spoj 22 vyčká v zastávce Klatovy,nábrf.kpt.Nálepky příj linky 430960,spoj 13 linky 430970 nejvýše 5 minut
 △ spoj 24 Tč 16: spoj 24 vyčká v zastávce Přeštice,nám. příjezdu spoje
 △ spoj 24 Tč 34: spoj 24 vyčká v zastávce Klatovy,nábrf.kpt.Nálepky příj

Zdroj: Portál IDOS, [14]

Obrázek 8: Výřez dopravní koncepce odpolední špičky autobusové linky 440 424 v úseku Plzeň – Klatovy (stav v únoru 2022)

Je patrné, že zatímco vlaky linky R16 jsou koncentrovány v Klatovech do uzlu X.30, autobusy jedoucí v podobné trase do uzlu X.00. Tento příklad je tak ukázkou časoprostorové kooperace segmentů veřejné dopravy různých

dopravních módů v případě nedostatečných kvalitativních parametrů železniční infrastruktury.

5.2 Problematika omezení obsluhy vybraných bodů za účelem dosažení systémové nabídky

Tato problematika obecně souvisí se dvěma požadavky souvisejícími přímo s kvalitou dopravní obslužnosti a tím i dosažení kooperace mezi jednotlivými segmenty veřejné hromadné dopravy. Tyto požadavky jsou následující:

- zkrácení cestovních dob (obecně je nutné vycházet ze skutečnosti, že na tratích s kvalitními parametry znamená každé zastavení zpravidla 1–3 minuty na cestovní době navíc v závislosti na traťové rychlosti a délce pobytu spoje, což při projetí více zastávek/železničních stanic může u vybraných spojů zajistit časové úspory až v řádů desítek minut),
- dosažení uzlů v integrálním taktovém jízdním řádu, které by jinak nebylo možné.

Principy taktového grafikonu je možné matematickou teorií popsat dvěma jednoduchými rovnicemi. Hranová rovnice [1] má následující tvar:

$$t_H = n \cdot \frac{1}{2} t_T \quad (3)$$

Druhým matematickým vztahem je obvodová rovnice [1]:

$$\sum t_H = n \cdot t_T \quad (4)$$

Uvedené veličiny mají následující význam:

- t_T – doba taktu (interval obsluhy) [min],
- t_H – časové ohodnocení hrany mezi dvěma následujícími taktovými uzly, tj. cestovní doba mezi těmito uzly [min],
- n – přirozené číslo odpovídající dané situaci [-].

Zmíněné rovnice lze však poměrně jednoduše prakticky interpretovat, čímž lze lépe pochopit jejich skutečný význam.

Hranová rovnice ukazuje, že protijedoucí spoje jedné linky se vzájemně potkávají po uplynutí poloviny doby taktu. U linky veřejné hromadné dopravy, která je projektována v intervalu 60 minut, se tak jednoduše zjistí, že každých 30 minut se spoje opačných směrů potkávají¹⁰. V případě jednokolejné trati je tak

¹⁰ Spoje se potkávají v časech, kde bychom v nákresem jízdním řádu mohli nalézt osu symetrie taktového grafikonu. Pro nalezení minimálního počtu míst křížování na jednokolejné trati při aplikaci integrálního taktového jízdního řádu lze využít následující nerovnici [1]:

$$n_{k\check{z}ST} \geq \frac{2 \cdot t_{obsl}}{t_T} - 1$$

kde:

$n_{k\check{z}ST}$ – počet železničních stanic potřebných ke křížování v daném úseku [-],

nutné zřídít místo pro křižování, u dvoukolejných a vícekolejných tratí může docházet k míjení i na širé trati. Z výše popsaného může plynout i myšlenka, že ideální jízdní doba mezi důležitými dopravními uzly je rovna zhruba polovině délky periody taktu, jelikož právě po uplynutí tohoto časového úseku dochází ke křižování vlaků (příp. míjení vlaků), přičemž tato místa či jim velmi blízká místa jsou ideální ke koncentrování návazností jednotlivých druhů veřejné hromadné dopravy.

Obvodová rovnice platí pro tzv. kružnici¹¹ v oboru teorie grafů. Ta říká, že součet systémových jízdních dob na všech hranách v kružnici by se měl ideálně rovnat násobku přirozeného čísla periody taktu. V takovém případě jsou zajištěny kvalitní návaznosti v uzlech veřejné dopravy v rámci vybrané kružnice.

Dosažení obou rovnic může být docíleno právě úplným či částečným projížděním vybraných tarifních bodů určených pro přepravu cestujících. Negativa vzniklá projetím takových míst (úbytek řádově jednotek až desítek cestujících v každém takovém místě denně) musí být však vyvážena významnými pozitivy (např. desítky až stovky nových cestujících denně ve veřejné dopravě vlivem dosažení nových přípojných vazeb a zkrácením cestovních dob). Pro méně významné přepravní proudy je pak řešením využití veřejné linkové dopravy (autobusy), a to i v režimu spojů na zavolání/požádání.

Tato praxe je známá jak ze zahraničí, tak v českém měřítku. V Německu je možné zaměřit se například na úsek Regensburg – Schwandorf (viz obrázek 9). V dnešní době jsou v tomto úseku u vybraných vlaků pouze dvě mezilehlá místa zastavení (Regenstauf a Maxhütte-Haidhof). V roce 1944 bylo přitom těchto míst dokonce osm. Fakticky tak došlo k významné, a to úplné redukci míst zastavení v šesti případech, a to z důvodu jejich nízkého vyžívání cestujícími, tak dosahování systémových jízdních dob mezi uzly v integrálním taktovém jízdním řádu. Podobnou situaci je možné nalézt i na sousední trati Schwandorf – Furth im Wald. Přestože i zde vybraná místa již neslouží k přepravním potřebám v osobní dopravě, je možné je využívat k dopravním úkonům (křižování a předjíždění vlaků apod.).

V českém měřítku jsou také známé případy, kdy došlo k výraznějšímu omezení obsluhy zastávek, resp. preference spěšných vlaků (často v kooperaci s dálkovou dopravou) nad osobními vlaky s hmatatelným přínosem zatraktivnění systému pro cestující.

t_{obsl} – doba přepravy (resp. doba jízdy spoje na lince nebo v části linky) v daném úseku [min],
 t_T – doba taktu (interval obsluhy) [min].

¹¹ Uzavřená posloupnost vrcholů (klíčové uzly veřejné dopravy) a hran (traťové úseky mezi jednotlivými uzly).

1944	2018
0,0 Regensburg Hbf 412, 412a	Regensburg Hbf 880, 993
4,3 Regensburg, Waidholzerstr. 42a	Regenstauf
7,5 Regensburg-Wutzhojen	Maxhütte-Haidhof
11,4 Regenstauf	
15,1 Regenstauf	
23,0 Ponnitz	
27,2 Haidhof 425 a	
33,1 Losenitz	
36,1 Klardorf	
42,6 Schwandorf	Schwandorf 870

Zdroj: <http://pkjs.de/bahn/Kursbuch1944> a <http://kursbuch.bahn.de>,

Obrázek 9: Výřezy z jízdního řádu v letech 1944 a 2018 v traťovém úseku
Regensburg – Schwandorf

Poměrně významným příkladem v českém měřítku je Královehradecký kraj s modely spěšných vlaků na více tratích, zejména je pak vrstva spěšných vlaků významně preferována na trati č. 026 Týniště nad Orlicí/Starkoč – Náchod – Broumov a č. 032 Jaroměř – Trutnov (čísla tratí dle platného KJŘ). V prvním případě se jedná o produkt bez významné kooperace s dálkovou dopravou v daném úseku trati (pouze s návaznostmi na dálkovou dopravu ve významných uzlech), přičemž vytvořením spěšných vlaků bylo zrychleno jak spojení z celé oblasti Broumova a Náchodska ve/ze směru do/z krajského města, tak bylo možné vytvořit logičtější přípojné vazby v uzlových a přípojných železničních stanicích. V druhém případě se jedná o vhodné doplnění dálkové dopravy (vlaky kategorie R) rychlými regionálními vlaky (kategorie Sp), konkrétně linky R10 Praha – Hradec Králové – Trutnov. Koncepte funguje dlouhodobě, přičemž Královehradecký kraj klade aktuálně důraz na zvýšení podílu přímosti spojení mezi Hradcem Králové, Náchodskem a Broumovskem. Nově tak dochází u vybraných vlaků v železniční stanici Starkoč k dělení nebo spojování souprav tak, aby byli cestující ušetřeni přestupu¹².

Doplnění dálkových vlaků (zejm. vlaky kategorie R) spěšnými vlaky, které jsou provozovány ve vzájemném prokladu, je však poměrně časté, příklady můžeme najít ve více krajících (například v Plzeňském a Karlovarském kraji na ramenech Plzeň – Cheb nebo do určité míry také Plzeň – Klatovy či v Jihomoravském a Pardubickém kraji na trase Brno – Česká Třebová), příp. lze ukázat existující modely společné objednávky nadregionálních vlaků (např. rychlíky v úseku Brno – Hodonín ve společné objednávce Ministerstva dopravy ČR a Jihomoravského kraje, od jízdního řádu 2019/20 pak v úseku Plzeň – Klatovy, kde došlo k významné preferenci rychlíků na úkor osobních vlaků zejména v úseku Přeštice – Klatovy a opuštění zastavení osobními vlaky na málo významných zastávkách

¹² Tento technologický úkon, který může být průnikem snahy hospodárného využívání kapacity železniční dopravní cesty a kooperace jednotlivých segmentů veřejné hromadné dopravy, není na území ČR tak častý jako například v Bavorsku, proto je zde zmíněn pouze okrajově. Fenoménu se detailněji věnuje další kapitola právě na případu Bavorska. V období 30. až 90. let minulého století se podobný úkon hojně využíval v dálkové dopravě na území Československa, kdy mnoho dálkových vlaků bylo sestaveno z vozů, které měly stanoveny různorodé relace a tyto vozy se ve vybraných stanicích přepojovaly mezi vlaky tak, aby přímé vozy dosáhly svého cíle a cestující nemuseli přestupovat.

Točnick, Dehtín a Červené Poříčí, kde na každé z těchto zastávek činily denní obraty cestujících v řádu pouhých jednotek cestujících).

Existují i případy projíždění vybraných zastávek vlaky kategorie Os tak, aby na jednokolejných tratích nedošlo k neúměrnému prodloužení cestovních dob vlivem nutnosti přeložení křižování, a tím k přechodu části cestujících na jiné druhy dopravy, zejména IAD (např. vybrané vlaky na tratích č. 080 Bakov nad Jizerou – Jedlová nebo č. 180 Plzeň – Domažlice – Furth im Wald, od jízdního řádu 2018/19 např. nově trať č. 086 v úseku Liberec – Česká Lípa).

Zatímco tak v německém měřítku již v minulosti došlo k úplnému zrušení obsluhy vybraných bodů, v českém pojetí dochází spíše k částečnému (ať méně či více významnému) omezení zastavení ve vybraných místech a německá praxe se spíše zatím nevyužívá. Praktickým faktorem je skutečnost, že i úplné omezení málo frekvenčně využitých zastávek může vyvolat nevoli (i přes denní frekvenci limitně blížíci se nule), a pak se stává z problému otázka politická¹³¹⁴. Tím je nutné hledat kompromisy, které z expertního pohledu mohou být nelogické.

Autorovi disertační práce však není známo, že ve spojitosti s projetím (úplným či částečným neobsložením) vybraných míst zastavení by byl tento systém zevrubněji teoreticky zkoumán a byla stanovena jakákoli globální pravidla. Například v Bavorsku existují pravidla minimálního počtu cestujících pro zřízení nových zastávek, ale nejsou zřejmě nijak vázána na problematiku hierarchizace veřejné dopravy. Zjevný je rozdíl i mezi českým a německým přístupem, kdy je jasné, že Německo má zkušenosti již delší, obecně využívá více pravidel při plánování dopravy, a tudíž řešení situace je mírně odlišné (Německo jde cestou spíše úplného zrušení zastavování ve vybraných bodech, zatímco v českých podmínkách jsou omezení spíše částečná). V této oblasti proto existuje potenciál pro možnost výzkumu.

¹³ V souvislosti s vynucováním obsluhy velmi podprůměrně vytížených zastávek se lze setkat s pojmem „zastávkový populismus“. Objevují se názory (a to bohužel i často v odborných kruzích), ať se nachází zastávka kdekoli (prakticky i mimo zdroj frekvence cestujících), měla by být obsluhována. Problematické v tomto ohledu mohou být i přesuny stávajících zastávek, což u části uživatelů vyvolá nevoli, přestože záměrem je získání více cestujících vhodnější volbou polohy zastávky.

¹⁴ Problémem, který si zaslouží pozornost, může být i otázka systémového zastavování. Pokud je toto zastavování dodržováno striktně, např. sezónně nemusí být obslouženy vybrané zastávky, u kterých by dopravní obsluha alespoň minimálním počtem vlaků mohla být zvažena a mohla by být i účelná a odůvodnitelná. Polemizovat lze například nad zastávkou Spálov u rychlíků Praha – Tanvald, kde by zastavení např. 1 až 2 párů rychlíků v letní sezoně mohlo být přínosné a které bylo nově obnoveno až v tomto roce (historicky bylo aplikováno u vybraných spojů již v minulosti). Podobným případem jsou tarifní body Bezděz a Staré Splavy, kde vlaky dálkové dopravy zastavují výhradně v letních měsících za účelem zajištění dopravní obslužnosti oblasti Máchova jezera v letní turistické sezoně. Na druhou stranu nesmí v takovém případě dojít k porušení podmínek integrálního taktového jízdního řádu tak, aby byly dodrženy všechny návaznosti apod.

Z výše uvedeného je možné shrnout, že neexistují jasná pravidla ke zřízení zastávek či opuštění jejich obsluhy, a to zejména v českých podmínkách. Jsou patrné rozdíly v přístupech k problematice v jednotlivých zemích. V Německu pravidla do značné míry stanovena jsou, ale i zde se uplatňuje nejen odborná stránka, ale roli hraje též aktuální politická situace a vliv jednotlivých zájmových skupin. I zde tak nemusí striktně dojít k jejich naplnění, přitom je otázkou, zda je toto v daný okamžik účelné či nikoli. To se netýká pouze zastávek, ale formy zajištění dopravní obslužnosti území obecně. Právě toto může být předmětem dalšího posuzování v disertační práci.

V neposlední řadě ovlivňuje použitelnost veřejné dopravy a tím kooperaci jednotlivých segmentů i dostupnost kvalitní infrastruktury obecně. Například nedostatečně kvalitní infrastrukturu, stejně jako minimalistická infrastrukturní opatření na stávajících dopravních cestách mezi Českou republikou a Německem, zmiňuje článek *Pragmatische Fahrzeitverbesserungen zwischen Bayern und Tschechien* [20], který shrnuje nedostatky železniční infrastruktury mezi městy Praha a Nürnberg, analyzuje možnosti a příležitosti propojení obou států a navrhuje nové trasy vysokorychlostní železnice, která v tomto prostoru chybí. Autory článku jsou profesori Meinus a Lademann působící na německých vysokých školách.

5.3 Vybrané zkušenosti s hospodařením s kapacitou železniční dopravní cesty v zahraničí

Z německy mluvících zemí jsou známy další případy, které mohou pozitivně ovlivňovat hospodaření s kapacitou železniční dopravní cesty.

V Bavorsku se velmi často využívá v blízkosti velkých železničních uzlů (např. Nürnberg, München) spojování souprav vlaků jedoucích z uzlu ve stejných směrech. Tyto soupravy se rozpojují či spojují až zpravidla ve vnějším aglomeračním pásmu jednotlivých oblastí a odsud často již jednotlivé jednotky pokračují do svých cílových stanic nebo sem naopak za účelem spojování příjíždějí. Spojování i rozpojování jednotek probíhá velmi rychle (v řádu jednotek minut), aby byl negativní dopad tohoto technologického úkonu na cestující minimální.

Jedním z typických případů je spojování vlaků v norimberské aglomeraci, které dokazuje obrázek 10 (spojené vlaky vyznačené červenými obdélníčky).

Zug	RE 32 3457	RB34 84657 2.	RE 30 3087	RE 33 5287	RB24 84685 2.	RE 32 3477	RE 30 3409	RE 31 3429	RB24 84679 2.	RB95 20880 2. & 2. &	RE 32 3459	RB34 84663 2.	RE 30 3089	RE 33 5289	RB24 84631 2.	RE 32 3479
von	Weidenberg															
Nürnberg Hbf ←	80	12 05	12 37	12 37		13 05	13 38	13 38			14 05	14 37	14 37			15 05
Hersbruck (r Pegnitz)	o	12 19				13 19					14 19					15 19
Hersbruck (r Pegnitz)		12 19				13 20					14 20					15 20
Neuhaus (Pegnitz)			13 06	13 06		13 42	14 06	14 06			14 42	15 06	15 06			15 42
Pegnitz	80	12 42	13 14	13 14		13 43	14 15	14 15			14 43	15 14	15 14			15 43
Schnabelwaid		12 43				14 23					14 43					15 43
Creußen (Oberfr)						13 52	14 27									15 52
Bayreuth Hbf	850, 862, 867	o	12 57	13 31		14 00	14 42				14 58	15 31				16 00
Bayreuth Hbf			13 00						14 24			15 01	15 32			
Münchberg	81		14 05									16 05				
Hof Hbf	850 81	o	14 22									16 22				
Kirchenlambach	867	o	13 15	13 33			14 34	14 41				15 15	15 33			
Kirchenlambach				13 34		13 41	14 35	14 41					15 34			15 41
Haidenaab-Göppmannsbühl						× 13 44		× 14 45							× 15 44	
Immenreuth						13 48		14 49							15 48	
Neusorg						13 56		14 56							15 55	
Waldershof						× 14 02		× 15 02							× 16 01	
Marktredwitz	544, 855	o		13 53		14 05	14 52	15 05					15 53		16 04	
Marktredwitz				13 59							15 08		15 59			
Arzberg (Oberfr)											15 16					
Schirnding				14 10							15 20		16 10			
Pomezí nad Ohří											× 15 24					
Cheb-Skalka											× 15 29					
Cheb	o			14 22							15 33		16 22			
nach		Weiden			Bad Steben	Lichtenfels			Bad Steben	Hof ü. Tschechien		Weiden			Bad Steben	Lichtenfels
Marktredwitz																16 05
Hof Hbf																16 37

8 nicht an allg. Feiertagen; nicht 24., 31. Dez
8a auch 24. Dez bis 7. Jan, 28. Feb bis 4. Mär, 11. bis 22. Apr, 26. Mai, 6. bis 17. Jun,
1. Aug bis 12. Sep, 3., 31. Okt bis 4. Nov, 16. Nov
8b nicht 24. Dez bis 7. Jan, 28. Feb bis 4. Mär, 11. bis 22. Apr, 26. Mai, 6. bis 17. Jun,
1. Aug bis 12. Sep, 3., 31. Okt bis 4. Nov, 16. Nov
8c Sa, So, auch an allg. Feiertagen; auch 24., 31. Dez
8d Gesamtverkehr siehe 891
8e Gesamtverkehr siehe 850

x Halt auf Verlangen
Bitte informieren Sie rechtzeitig unseren Triebfahrzeugführer,
wenn Sie an diesen Bahnhöfen aussteigen wollen.

Züge verkehren auf dem markierten Streckenabschnitt vereinigt

Zdroj: DB Netz AG, [19]

Obrázek 10: Spojování vlaků v norimberské aglomeraci – relace Nürnberg – Pegnitz – Marktredwitz/Hof/Bayreuth

Z obrázku 10 je patrné, že v příměstském úseku Nürnberg Hbf. – Pegnitz, v němž je potřeba vést ještě řadu vlaků zastávkových pro obsluhu vnitřního aglomeračního pásma (tyto vlaky nejsou z jízdního řádu explicitně patrné, jsou součástí jiné tabulky), jsou vlaky propojující norimberskou aglomeraci se vzdálenějšími oblastmi spojovány do společné trasy. Dělení, resp. spojování probíhá ve stanici Pegnitz, odkud vlaky pokračují nebo kam přijíždějí ve/ze směru Hof a Marktredwitz/Cheb, resp. Bayreuth.

Obdobné technologické postupy se v pravidelném jízdním řádu využívají i v mnichovské aglomeraci, což dokazuje obrázek 11 (spojené vlaky vyznačené červenými obdélníčky).

Z jízdního řádu na obrázku 11 lze vydedukovat, že vlaky relací München – Lenggries a München – Tegernsee jedou v úseku München Hbf. – Schaftlach spojené v jedné soupravě. Jedná se tedy o analogickou situaci jako v úseku Nürnberg Hbf. – Pegnitz.

Dva výše uvedené obrázky dokazují, že se v Bavorsku jedná o záležitost, která se nevyužívá pouze okrajově. Tuto skutečnost by bylo možné dokázat dalšími praktickými ukázkami spojení v jiných relacích s obdobnými technologickými úkony.

		Montag bis Freitag															
Zug		RB57 86917 (S)	RB56 86817 (S)	RB57 86919 (S)	RB56 86819 (S)	RB57 86921 (S)	RB56 86821 (S)	RB57 86923 (S)	RB56 86823 (S)	RB57 86925 (S)	RB56 86825 (S)	RB57 86927 (S)	RB56 86827 (S)	RB57 86929 (S)	RB56 86829 (S)	RB57 86931 (S)	RB56 86831 (S)
von																	
München Hbf		11 40	11 40	12 04	12 04	12 29	12 29	13 04	13 04	14 04	14 04	15 04	15 04	15 26	15 26	16 04	16 04
München Donnersbergerbrücke ←	80	11 43	11 43	12 08	12 08	12 33	12 33	13 08	13 08	14 08	14 08	15 08	15 08	15 29	15 29	16 08	16 08
München Harras		11 47	11 47	12 12	12 12	12 37	12 37	13 12	13 12	14 12	14 12	15 12	15 12	15 33	15 33	16 12	16 12
München Siemenswerke		11 50	11 50	12 15	12 15	12 40	12 40	13 15	13 15	14 15	14 15	15 15	15 15	15 36	15 36	16 15	16 15
München-Sölln	80																
Otterfing																	
Holzkirchen	955, 958 91	12 05	12 05	12 30	12 30	12 55	12 55	13 30	13 30	14 30	14 30	15 30	15 30	15 53	15 53	16 30	16 30
Wamgau		12 06	12 06	12 35	12 35	13 05	13 05	13 35	13 35	14 35	14 35	15 35	15 35	16 02	16 02	16 35	16 35
Schaftlach	957	12 11	12 11	12 40	12 40	13 10	13 10	13 40	13 40	14 40	14 40	15 40	15 40	16 07	16 07	16 40	16 40
Schaftlach		12 16	12 16	12 45	12 45	13 15	13 15	13 45	13 45	14 45	14 45	15 45	15 45	16 12	16 12	16 45	16 45
Reichersbeuern		12 18	12 18	12 48	12 48	13 18	13 18	13 48	13 48	14 48	14 48	15 48	15 48	16 18	16 18	16 48	16 48
Bad Tölz		12 23	12 23	12 53	12 53	13 23	13 23	13 53	13 53	14 53	14 53	15 53	15 53	16 23	16 23	16 53	16 53
Bad Tölz		12 28	12 28	12 58	12 58	13 28	13 28	13 58	13 58	14 58	14 58	15 58	15 58	16 28	16 28	16 58	16 58
Galßach		12 30	12 30	13 00	13 00	13 30	13 30	14 00	14 00	15 00	15 00	16 00	16 00	16 30	16 30	17 00	17 00
Obergries		12 34	12 34	13 04	13 04	13 34	13 34	14 04	14 04	15 04	15 04	16 04	16 04	16 34	16 34	17 04	17 04
Lenggries		12 38	12 38	13 08	13 08	13 38	13 38	14 08	14 08	15 08	15 08	16 08	16 08	16 38	16 38	17 08	17 08
Moostain		12 41	12 41	13 11	13 11	13 41	13 41	14 11	14 11	15 11	15 11	16 11	16 11	16 41	16 41	17 11	17 11
Finsterwald		12 24		12 54		13 24		13 54		14 54		15 54		16 24		16 54	
Gmund (Tegernsee)		12 26		12 56		13 26		13 56		14 56		15 56		16 26		16 56	
Tegernsee		12 32		13 02		13 32		14 02		15 02		16 02		16 32		17 02	
		12 39		13 09		13 39		14 09		15 09		16 09		16 39		17 09	
nach																	

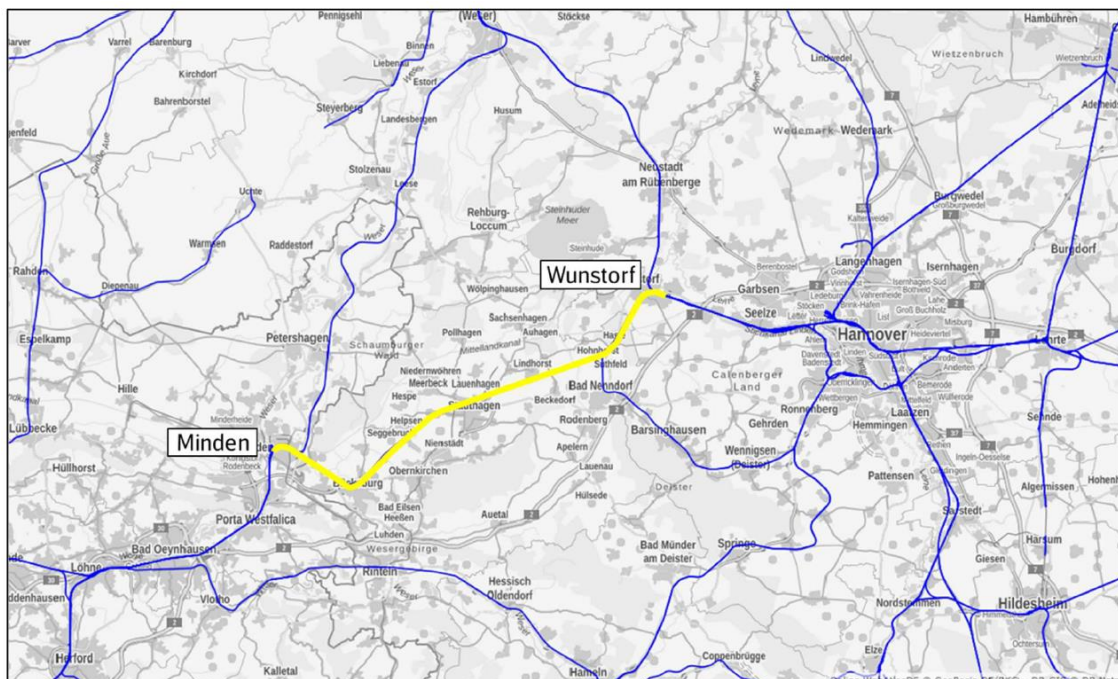
Busverbindung in Tegernsee zur Talstation der Wallbergbahn
 Busverbindung in Lenggries zur Talstation der Brauneckbahn
 Weitere Züge siehe 999.7, 998
 Weitere Züge siehe 999.3, 998

An allgemeinen Feiertagen, auch 15. August, verkehren die Züge wie an Sonntagen. Am 24., 31.12. Verkehr wie an Samstagen.

Zdroj: DB Netz AG, [19]

Obrázek 11: Spojování vlaků v mnichovské aglomeraci; relace München – Schaftlach – Tegernsee/Lenggries

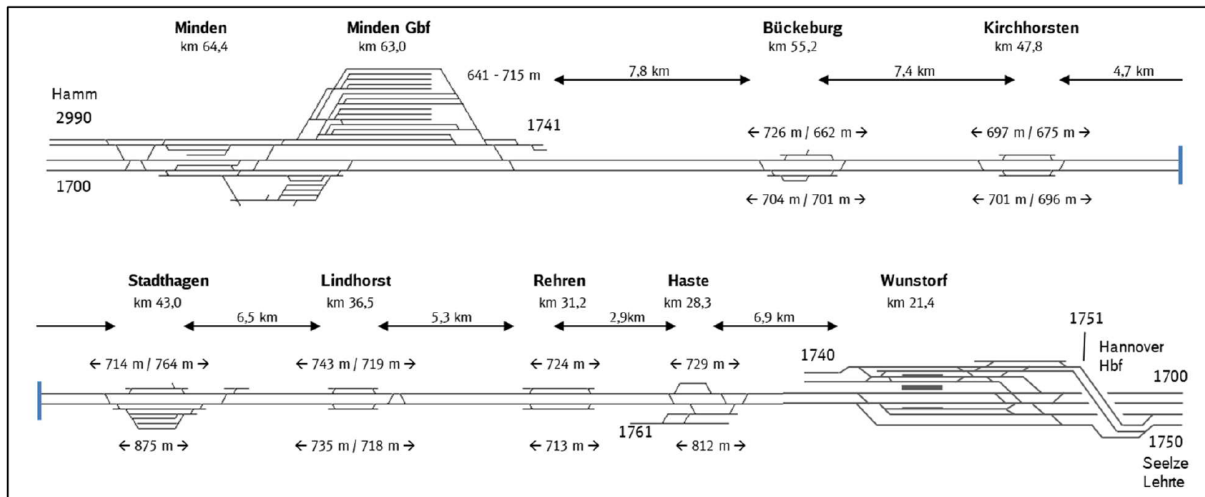
Dalším prvkem je systematické odstraňování úzkých hrdel či kapacitně problematických míst na infrastruktuře. Zde je možné ukázat toto na příkladu přetížené trati Wunstorf – Minden (trať č. 1700) [27]. Tento traťový úsek byl prohlášen za přetížený dne 10. 12. 2012, kapacitní analýza byla dokončena 14. 6. 2013 a zveřejněna v prosinci 2013.



Zdroj: DB Netz AG, [27]

Obrázek 12: Poloha trati Wunstorf – Minden na síti DB

Jedná se o dvoukolejnou elektrizovanou železniční trať s traťovou rychlostí až 200 km/h, která je součástí důležitého nákladního koridoru (West-Ost-Güterverkehrsmagistrale). Trať spojuje Hannover se západem Německa. Předjíždění je umožněno v dopravnách Haste, Rehren, Lindhorst, Stadthagen, Kirchhorsten, Bückebug a Minden Gbf.



Zdroj: DB Netz AG, [27]

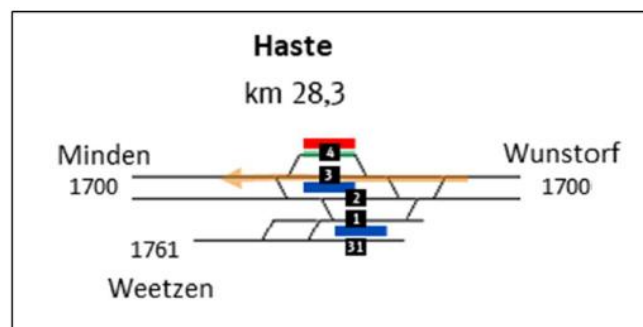
Obrázek 13: Traťové schéma úseku Wunstorf – Minden

Pro řešení situace je navržena série opatření.

Navržená opatření – střednědobá

1) Zřízení nástupiště u koleje č. 4 v žst. Haste

- umožnění předjetí regionální osobní dopravy dálkovou osobní dopravou,
- zkrácení jízdní doby pro dálkovou dopravu o 1,4 minuty,
- zredukováno může být také následné mezidobí regionální dopravy.



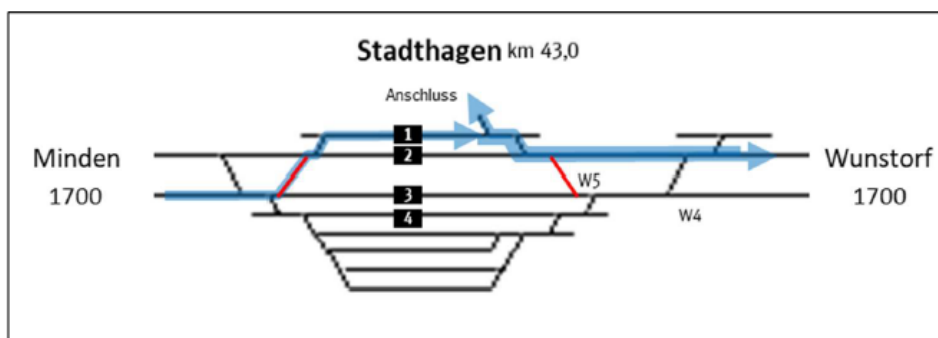
Zdroj: DB Netz AG, [27]

Obrázek 14: Zřízení nástupiště v žst. Haste umožní předjíždění regionální dopravy po průběžné traťové koleji

2) Vložení nových výhybek v žst. Stadthagen

- zlepšení pro nákladní vlaky, které mají start nebo cíl v žst. Stadthagen,

- pokles manipulačních jízd omezujících kapacitu,
- lepší operativnost při mimořádnostech.



Zdroj: DB Netz AG, [27]

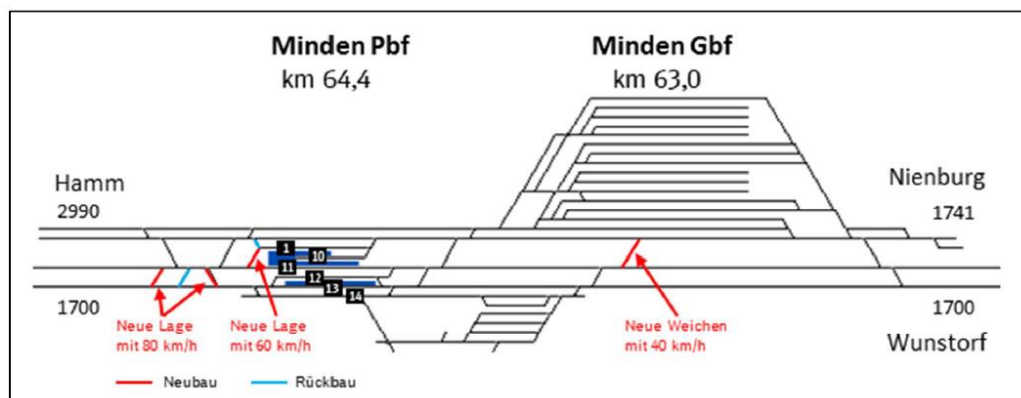
Obrázek 15: Vložení nových výhybek v žst. Stadthagen

3) Navýšení počtu využívání předjízdných kolejí v železničních stanicích v traťovém úseku

- umožnění více předjíždění dlouhých nákladních vlaků (740 m),
- lepší operativnost.

4) Opatření v rámci elektronického stavědla v žst. Minden

- pomocí úpravy kolejiště (vložením nových výhybek a demontáží některých výhybek) dojde ke zvýšení rychlosti ve stanici a lepší operativnosti,
- navýšení počtu vlaků až o šest v časovém období mezi 6. až 22. hodinou.

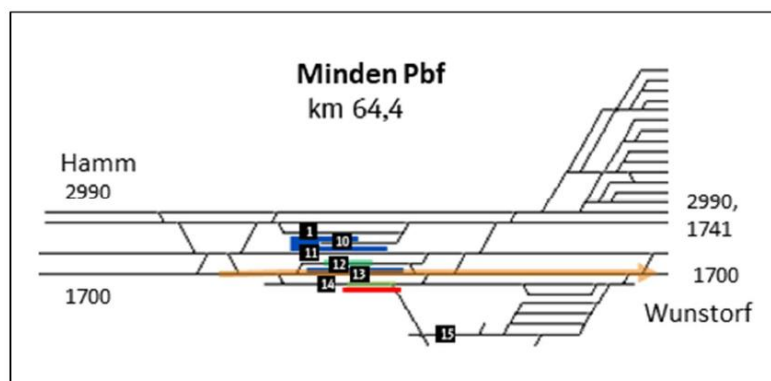


Zdroj: DB Netz AG, [27]

Obrázek 16: Zlepšení kolejového uspořádání v žst. Minden

5) Zřízení nástupiště u koleje č. 14 v žst. Minden

- zlepšení předjíždění,
- umožnění předjetí regionální osobní dopravy dálkovou osobní dopravou,
- zkrácení jízdní doby pro dálkovou dopravu o cca 1 minutu.

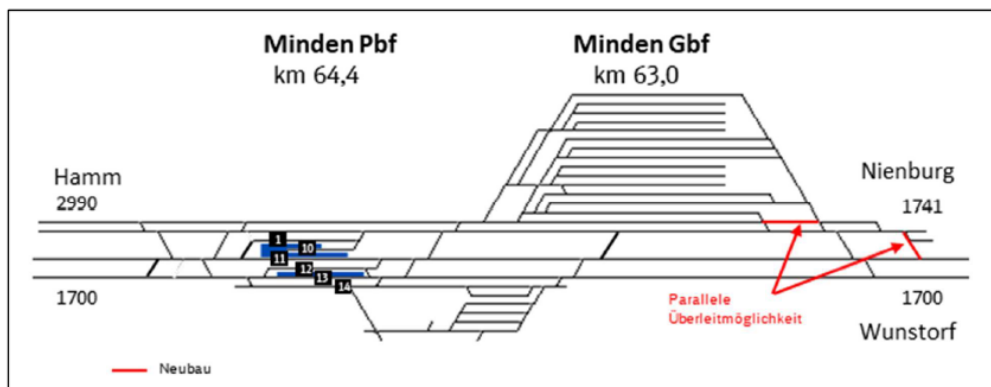


Zdroj: DB Netz AG, [27]

Obrázek 17: Zřízení nástupiště v žst. Minden umožní předjíždění regionální dopravy po průběžné traťové koleji

6) Lepší možnosti propojení tratí č. 1700 a 2990 ve východním zhlaví žst. Minden Gbf

- zřízení nových propojení obou tratí,
- další zlepšení operativnosti v žst. Minden Gbf.



Zdroj: DB Netz AG, [27]

Obrázek 18: Paralelní propojení tratí umožní zvýšení flexibility v uzlu Minden

Navržená opatření – dlouhodobá

1) Modernizace/novostavba trati Hannover – Bielefeld

- novostavba dvoukolejné trati + modernizace současné trati č. 1700,
- cílem je umožnění tzv. Německého-taktu (Deutschland-Takt) a zvýšení počtu vlaků v osobní i nákladní dopravě.

2) Modernizace úseku Hameln – Elze v rámci modernizace Lehrte / Hameln – Braunschweig – Magdeburg – Falkenberg

- díky elektrizaci vznikne jižní objízdna trasa uzlu Hannover a přetíženého úseku Minden – Wunstorf a Lehrte – Braunschweig pro nákladní vlaky jedoucí na trase Porúří – střední Německo.

3) „Kasseler Kurve“

- propojení tratí Altenbeken – Kassel a severo-jihní trati, aby byl umožněn přímý průjezd,
- vytvoření vhodných podmínek této objízdne trasy k trase Wunstorf – Minden.

Navržená opatření – provozní

Alternativní řešení

- alternativní trasa přes Altenbeken a Kassel nebo přes oblast Hannoveru dále na východ,
- trasa Hamm – Altenbeken – Hannover může poskytnout snížit počty vlaků až o 12 za den a směr,
- využití trasy Hamm – Altenbeken – Paderborn – Kassel – Halle (Saale) může potenciálně pojmout až 24 tras denně a ve směru od přetížené železnice Wunstorf – Minden.

Ustanovení ohledně délky nákladních vlaků

Nejkratší užitečná délka předjízdne koleje na trati mezi Wunstorfem a Mindenem je 696 m. Nákladní vlaky, které nepřesahují tuto délku, mohou používat všechny tyto předjízdne koleje. To umožňuje maximální možnou flexibilitu při vytváření plánů a provozní implementaci. V případě konfliktu by při přidělování tras vlaků měly mít přednost ty vlaky nákladní, které nejsou delší než 696 m.

Ustanovení ohledně využívání trati

Alternativní řešení

- pokud nelze bezkonfliktně přidělit trasy vlaků na trati Minden - Wunstorf, která byla prohlášena za přetíženou, pokusí se společnost DB Netz AG najít alternativní trasy pro železniční nákladní dopravu přes jiné tratě:
 - Hamm – Altenbeken – oblast Hannoveru (nebo opačným směrem),
 - Hamm – Altenbeken – Kassel – Halle (Saale) (nebo opačným směrem).

Ustanovení ohledně délky nákladních vlaků

- v zásadě uvedeno výše

Zhodnocení předpokládaného dopadu opatření

Hodnocení je provedeno sedmistupňovou škálou. Hodnoticí škála se pohybuje od „---“ (velmi málo přínosné) přes „o“ (neutrální) až po „+++“ (velmi přínosné).

Finanční náklady jsou hodnoceny v zásadě pouze negativně, přičemž „---“ znamená nejvyšší finanční náklady, případně „o“ znamená náklady nulové.

Tabulka 5: Zhodnocení předpokládaného dopadu infrastrukturních opatření

Infrastrukturní opatření								
Označení	Název opatření	Náklady (mil. €)	Přínos pro dálkovou dopravu	Přínos pro regionální dopravu	Přínos pro nákladní dopravu	Kvalita provozu	Efekt na kapacitu	Účinnost od
I-1	Zřízení nástupiště u koleje č. 4 v žst. Haste	-	++	+	0	+	0	neuveďeno
I-2	Vložení nových výhybek v žst. Stadthagen	-	0	0	+	+	0	neuveďeno
I-3	Navýšení počtu využívání předjízdnych kolejí v železničních stanicích v traťovém úseku	--	+	0	++	++	3-14 tras (6-22 h)	neuveďeno
I-4	Opatření v rámci elektronického stavědla v žst. Minden	--	+	++	+	++	6 tras (6-22 h)	od 2027
I-5	Zřízení nástupiště u koleje č. 14 v žst. Minden	--	++	+	0	+	0	neuveďeno
I-6	Lepší možnosti propojení tratí č. 1700 a 2990 ve východním zhlaví žst. Minden Gbf	--	+	+	+	++	0	neuveďeno
I-7	Modernizace/novostavba tratí Hannover – Bielefeld	---	+++	++	++	+++	+++	neuveďeno
I-8	Modernizace úseku Hammeln - Elze	--	0	0	++	++	++	neuveďeno
I-9	„Kasseler Kurve“	--	0	0	++	++	++	2029

Zdroj: zpracováno dle DB Netz AG, [27]

Tabulka 6: Zhodnocení předpokládaného dopadu provozních opatření

Provozní opatření								
Označení	Název opatření	Náklady (mil. €)	Přínos pro dálkovou dopravu	Přínos pro regionální dopravu	Přínos pro nákladní dopravu	Kvalita provozu	Efekt na kapacitu	Účinnost od
F-1	Alternativní řešení (alternativní trasy pro nákladní dopravu)	0	+	+	0	+	Až 24 tras / den	již účinné
F-2	Ustanovení ohledně délky nákladních vlaků	0	0	0	0	+	+	2022

Zdroj: zpracováno dle DB Netz AG, [27]

Obecně sledovaným přístupem v odborných sférách je přístup švýcarský [9]. Tento přístup jasně cílí na kvalitní nabídku veřejné hromadné dopravy tak, aby byla pro cestující atraktivní. To klade přirozeně náročné požadavky na infrastrukturu. Tento přístup tedy deklaruje to, že do infrastruktury musí plynout tomu odpovídající investice. Pro investice do železniční infrastruktury je zde zřízen speciální fond.

Železniční síť je ve Švýcarsku velmi intenzivně využívána. Na každé trati jede denně ve Švýcarsku v průměru asi 130 osobních vlaků. Při provozním období 20 hodin denně to znamená průměrně každých devět minut jeden vlak. Do tohoto čísla však nejsou vůbec započtené nákladní vlaky. Plánování infrastruktury je tak velmi komplexním problémem, jelikož takováto průměrná hustota vlaků není jinde ve vyspělé Evropě vykazována.

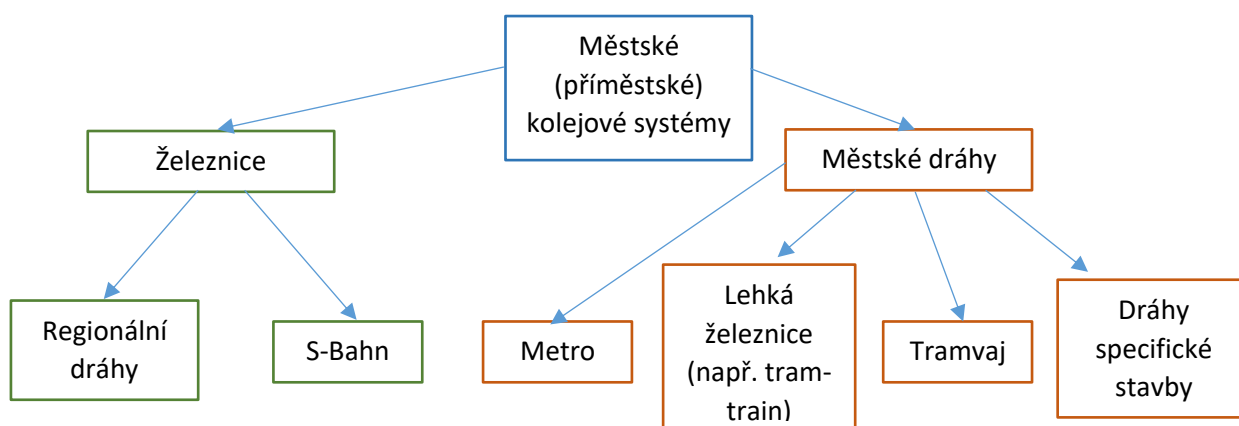
Společnost SBB obecně chce na všech přetížených tratích vytvořit další nabídku kapacity. Investice by měly jít tedy tam, kde je nejvyšší poptávka po přepravě a v budoucnu se bude dále zvyšovat. Tím bude železnice moci využívat svých silných stránek jakožto prostředek veřejné hromadné dopravy. Investice by

měly plynout do systému mobility, a to především do přetížených uzlů systému (Olten, Bern) [21].

5.4 Využití lehkých kolejových systémů jako kooperativního prvku veřejné hromadné dopravy

Speciálním případem hierarchizace dopravní obslužnosti jsou například lehké kolejové systémy nebo smíšené systémy, kdy se slučuje více druhů dopravy dohromady. Zajímavý náhled do této problematiky nabízí například odborná publikace „Stadtbahnsysteme“, kterou v roce 2014 vydal Spolek německých dopravních společností (VDV – Verband Deutscher Verkehrsunternehmen) za podpory Spolkového ministerstva pro dopravu a telekomunikace (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur). Tato publikace nabízí rozsáhlý pohled na zejména kolejové systémy městské a příměstské dopravy v celém Německu včetně legislativního pojetí a financování [39].

Česká republika se tak na rozdíl od Německa odlišuje zejména absencí systému S-Bahn a lehkých kolejových systémů. Zatímco v případě S-Bahnu (specifický typ městské nebo příměstské železnice s kapacitními soupravami a spoji provozovaných v krátkých intervalech za účelem obsluhy aglomeračních oblastí) je případná absence systému v českém prostoru k diskusi (přece jen linky „S“ provozované kolem Prahy a Ostravy či linky „U“ v Ústeckém kraji myšlenku S-Bahnu přebírají, byť jsou ne zcela často provozovány v tak krátkých intervalech jako linky S-Bahnu), lehké kolejové systémy (např. tram-train) v českém prostředí prakticky neznáme. Jedná se přitom o typ železniční sítě, která by výrazně mohla pomoci zlepšení dopravní obslužnosti v hustě osídlených oblastech.



Zdroj: zpracováno dle [39], strana 30

Obrázek 19: Dělení městských a příměstských kolejových systému dle německé legislativy

V německých a evropských velkoměstech existují většinou vedle sebe dva plně vybudované a technicky vyvinuté kolejové systémy – obvykle městská kolejová doprava, zahrnující další subsystémy, a konvenční železnice. Jejich parametry sítě a vozidel, energetická koncepce systému a provoz jsou často založeny na

odlišných technologiích. Proto bývají tyto sítě separované a obvykle dochází k jejich vzájemnému propojení pro cestující na poměrně málo místech. Při přestupu mezi systémy musí cestující často překonávat vertikální i horizontální vzdálenosti, což není samozřejmě komfortní. Výsledkem tohoto uspořádání je i skutečnost, že cestující nemohou cestovat v důležitých relacích bez přestupu. Prodloužení cestovní doby je i proto výsledkem nutnosti přestupu. To má negativní dopad na atraktivitu a kvalitu systému, především ve srovnání s individuální automobilovou dopravou.

Výše jmenované nevýhody se dají odstranit nebo omezit, pokud vozidla různých provozovatelů mohou přecházet mezi jednotlivými sítěmi různých dopravních systémů. Tím není přestup nutný a cestujícím je zajištěno přímé spojení. V kombinaci s možností užití integrovaného jízdného mají tyto systémy vysoký přínos ve veřejné dopravě. Z hlediska provozu se vozidla uvnitř města pohybují na síti městské rychlodráhy nebo tramvaje a v regionu na síti konvenční železnice. Podle jednotlivých koncepcí návrhů tak vznikají dva druhy systémů:

- systém městské dráhy podobný systému S-Bahn (tram-train),
- systém S-Bahnu podobný městské dráze (train-tram).



Zdroj: vlastní

Obrázek 20: Vlakovtravaj projíždějící Ruppurrer Straße v Karlsruhe

Tabulka 7: Klasifikační tabulka systémů lehkých kolejových systémů

		Podobné tramvaji ←		→ Podobné metru	
		Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4
Klasifikace města a dopravních požadavků	Velikost města	malé město	střední město	velké město	metropole
	Počet obyvatel ve spádové oblasti [mil]	0,2-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-5,0
	Hustota osídlení na dopravním tahu [obyv/km ²]	2 000	3 000	5 000	8 000
	Poptávka po přepravě veřejnou dopravou na 15 km dlouhém tahu [osob/pracovní den]	30 000	60 000	100 000	>160 000
	Dodatečná poptávka z přípojů [osob/pracovní den]	5 000	15 000	25 000	>40 000
Kritérium pro volbu dopravního prostředku	Minimální přepravní výkon v pracovní den [oskm/km trasy]	2 000	5 000	10 000	>15 000
Trasa	Trasování	povrchově, 20 % sdílený prostor	5 % tunel/estakáda, 10 % sdílený prostor	20 % tunel/estakáda	>50 % tunel/estakáda
		80 % vlastní těleso	85 % vlastní těleso	80 % vlastní těleso	< 50 % vlastní těleso
Zastávky	Průměrný rozestup [m]	500	600	750	1000
	Délka nástupiště [m]	40	60	90	100
Vozidla	Vozidla - stanoviště	stanoviště na jednom konci	vratná souprava	vratná souprava	vratná souprava
	Šířka vozidla [m]	< 2,4	2,40/2,60	2,6	2,6
	Kapacita 6-osového vozidla [počet cestujících]	160	200-230	260	300
Provoz	Počet vozidel na vlak	2	2	3	4
	Minimální možný interval [s]	90	90	90	90
	Maximální kapacita [míst/h a směr]	13 000	18 000	31 000	48 000
	Zabezpečovací zařízení	žádné, jízda na dohled	úseky se zabezpeč. zařízení	převážně se zabezpeč. zařízení	zcela se zabezpeč. zařízení
	Ovlivnění světelných signalizačních zařízení	převažující	zcela	preferenční systém	integrováno v zabezpeč. zařízení
	Průměrná cestovní rychlost [km/h]	20	25	30	40

Zdroj: zpracováno dle [39], tab. 1/3, str. 34

V Německu jsou lehké kolejové systémy různých kategorií provozovány v současnosti v osmnácti městech. Zvláštní formou je smíšený provoz s klasickou železnicí s využitím dvousystémových vozidel za účelem provozu v režimu městské rychlodráhy v oblasti města a na elektrizovaných tratích na železniční síti v okolí. Pro všechny kategorie je jeden aspekt společný: v jednotlivých

městech zřetelně zlepšily nabídku veřejné hromadné dopravy a obyvatelé skutečně lehkých kolejových systémů významně využívají – počty přepravených cestujících veřejnou dopravou se mnohokrát znásobily. Tím, že navíc vozidla systémů přecházejí plynule mezi infrastrukturou pro regionální a městskou dopravu a do regionu zajižďejí do širší vzdálenosti, je to předpokladem pro hospodárné využívání kapacity železniční dopravní cesty.

Úspěšný systém tram-train, který přispívá obecně ke kooperaci jednotlivých druhů veřejné dopravy a dokonce propojuje technicky městský a regionální systém dopravy (jak vozidla, tak infrastrukturou a provozem na ní), se nachází ve městě Karlsruhe a jeho okolí.

Již v roce 1992 byl zaveden dvousystémový provoz mezi městy Karlsruhe a Bretten na tzv. Kraichgaušské dráze („die Kreichgaubahn“). Trati bývalé regionální železnice zpravidla vedly z hlavního nádraží bez zastávky oklikou kolem města Karlsruhe. Naopak trati městské rychlodráhy byly více zaintegrovány do vnitroměstského prostoru a nově začínaly na albtalském nádraží („Albtalbahnhof“), a to s dodatečnými zastaveními ve vnitřní části města Karlsruhe a dále přímo ve směru do města Bretten. I přes dodatečná zastavení se zkrátila cestovní doba mezi těmito sídly o 15 minut. Přímost trasy nebyla jediným faktorem vedoucím ke zkrácení cestovních dob, ale úpravy byly provedeny jak na vozidlech, tak infrastruktuře – například nižší hmotnost vozidel městské rychlodráhy, větší hodnoty zrychlení a brzděného zpomalení, rychle se otevírající a zavírající automaticky ovládané dveře, zkrácení pobytu vozidel v zastávkách atd.

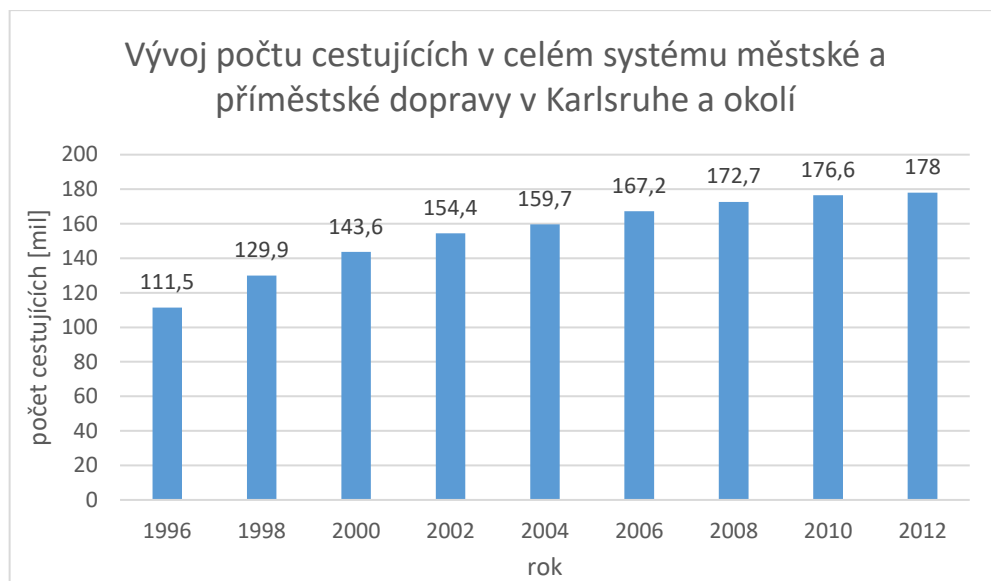
Od svého zavedení se systém v Karlsruhe kontinuálně rozvíjí, přičemž neustálé prodlužování sítě shrnuje následující tabulka 8.

Tabulka 8: Vývoj délky sítě s dvousystémovým provozem v Karlsruhe a okolí

Rok	Délka sítě [km]	Z toho síť DB [km]
1992	140	0
1996	276	92
2004	304	154
2006	380	146
2010	452	178

Zdroj: zpracováno dle [39], tab. 9/6, str. 570

Oblibu tohoto modelu veřejné dopravy s patrnou dominancí kolejové dopravy jasně dokazují počty přepravených cestujících v celém dopravním městském a příměstském systému v Karlsruhe a okolí, přičemž po neustálém meziročním růstu počtu cestujících byl v roce 2012 dosažen rekord 178 mil. cestujících, na kterém má samozřejmě systém smíšeného provozu hmatatelný podíl (data po roce 2012 nemá autor této práce k dispozici).



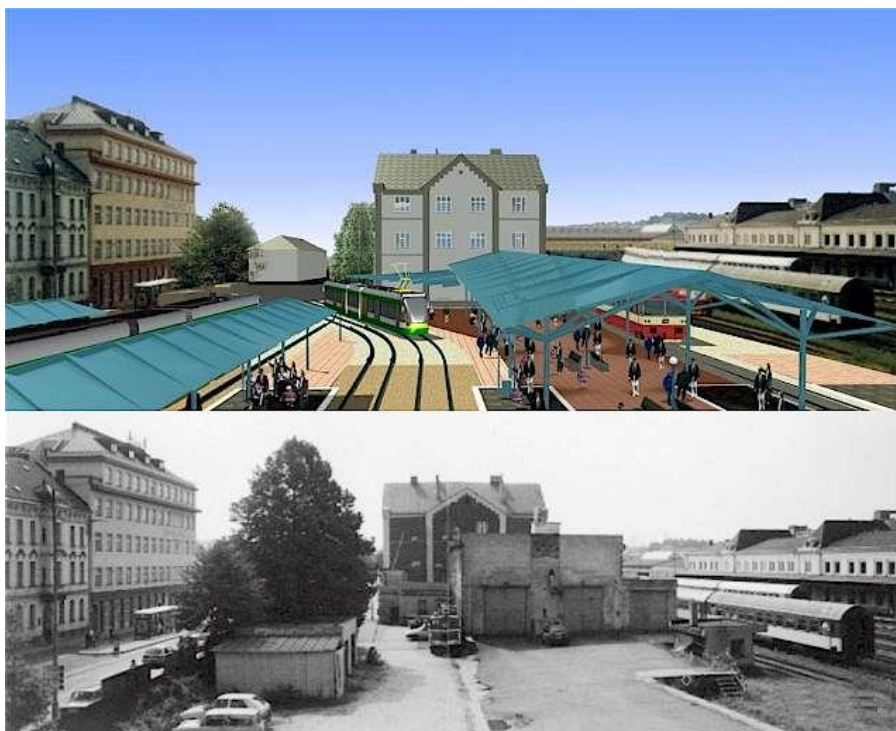
Zdroj: zpracováno dle [39], obr. 9/20, str. 573

Obrázek 21: Vývoj počtu cestujících v celém systému městské a příměstské dopravy v Karlsruhe a okolí

V českých podmínkách lze zatím najít pouze úvahy o zavedení smíšeného lehkého kolejového systému, které však nikdy nebyly realizovány. Dle publikace *Městská a příměstská kolejová doprava* (Kubát a kol. [17]) lze zmínit tyto příklady:

- **Regiotram Nisa**

Jedná se o projekt zkvalitňující dopravní obslužnost v oblasti pod Jizerskými horami, kde se nachází v Libereckém kraji dvě významná a vzájemně propojená spádová centra – krajské město Liberec a město Jablonec nad Nisou, která dále navazují na hustě osídlené údolí v oblasti Tanvaldska. Obě zmíněná města již nyní propojuje tramvajová trať historicky o rozchodu 1000 mm, z níž se však po redukcích v minulosti zachovalo neuvážené, byť do značné míry fungující, torzo. Zejména jablonecký systém s vybíhajícími tratě do regionu byl prakticky zlikvidován. První studie obsahující úvahu myšlenky obsluhy značné části Libereckého kraje systémem tram-train se objevují v roce 2003. Zahrnují oblast od lužického města Zittau a Frýdlantu až po Harrachov a Železný Brod. Z mnoha důvodů, mj. jiné s ohledem na finanční náročnost a nedostatečnou politickou podporu, byl však projekt pozastaven a probíhají pouze dílčí úpravy, i když nikoli ve věci vzájemného propojení tramvajového a železničního systému, nýbrž pouze ve zkvalitňování jednotlivých systémů a vazeb mezi nimi.



Zdroj: <http://www.arch.cz/alej/?1300330004430024720011700> (cit. 8/2018)

Obrázek 22: Vizualizace proměny libereckého přednádraží v případě realizace systému Regiotram Nisa

- **Tram-train spojení Ostrava – Hlučín**
 Hlučínsku v současnosti prakticky dnes chybí kapacitní napojení na blízké krajské město Ostravu. Přitom tramvajová doprava mezi Ostravou a Hlučínem byla provozována od roku 1950, kdy do tramvajové sítě byla začleněna původní železniční trať Petřkovice – Hlučín. Trať byla jednokolejná a sloužila až do roku 1982, kdy pod záminkou přestavby na trolejbusovou dráhu byla zrušena. K výstavbě trolejbusové dráhy však nikdy nedošlo a tramvajová trať byla nahrazena silnicí I/56. Paradoxní je, že zbylý úsek železniční tratě Opava – Hlučín slouží osobní dopravě dodnes, avšak spojení veřejnou hromadnou dopravou do Ostravy s ohledem na velikost města Hlučín by bylo vhodné realizovat lépe. V letech 2003–2004 tak byly zpracovány projektové studie na systém tram-train, kdy byly zpracovány různé etapy výstavby tak, aby následně byla elektrizována i stávající trať Opava – Hlučín, a vlakotramvaje tak mohly být provozovány z centra Ostravy přes Hlučín až do Opavy. V rámci Ostravska bylo uvažováno tram-train spojení např. i v relaci Ostrava – Orlová, kde by zavedení smíšeného systému pomohlo podobně významně jako v případě Hlučina.

Kromě toho je autorovi studie známé, že se objevují myšlenky na zavedení dvousystémového provozu např. v aglomerační oblasti Prahy (například do oblasti Rudné u Prahy, Brandýsa nad Labem či Jesenice nebo obce Zdiby). Je patrné, že opět neexistuje zcela jednotný rozhodovací nástroj, kdy takové

systemy zřizovat, přičemž se opět jedná o možné téma výzkumu v rámci uvažované disertační práce. Minimálně v českém prostředí nejsou jednoznačné odborné názory, zda výše uvedené projekty realizovat či nikoli.

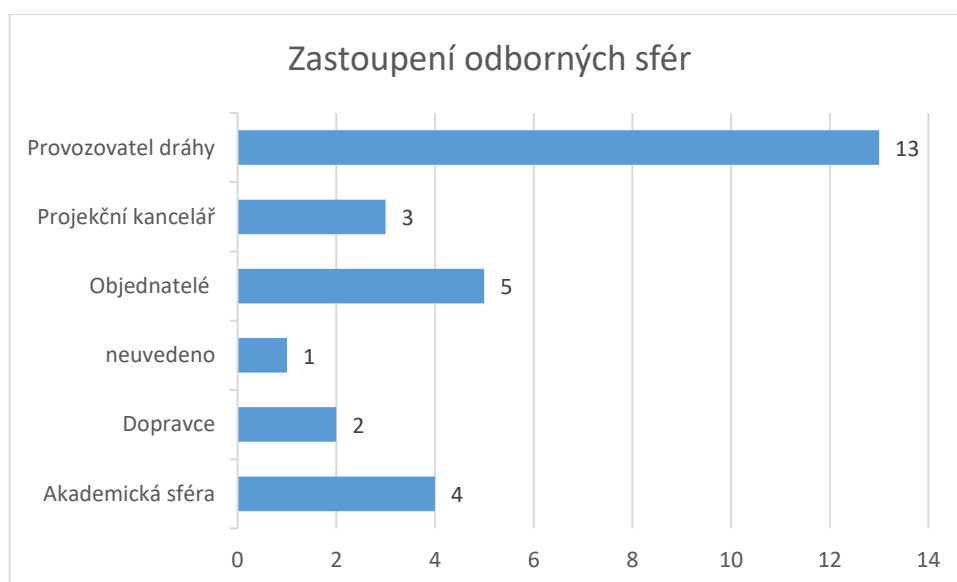
System tram-train se na jednu stranu jeví jako velmi lákavý, na druhou stranu je nutné řešit i problémy, které jeho zavedení přináší:

- rozdíly trakčních napájení jednotlivých systémů,
- rozdílné průjezdné průřezy,
- řešení nástupišť,
- spolehlivost provozu s ohledem na pohyb vozidla v městské tramvajové síti, ale i opačně (včasný příjezd vozidla do městské sítě např. z jednokolejné železniční trati s omezenými možnostmi křížování),
- souběh provozu klasických drážních vozidel a vozidel systému tram-train,
- kompatibilita zabezpečovacího a sdělovacího zařízení pro všechny tratě, na kterých se vozidla pohybují,
- vztah kolo – kolejnice,
- požadavky na vozidla (např. dostatečná kapacita, šířkové a délkové rozměry, min. rychlost 100 km/h, výbava pro jízdu ve městě i na železnici, kvalitní dynamika, výška podlahy aj.).

6 Expertní dotazník týkající se problematiky hospodárného využívání kapacity železniční dopravní cesty

Za účelem zjištění odborného názoru na přiděl kapacity dopravní cesty zejména v případě přetížené infrastruktury byl sestaven a distribuován v roce 2021 rozsáhlý expertní dotazník na toto téma, jehož hlavním tvůrcem byl autor této disertační práce, který následně dotazník i vyhodnotil. Na tomto místě disertační práce je výťah nejdůležitějších skutečností z dotazníku, jeho komplexní vyhodnocení je přílohou č. 1 této práce [34].

Dotazníkové šetření probíhalo na platformě Google formuláře. Celkem se jedná o soubor 28 dotazovaných expertů, přičemž jejich příslušnost k odborným organizacím shrnuje graf níže na obrázku 23.



Zdroj: vlastní

Obrázek 23: Zastoupení odborníků dle sfér jejich působnosti, kteří poskytli odpovědi v rámci expertního dotazníku

Zcela jednoznačně převažují zaměstnanci provozovatele dráhy s 13 dotazovanými (zde plně všichni z různých odborů Správy železnic). Následuje skupina objednatelů či jim příbuzných profesí s 5 respondenty (konkrétně POVED, JIKORD, Ústecký kraj či IPR Praha). Dále dotazník vyplnili 4 zástupci akademické sféry (ČVUT v Praze, Univerzita Pardubice) a 3 zaměstnanci projekčních kanceláří (SUDOP Praha, Metroprojekt Praha). Nejmenší zájem o reakci na dotazník projevili zástupci dopravců (ČD, GW Train Regio) v počtu dvou respondentů. Jeden dotazovaný si pak nepřál uvést původ svého pracoviště.

V rámci problematiky kapacity železniční dopravní cesty bylo respondentům položeno celkem 12 rozhodovacích otázek, a to:

1. *Domníváte se, že řešení kapacity železniční dopravní cesty, problematiky jejího zatížení a metodiky jejího přidělu je aktuálním problémem, jehož řešením je vhodné se zabývat a věnovat mu zvláštní pozornost?*
2. *Domníváte se, že v případě přidělování kapacity dráhy by měly mít přednost osobní vlaky v závazku veřejné služby nad komerčními spoji?*
3. *Domníváte se, že v případě přidělování kapacity dráhy by měly mít přednost dálkové/expresní mezinárodní vlaky před vnitrostátními vlaky?*
4. *Domníváte se, že v případě přidělování kapacity dráhy by měly mít přednost dálkové/expresní vlaky před regionálními vlaky?*
5. *Domníváte se, že v případě konstrukce tras by měla mít přednost osobní doprava před dopravou nákladní?*
6. *Domníváte se, že v případě přidělování kapacity dráhy by se měla zohledňovat obsazenost cestujícími jednotlivých linek osobní železniční dopravy, příp. jednotlivých spojů osobní dopravy (zejména v případě požadavků převyšujících kapacitu dráhy)?*
7. *Domníváte se, že v případě přidělování kapacity železniční dopravní cesty by se měly zohledňovat technické parametry vozidel v průniku s parametry infrastruktury, tj. možnosti využití parametrů infrastruktury (např. rychlostní profily a jejich hladiny) nasazenými vozidly na dané výkony (zejména v případě požadavků převyšujících kapacitu dráhy)?*
8. *Domníváte se, že přidělcce kapacity dráhy v případě požadavků převyšujících její kapacitu, by měl mít možnost nebo povinnost před odmítnutím vybraných požadavků navrhnout řešení na jejich uspokojení (např. projetím vybraných zastávek u vybraných vlaků zajistit rovnoběžnost tras, čímž lze lépe využít kapacitu dráhy, spojení vybraných vlaků v kritickém úseku, navrhnout nasazení jiných vozidel na vybrané linky apod.)?*
9. *Domníváte, že v případě přidělování kapacity železniční dopravní cesty na trati pro provoz v elektrické trakci by měla být bonifikována vozidla, která tuto trakci skutečně využijí, nebo by měla být bonifikována vozidla s moderními trakčními pohony (BEMU, HEMU/HMU apod.)?*
10. *Domníváte se, že při přidělování kapacity železniční dopravní cesty by měla být bonifikována vozidla vybavená moderními zabezpečovacími systémy (typicky ETCS a GSM-R)?*
11. *Domníváte se, že stát či EU by měly pozitivně motivovat dopravce a objednatele veřejných služeb v přepravě cestujících (např. dotačními programy) k obnově vozového parku či zlepšování jeho kvality ve prospěch lepšího a smysluplnějšího využití kapacity železniční dopravní cesty?*
12. *Regionální a dálková doprava se v případě přidělu kapacity na jedné trati ovlivňují. Uměle může proto dojít za účelem konstrukce jízdního řádu ke zpomalení tras dálkové dopravy. Jaké je podle Vás případné únosné zpomalení vlaků dálkové dopravy vlivem konstrukce tras regionální dopravy?*

Cílem expertního dotazníku bylo identifikovat oblasti a parametry, které dle názoru expertů by měly být klíčové při přidělování kapacity železniční dopravní cesty, a to zejména v případech, v nichž je nutné klást důraz na její hospodárné využití. To je zejména v případech, kdy kapacita železniční dopravní cesty není schopna uspokojit veškeré požadavky od dopravců, které jsou na ní kladeny.

Tato kapitola stručně shrnuje výsledky expertního šetření¹⁵, pro vybrané otázky, kde se názory respondentů byly zajímavé, jsou zde poskytnuty i grafické výstupy. U otázek, kde došlo naopak ke značné shodě nebo se již částečně odchylojí od hlavního směru disertační práce, je uveden kratší komentář (není cílem autora disertační práce v ní uvádět až příliš detailní výsledky expertního průzkumu, ale spíše jejich souhrn).

6.1 Otázka 1: Domníváte se, že řešení kapacity železniční dopravní cesty, problematiky jejího zatížení a metodiky jejího přidělu je aktuálním problémem, jehož řešením je vhodné se zabývat a věnovat mu zvláštní pozornost?

Experti se v drtivé většině shodují, že řešit tuto problematiku je velmi aktuální.

Respondenti dále obecně poukazují na následující problémy:

- teoretické vs. praktické kapacity,
- zabývat se kvalitou přidělených tras,
- propustností úzkých hrdel,
- odpovědného přidělu tras (viz např. názor, že kapacita dopravní cesty je ve skutečnosti vzácný statek, se kterým musíme odpovědně nakládat).

6.2 Otázka 2: Domníváte se, že v případě přidělování kapacity dráhy by měly mít přednost osobní vlaky v závazku veřejné služby nad komerčními spoji?

Respondenti se poměrně značně shodují, že vlaky vedené v závazku veřejné služby by měly mít přednost nad komerčními produkty, nicméně jsou možné určité situace, které je nutné posuzovat pečlivě:

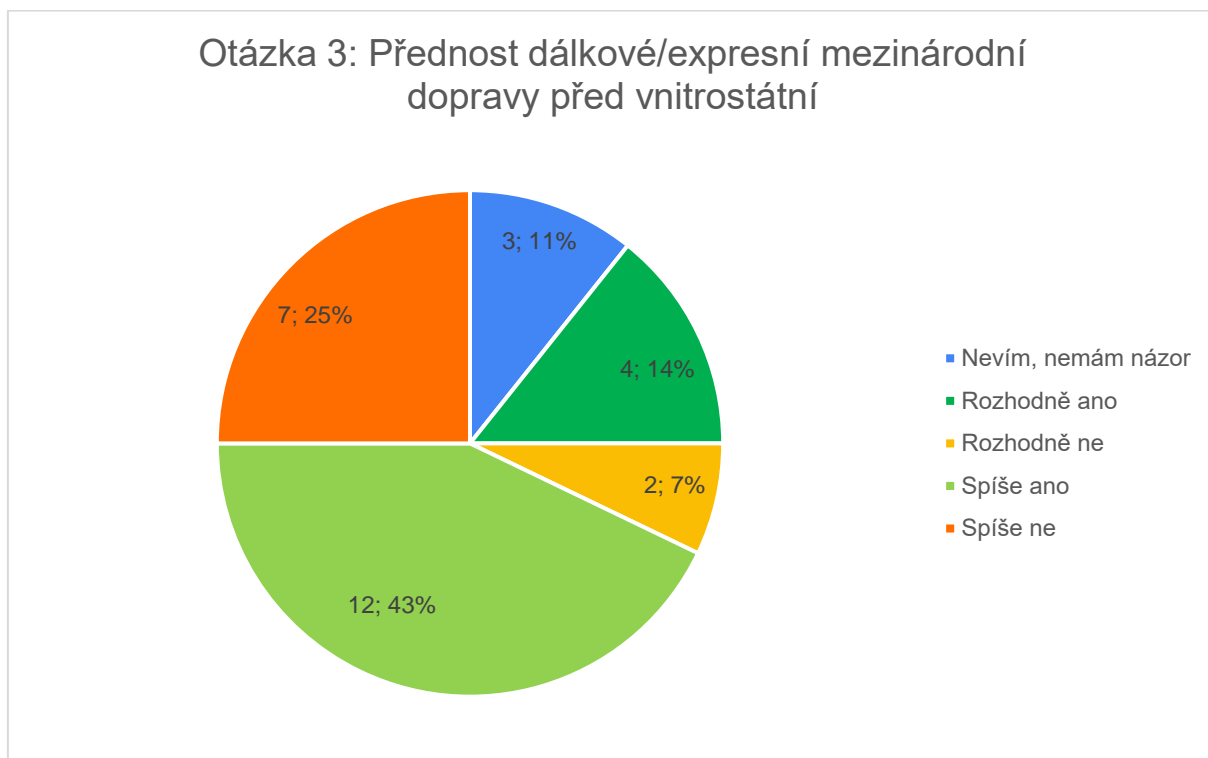
- v případě koncesního modelu či vedení komerčních produktů ve smysluplných a pravidelných trasách může být komerční produkt zásadní kostrou systému v dané oblasti, a tudíž by se k němu mělo přistupovat rovnocenněji,
- klíčové je přidělování tras a navrhování linek s dopravním cítem, tj. regionální či komerční doprava by neměly mít nadměrné požadavky na přiděl kapacity tak, aby ideálně oběma segmentům bylo možné nabídnout trasy.

Často je nutné hledat individuální řešení, spoje vedené v závazku veřejné služby však zpravidla vykazují větší stabilitu a předvídatelnost s ohledem na požadavky na jejich vedení v delších časových horizontech. I proto se zřejmě odborníci přiklonili k názoru, že klíčové je primárně podpořit závazkové služby.

¹⁵ Podrobnější výsledky expertního šetření jsou k dispozici na webu <http://vlaky-sgs.fd.cvut.cz/index.php?file=vystupy2020-21&action=show> a jsou také přílohou č. 1 této disertační práce. Zde je cílem představit zkrácený výtah výsledků. Dotazník byl částečně zaměřen i na problematiku přípravy staveb železničních tratí, v tomto výtahu jsou zmíněny výhradně otázky, které souvisejí přímo s tématem této disertační práce.

6.3 Otázka 3: Domníváte se, že v případě přidělování kapacity dráhy by měly mít přednost dálkové/expresní mezinárodní vlaky před vnitrostátními vlaky?

V případě třetí otázky je názor odborníků již různorodější, a proto je reprezentován grafickým výstupem.



Zdroj: vlastní

Obrázek 24: Odpověď na otázku týkající se přednosti dálkové/expresní mezinárodní dopravy před vnitrostátní

Je jasné, že zde tak sourodý názor jako v prvních dvou otázkách u expertů již není, přestože legislativně jsou mezinárodní trasy významně podpořeny. Z díky zákona je toto celkem pochopitelné, jelikož mezinárodní trasa podléhá přirozeně koordinaci vícero subjektů (na to poukazují i vybraní experti v dotazníkovém šetření), na druhou stranu respondenti dotazníkového šetření, ač se spíše shodují na tom, že kritérium mezinárodnosti by mělo být ctěno, upozorňují:

- mezinárodní vlaky více trpí na nepravidelnosti provozu,
- mezinárodní vlaky ve skutečnosti plní i vnitrostátní obsluhu; je otázka, zda kritérium mezinárodnosti v tomto kontextu je vlastně užitečné,
- rozhodující by spíše mohla být přepravní poptávka v jednotlivých segmentech nebo kapacita vlaků či záměry objednatelů a jejich průniky.

6.4 Otázka 4: Domníváte se, že v případě přidělování kapacity dráhy by měly mít přednost dálkové/expresní vlaky před regionálními vlaky?

U otázky dochází opětovně ke zvýšení heterogenity odpovědi oslovených expertů, kteří se v tomto případě domnívají, že dálková/expresní mezinárodní doprava by spíše měla mít přednost před vnitrostátní. Nadto odborníci v komentářích k otázce volně reagují:

- je vhodné segregovat infrastrukturu pro dálkovou a regionální dopravu,
- paušálně převládá názor „spíše ano“, nicméně s řešením konkrétních situací, například přípojových vazeb, příjezdů a odjezdů do uzlů apod.,
- otázkou zůstává organizace dopravy při zpoždění,
- otázkou je též přiměřenost a přepravní síla jednotlivých segmentů, která by se měla promítat i do konstrukce jednotlivých tras,
- objevil se i názor, že na rozdíl od dálkové dopravy je možné regionální zajistit i autobusy.

6.5 Otázka 5: Domníváte se, že v případě konstrukce tras by měla mít přednost osobní doprava před dopravou nákladní?

Tato otázka má sice souvislost s disertační prací nepřímou, jelikož se nezabývá vzájemnou koordinací osobní a nákladní dopravy, avšak jelikož infrastruktura na železnici je pro oba druhy dopravy v zásadě společná, byla respondentům položena i tato otázka. V tomto případě převládá názor, že osobní doprava by spíše měla být preferována před nákladní dopravou.

V komentářích expertů je poukazováno na následující skutečnosti:

- vhodnost segregace infrastruktury pro osobní a nákladní dopravu a nutnost zkapacitnění úseků, kde nelze pojmout všechny tyto požadavky,
- vhodnost přednosti osobní dopravy v případech, kdy zajišťuje zejména dopravu do škol a zaměstnání, tj. zejm. v období přepravních špiček,
- preference nákladní dopravy na daném úseku, kdy v tomto případě má jednoznačně větší celospolečenský přínos než doprava osobní na takovém úseku železniční sítě.

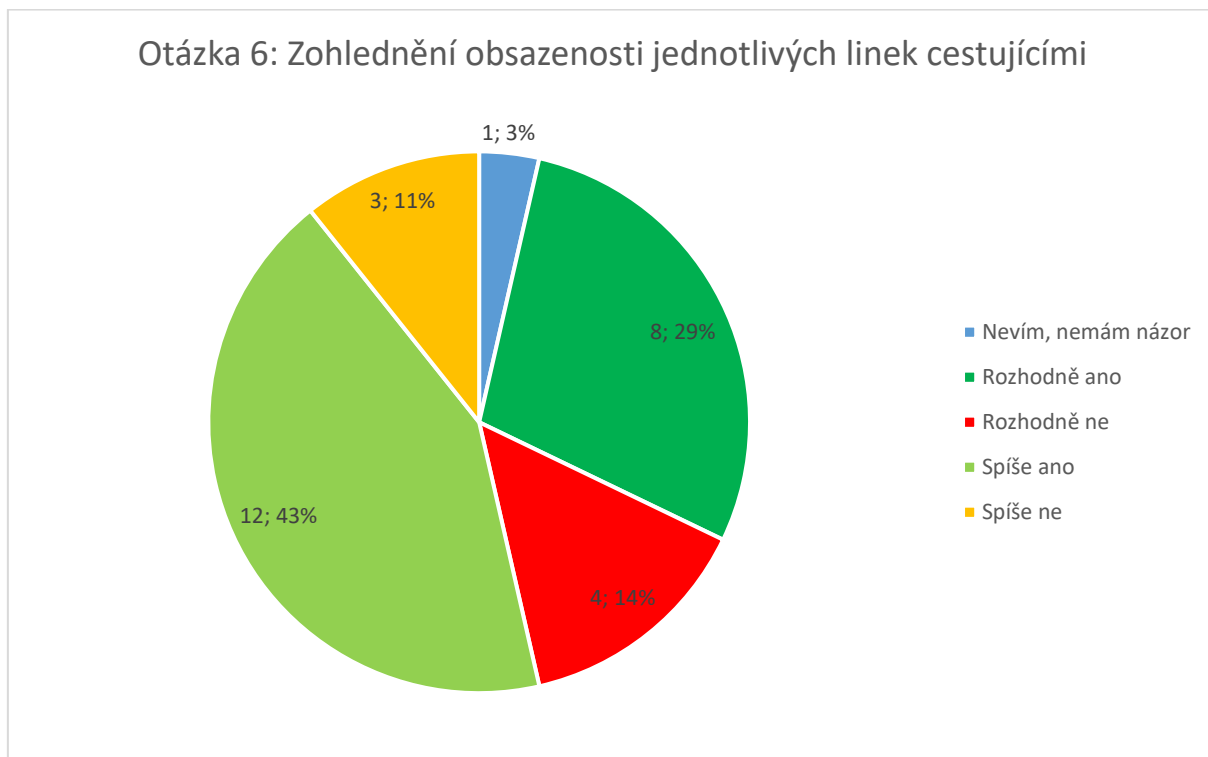
Z výsledků otázky plyne, že ač respondenti upřednostňují pro přidělování kapacity dráhy v první fázi spíše dopravu osobní, příležitosti by měly být nastaveny tak, že i nákladní doprava by měla mít možnost infrastrukturu přiměřeně využívat.

6.6 Otázka 6: Domníváte se, že v případě přidělování kapacity dráhy by se měla zohledňovat obsazenost cestujícími jednotlivých linek osobní železniční dopravy, příp. jednotlivých spojů osobní dopravy (zejména v případě požadavků převyšujících kapacitu dráhy)?

Otázka 6 se zabývá jednoznačně tématem, které nereflektuje žádný z nalezených legislativních materiálů či předpisů. Týká se otázky vytížení jednotlivých linek železniční osobní dopravy cestujícími, a to zejména v případě

přidělování kapacity, kdy dojde k přetížení infrastruktury. Protože se jedná o poměrně složitou problematiku, graf na další straně poskytuje strukturu odpovědí všech respondentů na tuto otázku.

I přesto, že čtyři respondenti z 28 se k tomu razantně nepřiklánějí a další tři též se k tomuto kroku staví spíše nesouhlasně, v celkovém měřítku lze vnímat, že tento aspekt by měl být spíše zohledňován. Ostatně 20 z 28 expertů (více než 70 % dotázaných odborníků) uvedlo, že je žádoucí se tímto nastavením zabývat a věnovat mu patřičnou pozornost.



Zdroj: vlastní

Obrázek 25: Odpověď na otázku týkající se zohlednění obsazenosti jednotlivých linek cestujícími

V otevřených reakcích odborníků je dále odkazováno na následující skutečnosti:

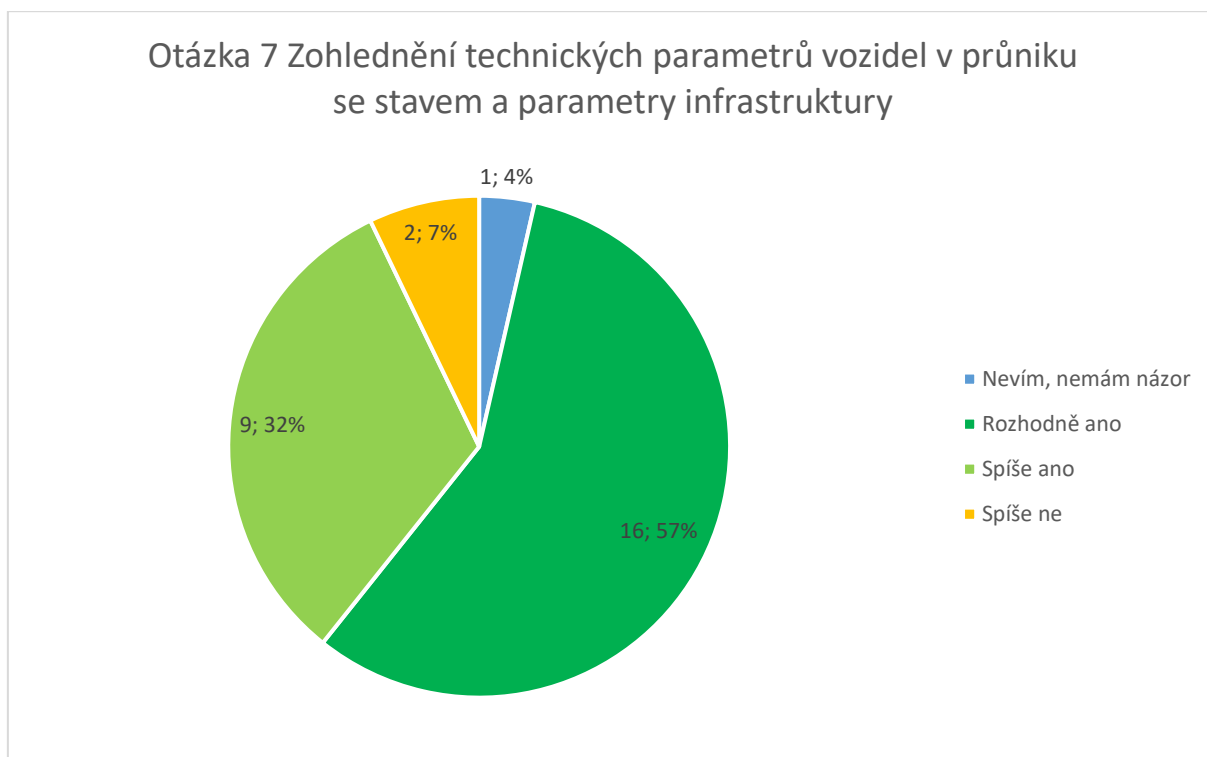
- sám objednatel služby v závazku veřejné služby by měl umět vyhodnotit, co je účelné objednat a co nikoli tak, aby kapacita byla využita hospodárně,
- často je nutný individuální přístup,
- je nutné nastavit parametry tohoto hodnocení, muselo by se jednat o komplexnější posouzení, zřejmě ne jedinou hodnotu obsazenosti,
- v některých případech může být takové hodnocení obtížné aplikovat – rozdíl síla soupravy vs. běžná obsazenost, jak bude toto řešeno?

Pokud by takový princip měl být aplikován, pak dle názoru autora disertační práce jsou všechny otevřené reakce respondentů v zásadě relevantní a pro zohlednění tohoto parametru je účelné zaobírat se jejich řešením. Zejména

nastavení jediného parametru obsazenosti v rámci linky by bylo více než zavádějící.

6.7 Otázka 7: Domníváte se, že v případě přidělování kapacity železniční dopravní cesty by se měly zohledňovat technické parametry vozidel v průniku s parametry infrastruktury, tj. možnosti využití parametrů infrastruktury (např. rychlostní profily a jejich hladiny) nasazenými vozidly na dané výkony (zejména v případě požadavků převyšujících kapacitu dráhy)?

Další aspekt, který v zásadě legislativy nebo předpisy neberou až tak zásadně v úvahu, je možné zohlednění technických parametrů vozidel v průniku se stavem a parametry infrastruktury. Jelikož se opět jedná o komplexnější otázku, je zde uveřejněn náhled na výsledky této otázky šířeji, a to graficky na obrázku 26.



Zdroj: vlastní

Obrázek 26 : Odpověď na otázku týkající se zohlednění technických parametrů vozidel v průniku se stavem a parametry infrastruktury

Názor expertů je v tomto případě absolutně jednotný: významný příklon brát v úvahu technické parametry infrastruktury v průniku s technickými parametry nasazených vozidel.

V komentářích je poukazováno na následující skutečnosti:

- motivovat dopravce/objednatele úpravou ceny za použití dráhy jízdou vlaku v případě užívání adekvátních vozidel,

- je upozorňováno na homogenitu tras, kdy tento přístup by v některých případech nemusel vést ke kýženému efektu hospodárné konzumace kapacity¹⁶,
- požadavky na technické schopnosti vozidel jsou také odvislé od kategorie vlaků, na které jsou provozována.

6.8 Otázka 8: Domníváte se, že přidělcce kapacity dráhy v případě požadavků převyšujících její kapacitu, by měl mít možnost nebo povinnost před odmítnutím vybraných požadavků navrhnout řešení na jejich uspokojení (např. projetím vybraných zastávek u vybraných vlaků zajistit rovnoběžnost tras, čímž lze lépe využít kapacitu dráhy, spojení vybraných vlaků v kritickém úseku, navrhnout nasazení jiných vozidel na vybrané linky apod.)?

Další otázka se táže na postup, který je již v zásadě legislativou dán, a tím je situace, při níž v případě překročení kapacity dráhy by měl přidělcce navrhnout opatření k uspokojení většiny požadavků.

I u této otázky je odezva expertů pozitivní – převládají jednoznačné názory, že rozhodně ano nebo spíše ano.

V komentářích jsou dále zmíněna následující fakta:

- nemusí se striktně jednat o povinnost, ale možnost,
- výsledkem by mělo být najít vhodný kompromis,
- provozovatel dráhy by toto učinit měl, ale konečné rozhodnutí musí učinit objednatel trasy,
- tento postup by měl být naprosto přirozený, protože jen provozovatel dráhy má kompletní informace o konstrukci tras na daném úseku, které ostatní subjekty nemají,
- toto téma může být politicky velmi citlivé.

6.9 Otázka 9: Domníváte, že v případě přidělování kapacity železniční dopravní cesty na trati pro provoz v elektrické trakci by měla být bonifikována vozidla, která tuto trakci skutečně využijí, nebo by měla být bonifikována vozidla s moderními trakčními pohony (BEMU, HEMU/HMU apod.)?

Cílem otázky bylo zjistit, zda v případě přidělu kapacity železniční dopravní cesty by měla být preferována případně i vozidla s ekologickými a moderními pohony. Do značné míry se jedná o otázku mířící také mimo téma disertační práce, a to

¹⁶ Zpracovatel disertační práce se domnívá, že v dnešní době, kdy jako nová vozidla jsou nasazovány stroje s velmi dobrými dynamickými vlastnostmi, tento efekt by měl být naopak ve většině případů opačný, a naopak povede ke kýženému dosažení větší homogenity (tj. rovnoběžnosti tras). Příkladem je v kapitole 5 zmíněná linka P22 Plzeň – Radnice, na kterou jsou dnes nasazována vozidla řady 814 ČD. Tato vozidla bohužel nevynikají dobrými dynamickými vlastnostmi, a tak nasazení jakékoli jiné moderní jednotky přispěje k hospodárnější konzumaci kapacity železniční dopravní cesty zejm. na části úseku linky, na kterém je vedena po III. tranzitním železničním koridoru.

do oblasti dotační politiky (možná podpora těchto vozidel skrze subvence při jejich pořízení).

Dá se shrnout, že experti se kloní k této možnosti spíše kladně, hodnotí ji zřejmě jako možnost smysluplné obnovy vozového parku. Z hlediska disertační práce lze u této otázky vnímat úzkou vzájemnou provázanost a dosažení synergií s předmětem otázky 7, která se zabývá průnikem parametrů vozidel a infrastruktury.

Dotazovaní poukázali v otevřených komentářích ještě na tyto aspekty:

- myšlenka bonifikace spíše měrného výkonu, nikoli konkrétní trakce,
- nutnost pečlivého posouzení v případě přechodu vlaku (linky) např. z tratě elektrizované na neelektrizovanou – v případě smysluplné dopravní koncepce by neměl být konzument kapacity za tento přístup penalizován,
- teoreticky nemusí být cestou bonifikace, ale penalizace za užití nevhodných vozidel,
- může být zohledněno v ceně za užití dopravní cesty,
- může se jednat o pozitivní motivaci ke zvyšování energetické efektivity vozidel.

6.10 Otázka 10: Domníváte se, že při přidělování kapacity železniční dopravní cesty by měla být bonifikována vozidla vybavená moderními zabezpečovacími systémy (typicky ETCS a GSM-R)?

Posláním otázky je zjistit názor respondentů na bonifikaci vozidel, která jsou vybavena zařízeními pro činnost moderních zabezpečovacích systémů, a to zejména GSM-R a ETCS. Charakterem se také jedná o spíše doplňující otázku v problematice přidělu kapacity železniční cesty.

Postoj respondentů v tomto případě je opět spíše kladný – pozitivní názory příklánějící se k bonifikaci převažují nad těmi negativními.

Na základě uvedených odpovědí se však ukazuje, že otázku bylo vhodné zřejmě lépe formulovat, a to s ohledem na výhradní zavedení systému ETCS v budoucích horizontech a zřejmě až na řídké výjimky nutnost vybavit všechna vozidla zařízeními umožňujícími využití a činnost tohoto systému ve vozidlech. S ohledem na tuto skutečnost tak značná část respondentů poukazuje na fakt, že tato otázka po naplnění tohoto stavu nedává smysl, nicméně část také upozorňuje, že do doby výhradního zavedení ETCS se jedná o pozitivní motivaci k vybavování vozidel zařízeními nutnými pro funkčnost tohoto systému.

6.11 Otázka 11: Domníváte se, že stát či EU by měly pozitivně motivovat dopravce a objednatele veřejných služeb v přepravě cestujících (např. dotačními programy) k obnově vozového parku či zlepšování jeho kvality ve prospěch lepšího a smysluplnějšího využití kapacity železniční dopravní cesty?

Tuto otázku lze opětovně považovat jako úzce provázanou s otázkou 7 a opět se jedná spíše o problematiku subvencí při pořizování nových železničních vozidel. Je patrný silný příklon respondentů k podpoře obnovy vozového parku za účelem lepšího využití parametrů infrastruktury.

V otevřených komentářích je poukazováno na následující skutečnosti:

- je nutné, aby dlouhodobé plány byly skutečně platné a dalo se z nich opravdu vycházet,
- tuto cestu je nutné pečlivě definovat,
- možná by bylo vhodné v tomto případě dále zlepšit komunikaci mezi jednotlivými subjekty, aby investice na všech stranách byly smysluplnější,
- v případě negativních odpovědí (pouze čtyři z 28 dotázaných) je patrná myšlenka nepodporovat dotování vozidel zcela nebo obtížné definování pravidel dotací z pohledu této problematiky.

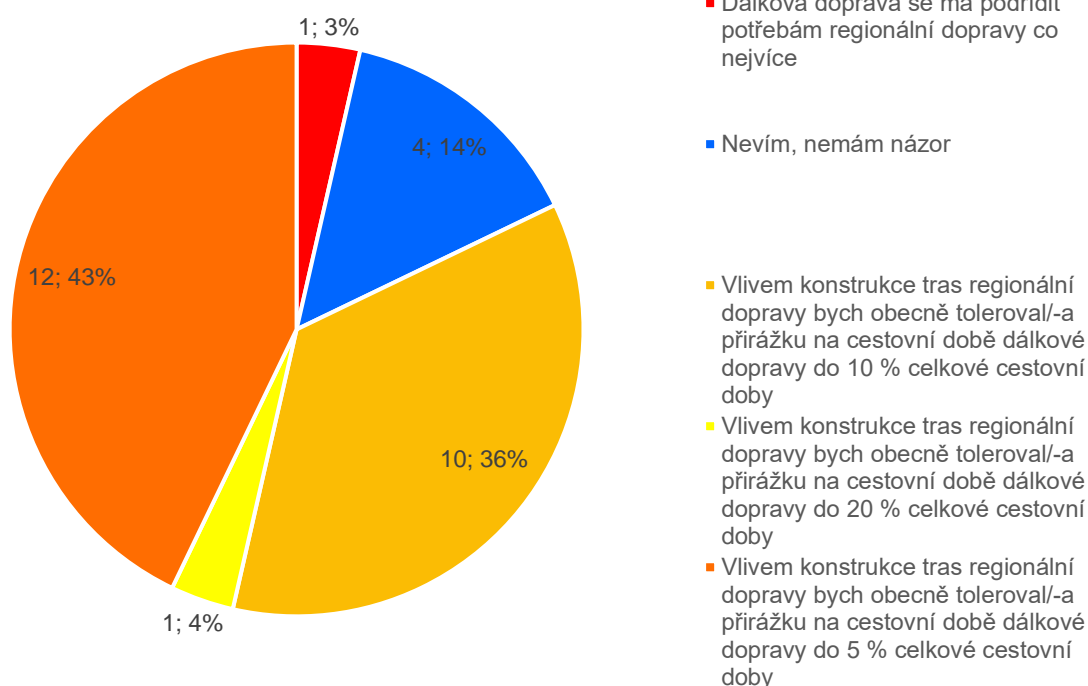
6.12 Otázka 12: Regionální a dálková doprava se v případě přidělu kapacity na jedné trati ovlivňují. Uměle může proto dojít za účelem konstrukce jízdního řádu ke zpomalení tras dálkové dopravy. Jaké je podle Vás případné únosné zpomalení vlaků dálkové dopravy vlivem konstrukce tras regionální dopravy?

Tento dotaz byl formulován složitěji než dotazy ostatní a pro dopravní plánování a konstrukci tras je klíčové znát na něj odpověď detailněji, a proto je opět výsledek této otázky rozebrán z větší šíře.

Při konstrukci tras dálkové a regionální dopravy je zřejmé, že požadavky se vzájemně ovlivňují. A to nejen návaznostmi ve vybraných železničních stanicích a uzlech, ale též při křižování těchto spojů a v tomto případě též při jejich vzájemném předjíždění. V případě, že infrastruktura by byla v ideálním stavu a vyhovovala všem požadavkům, pak je možné ji přizpůsobit tak, že vzájemný vliv při křižování a předjíždění by měl být zcela minimalizován nebo eliminován. Vzájemné zdržení těmito technologickými úkony by se tak mělo limitně blížit nule.

Nicméně stav není ideální a vlaky regionální a dálkové dopravy se vzájemně ovlivňují. Uměle může proto dojít za účelem konstrukce jízdního řádu ke zpomalení tras dálkové dopravy. Pak je k zamyšlení, jaké je případné únosné zpomalení vlaků dálkové dopravy vlivem konstrukce tras regionální dopravy. Výsledky odpovědí respondent na tuto otázku shrnuje graf na obrázku 27.

Otázka 12: Ovlivnění regionální a dálkové dopravy při konstrukci tras



Zdroj: vlastní

Obrázek 27 : Odpověď na otázku týkající se vzájemného ovlivnění regionální a dálkové dopravy při konstrukci tras

Ač byla otázka formulována poněkud složitěji než ostatní, z reakcí respondentů opět vyplývá poměrně jasný názor na tuto problematiku. Experti se domnívají, že vlivem konstrukce tras regionální dopravy by obecně měla být tolerována přírážka na cestovní době vlaků dálkové dopravy do 5 %, resp. do 10 %. Ostatní odpovědi byly zvoleny velmi malým množstvím dotázaných expertů.

Respondenti dále uvádějí, že segmenty se přirozeně mohou ovlivňovat, důležitá je i individualita přístupu (typicky ve větších uzlech, konkurenceschopnost železniční dopravy nesmí být ovlivněna nadměrnými přírážkami apod.) a nesmí být tímto přístupem „nabourán“ systém jako celek. Systémy regionální a dálkové dopravy jsou provázané a musejí kooperovat. Přírážku (její výši globálně) může být však obtížné stanovit, na což také poukazují některé názory. Zaznívá však i zcela jasně formulovaná myšlenka, že kvalitní projektová příprava staveb a následně plnění jízdního řádu podle navrženého modelu v projektu by mělo fungovat tak, že takové přírážky by ideálně neměly být prakticky nutné.

6.13 Závěry expertního dotazníku jako vstup pro vědecké poznání

Expertní dotazník poskytl díky vzorku 28 expertů v tomto oboru, kteří se jeho vyplnění zúčastnili, komplexní pohled na tuto poměrně složitou a diskutovanou problematiku. Vzhledem tomu, že ke každé otázce dostal respondent možnost

ještě svoji volbu konkrétněji upřesnit otevřenou odpovědí, bylo získáno tímto dotazníkem široké penzum názorů.

Prakticky u všech otázek se ukázalo (ať ve větší či menší míře), že mezi experty vyvolávají nutnost k zamyšlení, a kromě uzavřených odpovědí často poskytovali i svůj názor, co by bylo vhodné zlepšit či udělat jinak. Výsledky dotazníku tak jasně ukázaly nutnost problematiku řešit.

Z názoru expertů na danou problematiku se ukazuje, že v rámci kooperace jednotlivých segmentů veřejné dopravy a přidělování kapacity železniční dopravní cesty (zejména v případě, kdy infrastruktura vykazuje stav přetížení) je vhodné obecně dále zohlednit:

- Uvažovat nad průnikem technických parametrů vozidel a infrastruktury; vozidla s lepšími technickými parametry by měla obecně být schopna konzumovat kapacitu železniční dopravní cesty hospodárněji. Tento stav může být podpořen vhodným subvencováním takových vozidel včetně alternativních pohonů.
- Uvažovat nad obsazeností jednotlivých linek cestujícími; tento parametr však musí být velmi citlivě a pečlivě zvolen. Patrně by se nemělo jednat o jediné číslo, ale více parametrů. Je potřeba si dále uvědomit, že kapacitní souprava ve vybraném úseku nemusí znamenat nutně velké obsazení cestujícími.
- Segmenty regionální a dálkové dopravy by se měly ovlivňovat co nejméně; ideálně by v přetížených úsecích měly mít k dispozici každý vlastní infrastrukturu.
- Kritérium mezinárodnosti trasy je sice do značné míry relevantní, nicméně je nutné brát v úvahu význam linky jako celek (její průchod územím a na ní garantované návaznosti).
- Veskrze by měla mít přednost železniční doprava v závazku veřejné služby, nicméně i komerční produkty mohou vykazovat známky systémovosti.

S těmito premisami se tak dále zabývá návrhová část disertační práce, kdy náhled odborníků zabývajících se touto problematikou v praxi byl pro disertanta jedním z důležitých stavebních kamenů k potvrzení jeho hypotéz, které byly promítnuty do výpočetního nástroje.

7 Model hospodárného využití kapacity železniční dopravní cesty

Na základě teoretických předpokladů uvedených výše přistoupil autor disertační práce k samotnému návrhu modelu hospodárného využití kapacity železniční dopravní cesty.

Z výše uvedených teoretických a na ně navázaných praktických zkušeností jasně vyplývá, že cílem provozovatele dráhy, resp. přidělece kapacity dráhy je uspokojit maximum požadavků. Obecně tak plyne, že je snaha přidělit kapacitu dopravní cesty všem požadavkům vzešlých od dopravců, resp. objednatelů veřejných služeb v přepravě cestujících, což však v některých případech vede k tomu, že u přidělených tras může být snížena jejich kvalita (tím, že je dosahováno velmi vysokého stupně obsazení dotčených traťových úseku a vjezdy mírně zpožděných vlaků do takovéhoho úseku způsobí hmatatelné odchylky od pravidelných tras jiných vlaků). Až následně jsou požadavky odmítány, pokud dojde k přetížení infrastruktury takovému, že nedokáže pojmout již další trasy.

Návrhová část disertační práce je tak zaměřena na řešení úlohy, jež odpoví na otázku, které trasy je účelné přidělit v případě, že dojde k přetížení infrastruktury a ta není schopná tudíž pojmout všechny požadavky. Klíčovým parametrem je hledisko, jak vybrat vhodné trasy s prioritou přidělení kapacity dráhy, a to takovým způsobem, aby bylo dosaženo maximálního celospolečenského přínosu. Ambicí je řešit především osobní dopravu, i když je nutné si uvědomit, že svoje místo na infrastruktuře musí najít i nákladní doprava.

7.1 Metoda STEM – teoretický popis a konkrétní uplatnění

Pro řešení problému hospodárného využití kapacity železniční dopravní cesty s důrazem na optimální kooperaci jednotlivých segmentů veřejné dopravy byla zvolena metoda STEM (STEp Method), která byla modifikována na specifický problém řešený v této disertační práci.

Pro využití metody bylo klíčové seznámení s metodami cílového programování, zde konkrétně metodou STEM, která je jednou z metod lineárního programování. Pohled na její aplikaci nabízí například vědecký článek dvojice Teichmann a Dorda „Comparison of Two Selected Methods in Evaluating Investments in Transport Infrastructure“ z VŠB TU Ostrava [41], ve kterém je metoda STEM představena jako nástroj pro rozhodování o výběru investičních projektů.

Metoda STEM umožňuje řešení lineárních matematických problémů s více účelovými funkcemi. Cílem metody je najít kompromisní řešení, jehož realizace by přinesla nejvíce benefitů. Hlavním principem metody je skutečnost, že nejdříve se spočtou ideální hodnoty účelové funkce pro jednotlivé případy zvlášť a poté se minimalizují vážené odchylky kompromisního řešení od ideálních hodnot účelové funkce. Prakticky se tak nejdříve vyčíslí vhodnost výběru jednotlivých projektů pro každé kritérium zvlášť, následně se stanoví váhy

jednotlivých kritérií a pote se vypočte vhodnost výběru jednotlivých projektů na základě všech kritérií jako celek.

Metoda STEM má tu výhodu, že vyžaduje relativně minimální spolupráci mezi zadavatelem úlohy a jejím řešitelem oproti jiným metodám. Metoda stanoví váhy pro jednotlivá kritéria vlastním výpočtem a následně zadavatel musí vědět, zda je výsledek pro něj akceptovatelný či nikoli. Metoda se tak skládá jednak z procesu výpočetního a dále z procesu rozhodovacího. Pokud zadavatel rozhodne, že výsledek výpočtu je pro něj akceptovatelný, výpočet je konečný. Pokud tomu tak není, musí zadavatel informovat řešitele úlohy o změně vybraných kritérií nebo úpravě jejich počtu a výpočet je proveden znovu.

Metoda STEM se skládá z následujících kroků:

1. Řešitel spočte optimální řešení pro jednotlivá kritéria (účelové funkce) zvlášť. Počet výpočtů tedy odpovídá počtu kritérií.
2. Řešitel vyčíslí váhy jednotlivých kritérií na základě následujícího vzorce:

$$w_i = \frac{z_{ii} - \min_{j=1, \dots, k} z_{ij}}{z_{ii}} \frac{\alpha}{\sqrt{\sum_{i=1}^n c_{ij}^2}} \quad (5)$$

kde:

z_{ij} – prvek matice hodnot optimalizačních kritérií pro optimalizaci pro jednotlivá optimalizační kritéria (z_{ij} je hodnota optimalizačního kritéria $j = 1, \dots, k$ v případě optimalizace podle kritéria $i = 1, \dots, k$ [-],
 c_{ij} – prvek tzv. „cenové matice“ – prvek matice koeficientů jednotlivých optimalizačních kritérií [-]

Hodnota α se získá z následující rovnice:

$$\sum_{i=1}^k \frac{z_{ii} - \min_{j=1, \dots, k} z_{ij}}{z_{ii}} \frac{\alpha}{\sqrt{\sum_{i=1}^n c_{ij}^2}} = 1 \quad (6)$$

V praxi musíme nejdříve vypočítat hodnotu koeficientu a pak můžeme vyčíslit teprve váhy jednotlivých kritérií. Pokud je zadavatel spokojen s vybranými hodnotami optimalizačních kritérií, pak ohodnotí hodnotu $w_i = 0$. Pokud váha pro více kritérií splňuje podmínku $w_i > 0$, řešitel přidá novou proměnnou $d \geq 0$ a řeší model s novým optimalizačním kritériem:

$$\min f(x, d) = d \quad (7)$$

Pro korektní výpočet se zavede jednoduchá omezující podmínka:

$$w_{ii}(z_{ii} - \sum_{j \in J} c_{ij} X_j) \leq d \quad (8)$$

Pokud podmínka $w_i > 0$ platí pouze pro jedinou hodnotu $i = 1, \dots, k$, řešitel smí zjednodušit omezující podmínku takto:

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^k w_{ii} (z_{ii} - \sum_{j \in J} c_{ij} X_j) \quad (9)$$

3. Řešitel prezentuje výsledky zadavateli. Pokud výsledek pro zadavatele není uspokojivý, ten musí upravit kritéria, případně jiná přidat nebo použitá zčásti odebrat¹⁷. Pokud zadavatel není spokojen s výsledkem, vrací se řešitel k výpočtům dle bodu 2. Pokud je zadavatel s výsledky spokojen, řešitele našel tzv. kompromisní řešení. Pokud dosáhne při řešení parametr d nulové hodnoty, bylo dosaženo řešení optimálního [33].

Metoda STEM je indikována především pro využití stanovení priorit při výběru projektů, kdy je stanoven omezený finanční rámec k jejich realizaci a je nutné vybrat racionálně pouze takový počet projektů z dané množiny, jejichž suma nákladů nepřekročí plánovaný rozpočet.

V případě metody STEM je možné ukázat konkrétní případy jejího využití. Jedna z možností je představena ve výše zmíněném článku [41], v němž se autoři zaměřují na stanovení priorit modernizačních prací čtyř tratí na území Irska. Stanovují, že samospráva na realizaci těchto projektů má k dispozici celkem 200 mil. EUR, přičemž znají potřebné náklady na jednotlivé projekty a zároveň stanovují hodnotící kritéria. Výsledkem je výběr tří projektů ze čtyř tak, aby nebyl překročen plánovaný rozpočet.

Metodou STEM se ve svých úlohách dále zabýval tým ČVUT v Praze Fakulty dopravní, Ústavu dopravních systémů, který se snažil aplikovat metodu STEM na složitější úlohy s více projekty. Výsledkem je článek z roku 2019 „The assesment of priorities in the construction of new tram lines in Prague by using the multicriterial linear optimization“ autorského kolektivu Javořík, Purkart, Vodák, Týfa, Teichmann (spoluautorem článku je autor této disertační práce) [31]. Cílem výzkumu bylo stanovit priority ve výstavbě nových úseků tramvajových tratí na území města Prahy, přičemž podkladová data byla získána ve spolupráci s IPR Praha. Tabulka 9 na následující straně reprezentuje tyto úseky.

Pro tyto úseky byly k dispozici celkové investiční náklady a dále stanovena vhodná hodnotící kritéria. Konkrétně se jedná o tyto aspekty:

- Potenciál spádového území (nejednalo se pouze o počty obyvatel, ale též počty dojíždějících do oblasti např. za prací či do škol).
- Přepravní intenzita na profilu (jak maximální, tak minimální; stanoveno na multimodálním dopravním modelu území Prahy a okolí IPR Praha pro daný horizont na základě demografické prognózy).

¹⁷ Myslí se takové úpravy kritérií, které jsou smysluplné a logické. Nikoli takové úpravy, které povedou za požadovaným výsledkem neodůvodnitelnými úpravami hodnotících kritérií.

- Přepravní potenciál na jednotku délky tratě.
- Podíl nově obslužených osob tramvajovou dopravou.
- Tzv. celkové skóre (definovala jej expertní skupina tak, aby postihovala celé spektrum jak přínosů, tak i rizik, resp. náročnosti sledovaných záměrů; váhy kritériím i dílčím ukazatelům byly dány na základě expertního posouzení).
- Skóre dopravně-provozních aspektů.

Tabulka 9: Úseky výstavby nových tramvajových tratí na území města Prahy včetně stanovených hodnoticích kritérií

mark	project name	TL length	investment costs	total gradient area potential	transport intensity on profile – max.	transport intensity on profile – min.	transport potential on TL length unit	share of newly served	total score	transport-operational aspects score
		[m]	[mil. CZK]	[pers.]	[1000 pers./day]	[1000 pers./day]	[pers./day·m]	[%]	[%]	[%]
A	Dědinská - Dlouhá Míle - Terminál 3 - Prague Airport Park	2 077	773,3	16 000	3,0	2,6	7,703	100	46,32	36,48
B	Kobylisy - Bohnice	6 500	2 053,5	41 050	41,0	11,3	6,315	80	63,25	65,38
C	Počernická	2 400	620,0	19 440	21,3	6,8	8,100	58	53,90	52,63
D	Zlíchov - Dvorce (Dvorecký most)	600	990,0	1 030	53,8	53,8	1,717	17	57,99	93,31
E	Vinohradská/Škrétkova - Muzeum - Hlavní nádraží - Bolzanova	1 163	424,0	33 970	25,0	24,5	29,209	0	57,24	89,75
F	Nádraží Podbaba - Suchdol	5 036	1 646,0	24 250	30,5	1,0	4,815	88	60,79	65,61
G	Spořilov - Choceradská	1 692	561,3	11 890	10,6	3,0	7,027	92	53,02	58,03
H	Choceradská - Chodovec - Opatov - Háje - Jižní Město	5 333	2 001,0	50 790	29,6	2,3	9,524	54	57,44	61,44
J	Na Veselí - Pankrác - Budějovická	1 387	704,0	38 500	8,0	7,0	27,758	2	49,84	49,66
K	Budějovická - Dvorce	2 778	739,4	27 070	48,0	32,0	9,744	22	62,05	78,82
L	Budějovická - Vyskočilova - Michle (U Plynárny)	2 153	784,9	19 930	24,0	15,0	9,257	88	55,31	67,95
M	Malovanka/Dlabačov - Strahov	1 539	660,0	10 410	14,0	3,5	6,764	60	48,67	41,37
N	Ústřední dřiny DP - Průmyslová - Štěrboholy	2 003	730,2	6 210	8,1	2,0	3,100	77	36,59	35,47
O	Vypich - Nemocnice Motol - Motol	2 229	720,4	5 800	20,0	10,0	2,602	10	42,95	69,98
Q	Podbaba - Troja (ZOO) - 1. stage connection of Prague 6 and Prague 8	3 500	1 152,0	3 210	8,0	4,0	3,227	75	39,22	54,81
R	Vinohradská - Václavské náměstí	698	238,4	41 160	40,0	30,0	58,969	0	56,73	86,67

Legenda:

- „mark“ – označení úseku,
- „project name“ – jméno projektu, resp. úsek nové tramvajové trati,
- „TL length“ – délka úseku tramvajové tratě [m],
- „investment costs“ – investiční náklady [mil. Kč],
- „total gradient area potential“ – potenciál spádového území [počet osob],
- „transport intensity on profile max./min.“ – max. a min. přepravní intenzita na profilu [počet osob/den],
- „transport potential on TL length unit“ – přepravní potenciál na jednotku délky tratě [počet osob/den·m],
- „share of newly served“ – podíl nově obslužených osob tramvajovou dopravou [%],
- „total score“ – celkové skóre [%],
- „transport operational aspects score“ – skóre dopravně-provozních aspektů [%].

Zdroj: [31]

Pro stanovení priorit výstavby tramvajových tratí byly stanoveny tři finanční rozpočtové rámce, a to 4 mld. Kč, 7 mld. Kč a 10 mld. Kč. Díky metodě byly pro

tyto rámce stanoveny jednotlivé váhy hodnoticích kritérií, přičemž výsledky shrnuje tabulka 10 níže.

Tabulka 10: Vybrané projekty realizace výstavby tramvajových tratí na území města Prahy dle stanovených objemů financí

project	project choice		
	var. 4 bln. CZK	var. 7 bln. CZK	var. 10 bln. CZK
A	yes	yes	yes
B	no	no	no
C	no	yes	yes
D	yes	yes	yes
E	yes	yes	yes
F	no	no	yes
G	yes	yes	yes
H	no	no	no
J	no	no	yes
K	no	yes	yes
L	yes	yes	yes
M	no	yes	no
N	no	no	yes
O	no	no	no
Q	no	yes	yes

Legenda:

- „project“ – projekt; označení úseku z předchozí tabulky 9,
- „project choice“ – výběr projektu; yes = ano; no = ne,
- „var. 4/7/10 bln. CZK“ – jednotlivé varianty s odlišnými rámci financí – 4 miliardy Kč, 7 miliard Kč a 10 miliard Kč,

Zdroj: [31]

Dalším počinem byl konferenční příspěvek z roku 2020 „The Assessment of Priorities in the Construction of New High-speed Railway Lines in Czech Republic by Using the STEM Method“ Purkart, Kruntorád a Týfa (hlavním autorem je předkladatel této disertační práce), kde se již uplatnila mírně modifikovaná metoda STEM na problematice prioritizace výstavby vysokorychlostních tratí na území České republiky [32]. Cílem příspěvku bylo stanovit prioritu výstavby úseků „Rychlých spojení“ (dále jen RS) na základě metody STEM (tzv. Step Method) v České republice.

V České republice je aktuální příprava výstavba RS, které v sobě zahrnují tyto úseky:

- RS1 Praha – Brno – Ostrava – Polsko,
- RS2 Brno – Slovensko/Rakousko,
- RS3 Praha – Plzeň – Německo (západní směr – München),
- RS4 Praha – Německo (severní směr – Dresden) s možností odbočky do oblasti podkrušnohorské pánve (konurbace Most – Chomutov, Žatec, Louny),
- RS5 Praha – Hradec Králově/Liberec – Polsko.

Pro stanovení priorit ve výstavbě úseků RS byla využita následující hodnoticí kritéria:

- Průměrný koeficient zkrácení cestovní doby ve zkoumaných relacích (autory příspěvku a dalšími experty v oboru byly určeny relace, a to včetně mezinárodních, pro které je výstavba RS klíčová; u těchto relací bylo vyčísleno, kolikrát bude kratší cestovní doba oproti stávajícímu stavu v případě výstavby RS, následně byly tyto relace rozmístěny na jednotlivé úseky RS a pro tyto úseky RS byl spočten jejich průměr).
- Význam s ohledem na počet převedených tras dálkové dopravy (převod tras ze stávající sítě na RS a tím uvolnění kapacity pro jiné segmenty dopravy včetně nákladní).
- Náročnost trasování (na základě dotazování expertního týmu; problematika trasování byla uchopena široce – nejen s ohledem na přírodní překážky v území, ale též průchodnost městy apod.).
- Potenciál převodu intenzit dopravy z pozemních komunikací (u všech úseků RS byl stanoven ekvivalentní úsek či úseky na síti pozemních komunikací, ze kterého byla převzata rozhodná hodnota zatížení v tis. voz/24 h; podkladem bylo Celostátní sčítání dopravy 2016; ve všech případech se jednalo o úsek na souběžné dálniční síti s logickou minimální hodnotou intenzit dopravy – tj. minimální potenciál převodu intenzit dopravy z pozemních komunikací).
- Potenciál aglomerací na trase (řešitelským týmem byly stanoveny aglomerace, a to včetně zahraničních, na které budou mít budované úseky RS přímý vliv, který byl ohodnocen vůči všem úsekům RS, na který by měl mít významný vliv).

Z výše uvedených premis byl sestaven sumář hodnoticích kritérií reprezentovaných v tabulce 11.

Tabulka 11: Stanovení hodnoticích kritérií pro jednotlivé úseky RS

section of railway line RS	average coefficient of reduced travel times in chosen connections [-]	number of redirected long-distance lines expressed as an importance [-]	routing difficulty [-]	road traffic redirection potential [vehicles per day in thousands in chosen point of a road network]	agglomeration potential [-]
Praha - Brno	2,13	3	1,6	39	22
Brno - Ostrava - PL	1,85	2	2,5	22	15
Brno - SK/A	1,85	2	3,0	23	21
Praha - Plzeň - D	1,73	3	1,6	31	13
Praha - Ústí n. L. - D	2,23	2	1,5	24	20
Praha - HK/Lbc - PL	2,39	1	1,9	23	12

Legenda:

- „section of railway line RS“ – úsek RS,
- „average coefficient of reduced travel times in chosen connections“ – průměrný koeficient zkrácení cestovní doby ve zkoumaných relacích,
- „number of redirected long-distance lines expressed as an importance“ – význam s ohledem na počet převedených tras dálkové dopravy,
- „routing difficulty“ – náročnost trasování,
- „road traffic redirection potential“ – potenciál převodu intenzit dopravy z pozemních komunikací [tis. osobních vozidel/den],
- „agglomeration potential“ – potenciál aglomerací na trase.

Zdroj: [32]

Na základě stanovených vah hodnotících kritérií metodou STEM byl výpočet modifikován tak, aby pro výstavbu byly stanoveny priority, a to následujícím způsobem: v prvním kroku budou vybrány dva nejdůležitější projekty z šesti a v druhém kroku další dva se střední prioritou, aniž by do výpočtu byly uvažovány jejich přesné investiční náklady.

Jako první dva prioritní k výstavbě byly stanoveny metodou STEM tyto úseky:

- Praha – Brno,
- Brno – [Slovensko/Rakousko]

Se střední preferencí následují tyto úseky:

- Brno – Ostrava – [Polsko],
- Praha – Plzeň – [Německo].

Nejnižší preferencí byly ohodnoceny zbývající dva úseky:

- Praha – Ústí – Německo s odbočkou do oblasti podkrušnohorské pánve,
- Praha – Hradec Králové/Liberec – [Polsko].

Konkrétní příklady užití, a to i v rámci výzkumu na ČVUT v Praze Fakultě dopravní, Ústavu dopravních systémů, jasně dokazují, že metoda je předurčena při její modifikaci i k dalšímu využití než pouze pro stanovování priorit realizace projektů dle jejich finanční nákladnosti. V dalších částech disertační práce je tak její využití aplikováno již na konkrétní problém, a to řešení problematiky hospodárného využití kapacity železniční dopravní cesty s důrazem na optimální kooperaci jednotlivých segmentů veřejné dopravy.

7.2 Metoda STEM – modifikace metody pro problematiku optimální kooperace jednotlivých segmentů železniční osobní dopravy

Pro dosažení použitelnosti metody STEM pro řešení problematiky optimální kooperace jednotlivých segmentů železniční osobní dopravy muselo být učiněno modifikace této metody pro její specifické využití.

Do výpočtu vstoupí jednotlivé celistvé linky, které na daném úseku zamýšlejí objednatelé veřejných služeb v přepravě cestujících či dopravci provozovat,

přičemž metoda se využije v případě, že přidělcce kapacity železniční dopravní cesty není schopen uspokojit veškeré takové požadavky. Na předmětné části železniční sítě je pak nutné určit konkrétní úsek s nejnižší kapacitou, tj. omezující úsek, k jehož kapacitě je výpočet vztažen.

Hodnoticí kritéria pro jednotlivé linky byla stanovena pro modifikovanou metodu STEM následovně:

- Denní předpokládaný průměrný počet cestujících v omezujícím úseku v tisících

Parametr vyjadřuje denní průměrný počet cestujících na lince v omezujícím úseku, tj. v úseku s nejnižší propustností. Hodnota vyjadřuje využití vlaků dané linky v tomto úseku.

- Denní předpokládaný průměrný počet cestujících v rámci celé linky v tisících

Parametr vyjadřuje denní průměrný počet cestujících na celé lince, resp. logicky omezeném provozním úseku linky. Parametr poskytuje hodnocení celkového využití linky. Není dostačující uvažovat potenciál pouze na omezujícím úseku, ale je klíčové hodnotit i potenciál linky jako celku.

- Využití traťové rychlosti v logicky ohraničeném úseku

Nežádka se vyskytují případy, kdy na trati v logicky ohraničeném úseku (zde patrně nejvhodněji v omezujícím úseku) jezdí soupravy nižší rychlostí bez schopnosti využít plné traťové parametry. Tento parametr se snaží zohlednit tuto skutečnost.

Pokud je souprava schopna vyvinout rychlost v omezujícím úseku železniční trati dle traťové rychlosti určené pro daný traťový profil, pak poměr bude činit 1 (100 %). Pokud toto dosaženo nebude, poměr se bude snižovat. Pokud tak na trati v omezujícím úseku bude traťová rychlost až 100 km/h a souprava bude schopna vyvinout maximální rychlost pouze 80 km/h, poměr se logicky sníží na 0,8 (80 %).

Zároveň pokud ve zkoumaném období v daném směru projedou vlaky sledované linky omezující úsek vícekrát, je tato hodnota násobena počtem průjezdů těchto vlaků v daném směru. Tím je dána násobnost využití tohoto parametru, resp. úseku vlaky dané linky.

- Ohodnocení systémových přípojových vazeb na lince v logicky vymezeném úseku

Parametr je nastaven z důvodu hodnocení návazností na další linky, cílem je určit míru síťového charakteru linky. Celkové ohodnocení parametrů je součtem následujících bodů za všechny přestupní uzly v logicky ohraničeném úseku linky. Přestupní uzly/body se ohodnotí následovně:

- 2 body – železniční přestupní uzel se systémovými návaznostmi na linky alespoň do tří dalších směrů (tj. minimálně křižovatková

železniční stanice, spíše však uzlová) v gesci železniční dopravy s možností systémových vazeb i na veřejnou linkovou dopravu či MHD,

- 1 bod – železniční přestupní bod se systémovými návaznostmi na linky alespoň do jednoho nebo dvou dalších směrů v působnosti železniční dopravy s možností systémových vazeb i na veřejnou linkovou dopravu či MHD, případně přestupní bod s možností četných systémových vazeb pouze na veřejnou linkovou dopravu či MHD.

Je-li tedy linka trasována přes důležitý přestupní uzel, za každý takový uzel, který obsluhuje, obdrží 2 body. Za každý přestupní bod (tj. přestupní uzel s nižší důležitostí) obdrží 1 bod. Čím vyšší součet bodů, tím jsou návaznosti četnější a důležitější, a tudíž je provoz linky klíčový pro účelnou funkci dalších linek veřejné dopravy. Pokud je v bodě minimální návaznost na další spoje veřejné dopravy nebo je nulová, je takový bod ohodnocen nula body. Je také vhodné s citem přistupovat ke kumulaci návazností v případě, že spoj zastavuje v daném městě ve více bodech a návaznosti jsou velmi četné. V takových případech je vhodné také nehodnotit body v místě, kde se například navazuje na jedinou linku MHD, kterou pro návaznosti využívá ve skutečnosti malé množství cestujících.

- Porovnání cestovních dob IAD a dané linky ve třech nejzatíženějších relacích na lince

Parametr je nastaven za účelem porovnání konkurenceschopnosti vlakové linky vůči IAD. V logicky ohraničeném úseku linky budou vybrány tři nejvytíženější relace a stanoven poměr cestovní doby IAD v daném úseku vůči cestovní době při využití spoje dané linky. Pro tři jednotlivé tyto relace bude stanovena hodnota zvlášť a následně spočítán průměr tří hodnot, který vstoupí do hodnocení. Z výše uvedeného principu plyne, že překračuje-li hodnota číslo 1, železniční veřejná doprava je v daném vějíři relací průměrně rychlejší než IAD. Pokud je naopak dosaženo hodnoty nižší než 1, pak železniční veřejná doprava je pomalejší než IAD.

Stanovení hodnoticích kritérií přitom do značné míry plyne z výsledků expertního dotazníku, jehož výsledky jsou součástí kapitoly 6. Stanovená optimalizační kritéria jednoznačně zohledňují parametry, které experti označili jako klíčové ke sledování:

- Uvažovat nad průnikem technických parametrů vozidel a infrastruktury; vozidla s lepšími technickými parametry by měla obecně být schopna konzumovat kapacitu železniční dopravní cesty hospodárněji; tento parametr je zohledněn především hodnoticím kritériem „Využití traťové rychlosti v logicky ohraničeném úseku“.
- Uvažovat nad obsazeností jednotlivých linek cestujícími; tento parametr však musí být velmi citlivě a pečlivě zvolen. Patrně by se nemělo jednat o

jediné číslo, ale více parametrů; aby tato premisa byla dodržena, hodnotící kritéria v tomto případě byla stanovena rovnou dvě – „Denní předpokládaný průměrný počet cestujících v omezujícím úseku v tisících“ a dále „Denní předpokládaný průměrný počet cestujících v rámci celé linky v tisících“.

- Uvažovat nad důležitostí linek v rámci sítě; tuto důležitost v rámci sítě je možné dle názoru autora disertační práce možné ohodnotit například četností systémových přestupních vazeb na danou linku, tj. bylo stanoveno hodnotící kritérium „Ohodnocení systémových přípojových vazeb na lince v logicky vymezeném úseku“.

Navíc byla zohledněna konkurenceschopnost daných linek vůči IAD, což je také důležitý parametr v případě zajišťování veřejných služeb v přepravě cestujících. Naopak nebyla zohledněna kritéria, která sice dle expertů mohou jsou důležitá, ale mají spíše bonifikační či sankční charakter (typicky vybavení vozidel ETCS, které zřejmě v budoucnu bude stejně povinné nebo nasazení vozidel s alternativními pohony, ke kterému je s ohledem na důraz na ekologii stejně postupně směřováno).

Cílem bylo sestavit především srozumitelný výpočtový aparát, který obsáhne důležitá kritéria, ale nebude zatížen přílišnými detaily, což výše uvedený návrh splňuje.

8 Aplikace a vyhodnocení modelu hospodárného využití kapacity železniční dopravní cesty

Pro ověření funkčnosti modelu a konkrétní výpočty byla vybrána trať Plzeň – Žatec (číslo trati 160 dle KJŘ 2022/23, 719 dle NJŘ, resp. pro služební potřeby). Trať vede z krajského města Plzeň v západní oblasti České republiky do aglomerace v Podkrušnohorské pánvi v severní části státu (města Žatec, Chomutov, Most a Jirkov). Zejména v plzeňské aglomeraci je propustnost železniční infrastruktury na této trati velmi omezující, což je pro výpočet modifikovanou metodou STEM velmi výhodné východisko.

Zároveň je autorovi disertační práce situace na této trati známa, jelikož v rámci svých pracovních aktivit velmi úzce spolupracuje se společností Poved zodpovědnou za organizaci veřejné dopravy v Plzeňském kraji, tudíž jsou mu známy rámcově intenzity cestujících, které jsou na této trati přepravovány.



Zdroj: Správa železnic, [30]

Obrázek 28: Výřez trati 160 z mapy zaměřené na počty traťových kolejí a druhy trakčních soustav

Jak je patrné z obrázku 28, jedná se o jednokolejnou neelektrizovanou železniční trať. Původním vlastníkem této dráhy, i stavitelem, byla společnost Plzeňsko-březenská dráha. Na tomto místě je vhodné podotknout, že historické trasování této trati přes uzel Plzeň je ve směru Klatovy a Železná Ruda. Původní účel této trati je tak poměrně prostý, a to přeprava uhlí z mostecko-chomutovské pánve až do oblasti Bavorska. Za zmínku stojí i skutečnost, že kilometricky nejkratší

spojení Plzně s Mnichovem vede dodnes přes Železnou Rudu, avšak vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o trať částečně trasovanou v náročném horském terénu (zejména v příhraničí), přímé vlaky dálkové dopravy tudy nejsou trasovány. Provoz na trati v úseku z Plzně do Žatce byl zahájen ve třech etapách v roce 1873, a to 21. ledna 1873 v úseku Plzeň – Plasy, dále 8. srpna 1873 v úseku Plasy – Žabokliky¹⁸ a 7. září 1873 v úseku Žabokliky – Žatec [13].

V úseku mezi Mladoticemi a Žihlívě lze navíc nalézt v terénu zbytky původní trasy, které byly zničeny mohutným sesuvem půdy při dlouhotrvajících deštích v roce 1872. Na tomto místě vznikl světový unikát, Odlezelské jezero, které vzniklo při sesuvu půdy přehrazením Mladotického potoka. Srážky v tomto roce byly extrémní, historické prameny uvádějí srážkový sloupec až 240 mm za velmi krátký časový úsek [24]. Část tohoto nezničeného úseku později bylo využito při výstavbě trati 162 Mladotice – Kralovice – Rakovník, kde byl provoz zahájen roku 1899, avšak v úseku Mladotice – Kralovice je od roku 1997 provoz zastaven pro špatný technický stav trati.

Zatímco v Ústeckém kraji jsou na trati v osobní dopravě provozovány pouze vlaky dálkové dopravy linky R25 Plzeň – Most¹⁹ v neúplném dvouhodinovém intervalu, na úseku Plzeňského kraje z Plzně do Žihle se střetávají jak požadavky regionální, tak dálkové dopravy. Tím, že se jedná o jednokolejnou železniční trať s omezeným počtem dopraven, ve kterých je možné vlaky vzájemně křížovat či ovlivňovat sled jejich jízdy, jedná se o ideální trať k využití modifikované metody STEM pro řešení problematiky optimální kooperace jednotlivých segmentů železniční osobní dopravy na zatížené infrastruktuře.

8.1 Uplatnění metody STEM na traťovém úseku Plzeň – Žihle včetně konkrétní ukázky výpočtu se zohledněním vstupních dat

Ve stávajícím GVD 2022/2023 jsou na trať v úseku Plzeň – Žihle umístěny dvě linky pravidelné osobní dopravy:

- R25 Plzeň – Most; linka dálkové dopravy,
- P4 Plzeň – Žihle; linka regionální dopravy.

Vlaky linky R25 dálkové dopravy jsou vedeny v intervalu 120 minut (okrajově 240 minut), osobní vlaky linky P4 Plzeň – Žihle v úseku z Plzně do Plas v intervalu 120 minut, resp. v přepravních špičkách 60 minut²⁰. V úseku Plasy – Žihle jsou pak

¹⁸ Ze Žaboklik dále pokračovala trať ještě do Března u Chomutova, odtud tedy název společnosti Plzeňsko-březenská dráha. Tato část trati již dnes téměř neexistuje, minimálně u stanice Žabokliky lze však nalézt v terénu její zbytky (těleso zbylé po jejím snesení), část trati byla pohlcena vodním dílem Nechanice a u Března u Chomutova slouží její další část jako úsek vlečky do elektrárny Tušimice.

¹⁹ Linka R25 Plzeň – Most je příkladem, kde vlaky dálkové dopravy neobjednává pouze Ministerstvo dopravy ČR, ale jejich část zajišťují též regionální objednatelé veřejných služeb v přepravě cestujících – tj. Plzeňský kraj a Ústecký kraj.

²⁰ Vlivem jednokolejnosti tratě se nejedná o pravidelný interval 60 minut, v kombinaci s dálkovou dopravou lze dosáhnout prokladu cca 55 až 65 minut. V případě, kdy by dálková doprava na trati provozována nebyla, by bylo možné pravidelného intervalu dosáhnout.

vedeny jednotlivé spoje. Vzhledem k tomu, že trať plní úlohu propojení centra oblasti města Plzně jak s vnitřním a vnějším aglomeračním pásem oblasti, tak úlohu propojení plzeňské a chomutovsko-mostecké aglomerace, lze dovodit, že tyto intervaly železniční dopravy nejsou postačující pro soudobé požadavky na kvalitní systém veřejné hromadné dopravy.

Nákladní doprava na trati oproti minulosti nedosahuje významných objemů (to do značné míry plyne i z faktu, že trasa doposud nebyla elektrizována), trať však v případě výluk jiných tratí může sloužit jako důležitá odklonová trasa. Ze strategického hlediska je klíčová obsluha vlečky ČEPRO v Třemošné u Plzně.

Pro výpočet budeme uvažovat, že na stávající infrastruktuře se nově střetnou čtyři požadavky na vedení těchto segmentů vlaků regionální a dálkové dopravy:

- linka R Plzeň – Most v intervalu 120 minut,
- linka Sp Plzeň – Žihle v intervalu 120 minut,
- linka Os č. 1 Plzeň – Žihle v intervalu 60 minut,
- linka Os č. 2 Nýřany – Plzeň – Plasy v intervalu 60 minut.

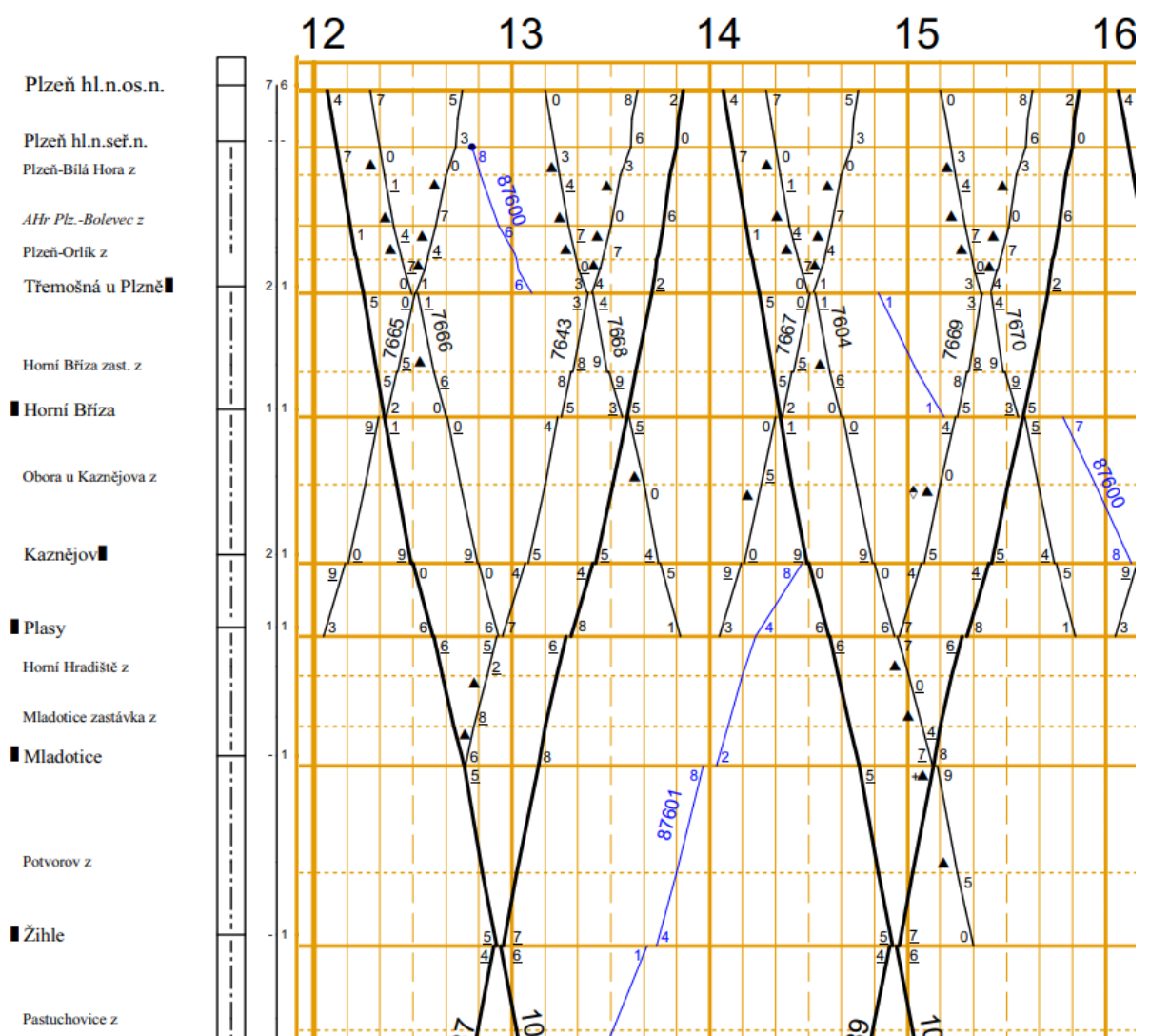
Takto stanovené linkové vedení zajišťuje dosažení souhrnného intervalu rychlého segmentu vlaků v úseku Plzeň – Žihle v intervalu 60 minut a v případě osobních vlaků souhrnného intervalu osobních vlaků ve špičkovém období 30 minut.

Splnění této premisy tak předpokládá, že pro oblasti vzdálenější od Plzně (již mimo plzeňskou aglomeraci či na jejím okraji nebo vnějším pásu) budou k dispozici vlaky kategorií R a Sp pro rychlé spojení s centrem aglomerace v přijatelném intervalu 60 minut. Z hlediska teorie segmentů veřejné dopravy se jedná v tomto pojetí o vlaky segmentu C1. Naopak v oblastech blíže centru aglomerace, tj. ve vnitřním pásmu aglomerace, budou k dispozici zejména vlaky osobní v přijatelném intervalu 30 minut. Zde se z hlediska teorie segmentů veřejné dopravy jedná o vrstvu C2. Tato fakta však dále nepopírají, že rychlíkům zůstává i další funkce v dopravní obsluze území, a to propojení aglomerací, zde konkrétně plzeňské a mostecké. Vlaky jednotlivých linek tak mohou mít ve skutečnosti více funkcí či úloh v obsluze území, nicméně zde jsou nadneseny zejména ty, které jsou klíčové pro zkoumaný úsek.

S ohledem na skutečnost, že základní interval nejméně zastoupených segmentů vlaků činí 120 minut, byla i tato hodnota zvolena jako výchozí pro stanovení délky hodnoticího období. Uvažujeme rovnoměrný provoz v obou směrech, je tedy pro každý směr v tomto období k dispozici kapacita dráhy se započtením všech úkonů (rušení a stavění vlakových cest apod.) 60 minut, vyjádříme-li ji počtem minut, nikoli počtem tras, jak je v modelu uvažováno. Aby nedosáhl stupeň obsazenosti 100 %, je tento časový interval ve výpočtu snížen na 50 minut. Tato hodnota je prvním zásadním vstupem.

V tomto případě je zároveň uvažováno, že minimálně ve špičkových obdobích je provoz nákladních vlaků na této trati prakticky nulový, tudíž pro ně nejsou vyžadovány pravidelné trasy, jinak by tato hodnota musela být snížena ještě více.

Dalším krokem je stanovit omezující úsek infrastruktury, ke kterému bude celý výpočet vztažen. Ten je vhodné najít v nákrešném jízdním řádu dané trati. Z tras všech uvažovaných linek je možné jednoduše vyvodit, že mají společný úsek v části trati Plzeň hl.n. – Plasy. Zde se tedy musí nacházet i hledaný omezující úsek. Výřez nákrešného jízdního řádu pro GVD 2020/21, ze kterého byl omezující úsek stanoven, je znázorněn na obrázku 29.



Zdroj: Správa železnic, [28]

Obrázek 29 : Výřez nákrešného jízdního řádu trati Plzeň – Žihle (GVD 2020/21)

Na obrázku 31 je znázorněn výřez nákrešného jízdního řádu pro trať Plzeň – Žihle v období od 12 do 16 hodin, tj. části odpolední špičky, kdy jsou na trati vedeny již všechny vlaky dle špičkového rozsahu dopravy, a je tak možné identifikovat

na trati veškerá křižování a konečné jízdny, resp. cestovní doby všech vlaků osobní dopravy na trati.

Vlaky dálkové dopravy respektují uzel X.00 v železniční stanici Plzeň hl.n. a vzájemně se křižují až v železniční stanici Žihle²¹. Vlaky dálkové dopravy s vlaky regionální dopravy se pravidelně křižují v železniční stanici Horní Bříza, případně Mladotice. Vzájemné křižování osobních vlaků pak probíhá v železničních stanicích Třemošná u Plzně a Plasy. Pokud je dodržen základní rastr taktové dopravy (tj. zejména mimo období ranní dopravní špičky, kdy vznikají požadavky na odchylné trasy od taktových poloh vlivem dopravy studentů a žáků do škol), ve stanici Kaznějov pravidelná křižování vlaků osobní dopravy neprobíhají.

Z nákrešného jízdnyho řádu je možné vyčíst názvy a polohy všech dopraven, kde může ve společném úseku Plzeň hl.n. – Plasy docházet ke vzájemnému křižování vlaků. Konkrétně se jedná o tato místa na trati:

- Plzeň hl.n.os.n.²²,
- Plzeň hl.n.seř.n.²³,
- Třemošná u Plzně,
- Horní Bříza,
- Kaznějov,
- Plasy.

Trať 160 lze tak v této části rozdělit na pět úseků, z nichž jeden je nutné stanovit jako omezující:

- Plzeň hl.n.os.n – Plzeň hl.n.seř.n.,
- Plzeň hl.n.seř.n. – Třemošná u Plzně (v úseku se navíc nachází AHr. Plzeň-Bolevec),
- Třemošná u Plzně – Horní Bříza,
- Horní Bříza – Kaznějov,
- Kaznějov – Plasy.

Hodnoty pro obsazení jednotlivých vlaků v daných úsecích je možné vyčíst z nákrešného jízdnyho řádu a přehledně je zaznamenat do tabulky.

²¹ Po zlepšení parametrů infrastruktury se očekává, že křižování těchto vlaků se přesune do železniční stanice Blatno u Jesenice. To je dokonce vhodnější místo než železniční stanice Žihle, kde, ač jsou návaznosti na regionální autobusy, jsou cestujícími nepříliš využívané. Takto půjde zkvalitnit návaznosti v železniční stanice Blatno u Jesenice zejména vzhledem k trati č. 161 Rakovník – Blatno – Žlutice – Bečov nad Teplou, které by měly mít větší potenciál cestujících.

²² Přesné názvy všech bodů jsou převzaty z nákrešného jízdnyho řádu.

²³ Z nákrešného jízdnyho řádu možnost křižování explicitně neplyne (údaje o předjízdnyh kolejíh jsou uvedeny pomlčkou, tzn. jako by tyto koleje v daném místě k dispozici nebyly), ve skutečnosti je však možné uskutečnit křižování jízdou přes obvod seřaďovacího nádraží, pokud by to situace vyžadovala (přes obvod seřaďovacího nádraží je možné stavět vlakové cesty).

Tabulka 12: Obvyklé doby obsazení mezistaničních úseků jednotlivými kategoriemi vlaků na v úseku Plzeň – Plasy

úsek	doba obsazení rychlíkem [min]	doba obsazení osobním vlakem [min]
Plzeň hl.n.os.n – Plzeň hl.n.seř.n	2 až 3	2 až 3
Plzeň hl.n.seř.n. – Třemošná u Plzně	7,5 až 8	10 až 12
Třemošná u Plzně – Horní Bříza	6,5 až 7,5	8,5 až 9
Horní Bříza – Kaznějov	8 až 9,5	9 až 9,5
Kaznějov – Plasy	6 až 6,5	6 až 7

Zdroj: zpracováno dle materiálů Správy železnic, [28]

Kromě tabulky byla zpracována i přehlednější grafika doby obsazení jednotlivých úseků danými kategoriemi vlaků (viz obrázek 30).

úsek	druh vlaku	doba obsazení úseku [min]											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Plzeň hl.n.os.n – Plzeň hl.n.seř.n	R												
	Os												
Plzeň hl.n.seř.n. – Třemošná u Plzně	R	! v úseku je automatické hradlo - možnost pohybu dvou vlaků v tomto úseku !											
	Os	! v úseku je automatické hradlo - možnost pohybu dvou vlaků v tomto úseku !											
Třemošná u Plzně – Horní Bříza	R												
	Os												
Horní Bříza – Kaznějov	R												
	Os												
Kaznějov – Plasy	R												
	Os												

Obrázek 30 : Grafika obvyklých dob obsazení mezistaničních úseků jednotlivými kategoriemi vlaků v úseku Plzeň – Plasy

Zdroj: zpracováno dle materiálů Správy železnic, [28]

Z tabulky 12 a grafiky na obrázku 30 je patrné, že nejkritičtější úseky jsou Plzeň hl.n.seř.n. – Třemošná u Plzně a Horní Bříza – Kaznějov. U prvního jmenovaného úseku je však kritičnost do značné míry dána tím, že při průjezdu dlouhým úsekem přes seřadovací nádraží v Plzni jsou ovlivněny negativně časové kóty všech vlaků ve směru do Plzně. Navíc se v tomto úseku nachází automatické hradlo Plzeň-Bolevec, které může situaci mírně uvolnit, celková propustnost tohoto úseku je tak vyšší. Naopak v případě úseku Horní Bříza – Kaznějov ještě skutečnosti může přitížit, že zastávka Obora u Kaznějova není obsluhována všemi vlaky, a tudíž skutečné časy i oproti nákrešnému jízdnímu řádu v případě zastavování těchto vlaků mohou být méně příznivé. Zároveň se v tomto úseku nenachází žádná zařízení k ovlivňování sledu jízdy vlaků, jejichž přínosem by bylo zvýšení kapacity daného traťového úseku.

Z výše uvedených důvodů je tak jako omezující úsek trati vybrán úsek Horní Bříza – Kaznějov.

Ten bude pro následující výpočet uvažován s tím, že pro jednotlivé linky je uvažován následující čas obsazení:

- linka R 8 minut,
- linka Sp 9 minut²⁴,
- linky Os1 a Os2 10 minut.

Pro provedení výpočtu je dále nutné stanovit konkrétní hodnoty pro jednotlivá optimalizační kritéria pro uvažované linky osobní dopravy.

Denní předpokládaný průměrný počet cestujících v rámci celé linky a v omezujícím úseku v tisících

Předpokládané denní počty cestujících v omezujícím úseku (Horní Bříza – Kaznějov) a v rámci celých linek byly odhadnuty ze zkušeností ze stávajícího provozu, a to jako hodnoty zveřejněné v tabulce 13.

Tabulka 13: Počet cestujících v omezujícím úseku a celých linek z období 24 hodin u předmětných linek

linka	počet cestujících v omezujícím úseku [tis. cestujících/24 hod.]	počet cestujících v rámci celé linky [tis. cestujících/24 hod.]
R	0,9	1,4
Sp	0,8	0,9
Os č. 1	0,5	1,5
Os č. 2	0,3	2,5

Zdroj: vlastní

Tento odhad je stanoven na základě zkušeností autora disertační práce s ohledem na místní znalost řešeného území.

Využití traťové rychlosti v logicky ohraničeném úseku

Aktuálně na trati 160 nejsou implementována zařízení podporující plnou činnost systému ETCS nebo zařízení nutná pro činnost národního vlakového zabezpečovače, díky němuž by byla umožněna jízda vlaků rychlostí vyšší než 100 km/h.

Z výše uvedených důvodů lze uvažovat, že na trati není aktuálně dosažitelná rychlost vyšší než 100 km/h. Tuto skutečnost potvrzují i tabulky traťových poměrů pro zkoumaný úsek Plzeň – Plasy. Pokud vezmeme v úvahu stávající možnosti vozového parku nezávislé trakce a jeho předpokládaný vývoj²⁵, lze pro

²⁴ Pro linku Sp se čas oproti lince R navyšuje, protože je možné zvážit zastavování této linky také v železniční stanici Horní Bříza (na rozmezí vnějšího a vnitřního aglomeračního pásma plzeňské aglomerace). Pro linku Sp je též navrženo zastavení navíc v železniční stanici Mladotice, to však na dobu obsazení omezujícího úseku nemá vliv.

²⁵ V dálkové dopravě jsou na trati nasazovány původní jednotky DB řady 628 dopravce GW Train Regio. V regionální dopravě jsou pravidelně turnusovány motorové vozy řady 842 obvykle s řídicím vozem, méně často s přívěsným vozem a dále motorové jednotky řady 844 dopravce České dráhy. Motorové vozy řady 810 a motorové jednotky řady 814+914, které mají nižší konstrukční rychlost, nejsou pravidelně na výkony této tratě nasazovány, resp. v případě

výpočet využít předpoklad, že všechna pravidelně nasazovaná vozidla na této trati jsou schopna tuto rychlost plně využít. Konkrétní ohodnocení pro jednotlivé segmenty linek tak ukazuje tabulka 14.

Tabulka 14: Využití traťové rychlosti v logicky ohraničeném úseku modelovými linkami

linka	využití traťové rychlosti v logicky ohraničeném úseku
R	1,00
Sp	1,00
Os č. 1	2 x 1,00 = 2,00 *
Os č. 2	2 x 1,00 = 2,00 *

* hodnoty jsou vyjádřeny dvojnásobkem, jelikož linka za řešené časové období 120 minut projede daným úsekem dvakrát. Zdroj: vlastní

Ohodnocení systémových přípojových vazeb na lince v logicky vymezeném úseku

Toto kritérium zohledňuje systémové přípojové vazby v logicky vymezených úsecích.

Pro jednotlivé uvažované linky byly přestupní vazby uvažovány takto:

R Plzeň – Most

Je uvažován celistvý úsek z Plzně do Mostu, jelikož linka plní význam i pro přepravu cestujících mezi plzeňskou a mostecko-chomutovskou aglomerací²⁶.

Jednotlivé uzly linky R Plzeň – Most jsou ohodnoceny následující způsobem:

- Plzeň hl.n. – 2 body; významný železniční uzel, návaznosti na regionální autobusové linky a MHD,
- Kaznějov – 1 bod; plánované návaznosti na regionální autobusové linky (aktuálně není přímo u železniční stanice terminál, nicméně jedná se o uvažovaný rozvojový projekt, návaznost je tak možné ohodnotit),
- Plasy – 1 bod; návaznosti na regionální autobusové linky,
- Žihle – 1 bod; návaznosti na regionální autobusové linky,
- Blatno – 1 bod; návaznosti na vlaky na trati 161 Rakovník – Bečov nad Teplou a regionální autobusové linky,
- Žatec – 1 bod; návaznost na vybrané regionální spoje železniční a autobusové dopravy (u železnice návaznosti relativně volné), MHD,

využívání synergických efektů vozidel v rámci OCÚ Západ velmi okrajově. Tato vozidla s nižší konstrukční rychlostí, která by ohodnocení snížila, tedy není potřebné uvažovat.

²⁶ Zcela odlišně by byla hodnocena například linka R11 Plzeň – Brno, kterou lze v zásadě rozdělit na dva subcelky; Plzeň – České Budějovice (– Jihlava) a České Budějovice – Brno. Ač je tato linka přímým spojením Plzně s Brnem, pro spojení těchto dvou měst ve skutečnosti neslouží. Ostatně z koncepčních materiálů Ministerstva dopravy České republiky je možné vyzorovat, že je sledováno rozdělení této linky na dvě, a to R11 České Budějovice – Brno a R31 České Budějovice – Plzeň [25]. Na této lince by bylo proto možné ukázat, pokud by byl řešen jiný omezující úsek, že v metodě by se k ní přistupovalo odlišně.

- Chomutov – 2 body; významný železniční uzel, návaznosti na regionální autobusové linky a MHD,
- Most – 2 body; významný železniční uzel, návaznosti na regionální autobusové linky a MHD.

V rámci návazností je tak linka R Plzeň – Most ohodnocena celkem 11 body.

Sp Plzeň – Žihle

Linka je zamýšlena primárně jako doplňující k lince R Plzeň – Most na území Plzeňského kraje. Oproti těmto vlakům je u této linky předpokládáno zastavování navíc v železničních stanicích Horní Bříza a Mladotice. Přestupní body jsou ohodnoceny následovně:

- Plzeň hl.n. – 2 body, významný železniční uzel, návaznosti na regionální autobusové linky a MHD,
- Horní Bříza – 1 bod, návaznosti na regionální autobusové linky,
- Kaznějov – 1 bod, plánované návaznosti na regionální autobusové linky (aktuálně není přímo u železniční stanice terminál, nicméně jedná se o uvažovaný rozvojový projekt, návaznost je tak možné ohodnotit),
- Plasy – 1 bod, návaznosti na regionální autobusové linky,
- Mladotice – 1 bod, návaznosti na regionální autobusové linky,
- Žihle – 1 bod, návaznosti na regionální autobusové linky.

V rámci návazností je tak linka Sp Plzeň – Žihle ohodnocena celkem 7 body.

Os č. 1 Plzeň – Žihle

Jedná se o osobní vlaky tradičního ramene Plzeň – Žihle obsluhující všechny zastávky na trati. Přestupní body jsou ohodnoceny takto:

- Plzeň hl.n. – 2 body; významný železniční uzel, návaznosti na regionální autobusové linky a MHD,
- Plzeň-Bolevec – 1 bod; návaznosti zejména na MHD (páteřní tramvajová linka 1 MHD Plzeň),
- Třebošná u Plzně – 1 bod; plánované návaznosti na regionální autobusové linky (aktuálně není přímo u železniční stanice terminál, nicméně návaznosti je v budoucnu vhodné zvážit, proto k ohodnocení dochází),
- Horní Bříza – 1 bod; návaznosti na regionální autobusové linky,
- Kaznějov – 1 bod; plánované návaznosti na regionální autobusové linky (aktuálně není přímo u železniční stanice terminál, nicméně jedná se o uvažovaný rozvojový projekt, návaznost je tak možné ohodnotit),
- Plasy – 1 bod; návaznosti na regionální autobusové linky,
- Mladotice – 1 bod; návaznosti na regionální autobusové linky,
- Žihle – 1 bod; návaznosti na regionální autobusové linky.

V rámci návazností je tak linka Os č. 1 Plzeň – Žihle ohodnocena celkem 9 body.

Os č. 2 Nýřany – Plzeň – Plasy

Jedná se o osobní vlaky průjezdného modelu z trati 180, tj. trasované skrz uzel Plzeň. Skutečná výchozí stanice takových vlaků by byla ještě otázkou (např. Holýšov či Heřmanova Huť), nicméně pro potřebu ohodnocení přestupních vazeb v metodě STEM je uvažováno hodnocení od stanice Nýřany ve vnitřním aglomeračním pásmu. Ze vzdálenějších míst lze předpokládat průvoz cestujících mezi tratěmi 180 a 160 již jako minoritní. Přestupní body jsou pro potřeby této průjezdné linky regionální dopravy ohodnoceny takto:

- Nýřany – 1 bod; návaznosti na regionální vlaky a autobusové linky,
- Plzeň-Jižní Předměstí – 2 body; významný uzel zejména z pohledu přestupu na MHD Plzeň, řidčeji návaznosti na regionální vlaky a autobusové linky,
- Plzeň hl.n. – 2 body; významný železniční uzel, návaznosti na regionální autobusové linky a MHD,
- Plzeň-Bolevec – 1 bod; návaznosti zejména na MHD (páteřní tramvajová linka 1 MHD Plzeň),
- Třemošná u Plzně – 1 bod; plánované návaznosti na regionální autobusové linky (aktuálně není přímo u železniční stanice terminál, nicméně návaznosti je v budoucnu vhodné zvážit, proto k ohodnocení dochází),
- Horní Bříza – 1 bod; návaznosti na regionální autobusové linky,
- Kaznějov – 1 bod; plánované návaznosti na regionální autobusové linky (aktuálně není přímo u železniční stanice terminál, nicméně jedná se o uvažovaný rozvojový projekt, návaznost je tak možné ohodnotit),
- Plasy – 1 bod; návaznosti na regionální autobusové linky,

V rámci návazností je tak linka Os č. 2 Nýřany – Plzeň – Žihle ohodnocena celkem 10 body.

Výsledek ohodnocení jednotlivých přestupních vazeb v daných bodech pro jednotlivé linky zobrazuje tabulka 15.

Tabulka 15: Ohodnocení přestupních vazeb modelových linek v jednotlivých uzlech

Linka	Přestupní body – ohodnocení								
	Nýřany	Plzeň – Jižní P.	Plzeň hl.n.	Plzeň-Bolevec	Třemošná	Horní Bříza	Kaznějov	Plasy	Mladotice
R	-	-	2	0	0	0	1	1	0
Sp	-	-	2	0	0	1	1	1	1
Os 1	-	-	2	1	1	1	1	1	1
Os 2	1	2	2	1	1	1	1	1	-

Linka	Přestupní body – ohodnocení								
	Žihle	Blatno	Žatec	Chomutov	Most
R	1	1	1	2	2				
Sp	1	-	-	-	-				
Os 1	1	-	-	-	-				
Os 2	-	-	-	-	-				

Zdroj: vlastní

Do modelu se hodnoty pro jednotlivé linky sečtou jako celek, přičemž kumulaci těchto hodnot vyjadřuje tabulka 16.

Tabulka 16: Ohodnocení přestupních vazeb modelových linek v jednotlivých uzlech

linka	ohodnocení přestupních vazeb
R	11
Sp	7
Os č. 1	9
Os č. 2	10

Zdroj: vlastní

Z hlediska ohodnocení návazností v systému veřejné dopravy získává tímto ohodnocením nejsilnější význam linka R, což nastává díky tomu, že propojuje plzeňskou a chomutovsko-mosteckou aglomeraci. Nejnižší ohodnocení bylo přiřazeno lince Sp, která slouží právě jako doplněk k lince R na území Plzeňského kraje za účelem posílení dopravní obslužnosti zejména vnějšího aglomeračního pásma a periferních oblastí kraje.

Porovnání cestovních dob IAD a dané linky ve třech nejzatíženějších relacích na lince

Hodnoty poměru cestovní doby IAD a vlaků daných linek byly stanoveny u jednotlivých linek z průměrů následujících významných relací:

- R: Plzeň – Mostecko, Plzeň – Plasy, Plzeň – Žihle,
- Sp: Plzeň – Kaznějov, Plzeň – Plasy, Plzeň – Žihle,
- Os č. 1: Plzeň – Horní Bříza, Plzeň – Plasy, Plzeň – Žihle,
- Os č. 2: Plzeň – Plasy, Plzeň – Horní Bříza, Plzeň – Nýřany.

Souhrnné výsledky porovnání cestovních dob osobní železniční dopravy a IAD v uvedených relacích shrnuje tabulka 17.

Tabulka 17: Porovnání cestovní doby IAD s dané linky na třech nejvytíženějších relacích

linka	porovnání cestovní dob IAD a dané linky ve třech nejvytíženějších relacích
R	0,80
Sp	0,87
Os no. 1	0,80
Os no. 2	0,87

Zdroj: zpracováno pomocí mapy.cz a materiálů Správy železnic

Pro jednotlivé linky byly uvažovány relace a hodnoty cestovních dob reprezentované tabulkou 18.

Tabulka 18: Porovnání cestovní doby IAD a dané linky na třech nejvytíženějších relacích – vstupní relace a data

linka	relace	IAD [min]	vlak [min]	poměr	průměr
R	Plzeň - Mostecko	98	160	0,61	0,80
	Plzeň - Plasy	26	31	0,84	
	Plzeň - Žihle	48	50	0,96	
Sp	Plzeň - Kaznějov	20	24	0,83	0,87
	Plzeň-Plasy	26	31	0,84	
	Plzeň-Žihle	48	52	0,92	
Os č.1	Plzeň-Horní Bříza	18	20	0,90	0,80
	Plzeň-Plasy	26	37	0,70	
	Plzeň-Žihle	48	60	0,80	
Os č. 2	Plzeň-Plasy	26	37	0,70	0,87
	Plzeň-Horní Bříza	18	20	0,90	
	Plzeň-Nýřany	18	18	1,00	

Zdroj: zpracováno pomocí mapy.cz a materiálů Správy železnic

Časy pro cestovní doby IAD byly převzaty na z dat vyhledávače mapy.cz. U cestovních dob vlaků byly vzaty v úvahu stávající cestovní doby s tím, že bylo uvažováno drobnými investicemi do infrastruktury a nasazením vhodných vozidel jejich mírné zlepšení.

Jak je z tabulek patrné, v hodnocených relacích jsou vlaky mírně pomalejší než IAD ve všech případech. Konkrétně lze hodnoty interpretovat takto:

- v porovnávaných relacích linky R Plzeň – Mostecko, Plzeň – Plasy a Plzeň – Žihle lze dosáhnout při jízdě IAD v průměru cestovní doby 0,8krát nižší než při jízdě vlakem,
- v porovnávaných relacích linky Sp Plzeň – Kaznějov, Plzeň – Plasy a Plzeň – Žihle lze dosáhnout při jízdě IAD v průměru cestovní doby 0,87krát nižší než při jízdě vlakem,

- v porovnávaných relacích linky Os č. 1 Plzeň – Horní Bříza, Plzeň – Plasy a Plzeň – Žihle lze dosáhnout při jízdě IAD v průměru cestovní doby 0,8krát nižší než při jízdě vlakem,
- v porovnávaných relacích linky Os č. 2 Plzeň – Plasy, Plzeň – Horní Bříza, Plzeň – Nýřany lze dosáhnout při jízdě IAD v průměru cestovní doby 0,87krát nižší než při jízdě vlakem.

Rozdíly mezi linkami však nejsou významné²⁷.

Po stanovení všech hodnoticích kritérií je možné již přistoupit k výpočtu. Zde je vhodné zopakovat, že během výpočetního období 120 minut bylo stanoveno období pro průjezd vlaků 50 minut v každém směru v omezujícím úseku Horní Bříza – Kaznějov. K dílčím krokům ve výpočtech bylo využito software Microsoft Excel (dále jen MS Excel) a pro výpočty, kam již vstupuje lineární optimalizace, program FICO Xpress za použití jednoduchých příkazů v jazyce Mosel (dále jen Xpress).

Z hodnoty optimalizačních kritérií je nyní možné sestavit cenovou matici **C**:

$$C = \begin{pmatrix} 0,9 & 0,8 & 0,5 & 0,3 \\ 1,4 & 0,7 & 1,5 & 2,5 \\ 1 & 1 & 2 & 2 \\ 11 & 7 & 9 & 10 \\ 0,80 & 0,87 & 0,80 & 0,87 \end{pmatrix}$$

Pokud se na uspořádání matice zaměříme, zjistíme, že jednotlivé sloupce reprezentují ocenění jednotlivých optimalizačních kritérií pro dané (sloupce seřazeny přehledně R – Sp – Os č. 1 – Os č. 2).

V nástroji Xpress je možné následně vyhledat, které linky by na trať byly umístěny, pokud by se uplatnilo vždy pouze jedno z optimalizačních kritérií. Tím získáme pomocnou matici **B**:

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

²⁷ Významnou roli v případě trati 160 hraje zastaralost železniční infrastruktury v porovnání s trasováním souběžné silnice I/27. V tomto případě se bohužel situace nadále prohlubuje – ač na trati 160 probíhají i investiční akce s cílem zajistit kompletní výměnu zastaralého železničního svršku, příspěvky vedoucí ke snížení cestovních dob nepostačují tempu rozvoje silnice I/27, kde byl zprovozněn za uplynulých 10 let obchvat Třemošné a brzy dojde k výstavbě obchvatu Plas. Například rychlíky Plzeň – Most tak profitují ze stavu, kdy po souběžné silniční síti v tomto severojižním směru prakticky nefunguje propojení větších vzdálenějších center veřejnou linkovou dopravou. Pokud by k tomuto došlo, rychlíková linka by zřejmě stěží těmto spojům konkurovala. I regionální osobní vlaky plně vzhledem k stavu drážní infrastruktury nevyužívají potenciál přepravních proudů v předmětném území, byť nasazení velkých motorových vozů na tuto trať v aktuálním stavu je přiměřené frekvenci cestujících.

Každé z linek opět náleží příslušný sloupec ($R - Sp - Os$ č. 1 – Os č. 2). Pokud bychom pro umístování linek na infrastrukturu použili vždy jediné optimalizační kritérium, pak nejlépe by si vedla linka Os č. 1 (ta by byla umístěna na síť patrně ve všech případech – při vyhodnocení všech kritérií zvláště se nikdy nestane nevybranou linkou), nejhůře pak linka Sp (ta by byla umístěna na síť patrně pouze ve dvou z pěti případů)²⁸.

Pokud provedeme součin matic ve smyslu matice C a transponované matice B , získáme požadovanou matici Z hodnot optimalizačních kritérií pro optimalizaci pro jednotlivá optimalizační kritéria:

$$Z = \begin{pmatrix} 2,2 & 1,7 & 1,7 & 1,7 & 1,6 \\ 3,8 & 5,4 & 5,4 & 5,4 & 4,9 \\ 4 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 27 & 30 & 30 & 30 & 26 \\ 2,47 & 2,47 & 2,47 & 2,47 & 2,54 \end{pmatrix}$$

Matice Z je charakteristická skutečností, že prvek, který se nachází na hlavní diagonále, je pro každý řádek zároveň maximální hodnotou.

Je-li stanovena matice Z hodnot optimalizačních kritérií pro optimalizaci pro jednotlivá optimalizační kritéria, je možné stanovit hodnotu α , a to dle rovnice (6). V tomto případě byla hodnota α stanovena na 2,639 (opět výpočtem v software MS Excel).

Všechny získané hodnoty již nebrání stanovení vah optimalizačních kritérií w_i , které získáme ze vzorce (5). Vypočtené hodnoty vah optimalizačních kritérií shrnuje tabulka 19.

Tabulka 19: Váha jednotlivých optimalizačních kritérií stanovených metodou STEM – varianta základní

kritérium	váha stanovená metodou STEM
denní předpokládaný průměrný počet cestujících v omezujícím úseku	0,538
denní předpokládaný průměrný počet cestujících v rámci celé linky	0,233
využití traťové rychlosti v logicky ohraničeném úseku	0,167
ohodnocení systémových přípojových vazeb na lince v logicky vymezeném úseku	0,019
porovnání cestovních dob IAD a dané linky ve třech nejzatíženějších relacích na lince	0,044

Zdroj: vlastní

²⁸ Může nastat nejednoznačná situace, kdy vybrané linky mají zcela shodné hodnoty vybraných optimalizačních kritérií, přičemž u těchto hodnot dojde ke změně při rozhodování. V takovém případě je nástrojem vybraná jedna z těchto linek, přičemž bylo otestováno, že nástroj Xpress vybere takovou z linek, která je první ve sledu řazení, které stanovil výzkumník. V tomto případě tak může být metoda mírně znehodnocena lidským rozhodováním.

Jak je z výpočtů patrné, nejvyšší ohodnocení získalo kritérium „denní předpokládaný průměrný počet cestujících v omezujícím úseku“, a to 53,8 %. Následuje optimalizační kritérium „denní předpokládaný průměrný počet cestujících v rámci celé linky“ s hodnotou 23,3 % a jako třetí „vyžití traťové rychlosti v logicky ohraničeném úseku“ s váhou 16,7 %. Nejnižší váhy nepřesahující 5 % byly přiřazeny optimalizačním kritériím „porovnání cestovních dob IAD a dané linky ve třech nejzatíženějších relacích na lince“ a „ohodnocení systémových přípojových vazeb na lince v logicky vymezeném úseku“²⁹.

Nyní je již možné provést samotný optimalizační výpočet v nástroji Xpress, zdrojový kód je na obrázku 31 na následující straně.

Jednotlivé entity zdrojového kódu v modelovacím prostředí programu Xpress lze interpretovat následovně:

- *declarations*
 $n=4$
 $s=5$
 $var=1..n$
B:array(1..n,1..s) of real !optimální výběr pro jednotlivá samostatně řešená kritéria kritéria při dané hranici financí
C:array(1..n,1..s) of real
Z:array(1..s,1..s) of real
deklarace, tj. definování matic **B**, **C** a **Z**, které se v modelu objevují, tudíž se mohou hodnoty z nich objevit i v nástroji Xpress (část výpočtů je provedeno v MS Excel) v části optimalizačního výpočtu;
- *obsazeni_useku:array(var) of real*
deklarace, tj. definování matice obsazení úseku, která vyjadřuje čas obsazení omezujícího úseku jednotlivými uvažovanými linkami;
- *benefit_1:array(var) of real*
benefit_2:array(var) of real
benefit_3:array(var) of real
benefit_4:array(var) of real
benefit_5:array(var) of real
deklarace, tj. definování optimalizačních koeficientů pro jednotlivé linky zvlášť, v podstatě rozpad cenové matice **C** na řádkové matice (vektory);

²⁹ Z výpočtu i vzorců metody STEM se jasně ukazuje, že metoda navyšuje váhy zejména u těch optimalizačních kritérií, kde jsou větší rozdíly mezi hodnotami. Výsledky lze tak do určité míry ovlivnit právě vhodnou volbou kritérií a jejich hodnot, která je zejména věcí lidského činitele.


```

1 model DS_studie_test
2 uses "moxprs"
3
4 declarations
5   n=4
6   s=5
7   var=1..n
8   B:array(1..n,1..s) of real !optimální výběr pro jednotlivá samostatně řešená kritéria kritéria při dané hranici financí
9   C:array(1..n,1..s) of real
10  Z:array(1..s,1..s) of real
11
12  obsazeni_useku:array(var) of real
13  benefit_1:array(var) of real
14  benefit_2:array(var) of real
15  benefit_3:array(var) of real
16  benefit_4:array(var) of real
17  benefit_5:array(var) of real
18
19
20  X:array (var) of mpvar
21  d:mpvar
22 end-declarations
23
24 ! B pro hranici 50 - hodnoty z B nevstupují do výpočtu v nástroji Xpress
25 ! viz excel
26
27 ! C cenová matice - hodnoty z C nevstupují do výpočtu v nástroji Xpress
28 C:=[0.9, 0.8, 0.5, 0.3,
29     1.4, 0.9, 1.5, 2.5,
30     1, 1, 2, 2,
31     11, 7, 9, 11,
32     0.8, 0.87, 0.8, 0.87]
33
34 obsazeni_useku::[8, 9, 20, 20]
35
36 benefit_1::[0.9, 0.8, 0.5, 0.3]
37 benefit_2::[1.4, 0.9, 1.5, 2.5]
38 benefit_3::[1, 1, 2, 2]
39 benefit_4::[11, 7, 9, 10]
40 benefit_5::[0.8, 0.87, 0.8, 0.87]
41
42
43 Q:=50
44
45 sum(i in var) obsazeni_useku(i)*X(i)<=Q
46
47 0.538*(2.2-(sum(i in var) benefit_1(i)*X(i)))<=d
48 0.233*(5.4-(sum(i in var) benefit_2(i)*X(i)))<=d
49 0.167*(5-(sum(i in var) benefit_3(i)*X(i)))<=d
50 0.019*(30-(sum(i in var) benefit_4(i)*X(i)))<=d
51 0.044*(2.54-(sum(i in var) benefit_5(i)*X(i)))<=d
52 forall (i in var) X(i)is_binary
53 d>=0
54
55 minimize(d)
56 celkove_obsazeni:=sum (i in var)obsazeni_useku(i)*X(i)
57
58 writeln("Hodnota d je:",getobjval)
59 forall (i in var) writeln ("X(",i,")=", getsol(X(i)))
60 writeln("Konec modelu")
61
62 end-model

```

43:8 Mosel Spaces: 2

```

DS_studie_mod
Stop [refresh] Command: DS_studie_model_T160.mos Runner: Mosel CWD ENV
2001-2019. All rights reserved
Compiling DS_studie_model_T160.mos to out\DS_studie_model_T160.bim with -G
Running model
Debug session efcbb535c0e11273d3cdc48c1305b26 started
Hodnota d je:0.167
X(1)=1
X(2)=1
X(3)=0
X(4)=1
Konec modelu
The model is suspended after execution

```

Zdroj: vlastní

Obrázek 31: Model v prostřední programu Xpress – var. základní

- X:array (var) of mpvar*
d:mpvar
end-declarations

deklarace, tj. definice výpočtové proměnné $X(n)$ pro jednotlivé linky (bude nabývat hodnot 0/1) a dále hodnoty d , která dle nabyté hodnoty stanoví, zda došlo ke stanovení kompromisního řešení či globálního optima; ukončení oddílu s deklaracemi proměnných;
- ! B pro hranici 50 - hodnoty z B nevstupují do výpočtu v nástroji Xpress*
! viz excel
! C cenová matice - hodnoty z C nevstupují do výpočtu v nástroji Xpress

upozornění, že hodnoty matic B a C , pokud jsou v modelu zadány, přímo z těchto matic v nástroji Xpress nevstupují v tomto prostředí do výpočtu; operace s těmito maticemi za účelem získání matice Z a další vybrané výpočty byly provedeny v MS Excel (viz výše);
- C::[0.9, 0.8, 0.5, 0.3,*
1.4, 0.9, 1.5, 2.5,
1, 1, 2, 2,
11, 7, 9, 11,
0.8, 0.87, 0.8, 0.87]

podoba cenové matice pro konkrétní případ; z řádků cenové matice budou vytvořeny řádkové matice *benefit_X* pro definování optimalizačních koeficientů pro jednotlivé linky;
- obsazeni_useku::[8, 9, 20, 20]*

jedná se již o konkrétní hodnoty obsazení omezujícího úseku za dvouhodinové výpočtové období jednotlivými segmenty v minutách pro jeden směr;
- benefit_1::[0.9, 0.8, 0.5, 0.3]*
benefit_2::[1.4, 0.9, 1.5, 2.5]
benefit_3::[1, 1, 2, 2]
benefit_4::[11, 7, 9, 10]
benefit_5::[0.8, 0.87, 0.8, 0.87]

definování konkrétních optimalizačních koeficientů pro jednotlivé linky;
- Q:=50*

stanovení maximální doby obsazení úseku v minutách za dané výpočtové období (120 minut) pro jeden směr;
- sum(i in var) obsazeni_useku(i)*X(i)<=Q*

stanovení optimalizační podmínky; definuje, že u vybraných linek nebude při jejich výběru překročen parametr Q ;

- $0.538*(2.2-(\text{sum}(i \text{ in var } \text{benefit_1}(i)*X(i)))\leq d$
 $0.233*(5.4-(\text{sum}(i \text{ in var } \text{benefit_2}(i)*X(i)))\leq d$
 $0.167*(5-(\text{sum}(i \text{ in var } \text{benefit_3}(i)*X(i)))\leq d$
 $0.019*(30-(\text{sum}(i \text{ in var } \text{benefit_4}(i)*X(i)))\leq d$
 $0.044*(2.54-(\text{sum}(i \text{ in var } \text{benefit_5}(i)*X(i)))\leq d$

jednotlivé rovnice modelu; u každého optimalizačního kritéria mu je přiřazena příslušná váha a sestavena příslušná rovnice s využitím maximálních hodnot pro dané optimalizační kritérium z matice **Z** (výpočet v MS Excel, viz výše);

- *forall (i in var) X(i)is_binary*
 $d \geq 0$

stanovení konkrétní hodnoty pro výsledné hodnoty $X(n)$ – zde požadavek na binární výstup a dále stanovení podmínky pro hodnotu d ;

- *minimize(d)*
 $\text{celkove_obsazeni} := \text{sum}(i \text{ in var } \text{obsazeni_useku}(i)*X(i)$

požadavek na minimalizaci hodnoty d při provádění optimalizaci a formulace pro výpočet celkového obsazení omezujícího úseku;

- *writeln("Hodnota d je:",getobjval)*
forall (i in var) writeln ("X(",i,")=", getsol(X(i)))
writeln("Konec modelu")

konkrétní výstupy modelu; na konci modelu dojde k vypsání hodnoty d , aby bylo možné řešitelem stanovit, zda došlo k nalezení kompromisního řešení či globálního optima; dále budou stanoveny binární hodnoty (0 nebo 1) pro jednotlivé linky a následně bude vypsána zpráva „Konec modelu“.

Výpočet byl proveden s následujícím výsledkem:

$$\begin{aligned} x(1) &= 1 \\ x(2) &= 1 \\ x(3) &= 0 \\ x(4) &= 1 \end{aligned}$$

Pro výpočet byly linky seřazeny i nadále v logickém pořadí (R = 1, Sp = 2, Os č. 1 = 3, Os. č. 2 = 4), výsledek s hodnotou jedna indikuje pozitivní stav (umístění linky na trať), výsledek s hodnotou nula indikuje negativní stav (neumístění linky na trať)

Lineární optimalizace byla provedena s výsledkem, že na trati by měly být provozovány linky R, Sp a Os 2. Tato kombinace se dle metody STEM jeví jako nejúčelnější.

Hodnota koeficientu d v této kalkulaci dosáhla 0,167³⁰, což znamená, že bylo nalezeno kompromisní řešení, nikoli globální optimum. Z pohledu provozu na této trati je výsledek dosažený modelem účelný.

Z pohledu přepravených počtů cestujících v celých provozních úsecích těchto linek bylo dosaženo provozu linek, jejichž výběr sice negeneruje nejvyšší možný dosažený počet cestujících, nicméně je však patrná právě komplexnost modelu tím, že byla vyřazena z výběru linka Os č. 1, která v omezujícím úseku má třetí nejnižší počet cestujících a z hlediska návazností má třetí nejnižší ohodnocení. Zároveň patří mezi méně konkurenceschopné vzhledem k IAD. Tudíž z tohoto případu je jasně patrné, že metoda široce zohlednila všechny parametry a dosažené kompromisní řešení může být přijatelné.

Pokud bychom umístili linku Sp mezi trasy ostatních vlaků v systému GVD jednokolejné trati (dnes není tento segment na trati cestujícím nabízen), v případě, že by byly ponechány časové polohy stávajících tras osobních vlaků a rychlíků (jako linky R a Os č. 2 prodloužená do Nýřan), nástin vedení vlaků zobrazuje obrázek 33 na následující straně (funkční bude za předpokladu, že nepojedou znázorněné manipulační vlaky).

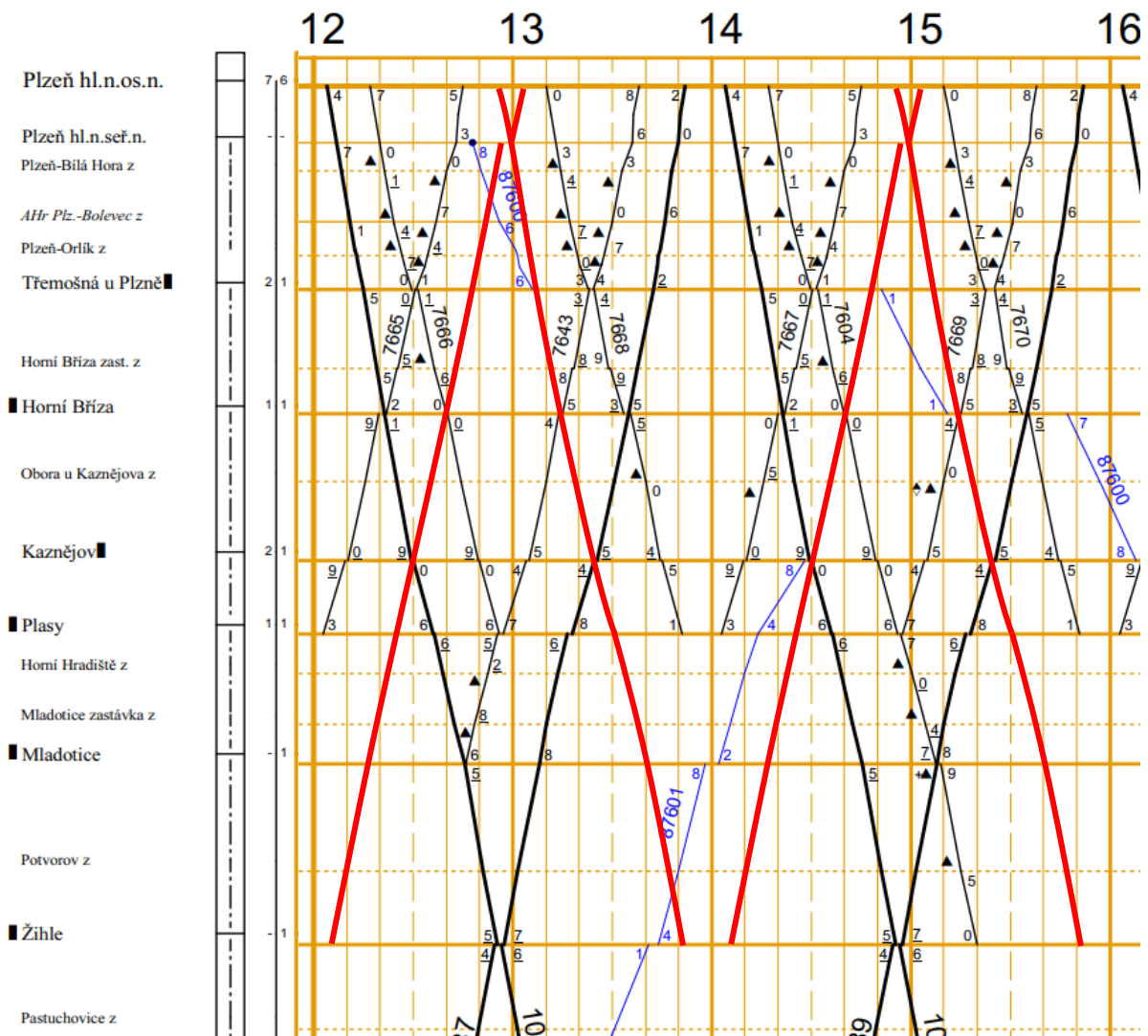
Obrázek 32 dokazuje poměrně snadnou možnost průvozu vlaků linky Sp již ve stávajícím stavu GVD. Vlaky této linky by musely vzájemně křížovat v obvodu seřadovacího nádraží plzeňského hlavního nádraží, čímž by byly zapojeny do uzlu Plzeň těsně před celou hodinou (na odjezdu), resp. těsně po celé hodině (na odjezdu). S osobním vlakem linky Os č. 2 by docházelo ke křížování v železniční stanici Horní Bříza a s rychlíkem linky R ve stanici Kaznějov.

V případě omezujícího úseku Horní Bříza – Kaznějov lze dedukovat:

- úsek je nepřetržitě obsazen se zohledněním min. půlminuty na stavění a rušení vlakových cest v každé sudé hodině od 10. do 50. minuty,
- úsek je nepřetržitě obsazen se zohledněním min. půlminuty na stavění a rušení vlakových cest v každé liché hodině od 4,5. do 45. minuty.

Stupeň obsazení tohoto úseku tak dosahuje téměř 0,7, přičemž v případě této hodnoty se dle směrnice SM 124 pro čtyřhodinového výpočetního období jedná již o hodnotu na hranici optimálního stupně obsazení (typ provozu B). Takto zkonstruované trasy se tak pohybují na hranici vyhovující a rizikové úrovně kvality provozu. Pokud bychom volili výpočetní období delší (zejm. uvažíme-li, že špičkové období může být delší než pouhé 4 hodiny), pak je úroveň kvality provozu již riziková.

³⁰ Hodnota d by musela vyjít nulová, aby bylo dosaženo optima globálního, nikoli pouze kompromisního řešení.



Zdroj: Správa železnic a vlastní zpracování, [28]

Obrázek 32: Možnost vložení tras vlaků kategorie Sp do stávajícího rastru GVD

8.2 Zkouška citlivosti metody STEM na změny parametrů v počtech cestujících

Po provedení základního výpočtu byla provedena zkouška citlivosti metody STEM při změně vybraných hodnoticích kritérií, zde především při změnách počtu cestujících [35].

Změna byla provedena na segmentu spěšných vlaků, které dnes nejsou na trati 160 vůbec pravidelně provozovány v žádném z jejích úseků, ale pro rychlé a četnější napojení severního Plzeňska na krajské město Plzeň je ke zvážení tyto vlaky provozovat. Cílem testu bylo pokusit se stanovit, od zhruba jaké hranice cestujících je tyto vlaky vhodné vést na úkor jiných segmentů osobní dopravy (zde tedy konkrétně segmentu Os č. 1, který nebyl umístěn na trať ve výpočtu metodou STEM pro základní variantu). Trať 160 ve své stávající podobě je k tomuto výpočtu ideální, jelikož není schopna pojmout všechny na ní kladené

požadavky tras, což bylo pro využití metody STEM modifikované na tento problém určující.

Pro zkoušku citlivosti je využito výsledku základního testu, který na trať umístil segmenty R, Sp a Os č. 2, přičemž této skutečnosti se věnuje celá předchozí kapitola. Při nastavení původních parametrů počtů cestujících tak spěšné vlaky byly určeny jako celospolečensky přínosné k jejich provozování. Hranice jejich efektivity provozu (co se počtů cestujících týče) je tak nižší, než byla zvolena v základním testu (zde se jednalo o 800 cestujících denně v omezujícím úseku a 900 cestujících denně za celou linku). Tyto hodnoty se musejí tedy logicky ponížít, aby bylo přínosnější místo spěšných vlaků linky Sp provozovat osobní vlaky linky Os č. 1. Tyto počty cestujících reprezentuje tabulka 20, přičemž výpočet je kalkulován jako varianta A.

Tabulka 20: Počty cestujících modelových linek – var. A

linka	počet cestujících v omezujícím úseku [tis. cestujících/24 hodin]	počet cestujících v rámci celé linky [tis. cestujících/24 hodin]
R	0,9	1,4
Sp	0,7	0,8
Os č. 1	0,5	1,5
Os č. 2	0,3	2,5

Zdroj: vlastní

Z hodnoty optimalizačních kritérií je nyní možné sestavit cenovou matici C_A pro výpočet ve variantě A:

$$C_A = \begin{pmatrix} 0,9 & 0,7 & 0,5 & 0,3 \\ 1,4 & 0,8 & 1,5 & 2,5 \\ 1 & 1 & 2 & 2 \\ 11 & 7 & 9 & 10 \\ 0,8 & 0,87 & 0,8 & 0,87 \end{pmatrix}$$

V nástroji Xpress je opět možné vyhledat, které linky by na trať byly umístěny, pokud by se uplatnilo vždy pouze jedno z optimalizačních kritérií. Tím získáme pomocnou matici B_A :

$$B_A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Pokud bychom pro umístování linek na infrastrukturu použili vždy jediné optimalizační kritérium, pak nejlépe by si opět vedla linka Os č. 1 (ta by byla umístěna na síť patrně ve všech případech), nejhůře pak linka Sp (ta by byla umístěna na síť patrně pouze ve dvou z pěti případů).

Matice Z_A hodnot optimalizačních kritérií pro optimalizaci pro jednotlivá optimalizační kritéria má následující tvar:

$$Z_A = \begin{pmatrix} 2,1 & 1,7 & 1,7 & 1,7 & 1,5 \\ 3,7 & 5,4 & 5,4 & 5,4 & 4,8 \\ 4 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 27 & 30 & 30 & 30 & 26 \\ 2,47 & 2,47 & 2,47 & 2,47 & 2,54 \end{pmatrix}$$

Z rovnice (6) byla hodnota α stanovena na 2,473.

Všechny získané hodnoty již umožní stanovení vah optimalizačních kritérií w_i , které získáme ze vzorce (5). Vypočtené hodnoty vah optimalizačních kritérií shrnuje tabulka 21.

Tabulka 21: Váha jednotlivých optimalizačních kritérií stanovených metodou STEM – test ve variantě A

kritérium	váha stanovená metodou STEM
denní předpokládaný průměrný počet cestujících v omezujícím úseku	0,552
denní předpokládaný průměrný počet cestujících v rámci celé linky	0,234
využití traťové rychlosti v logicky ohraničeném úseku	0,156
ohodnocení systémových přípojových vazeb na lince v logicky vymezeném úseku	0,018
porovnání cestovních dob IAD a dané linky ve třech nejzatíženějších relacích na lince	0,041

Zdroj: vlastní

Výpočet byl proveden za následujícího výsledku:

$$x(1) = 1$$

$$x(2) = 1$$

$$x(3) = 0$$

$$x(4) = 1$$

I v případě varianty A byl modelem kalkulován výsledek linkového vedení jako kompromisní řešení, nikoli globální optimum. Výpočtem je získán výsledek, podle kterého jsou na infrastrukturu opět umístěny segmenty R, Sp a Os č. 1 jako v základním výpočtu.

Z výše uvedeného plyne, že stále nedošlo ke změně, od které bude upřednostněna jiná linka. Ponížení předpokládané hodnoty cestujících v optimalizačních kritériích denního počtu cestujících na logickém úseku linky a v omezujícím úseku není signifikantní natolik, aby došlo ke změně celkového výsledku. Byl tak proveden třetí test ve variantě B, přičemž počty cestujících ve spěšných vlacích byly sníženy o dalších sto cestujících denně. Vstupní počty cestujících varianty B shrnuje tabulka 22.

Tabulka 22: Počty cestujících modelových linek – var. B

linka	počet cestujících v omezujícím úseku [tis. cestujících/24 hodin]	počet cestujících v rámci celé linky [tis. cestujících/24 hodin]
R	0,9	1,4
Sp	0,6	0,7
Os č. 1	0,5	1,5
Os č. 2	0,3	2,5

Zdroj: vlastní

Z hodnoty optimalizačních kritérií je nyní možné stanovit cenovou matici C_B pro kalkulaci ve variantě B:

$$C_B = \begin{pmatrix} 0,9 & 0,6 & 0,5 & 0,3 \\ 1,4 & 0,7 & 1,5 & 2,5 \\ 1 & 1 & 2 & 2 \\ 11 & 7 & 9 & 10 \\ 0,8 & 0,87 & 0,8 & 0,87 \end{pmatrix}$$

V nástroji Xpress je znovu možné vypočítat, které linky by na trať byly umístěny, pokud by se uplatnilo vždy pouze jedno z optimalizačních kritérií. Tím se stanoví pomocnou matici B_B :

$$B_B = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Situace i v tomto případě je shodná jako u matice B ve výpočtu základním a u matice B_A pro kalkulaci ve variantě A.

Matice Z_B hodnot optimalizačních kritérií pro optimalizaci pro jednotlivá optimalizační kritéria má následující tvar:

$$Z_A = \begin{pmatrix} 2,0 & 1,7 & 1,7 & 1,7 & 1,4 \\ 3,6 & 5,4 & 5,4 & 5,4 & 4,7 \\ 4 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 27 & 30 & 30 & 30 & 26 \\ 2,47 & 2,47 & 2,47 & 2,47 & 2,54 \end{pmatrix}$$

Z rovnice (6) byla hodnota α stanovena na 2,316.

Všechny získané hodnoty již umožní stanovení vah optimalizačních kritérií w_i , které získáme ze vzorce (5) Vypočtené hodnoty vah optimalizačních kritérií shrnuje tabulka 23.

Tabulka 23: Váha jednotlivých optimalizačních kritérií stanovených metodou STEM – var. B

kritérium	váha stanovená metodou STEM
denní předpokládaný průměrný počet cestujících v omezujícím úseku	0,565
denní předpokládaný průměrný počet cestujících v rámci celé linky	0,233
využití traťové rychlosti v logicky ohraničeném úseku	0,146
ohodnocení systémových přípojových vazeb na lince v logicky vymezeném úseku	0,016
porovnání cestovních dob IAD a dané linky ve třech nejzatíženějších relacích na lince	0,038

Zdroj: vlastní

Výpočet byl proveden za následujícího výsledku:

$$x(1) = 1$$

$$x(2) = 0$$

$$x(3) = 1$$

$$x(4) = 1$$

V případě varianty B již došlo k finální kalkulaci, kdy preferovány k přidělení kapacity dopravní cesty jsou linky **R**, **Os. č. 1** a **Os. č. 2**.

Hodnota d dosáhla 0,1695, opět se jedná o kompromisní řešení. Kalkulací tak bylo dosaženo výsledku, že indikátorem ke spuštění provozu spěšných vlaků místo segmentu Os. č. 1 je hodnota mezi 600 až 700 cestujícími denně v omezujícím úseku Kaznějov – Horní Bříza a 700 až 800 cestujícími denně na celé lince spěšných vlaků s tím, že uvažujeme, že počty cestujících na ostatních linkách jsou stabilní a nemění se. Při takto málo významných změnách však došlo i k minimálním změnám vah jednotlivých hodnoticích kritérií (viz následující kapitola), což je velmi pozitivní zjištění v tom, že modifikovaná metoda je i velmi dobře prakticky využitelná, jelikož váhy hodnoticích kritérií při drobných změnách výrazně nekolísají.

Obrázek 33 pak znázorňuje okno z testu pro variantu B (výřez koncové části modelu) v programovém prostředí Xpress, při kterém došlo ke změně v množině výběru linek, které byly umístěny na infrastrukturu.

```

33
34   obsazeni_useku::[8, 9, 20, 20]
35
36   benefit_1::[0.9, 0.6, 0.5, 0.3]
37   benefit_2::[1.4, 0.7, 1.5, 2.5]
38   benefit_3::[1, 1, 2, 2]
39   benefit_4::[11, 7, 9, 10]
40   benefit_5::[0.8, 0.87, 0.8, 0.87]
41
42
43   Q:=50
44
45   sum(i in var) obsazeni_useku(i)*X(i)<=Q
46
47   0.565*(2-(sum(i in var) benefit_1(i)*X(i)))<=d
48   0.233*(5.4-(sum(i in var) benefit_2(i)*X(i)))<=d
49   0.146*(5-(sum(i in var) benefit_3(i)*X(i)))<=d
50   0.016*(30-(sum(i in var) benefit_4(i)*X(i)))<=d
51   0.033*(2.54-(sum(i in var) benefit_5(i)*X(i)))<=d
52   forall (i in var) X(i)is_binary
53   d>=0
54
55   minimize(d)
56   celkove_obsazeni:=sum (i in var)obsazeni_useku(i)*X(i)
57
58   writeln("Hodnota d je:",getobjval)
59   forall (i in var) writeln ("X(",i,")=", getsol(X(i)))
60   writeln("Konec modelu")
61
62   end-model
63
51:8 Mosel Spaces: 2

```

```

(c) Copyright Fair Isaac Corporation 2001-2020. All rights reserved
Compiling DS_studie_model_T160_0B.mos to out\DS_studie_model_T160_0B.bin with -g
Running model
Hodnota d je:0.1695
X(1)=1
X(2)=0
X(3)=1
X(4)=1
Konec modelu
Process exited with code: 0

```

Zdroj: vlastní

Obrázek 33: Výpočet v prostředí Xpress – var. B

8.3 Srovnání hodnot optimalizačních kritérií pro jednotlivé varianty výpočtu

V rámci této kapitoly jsou srovnány váhy optimalizačních kritérií, které byly určeny metodou STEM pro jednotlivé varianty výpočtů, tj. variantu základní, variantu A a variantu B. Tato kritéria jsou reprezentována v tabulce 24.

Tabulka 24: Porovnání vah kritérií stanovených metodou STEM pro jednotlivé kalkulované varianty

kritérium	váha stanovená metodou STEM		
	var. základ	var. A	var. B
denní předpokládaný průměrný počet cestujících v omezujícím úseku	0,538	0,552	0,565
denní předpokládaný průměrný počet cestujících v rámci celé linky	0,233	0,234	0,233
využití traťové rychlosti v logicky ohraničeném úseku	0,167	0,156	0,146
ohodnocení systémových přípojových vazeb na lince v logicky vymezeném úseku	0,019	0,018	0,016
porovnání cestovních dob IAD a dané linky ve třech nejzatíženějších relacích na lince	0,044	0,041	0,038

Zdroj: vlastní

Pro jednotlivé varianty výpočtu je možné tvrdit, že váhy optimalizačních kritérií se pro jednotlivé varianty výpočtu významně neliší. Konkrétně:

- váha optimalizačního kritéria „denní předpokládaný průměrný počet cestujících v omezujícím úseku“ se pohybuje mezi 53,8 % až 56,5 %, přičemž u varianty B dosahuje hodnoty nejvyšší,
- váha optimalizačního kritéria „denní předpokládaný průměrný počet cestujících v rámci celé linky“ zůstává prakticky stabilní na hodnotě 23,3 %, resp. 23,4 %,
- váha optimalizačního kritéria „využití traťové rychlosti v logicky ohraničeném úseku“ mezi 14,6 % až 16,7 %, přičemž u varianty základní dosahuje hodnoty nejvyšší,
- váha optimalizačního kritéria „ohodnocení systémových přípojových vazeb na lince v logicky vymezeném úseku“ se pohybuje mezi 1,6 % až 1,9 %, nejvyšší hodnoty je dosaženo ve variantě základní,
- váha optimalizačního kritéria „porovnání cestovních dob IAD a dané linky ve třech nejzatíženějších relacích na lince“ mezi 3,8 % až 4,4 %, přičemž u varianty základní dosahuje hodnoty nejvyšší.

Z tabulky 21 a slovního komentáře k výpočtu hodnot vah optimalizačních kritérií jednoznačně vyplývá, že při nevýznamných změnách ve vstupních hodnotách je metoda STEM v principu velmi konzistentní, přičemž nedochází ke skokovým změnám vah těchto kritérií. Z tohoto pohledu je tak tato metoda velmi spolehlivá a jejího uživatele v takovémto případě nezaskočí skokovými změnami vah optimalizačních kritérií.

Dále je možné zmínit, že v žádné z variant (varianta základní, varianta A a varianta B) nedošlo k nalezení globálního optima, ale vždy vhodného kompromisního řešení při sledování daných hodnot optimalizačních kritérií. Z této skutečnosti jasně vyplývá, že se již nejedná o zcela elementární úlohu, kdy metoda STEM by jasně stanovila globální optimum, ale dané kalkulace jsou již provedeny s určitou mírou složitosti, jelikož jednoznačně není možné stanovit právě optimum globální. Toto poměrně jasně dokazuje i komplexnost řešené problematiky.

9 Závěr

Disertační práce na téma „Optimální kooperace jednotlivých segmentů osobní kolejové dopravy“ přináší možný pohled na tuto v odborných kruzích velmi živě diskutovanou problematiku.

Disertační práce byla rozdělena na tři základní části:

- analytická část,
- expertní dotazník,
- návrhová část.

V rámci analytické části jsou detailně rozebrány podklady různé povahy týkající se přidělování kapacity železniční dopravní cesty, problematiky přetížené infrastruktury a veřejných služeb v přepravě cestujících. Jedná se zejména o materiály legislativní povahy (zákony, vyhlášky, předpisy, směrnice apod.) a dále o publikace akademických pracovníků vysokých škol zabývajících se tímto tématem, a to jak českých, tak zahraničních. Celkově se tak nejedná o zkušenosti a výzkum pouze český, ale jsou zmíněny i případy zejména z Německa, Rakouska a Švýcarska. Teoretické případy jsou doplněny konkrétními praktickými ukázkami vybraného fungování principů ve vyjmenovaných oblastech.

Expertní dotazník poskytuje ucelený pohled téměř třiceti specialistů v oboru z různých společností a organizací zaměřených na problematiku přidělování kapacity železniční dopravní cesty a kooperaci jednotlivých segmentů veřejné hromadné dopravy s důrazem zejména na kolejovou dopravu. Toto dotazníkové šetření významně posloužilo jako verifikace významnosti vstupů pro zpracovaný model. Jako příloha č.1 této disertační práce je k dispozici jeho zevrubné vyhodnocení.

Návrhová část je těžištěm disertační práce. Modifikovaná metoda STEM na danou problematiku je zde využita pro vytvoření modelu hospodárného využití kapacity železniční dopravní cesty. Základní teze modelu vychází z premisy, že může v případě vícero požadavků na vedení spojů osobní přepravy vzniknout taková situace, v jejímž důsledku není možné s ohledem na kapacitu infrastruktury uspokojit všechny požadavky (tj. přidělit všechny poptávané trasy). V takovémto případě je tak potřeba rozhodnout, které trasy přidělit, aby celkové benefity byly maximalizovány. V rámci disertační práce je tak sestaven model, v němž jsou stanovena jasná optimalizační kritéria, která jsou požadavkům na jednotlivé trasy přiřazena a následně stanovena, přičemž model jednoznačně určí, které trasy by na daný úsek měly být umístěny.

Následně je modifikovaná metoda STEM aplikována na konkrétní případ na trati 160 v úseku Plzeň – Žihle. Jako požadavek je zde vést čtyři druhy vlaků, a to linky kategorií R, Sp a Os. č. 1 a Os č. 2. S ohledem na jednokolejnost této železniční trati a omezený počet dopraven s kolejovým rozvětvením není možné všechny tyto linky v definovaných intervalech na tuto trať umístit, tudíž pomocí modifikované metody STEM je vyhledáno možné řešení s co největším přínosem.

V prvním kroku jsou na trať 160 umístěny linky R, Sp, Os č. 2. Disertační práce pokračuje dalšími výpočty, ve kterých jsou snižovány predikované počty cestujících v lince Sp tak, aby na infrastrukturu byla místo ní umístěna linka Os č. 1.

Aplikace metody STEM je výhodná i z toho důvodu, že pro stanovení vah optimalizačních kritérií není potřeba dotazovat se expertního týmu. Na základě definovaného výpočtu těchto kritérií metoda sama stanoví hodnoty jejich vah. Vzhledem k tomu, že v rámci disertační práce jsou představeny tři výpočty, u nichž je možné tvrdit, že při minimálních změnách hodnot optimalizačních kritérií nedochází ke skokovým změnám vah, tudíž při provádění malých změn hodnot optimalizačních kritérií je metoda v zásadě stabilní. To ji předurčuje pro možné použití v praxi.

V závěru je vhodné zhodnotit splnění cílů stanovených v úvodu disertační práce:

- analýza legislativy, předpisů a výzkumu v oblasti segmentace veřejné hromadné dopravy a vyvození závěrů z těchto materiálů – splněno; součástí disertační práce je rozsáhlá analýza vybrané legislativy, předpisů a vědeckých publikací, a to jak českých, tak zahraničních,
- oslovení expertů za účelem získání odborných názorů na danou problematiku – splněno; v rámci disertační práce byl sestaven expertní dotazník, jehož výsledky posloužily jako přímý vstup pro ověření vhodnosti stanovených optimalizačních kritérií v navrženém rozhodovacím nástroji,
- vytvoření rozhodovacího nástroje, který propojí problematiku přidělování kapacity dráhy a vhodné kooperace jednotlivých segmentů veřejné hromadné dopravy na železnici – splněno; byl vytvořen model hospodárného využití kapacity železniční dopravní cesty využitelný pro případy, kdy požadavky na přidělení kapacity dráhy převyšují možnosti infrastruktury; významným přínosem tohoto modelu je stanovení vlastních hodnotících kritérií, a to včetně ověření jejich smysluplnosti s ohledem na provedené expertní dotazování; přestože je model poměrně komplexní, může být v budoucím výzkumu dále rozvíjen – zatím je dobře využitelný pro nekomplikované jednokolejné tratě, v případě složitější infrastruktury (více Kolejné tratě nebo jednokolejné tratě s velkým počtem dopraven bez kolejového rozvětvení s možností řízení sledu jízdy vlaků) by byl žádoucí jeho další rozvoj,
- aplikace rozhodovacího nástroje na konkrétní trati a zhodnocení jeho funkčnosti – splněno; model otestován na realistických příkladech v traťovém úseku Plzeň – Žihle včetně různých scénářů a jeho citlivosti v případě změny hodnot vybraných optimalizačních kritérií.

Na závěr je vhodné uvést, že výzkum provedený v disertační práci byl podpořen dvěma granty ve Studentské grantové soutěži ČVUT v Praze, a to konkrétně:

- **SGS18/150/OHK2/2T/16 Technické parametry železniční dopravní cesty pro optimální provozní koncepci (2018–2019),**
- **SGS20/138/OHK2/2T/16 Stanovení a optimální využití parametrů železniční dopravní cesty (2020–2021).**

Výstupy této disertační práce byly publikovány již v rámci více odborných konferencí či periodik a některé z nich byly zařazeny do databáze SCOPUS. Zde se jedná především o článek „The choice restriction model of the mean of transport due to the route capacity“ [33], který byl publikován ve sborníku litevské konference Transport Means 2020.

10 Seznam příloh

Příloha č. 1: Výsledky expertního dotazníku – kapacita železniční dopravní cesty, parametry železničních tratí a hodnocení staveb na železnici

11 Seznam obrázků

Obrázek 1: Segmenty veřejné hromadné dopravy.....	11
Obrázek 2: Přehled všech tratí prohlášených za přetížené, stav leden 2022.....	25
Obrázek 3: Prognóza očekává v roce 2030 přetížení železničních tratí především v oblastech Ženevského jezera, Bernu a Zürichu	27
Obrázek 4: Vztah mezi počtem jízd a předpokládanou kvalitou.....	32
Obrázek 5: Určení typu provozu podle podílu regionální osobní dopravy	32
Obrázek 6: Výřez dopravní koncepce špičkové dvouhodiny v úseku Plzeň – Beroun (stav v únoru 2022)	36
Obrázek 7: Výřez dopravní koncepce špičkové dvouhodiny v úseku Plzeň – Klatovy (stav v únoru 2022).....	38
Obrázek 8: Výřez dopravní koncepce odpolední špičky autobusové linky 440 424 v úseku Plzeň – Klatovy (stav v únoru 2022)	39
Obrázek 9: Výřezy z jízdního řádu v letech 1944 a 2018 v traťovém úseku Regensburg – Schwandorf	42
Obrázek 10: Spojování vlaků v norimberské aglomeraci – relace Nürnberg – Pegnitz – Marktredwitz/Hof/Bayreuth.....	45
Obrázek 11: Spojování vlaků v mnichovské aglomeraci; relace München – Schaftlach – Tegernsee/Lenggries.....	46
Obrázek 12: Poloha trati Wunstorf – Minden na síti DB.....	46
Obrázek 13: Traťové schéma úseku Wunstorf – Minden	47
Obrázek 14: Zřízení nástupiště v žst. Haste umožní předjíždění regionální dopravy po průběžné traťové koleji	47
Obrázek 15: Vložení nových výhybek v žst. Stadthagen	48
Obrázek 16: Zlepšení kolejového uspořádání v žst. Minden	48
Obrázek 17: Zřízení nástupiště v žst. Minden umožní předjíždění regionální dopravy po průběžné traťové koleji.....	49
Obrázek 18: Paralelní propojení tratí umožní zvýšení flexibility v uzlu Minden	49
Obrázek 19: Dělení městských a příměstských kolejových systému dle německé legislativy	52
Obrázek 20: Vlakotramvaj projíždějící Ruppurrer Straße v Karlsruhe.....	53
Obrázek 21: Vývoj počtu cestujících v celém systému městské a příměstské dopravy v Karlsruhe a okolí.....	56
Obrázek 22: Vizualizace proměny libereckého přednádraží v případě realizace systému Regiotram Nisa.....	57
Obrázek 23: Zastoupení odborníků dle sfér jejich působnosti, kteří poskytli odpovědi v rámci expertního dotazníku	59

Obrázek 24: Odpověď na otázku týkající se přednosti dálkové/expresní mezinárodní dopravy před vnitrostátní	62
Obrázek 25: Odpověď na otázku týkající se zohlednění obsazenosti jednotlivých linek cestujícími	64
Obrázek 26 : Odpověď na otázku týkající se zohlednění technických parametrů vozidel v průniku se stavem a parametry infrastruktury	65
Obrázek 27 : Odpověď na otázku týkající se vzájemného ovlivnění regionální a dálkové dopravy při konstrukci tras.....	69
Obrázek 28: Výřez trati 160 z mapy zaměřené na počty traťových kolejí a druhy trakčních soustav	81
Obrázek 29 : Výřez nákrešného jízdního řádu trati Plzeň – Žihle (GVD 2020/21)	84
Obrázek 30 : Grafika obvyklých dob obsazení mezistaničních úseků jednotlivými kategoriemi vlaků v úseku Plzeň – Plasy.....	86
Obrázek 31: Model v prostřední programu Xpress – var. základní	96
Obrázek 32: Možnost vložení tras vlaků kategorie Sp do stávajícího rastru GVD	100
Obrázek 33: Výpočet v prostředí Xpress – var. B	105

12 Seznam tabulek

Tabulka 1: Základní přehled metod, včetně hodnotících ukazatelů kapacity využitých v rámci směrnice SM124.....	30
Tabulka 2: Vztah mezi mírou zatížení, předpokládanou kvalitou a hodnotou ukazatelů kapacity.....	31
Tabulka 3: Hodnoty optimálního stupně obsazení dle SM 124.....	34
Tabulka 4: Hodnoty kritického stupně obsazení dle SM 124.....	34
Tabulka 5: Zhodnocení předpokládaného dopadu infrastrukturních opatření.	51
Tabulka 6: Zhodnocení předpokládaného dopadu provozních opatření.....	51
Tabulka 7: Klasifikační tabulka systémů lehkých kolejových systémů	54
Tabulka 8: Vývoj délky sítě s dvousystémovým provozem v Karlsruhe a okolí.	55
Tabulka 9: Úseky výstavby nových tramvajových tratí na území města Prahy včetně stanovených hodnotících kritérií	74
Tabulka 10: Vybrané projekty realizace výstavby tramvajových tratí na území města Prahy dle stanovených objemů financí	75
Tabulka 11: Stanovení hodnotících kritérií pro jednotlivé úseky RS	76
Tabulka 12: Obvyklé doby obsazení mezistaničních úseků jednotlivými kategoriemi vlaků na v úseku Plzeň – Plasy	86
Tabulka 13: Počet cestujících v omezujícím úseku a celých linek z období 24 hodin u předmětných linek.....	87
Tabulka 14: Využití traťové rychlosti v logicky ohraničeném úseku modelovými linkami.....	88
Tabulka 15: Ohodnocení přestupních vazeb modelových linek v jednotlivých uzlech	90
Tabulka 16: Ohodnocení přestupních vazeb modelových linek v jednotlivých uzlech	91
Tabulka 17: Porovnání cestovní doby IAD s dané linky na třech nejvytíženějších relacích.....	92
Tabulka 18: Porovnání cestovní doby IAD a dané linky na třech nejvytíženějších relacích – vstupní relace a data.....	92
Tabulka 19: Váha jednotlivých optimalizačních kritérií stanovených metodou STEM – varianta základní.....	94
Tabulka 20: Počty cestujících modelových linek – var. A.....	101
Tabulka 21: Váha jednotlivých optimalizačních kritérií stanovených metodou STEM – test ve variantě A	102
Tabulka 22: Počty cestujících modelových linek – var. B.....	103

Tabulka 23: Váha jednotlivých optimalizačních kritérií stanovených metodou STEM – var. B	104
Tabulka 24: Porovnání vah kritérií stanovených metodou STEM pro jednotlivé kalkulované varianty	105

13 Seznam literatury

- [1] BAUDYŠ, Karel. *Časové prvky JŘ. Systémové jízdní doby: Technologie železniční dopravy*. Praha, 2014.
- [2] BAUDYŠ, Karel. *Kapacita z pohledu UIC – zkušenosti ze zahraničí. Systémové jízdní doby: Technologie železniční dopravy*. Praha, 2014.
- [3] BAUDYŠ, Karel. *Koncepce v železniční osobní dopravě: Technologie železniční dopravy*. Praha, 2014.
- [4] *Die DB Netz AG hat bisher 22 Schienenwege als überlastet erklärt* [online]. Frankfurt am Main: DB Netz, 2022 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://fahrweg.dbnetze.com/resource/blob/4816508/e26bd54ecfd361a245e9b95852ad6e67/Sachstand-UeLS-Strecken-data.pdf>
- [5] *Eisenbahngesetz 1957. :Fassung vom 22.12.2020* [online]. Wien: Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort, 2022 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10011302&FassungVom=2020-12-22>
- [6] *Eisenbahnregulierungsgesetz (ERegG)* [online]. Berlin: Bundesrepublik Deutschland, 2022 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.gesetze-im-internet.de/eregg/BJNR208210016.html>
- [7] *Eisenbahn-Netzzugangsverordnung (NZV)* [online]. Bern: Bundeskanzlei, 2022 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1999/142/de>
- [8] *EUR-Lex. Přístup k právu Evropské unie: Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1370/2007* [online]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016 [cit. 2022-05-29]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A02007R1370-20171224>
- [9] *Fakten und Argumente zum öV Schweiz* [online]. Bern: Verband öffentlicher Verkehr, 2019 [cit. 2019-09-15]. Dostupné z: <https://www.voev.ch/de/Service/Publikationen/VoeV-Schriften/Fakten-und-Argumente-zum-oeV-Schweiz>
- [10] GAŠPAŘÍK, Jozef a Jiří KOLÁŘ. *Železniční doprava – technologie, řízení, grafikony a dalších 100 zajímavostí*. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0058-3.
- [11] GERT, Heister, Jörg KUHNKE, Roswitha POMP, Thorsten SCHAER, Thomas SCHILL, Stephan SCHMIDT, Norbert WAGNER a Wolfgang WEBER. *Eisenbahnbetriebstechnologie*. Berlin: BFV Bahnfachverlag, 2006. ISBN 978-3-9808002-2-8.

- [12] GIBSON, S. Allocation of capacity in the rail industry. Utilities Policy [online]. 2003. vol. 11. issue 1. s. 39-42 [cit. 2022-05-29]. DOI: 10.1016/S0957-1787(02)00055-3. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0957178702000553>
- [13] HUDEC, Zdeněk. Atlas drah České republiky 2006-2007. 2. vyd. Praha: Dopravní vydavatelství Malkus, 2006. ISBN:80-87047-00-1.
- [14] IDOS-VJŘ. Vývěsné jízdní řády: Jízdní řády veřejné linkové osobní dopravy [online]. Brno: CHAPS, 2022 [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <http://portal.idos.cz/Search.aspx?c=7&mi=2>
- [15] JANDOVÁ, Monika a Zdeněk TOMEŠ. Přístupy k liberalizaci osobní železniční dopravy v ČR. ACTA OECONOMICA PRAGENSIA. 2016, 24(01), 14.
- [16] Jízdní řád - www.spravazeleznice.cz [online]. Správa železnic, státní organizace. Generální ředitelství [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznice.cz/cestujici/jizdni-rad>
- [17] KUBÁT, Bohumil. *Městská a příměstská kolejová doprava*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2010. ISBN 978-80-7357-539-7.
- [18] KŘÍŽ, Milan. *Propustná výkonnost tratí a uzlů z pohledu SŽDC: Technologie železniční dopravy*. Praha, 2014
- [19] *Kursbuch der Deutschen Bahn* [online]. Frankfurt am Main: DB Vertrieb, 2022 [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <http://kursbuch.bahn.de/hafas/kbview.exe>
- [20] LADEMANN, Frank a Reinhard MEINUS. Pragmatische Fahrzeitverbesserungen zwischen Bayern und Tschechien. *EI - Eisenbahningenieur*. 5-6/2016.
- [21] MLÁDEK, Štěpán. *Analýza přetížených úseků v zahraničí a vybrané příklady*. ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů. Praha, 2021.
- [22] *Network Statement 2021* [online]. Bern: SBB, 2020 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://company.sbb.ch/content/dam/internet/corporate/en/sbb-als-geschaeftpartner/flotte-unterhalt/onestopshop/Network-Statement-2021-2-0.pdf.sbbdownload.pdf>
- [23] NILSSON, J-E. Allocation of track capacity. International Journal of Industrial Organization [online]. 1999. vol. 17. issue 8. s. 1139-1162 [cit. 2022-05-29]. DOI: 10.1016/S0167-7187(99)00016-8. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167718799000168>
- [24] *Odlezeleské jezero je evropský unikát. Za sedmdesát let ale zmizí* [online]. Praha: Český rozhlas, 2022 [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://radiozurnal.rozhlas.cz/odlezelske-jezero-je-evropsky-unikat-za-sedmdesat-let-ale-zmizi-6282623>

- [25] *Plán dopravní obsluhy území vlaky celostátní dopravy* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 2022 [cit. 2022-05-29]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Verejna-doprava/Financni-ucast-statu/Plan-dopravni-obsluhy-uzemi-vlak-y-celostatni-dopra>
- [26] *Plán dopravní obslužnosti Plzeňského kraje na léta 2022-2026* [online]. Plzeň: Plzeňský kraj, 2021 [cit. 2022-05-29]. Dostupné z: <https://www.plzensky-kraj.cz/plan-dopravni-obs-luznosti-plzenskeho-kraje-na-let>
- [27] *Plan zur Erhöhung der Schienenwegkapazität (PEK) für den als überlastet erklärten Schienenweg Wunstorf – Minden (Strecke 1700)* [online]. Frankfurt am Main: DB Netz, 2020 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: https://fahrweg.dbnetze.com/resource/blob/5564406/831d988d4cadfa2046819e64ed964e2e/pek_strecke_1700-data.pdf
- [28] *Pomůcky GVD (různé GVD)*. Praha: Správa železnic, státní organizace. Generální ředitelství, 2018 – 2022.
- [29] *Prohlášení o dráze celostátní a dráhách regionálních: Platné pro přípravu jízdního řádu 2022 a pro jízdní řád 2022 účinné od 11. 12. 2020*. Praha: Správa železnic, státní organizace. Generální ředitelství, 2020.
- [30] *Provozování dráhy. Portál provozování dráhy: Mapy* [online]. Praha: Správa železnic, státní organizace. Generální ředitelství [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznice.cz/portal/viewarticle.aspx?oid=594598>
- [31] PUKART, Pavel et al. *The assesment of priorities in the construction of new tram lines in Prague by using the multicriterial linear optimization*. Transport Problems 2019, Proceedings. Katowice: Wydział Transportu Politechniki Śląskiej, 2019. p. 281-288. ISBN 978-83-945717-8-8.
- [32] PURKART, Pavel, Jan KRUNTORÁD a Lukáš TÝFA. *The Assessment of Priorities in the Construction of New High-speed Railway Lines in Czech Republic by Using the STEM Method*. IRICoN 2020: High-Speed Lines – The Future of Czech Railways. Praha: Czech Technical University in Prague, 2021. p. 41-44. ISSN 2336-5382. ISBN 978-80-01-06865-6.
- [33] PURKART, P. et al. *The Choice Restriction Model of the Mean of Transport due to the Route Capacity*. Transport Means 2020 - Proceedings of 24th International Scientific Conference. Kaunas: Kaunas University of Technology, 2020. p. 628-633. ISSN 2351-7034.

- [34] PURKART, P. a D. VODÁK. *Výsledky expertního dotazníku – kapacita železniční dopravní cesty, parametry železničních tratí a hodnocení staveb na železnici*. ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů. Praha, 2021.
- [35] PURKART, Pavel. Zkouška citlivosti metody STEM modifikované pro prioritizaci přidělení kapacity dopravní cesty. Sborník příspěvků konference Želva 2021. Praha: CTU. Faculty of Civil Engineering, 2021. p. 52-60. ISBN 978-80-01-06881-6.
- [36] SEIDENGLANZ, Daniel, Tomáš NIGRIN a Jiří DUJKA. Regional Railway Transport in Czech, Austrian and German Decentralised and Regionalised Transport Markets. *REVIEW OF ECONOMIC PERSPECTIVES – NÁRODOHOSPODÁŘSKÝ OBZOR*. 2015, 15(4), 431-450.
- [37] *Schienennetz-Benutzungsbedingungen der DB Netz AG 2021* (SNB 2021) [online]. Frankfurt am Main: DB Netz, 2020 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://fahrweg.dbnetze.com/resource/blob/5294900/9a2cd65f3de760e869448fb2818db741/SNB-2021-data.pdf>
- [38] *SNNB – ÖBB-Infrastruktur AG* [online]. Wien: ÖBB, 2021 [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://infrastruktur.oebb.at/de/geschaeftpartner/schienennetz/snnb>
- [39] *Stadtbahnsysteme: Grundlagen - Technik - Betrieb - Finanzierung = Light rail systems : principles - technology - operation - financing*. Hamburg: DVV Media Group GmbH - Eurailpress, 2014. ISBN 978-3-87154-500-9.
- [40] *SŽ SM124 Zjišťování kapacity dráhy*. Praha: Správa železnic, státní organizace. Generální ředitelství, odbor řízení provozu Praha, 2019.
- [41] TEICHMANN, Dušan a Michal DORDA. Comparison of Two Selected Methods In Evaluating Of Investments in Transport Infrastructure. In: *Finance and Performance of Firms in Science, Education and Practice: proceedings of the 7th International Scientific Conference: April 23-24, 2015, Zlín, Czech Republic*. Zlín: Tomáš Baťa University in Zlín, 2015. s. 1524-1536. ISBN 978-80-7454-482-8.
- [42] *UIC Leaflet 406* [online]. Paris: UIC, 2013 [cit. 2022-05-29]. Dostupné z: https://tamannaiei.iut.ac.ir/sites/tamannaiei.iut.ac.ir/files/files_course/uic406_2013.pdf
- [43] *Zakonyprolidi.cz 266/194 Sb. Zákon o drahách* [online]. Zlín: AION CS, s.r.o. 2010-2022, 2022 [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-266>
- [44] *Zakonyprolidi.cz 194/2010 Sb. Zákon o veřejných službách v přepravě cestujících* [online]. Zlín: AION CS, s.r.o. 2010-2022, 2022 [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-194>