

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta dopravní  
Ústav logistiky a managementu dopravy

**Ing. Michal Drábek**

**PERIODIC FREIGHT TRAIN PATHS IN NETWORK  
PERIODICKÉ TRASY PRO NÁKLADNÍ VLAKY V SÍTI**

Doktorský studijní program Technika a technologie v dopravě a spojích  
Studijní obor Technologie a management v dopravě a telekomunikacích

Teze disertace k získání akademického titulu "doktor", ve zkratce  
"Ph.D."

Praha, duben 2013



Disertační práce byla vypracována v kombinované formě doktorského studia na Ústavu řízení dopravních procesů a logistiky Fakulty dopravní ČVUT v Praze.

Uchazeč: Ing. Michal Drábek  
Ústav řízení dopravních procesů a logistiky  
Horská 3, 128 03 Praha 2

Školitel: Ing. Vít Janoš, Ph.D.  
Ústav řízení dopravních procesů a logistiky  
Fakulta dopravní ČVUT  
Horská 3, 128 03 Praha 2

Oponenti: .....

.....

.....

Teze byly rozeslány dne: .....

Obhajoba disertace se koná dne ..... v ..... hod.  
před komisí pro obhajobu disertační práce ve studijním oboru  
Technologie a management v dopravě a telekomunikacích v zasedací  
místnosti č ..... Fakulty dopravní ČVUT v Praze .....

S disertací je možno se seznámit na děkanátě ČVUT v Praze Fakulty  
dopravní, na oddělení pro vědeckou a výzkumnou činnost, Konviktská  
20, Praha 1.

.....  
předseda komise pro obhajobu disertační práce  
ve studijním oboru  
Technologie a management v dopravě a telekomunikacích  
Fakulta dopravní ČVUT, Konviktská 20, 110 00 Praha 1.



## OBSAH

1.	CÍLE PRÁCE	6
2	SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY	8
3.	METODY ZPRACOVÁNÍ	10
4.	VÝSLEDKY	13
5.	ZÁVĚR A SHRNU TÍ PŘÍNOSŮ DISERTAČNÍ PRÁCE	19
	Odpovědi na otázky	19
	Přínosy práce	21
	Doporučení pro další výzkum	23
	Seznam v tezích použité literatury a dalších pramenů	24
	Seznam prací disertanta vztahujících se k disertační práci	24
	Ohlasy na publikace a citace	25
	Seznam ostatních publikací disertanta	25
	Vyzvané přednášky disertanta	26
	SUMMARY	27
	RESUMÉ	28

### Seznam zkratk použitých v tezích

BLS	Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn (BLS AG)
ČR	Česká republika
ETCS	European Train Control System
FBS	Fahrplanbearbeitungssystem (software pro tvorbu jízdního řádu)
ITJŘ	integrováný taktový jízdní řád
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty
ŽDC	železniční dopravní cesta
SBB	Schweizerische Bundesbahnen

## 1. CÍLE PRÁCE

Cílem disertační práce je přispět k prohloubení kvalitativního (tj. nikoliv kvantitativního) výzkumu v oblasti jízdnicích řádů, přesněji grafikonových tras nákladních vlaků v kontextu ITJŘ osobní dopravy. *Bude navržen koncept (tj. rámcový postup pro konstrukci) síťově provázaných taktových nákladních tras, tak, aby nepodvazoval kapacitu ŽDC, ale naopak přispěl k jejímu efektivnímu využití.*

Bude diskutována interakce provozních požadavků nákladní a osobní železniční dopravy na tratích a v uzlech se smíšeným provozem. Práce rozhodně nemá sloužit k bezohlednému lobbování za nákladní dopravu na úkor osobní, ale k prosazování oprávněných zájmů nákladní dopravy tak, aby fungující ITJŘ osobní dopravy nebyl rozložen, pouze v detailech upraven.

Díličí cíle práce jsou následující

1. Formulace rámcového postupu (pro manažera infrastruktury) pro tvorbu kvalitních (ve smyslu využití maximální rychlosti vlaku a četnosti zastavení) a flexibilně síťově propojených periodických grafikonových tras pro nákladní vlaky v kontextu ITJŘ osobní železniční dopravy.
2. Zásady pro vzájemnou koordinaci osobních a nákladních periodických tras, ať už drobnými úpravami stávajících osobních tras nebo koordinovaným plánováním grafikonových tras osobních a nákladních vlaků.
3. Prověření pomocných technických a infrastrukturních opatření – vhodná (tj. s vlivem na využití kapacity či kvalitu tras) budou zapracována do postupu
4. Přispět k objasnění (i) relevance periodických nákladních tras v síti
5. Postup vyzkoušet na vybraných prvcích železniční infrastruktury v ČR v kontextu ITJŘ

## Hypotéza

Disertační práce by měla (teoreticky – analýza kvalitativních hledisek využívání kapacity ŽDC nákladní i taktovou osobní dopravou a jejich interakce – i experimentálně) potvrdit nebo vyvrátit následující hypotézu

Periodické nákladní trasy v *síti* v kontextu ITJŘ (sestrojené na základě navrženého rámcového postupu) vedou k nižšímu počtu předjíždění nákladních vlaků vlaky osobní dopravy.

## Otázky

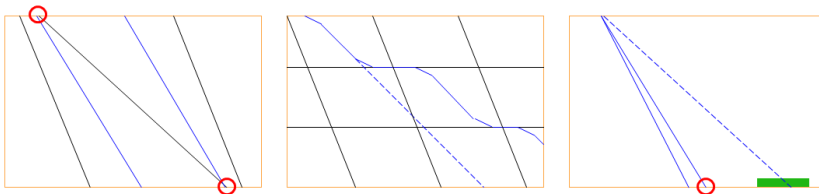
Disertační práce by měla přispět k zodpovězení následujících otázek

1. Kdy a jakým způsobem nákladní vlaky bezprostředně ovlivňují využití kapacity železniční dopravní cesty?
2. Kdy a jakým způsobem lze tento vliv omezit?
3. Nakolik je možné zamezit zastavování nákladních vlaků v úzkých hrdlech sítě?
4. Nakolik je možné a vhodné cíleně regulovat jízdu nákladního vlaku (ve smyslu přesné úsekové jízdní doby, přesného vjezdu do úzkého hrdla apod.)?
5. Za jakých podmínek je možno penalizovat osobní dopravu delším pobytem nebo úpravou zastavovací politiky, pokud se tak zvýší využitelná kapacita pro nákladní vlaky?

## 2. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

Základní problémy tvorby jízdního řádu pro nákladní vlaky v taktovém jízdním řádu osobní dopavy popsali již v roce 1989 Lindner a von Redern [1]. Podle nich je třeba mezi grafikonovými trasami osobní dopavy ponechat periodická časová okna („kanály“), která by měly být dostatečně široká pro požadovaný počet nákladních vlaků za hodinu. *Tato časová okna by měla být pokud možno propojena v uzlových stanicích* (v případě potřeby i mezi více než dvěma navazujícími tratěmi, aby je mohly využít nákladní vlaky s různými výchozími a koncovými stanicemi). V případě nedostatečné kapacity autoři navrhuji přezkoumat strukturu nabídky osobní železniční dopavy. Požadavky nákladní dopavy by samozřejmě neměly narušit důležité komponenty síťové nabídky osobní dopavy.

Nakonec Lindner a von Redern dochází k závěru, že *pro nákladní vlaky mají smysl spíše taktové trasy (které mohou využít pouze zčásti), než taktové produkty (jízdní řády)*. Tato nově vzniklá vazba v jízdním řádu má podle nich opodstatnění jako kvalitní nabídka kapacity pro nákladní vlaky v průběhu dne.



**Obr. 1.** Problémy vedení nákladních vlaků v taktovém jízdním řádu osobní dopavy: konflikt s přípoji v taktových uzlech; nutnost častého předjíždění; nesoulad jízdní doby nákladního vlaku s polohou časových oken pro průjezd (zleva doprava technická, pravidelná a „systémová“ jízdní doba).

Wichser [2] popisuje vyostřující se konflikt v požadavcích na kapacitu ŽDC mezi osobní a nákladní železniční dopravou ve Švýcarsku. Navrhuje *plánovat trasy nákladních vlaků společně s trasami osobních vlaků, stejnou prioritu v řízení provozu a hledání globálního optima při mimořádnostech*. Zdůrazňuje rovněž potřebu průjezdného napojení nákladních tras mezi navazujícími tratěmi.

Kryže [3] na několika příkladech ilustruje problematiku častého zastavování nákladních vlaků (či dokonce chybějící kapacity



pro jejich jízdu) na jednokolejných tratích v případě taktového jízdního řádu osobní dopravy.

Pokud je disertantovi známo, jedinými manažery infrastruktury, kteří zavedli periodické nákladní trasy ve smíšeném provozu s osobní dopravou, jsou SBB a BLS [4]. Dále jsou zavedeny na čistě nákladní trati Betuweroute [5] v Nizozemí, která slouží jako napaječ tamních námořních přístavů. RailNetEurope, asociace evropských manažerů infrastruktury a přidělců kapacity, zavádí na některých nákladních koridorech periodické trasy pro nákladní vlaky [6]. V některých případech však neodpovídají zveřejněnému jízdnímu řádu.

Periodické jízdní řády nákladních vlaků vyžadují odpovídající poptávku po přepravě. Müller [7] došel k závěru, že integrovaný taktový jízdní řád v přepravě vozových zásilek v Německu nevede k výraznému snížení přepravních dob či nákladů při použití konvenčních (nikoliv automatických spřáhel). Německý národní nákladní dopravce Railion představil koncepci 200X [8], která spočívá v soustředění přepravy vozových zásilek do několika významných seřaďovacích stanic a v periodickém jízdním řádu nákladních vlaků mezi sousedními seřaďovacími stanicemi. Široký a Cempírek [9] vytvořili modelový periodický jízdní řád pro vlaky kombinované dopravy mezi středoevropskými terminály a významnými námořními přístavy s periodami 6, 12 a 24 h, nekonstruovali však grafikonové trasy. Německý projekt LogoTakt [10] si klade za cíl vyvinout technologie, procesy a potřebné nástroje pro periodizaci celého multimodálního logistického řetězce.

V praxi fungují periodické jízdní řády nákladních vlaků většinou při přepravě silničních vozidel – kamionů či osobních automobilů přes hory – např. [11], [12].

Výsledky rešerše odborné literatury potvrzují stálou aktuálnost závěru Lindnera a von Rederna [1], že pro nákladní vlaky má smysl zavádět spíše periodické grafikonové trasy než periodické jízdní řády.

### 3. METODY ZPRACOVÁNÍ

Práce se zabývá kapacitou železniční dopravní cesty z *kvalitativního* (tj. nikoliv kvantitativního) pohledu. Jejím předpokládaným výstupem tedy nebudou exaktní algoritmy ani numerické výsledky. Zpracování je od začátku invarianční vůči číselným konstantám, ač navržený rámcový postup využívá provozní intervaly a jízdní doby vlaků převzaté z platného jízdního řádu či z pomocných výpočtů. Výsledky tak budou použitelné jak pro tratě či uzly s mechanickým, tak elektronickým zabezpečením.

Problematika je řešena na úrovni podrobnosti, která odpovídá *provoznímu konceptu* (Betriebskonzept v německojazyčné literatuře), tedy koncepčnímu návrhu ITJŘ osobní dopravy – linkového vedení, umístění taktových uzlů a z toho plynoucího odvození systémových jízdních dob.

Tři základní předměty kvalitativního výzkumu v této práci jsou

- *periodicita tras pro nákladní vlaky* (u vlaků osobní dopravy je předpokládána)
- vzájemná *heterogenita* všech tras v rámci této periody
- a *symetrie grafikonových tras pro nákladní vlaky* v obou směrech

Makroskopická úroveň (počty vlaků dané kategorie za časovou jednotku) je pro uvedené cíle práce příliš vysoká. Mikroskopická úroveň (teorie dob obsazení – německy Sperrzeitentreppe, anglicky blocking time theory, použitá v kodexu UIC 406 [13]) je příliš podrobná, neboť práce se nezabývá kvantitativním výzkumem.

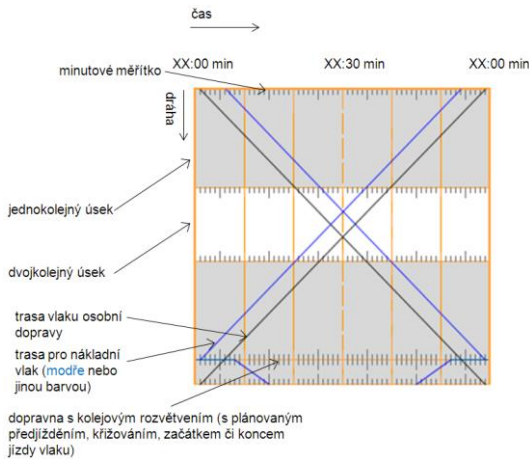
Zvolená úroveň podrobnosti rozlišuje

- paralelní nebo neparalelní trasy
- sled vlaků, tj. jednotlivá předjíždění
- částečný „ohyb“ trasy, tj. plánovanou pomalejší jízdu vlaku, než je technicky možná, vzhledem k omezené kapacitě
- počet traťových kolejí v každém traťovém úseku – ve stanicích jsou dále uvažovány pouze předjízdne nebo obrátové koleje

Zvolená úroveň podrobnosti umožňuje zkoumat takové jevy a procesy, které jsou společné všem evropským železničním sítím se zavedeným ITJŘ, a které ovlivňují využití kapacity ŽDC a kvalitu grafikonových tras pro nákladní vlaky – zejména počet zastavení těchto vlaků.

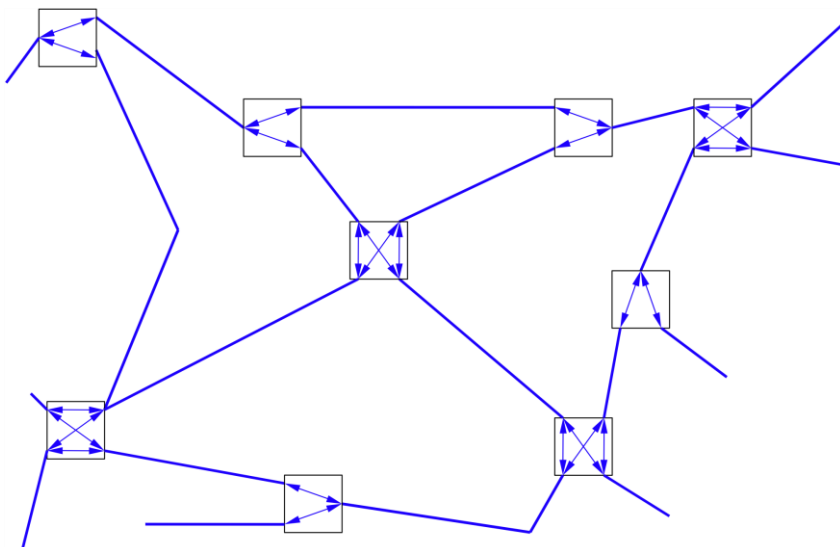
Měkký přístup k řešení nastiněných problémů byl zvolen záměrně – vzhledem k přílišnému množství kritérií pro optimalizaci a vzhledem k udržení rozumného rozsahu disertační práce.

Výzkum probíhá v (částečně) periodických časových oknech. Částečná periodicita znamená, že některé vlaky, například nákladní, mohou či nemusí být zavedeny, pokud jsou však zavedeny, pak v periodické trase (viz Caimi a kol. [14]) Jde o časové úseky o šířce rovné nejmenší společné periodě různých kategorií vlaků na dané trati – zpravidla 60 min, neboť jde o výhledový stav. Jízdní řád je tedy zobrazen v hodinovém výřezu a pro větší přehlednost zpravidla v jednom směru, jde-li o dvojkolejnou trať.



**Obr. 2.** Způsob zobrazování zjednodušených nákrešných jízdních řádů v disertační práci.

Periodické trasy pro nákladní vlaky jsou v této práci chápány jako síťová nabídka kapacity (Obr. 3), která je do jisté míry obdobou ITJŘ v osobní dopravě, avšak zohledňuje požadavky nákladní železniční dopravy (Tab. 1).



**Obr. 3.** Ilustrace síťové periodické nabídky kapacity pro nákladní vlaky [5].

Rozlišují se *úzká hrdla sítě*, kde je žádoucí konstruovat tyto trasy pokud možno bez zastavení a tzv. *kompensační zóny* (podle Caimiho a kol. [15]), kde je možné zavést zastavení například pro předjetí a navrhnout vyšší časovou zálohu z důvodu synchronizační jízdní doby (propojení volných časových oken v úzkých hrdlech).

Prvek	Osobní doprava	Nákladní doprava
	linky	síťově propojené periodické trasy
doba taktu	ano	ano
nulová symetrie	ano	ano
systémová jízdní doba	ano	synchronizační jízdní doba
taktové skupiny (násobky)	ano	ne nutně
přípoje (z pohledu zákazníka)	pobyt + přestup	pokud možno průjezd
přípoje (plánování nabídky)	synchronizační doba	synchronizační jízdní doba

**Tab. 1.** Rozdíly mezi ITJŘ a síťovou nabídkou periodických nákladních tras.

## 4. VÝSLEDKY

### Rámcový postup pro tvorbu periodických nákladních tras v síti

Na základě studia jízdních řádů nákladních vlaků došel disertant k závěru, že i přes značnou různorodost zdrojů a cílů a nepravidelnost poptávky po kapacitě, mají síťově propojené periodické trasy pro nákladní vlaky smysl. Jízdní doby většiny nákladních vlaků se v případě průjezdu bez zastavení podstatně neliší a časové prostoje způsobené umělým zpomalením jsou zanedbatelné oproti prostojům z nedopravních důvodů.

Byla vyvinuta rámcová metoda zobrazování potenciálních konfliktů v požadavcích na kapacitu v uzlové stanici s úrovnovým křížením – tzv. *uzlový diagram* (Obr. 5). S pomocí tohoto diagramu byl teoreticky sestrojen *nákladní taktový uzel*, kde na rozdíl od osobní dopravy není kladen důraz na pobyt s přestupy, ale na bezkonfliktní průjezd mezi různými směry navzájem.

Na základě výše zformulovaných požadavků na periodické trasy pro nákladní vlaky a konceptu „nákladního taktového uzlu“ byl navržen *rámcový postup pro konstrukci síťově propojených periodických tras pro nákladní vlaky* (Obr. 6). Postup je doplněn o návrh fakultativních provozních (technologických), technických a infrastrukturních opatření, která přispívají k dalšímu zvýšení kvality tras či využití kapacity ŽDC.

### Přehled podpurných opatření pro navržený rámcový postup

#### Provozní/technologická

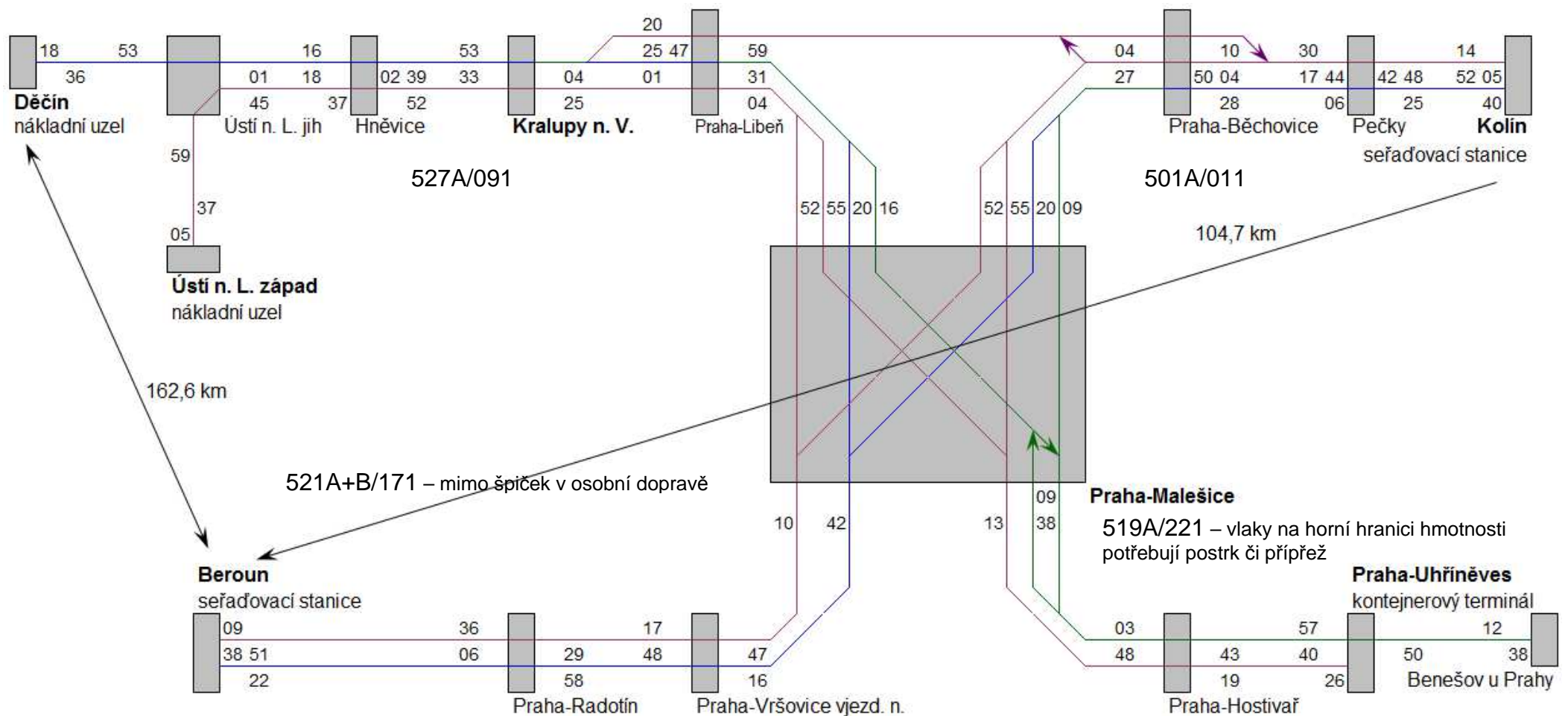
- umělé zpomalení nákladního vlaku
- přidání či odebrání přípřeže či postrku v kompenzačních zónách
- prodloužení doby pobytu vlaků osobní dopravy
- úprava zastavovací politiky vlaků osobní dopravy
- snížení počtu vrstev (segmentů nabídky) osobní dopravy na dané trati

#### Technická

- Automatické vedení vlaku
- navádění vlaků do bezkonfliktních tras (rescheduling) v reálném čase

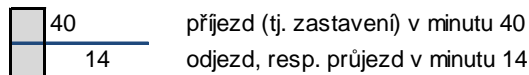
#### Infrastrukturní

- výhybky pro vyšší rychlost do odbočky
- nové výhybky



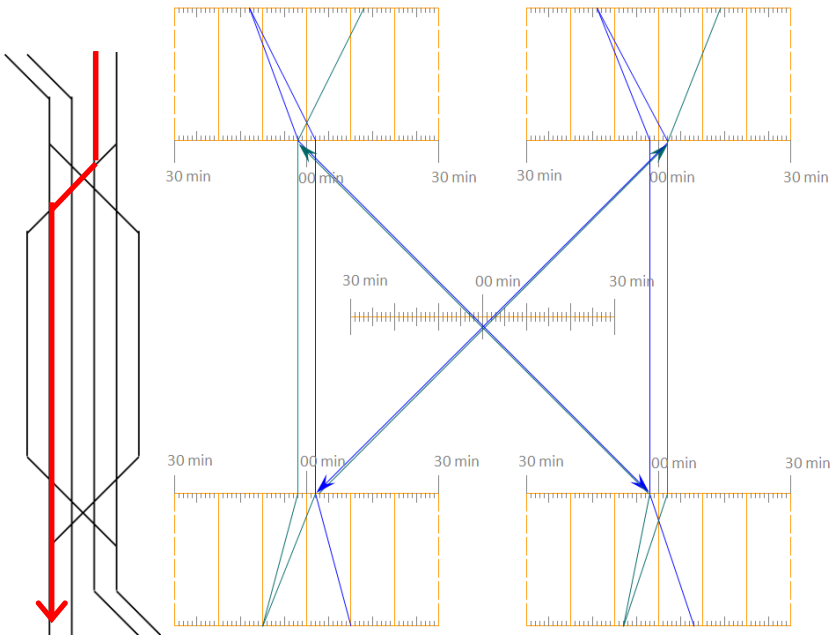
**Obr. 4.** Síťová grafika periodických nákladních tras v pražském uzlu, navržených v kontextu jízdního řádu osobní dopravy 2009/10 (byl zjednodušen na periodický). Všechny periodické trasy jsou konstruovány v hodinovém intervalu. Časové údaje jsou vyznačeny vpravo ve směru jízdy, vyznačení času příjezdu znamená zastavení (pokud příjezd vyznačen není, stanicí se může projíždět). Barevné šipky označují jednosměrná napojení (mimo jiné z důvodu nedokonalé symetrie jízdního řádu osobní dopravy). Dále jsou vyznačeny nejdelší vzdálenosti, které je možné projet bez zastavení.

Legenda:



Trasy pro typy vlaků	Max. rychlost [km/h]	Max. hmotnost zátěže [t]	Délka vlaku [m]
Rychlé	100	1600 (519A a 521A+B: 1470)	610
Pomalé	90	2000 (519A a 521A+B: 1470)	600
Smišené, přednostně rychlé	90	2000 (519A a 521A+B: 1470)	610

**Tab. 2.** Parametry periodických tras pro nákladní vlaky, použitých ve Studii 2.



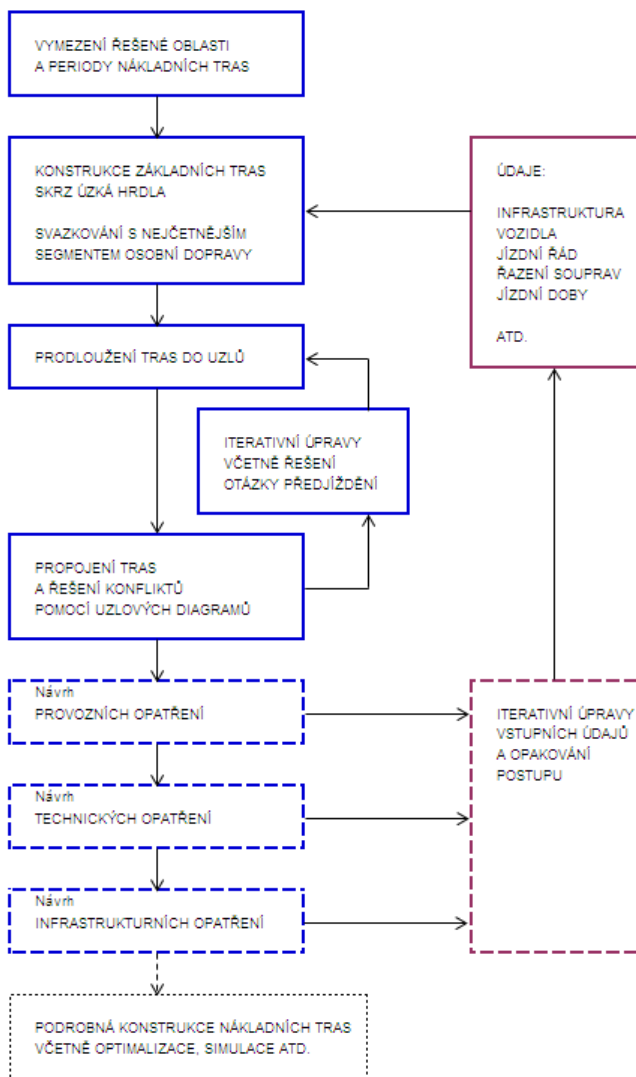
**Obr. 5.** Uzlový diagram se schematickými nákrešnými jízdními řády přilehlých úseků (v hodinovém okně) a časovou osou současně vyloučených jízdnic cest. Na diagramu je zobrazen *nákladní taktový uzel*.

- prodloužení předjízdnic kolejí
- prodloužení staničních kolejí na jednokolejně trati
- částečné zdvojkolejnění tratě
- ETCS

### Studie k ověření navrženého postupu

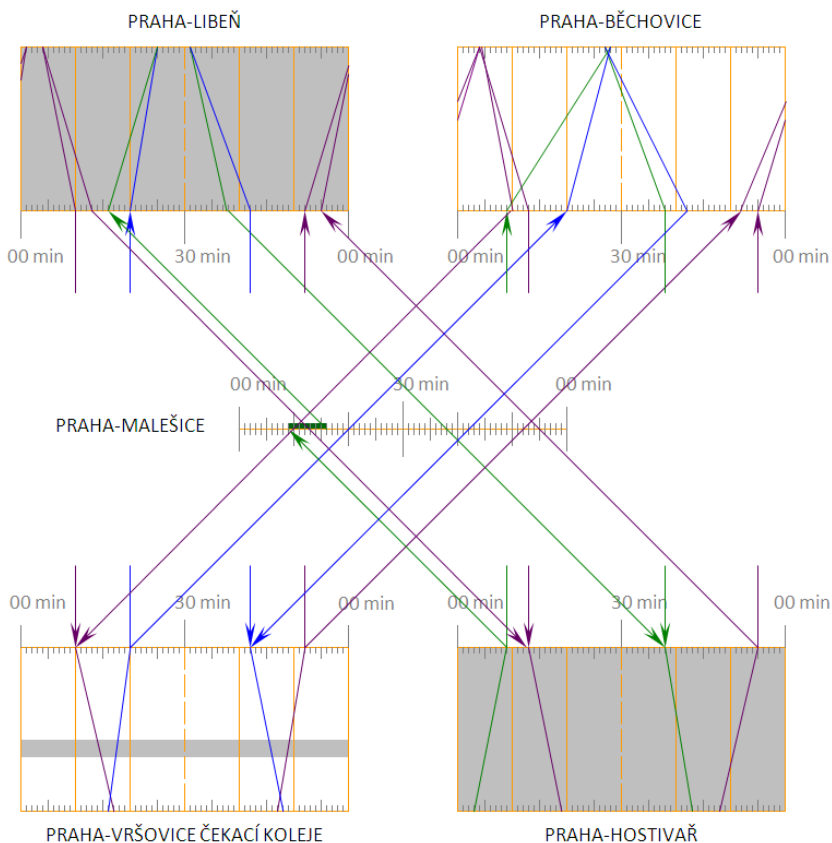
Účinnost postupu byla ověřena na dvou platných jízdnicích řádech vlaků osobní dopavy v pražském uzlu a okolí – 2008/2009 [16] a 2009/2010 [21]. Tyto jízdnicí řády byly vždy zjednodušeny na zcela systematické, s intervalem všech linek (segmentů) osobní dopavy nejvýše 1 hodina. Trasy pro nákladní vlaky byly konstruovány na základě jízdnicích dob převzatých z jízdnicích řádů, ve Studii 2 navíc s přihlédnutím k výpočtům technických jízdnicích dob modelových nákladních vlaků pomocí softwaru FBS. Výsledky druhé studie jsou

představeny na uzlovém diagramu stanice Praha-Malešice (Obr. 7) a v síťové grafice (tj. síťovém znázornění periodických tras s časy průjezdů uzly – Obr. 4).



**Obr. 6.** Rámcový postup pro tvorbu periodických nákladních tras v síti.





**Obr. 7.** Diagram průjezdů nákladních vlaků uzlem Malešice. Šedou výplní jsou vyznačeny jednokolejné úseky. Modře jsou vyznačeny trasy pro rychlejší nákladní vlaky, fialově pro pomalé, zeleně univerzální trasy (přednostně pro rychlejší vlaky). Sbíhající se čáry značí alternativní napojení z/do více směrů.

*V první studii došlo aplikací navrženého postupu k ušetření 104 zastavení nákladních vlaků, což představuje 34% zastavení nákladních vlaků ve vzorovém jízdním řádu SŽDC, ve druhé studii pak k ušetření 187 zastavení nákladních vlaků, což představuje 53% zastavení nákladních vlaků ve vzorovém jízdním řádu SŽDC.*

Ve třetí studii [20] byla ve výhledovém jízdním řádu ověřena úprava četnosti, časové polohy a zastavovací politiky osobních vlaků, vedoucí ke zkvalitnění periodických tras nákladních vlaků.

## 5. ZÁVĚR A SHRNUTÍ PŘÍNOSŮ DISERTAČNÍ PRÁCE

### Závěr

Hypotéza byla v disertační práci potvrzena v obou případových studiích. Počet předjetí nákladních vlaků vlaky osobní dopavy oproti tehdy platným jízdním řádům sice na některých tratích vzrostl (např. Kolín – Praha ve [21]), celkově však poklesl (na 11 za hodinu v [16], na 8 za hodinu ve [21]). V pražském uzlu by nákladní vlaky pravidelně zastavovaly pouze pro křižování. Ve druhé studii [21] se dokonce ve vybraných směrech dosáhlo jízdy přes 160 km bez zastavení, což v současném provozu nastává velmi zřídka. Přestože počet tras nákladních vlaků za hodinu byl zhruba stejný jako v tehdy platných jízdních řádech, využití kapacity ŽDC se ve studiích zvýšilo, neboť u všech linek vlaků osobní dopavy se uvažoval nejvýše hodinový takt, zatímco v platném jízdním řádu byla řada zejména dálkových linek provozována ve dvouhodinovém taktu.

Výsledky obou případových studií ukazují, že by bylo možné dosáhnout ještě lepších výsledků posunutím některých periodických tras vlaků osobní dopavy o několik minut. Tento postup byl prověřen ve třetí studii [20], včetně přezkoumání zastavovací politiky osobních vlaků.

### Odpovědi na otázky

1.

Je třeba rozlišit dva případy

- a) Nákladní vlaky v určitých úsecích nejsou schopny jet stejně rychle jako vlaky osobní dopavy. Není tedy možné efektivněji využít kapacitu konstrukcí rovnoběžného grafikonu (svazkovaním).
- b) Na tratích se smíšeným provozem osobní a nákladní dopavy jsou plánována zastavení nákladních vlaků. Brzdění a rozjezd (zpravidla oproti vlakům osobní dopavy těžkého) nákladního vlaku zvyšuje nerovnoběžnost grafikonu (heterogenitu ve smyslu UIC 406 [13]) osobní a nákladní dopavy. Není tedy možné efektivněji využít kapacitu konstrukcí rovnoběžného grafikonu.

2.

- a) Pokud je nákladní vlak rychlejší (či alespoň dosahuje vyšší průměrné rychlosti díky jízdě bez zastavení) než nejčetnější segment osobní dopravy (linka či skupina se shodným zastavováním v daném úseku), grafikonové trasy pro nákladní vlaky mohou být uzpůsobeny pro nižší rychlost než je technicky možné (např. 50 km/h namísto 80 km/h). V opačném případě nelze omezit vliv nákladních vlaků na využití kapacity.
- b) V některých případech lze zamezit zastavení nákladního vlaku, anebo alespoň naplánovat toto zastavení mimo úzká hrdla sítě (na základě rámcového postupu navrženého výše). V ostatních případech je nevyhnutelné přikročit k určitému provoznímu, technickému či infrastrukturnímu opatření, jinak není možné omezit vliv nákladních vlaků na využití kapacity.

3.

Zamezení zastavení nákladních vlaků v úzkých hrdlech sítě lze často dosáhnout pouhým výběrem vhodné periodické grafikonové trasy skrz úzké hrdlo (s pomocí navrženého rámcového postupu). V opačném případě, pokud navíc není možné přeložit toto zastavení mimo úzké hrdlo, je nutné některé z výše uvedených opatření.

4.

Takováto cílená regulace je nepochybně vhodná v úzkých hrdlech sítě, obzvláště v dopravnách s hustým provozem a úrovnovým křížením či rozpletem traťových kolejí. Čím přesněji lze regulovat jízdu nákladního vlaku, tím menší přírážky k jízdám a časové zálohy jsou potřeba pro zajištění stejné (požadované) stability jízdního řádu. Čím jsou nižší přírážky k jízdám a časové zálohy, tím více grafikonových tras za časovou jednotku je možné konstruovat skrz úzké hrdlo.

Lieskovský v rozhovoru uvedl, že Automatické vedení vlaku při pokusné aplikaci na jízdu nákladního vlaku fungovalo. Účinnost navádění vlaků do bezkonfliktních tras v reálném čase (rescheduling) je pak omezena dlouhou reakční dobou nákladního vlaku způsobenou značnou hmotností zátěže a délkou průběžného brzdového potrubí. Je tedy žádoucí další výzkum v této oblasti.

5.

Penalizace osobní dopravy je podle autorova názoru oprávněná, pokud jsou současně splněny následující podmínky:

- a) Existuje jasná, neoddiskutovatelná převaha intenzity zbožových proudů nad intenzitou přepravních proudů cestujících, která trvá více než jeden rok a kterou lze důvodně očekávat i v budoucnu. Kvantitativní odpověď na otázku, kdy uvedená převaha nastává, představuje ožehavý problém. V případě absence podkladů pro ekonomické zhodnocení může být použito srovnání jedné přepravené osoby a jedné čisté přepravené tuny, případně hodnot přepravního výkonu (osobokilometry a tunové kilometry).
- b) Penalizace má buď hodnotu pouze jednotek minut cestovní doby, nebo může být kompenzována dopravní obslužností pomocí jiného druhu dopravy (zpravidla autobusu). Ve druhém případě je prodloužení cestovní doby závažnější, neboť je zpravidla spojeno s přestupem navíc. Počet penalizovaných cestujících by tedy měl být velmi nízký.

## **Přínosy práce**

Nejvýznamnějším přínosem práce je *nově vyvinutá struktura celosíťové nabídky kapacity pro nákladní vlaky*. Kvalitativní výzkum v této práci přispěl k rozvoji teorie managementu (plánování i přidělování) kapacity ŽDC. Na rozdíl od zavedených systémů periodických nákladních tras pro jednotlivé tratě, je v této práci pohlíženo na kapacitu ŽDC pro nákladní vlaky jako na zcela periodickou.

Dalším vědeckým přínosem práce je syntéza teorie plánování nabídky ve veřejné dopravě (na základě ITJŘ) a managementu kapacity ŽDC včetně uvažování nákladních vlaků s jejich specifickými potřebami. Pro tuto syntézu bylo nezbytné uzpůsobení terminologie i zavedení zcela nových pojmů.

Vzhledem k tomu, že práce byla napsána v angličtině, a vzhledem k nejednotné železniční terminologii v tomto jazyce, bylo nutno z vhodných synonym vybrat jednotlivé pojmy tak, aby tvořily konzistentní soustavu. Výsledná *konzistentní soustava anglických odborných pojmů* je dalším přínosem práce.

Na základě nového způsobu uvažování o řešené problematice byl odvozen původní *obecně použitelný postup pro tvorbu síťové*

*periodické nabídky kapacity pro nákladní vlaky. Postup důsledně dbá na upřednostnění průjezdu úzkými hrdly sítě a předjíždění v místech s dostatkem volné kapacity. Trasy mohou či nemusí být využity, případně pouze zčásti, jsou však periodicky dostupné.*

Postup je koncipován *stavebnicově* – lze jej použít i po částech v závislosti na konkrétním stavebním řešení, druhu a kategorii zabezpečovacího zařízení a provozním konceptu, a to jak pro roční plánování jízdního řádu, tak i pro strategické plánování. Výsledky mohou být využity *pro přesnější formulaci požadavků nákladní železniční dopravy na úpravy infrastruktury*. Cílené investice pak mohou výrazně ušetřit veřejné prostředky bez újmy na výsledné provozní efektivitě staveb.

Periodická nabídka kapacity pro nákladní vlaky je v práci chápána nejen ve smyslu efektivnějšího využití kapacity, ale také jako pomůcka pro zjednodušení operativního řízení provozu (za předpokladu plnění grafikonu má nákladní vlak v danou časovou polohu zajištěnu „zelenou vlnu“ až do dopravní s pravidelným předjížděním či křížováním). Výpravčímu či dispečerovi k tomu stačí postavit odjezdovou cestu na určitou minutu, pokud trasa není již přidělena jinému vlaku. V neposlední řadě jsou periodické trasy nástrojem pro transparentní a nediskriminační přidělování kapacity dopravní cesty pro nákladní vlaky s „běžnými“ zátěžovými a výkonovými parametry. Zjednoduší se také přeshraniční součinnost správců infrastruktury (tzv. „One Stop Shop“).

*Postup je použitelný „tady a teď“ a je invariantní vůči úrovni zabezpečení či hodnotě provozních intervalů. Strojvedoucí i zaměstnanci řídící provoz musí být samozřejmě poučeni, proč je nutné projet určitým bodem v přesný čas, aby vlaky zbytečně nezastavovaly.*

Pokud je autorovi známo, ve studiích [16] a [21] byly poprvé publikovány *síťové grafiky periodických tras pro nákladní vlaky s vyznačenými minutami průjezdů*.

Specificky pro české prostředí považuje disertant za další přínos práce, že se zabývá řešením konfliktů v požadavcích na kapacitu ve smíšeném provozu v situaci, kdy linky vlaků osobní dopravy jezdí v hodinovém či dokonce půlhodinovém taktu. Tento problém se v současnosti v České republice týká prakticky pouze aglomerací, a není tedy zatím vnímán jako dostatečně naléhavý. *Navržený rámcový postup tak umožňuje řešit dané konflikty v předstihu.*

## Doporučení pro další výzkum

Oblast vzájemné koordinace grafikonových tras osobní a nákladní dopravy, redukované do určité (např. hodinové) periody, se ukázala být zajímavou pro další (byť i jen kvalitativní) výzkum, ať už z pohledu koncepčního plánování, střednědobé či roční tvorby jízdního řádu, procesu přidělování kapacity ŽDC či řízení provozu v reálném čase. Důvodem je, že navržený rámcový postup vytváří nová omezení pro tvorbu jízdního řádu, na druhé straně ale také vede k formulaci přesnějších požadavků na infrastrukturu.

Podpůrná opatření v rámci navrženého postupu byla v práci zmíněna pouze stručně, a je tedy žádoucí vypracovat podrobné zhodnocení jejich potenciálu a podmínek proveditelnosti.

Zpoplatnění použití ŽDC v případě zavedení navrženého postupu je opět rozsáhlá oblast pro další výzkum. Disertant považuje žádoucí nastavit mechanismy zpoplatnění tak, aby motivovaly dopravce k co nejefektivnějšímu využití periodické kapacity, zároveň ale nepůsobily diskriminačně.

Jinou slibnou oblastí pro další výzkum je otázka, kdy a do jaké míry je oprávněná určitá penalizace regionálních cestujících v případě vysokých nákladních přepravních proudů. Tuto citlivou oblast je vhodné pojmut interdisciplinárně – od trakční energetiky přes obslužnost veřejnou dopravou až po zajištění souladu s platnými právními předpisy.

Vývoj v oblasti systémů automatického vedení vlaku a navádění vlaků do bezkonfliktních tras (rescheduling) v reálném čase umožňuje vyšší využití kapacity při stávající infrastruktuře, vozidlech a požadované úrovni stability. Umožňuje realizovat takový provozní koncept, který byl dříve vyhodnocen jako nestabilní. V České republice je potřeba vyřešit řadu problémů spojených s implementací obou systémů do železničního provozu, včetně nákladních vlaků. Poté je možné prakticky prověřit, nakolik je navrhovaný koncept proveditelný.

V případě, že by se navržený rámcový postup nebo jeho část použila v návrhu softwarového nástroje pro návrh či simulaci jízdního řádu, doporučuje se důkladně přezkoumat všechna případná zjednodušení tak, aby se zamezilo vyloučení efektivních výsledků z množiny možných řešení. Doporučuje se spíše vylepšení stávajícího nástroje než tvorba nového, a využití rozhraní RailML pro výměnu dat o vozidlech, infrastruktuře apod.

## Seznam v tezech použité literatury a dalších pramenů

- [1] Lindner, H.-R., von Redern, H. W.: *Güterzüge im Taktfahrplan – Möglichkeiten und Grenzen*. In: Die Bundesbahn 10/1989, s. 867-874
- [2] Wichser, J.: *Technische Übersetzung aktueller Nachfrageprognosen für den Schienengüterverkehr auf die Trassenkapazitäten 2010 – 2020*. Bericht. Erstellt im Auftrag des Verbandes öffentlicher Verkehr VöV Kommission Güterverkehr. Zürich, 5/2004
- [3] Krýže, P.: *Systematický jízdní řád a propustnost*. Disertační práce. Univerzita Pardubice, Dopavná fakulta Jana Pernera, 2005.
- [4] <http://trasse.ch>
- [5] <http://www.keyrail.nl/jaardienstverdeling-2011>
- [6] [http://www.me.eu/Corridor\\_Info.html](http://www.me.eu/Corridor_Info.html)
- [7] Müller, A.: *Möglichkeiten eines Cargo-Takt-Systems zur Verbesserung der Transportqualität im Schienengüterverkehr*. Dissertation. RWTH Aachen, 1999, s. 11-13, 113-119.
- [8] Penner, H.: *Neuausrichtung des Einzelwagenverkehrs der Railion Deutschland AG – Produktionssystem 200X*. In: Eisenbahntechnisches Kolloquium 2007, TU Darmstadt, 2007
- [9] Široký, J., Cempírek, V.: *Aplikace systematických jízdních řádů v kombinované přepravě*. In: 17. medzinárodné sympóziu "Zvyšovanie konkurencieschopnosti európskeho železničného systému" EURO - Žel 2009. Zborník prednášok. Žilina: Žilinská univerzita, 2009, díl 2, s. 109-115. ISBN 978-80-554-0024-2
- [10] <http://www.intelligente-logistik.org/projekte/logotakt.html>
- [11] <http://bls.ch/e/autoverlad/autoverlad.php>
- [12] <http://www.matterhorngotthardbahn.ch/>
- [13] *UIC-kodex 406. Kapacita*. 1. vydání, překlad. Praha, červen 2004
- [14] Caimi a kol.: *The Periodic Service Intention as a Conceptual Frame for Generating Timetables with Partial Periodicity*. In: Proceedings of 3rd International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis RailZurich2009, 11. - 13. 2. 2009
- [15] Caimi a kol.: *Design of a Railway Scheduling Model for Dense Services*. In: Networks and Spatial Economics, vol. 9, Springer Netherlands, 2009, s. 25-46

## Seznam prací disertanta vztahujících se k disertační práci

- [16] Drábek, M.: *Systematické katalogové trasy pro nákladní vlaky*. In: 17. medzinárodné sympóziu "Zvyšovanie

- konkurencieschopnosti evropského železničního systému" EURO - Žel 2009. Zborník prednášok. Žilina: Žilinská univerzita, 2009, díl 2, s. 141-148. ISBN 978-80-554-0024-2.
- [17] Drábek, M.: *Systematická nabídka tras nákladních vlaků*. In: Železničná doprava a logistika [online]. 2009, roč. 2009, č. 03, s. 17-23. ISSN 1336-7943. WWW: <<http://zdal.uniza.sk/>>
- [18] Drábek, M.: *6 000 t zboží skrz Prahu. Každou hodinu*. In: LOGI 2009. Sborník příspěvků. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2009, s. 64-71. ISBN 978-80-7399-893-6.
- [19] Drábek, M. - Záruba, T.: *Přínosy redukce míst zastavení v regionální železniční dopravě*. Vyzvaná přednáška [online]. Drážní společnost při ČVUT FD, Praha, 2010. WWW: <[drahy.fd.cvut.cz/archiv/Redukce\\_mist\\_zastavovani.pdf](http://drahy.fd.cvut.cz/archiv/Redukce_mist_zastavovani.pdf)>
- [20] Drábek, M. - Záruba, T.: *Influence of Integrated Periodic Timetable of Passenger Railway Transport on Freight Railway Transport*. In: EURO - Žel 2010. Žilina: Technical University of Žilina, 2010, vol. 1., pp. 67-72. ISBN 978-80-554-0197-3.
- [21] Drábek, M.: *Network-bound Periodic Freight Train Paths - A Qualitative Generic Approach for Railway Capacity Management*. In: Proceedings of 4th International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis RailRome2011 [CD-ROM]. Rome: Università La Sapienza, 2011, pp. 1-17. ISSN 2211-453X.
- [22] Drábek, M.: *Periodické trasy pro nákladní vlaky - nediskriminační přidělování kapacity*. In: Zborník příspěvků konference Horizonty železniční dopavy 2012. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2012, díl 1, s. 120-125. ISBN 978-80-554-0571-1.
- [23] Drábek, M.: *Taktové trasy pro nákladní vlaky*. Vyzvaná přednáška. Odbor strategie SŽDC, Praha, 5. 1. 2013.

## Ohlasy na publikace a citace

Baudyš, K.: *Systematická konstrukce tras nákladní dopavy*. Přednáška z předmětu Technologie železniční dopavy. ČVUT FD, 4. 1. 2012

## Seznam ostatních publikací disertanta

Baudyš, K. - Drábek, M. - Janoš, V. - Pospíšil, J.: *Railway Timetables in Czech Republic and Ukraine*. In: Abstracts of the 68. International Scientific & Practical Conference "The Issues and Prospects of railway transport development". Dnipropetrovsk: DIIT, 2008, pp. 3-4.



Drábek, M. - Záruba, T. - Janoš, V. - Baudyš, K. - Pospíšil, J.: *Integrální taktový grafikon jako ztraktivnění veřejné dopravy*. In: PROCEEDING HORIZONS OF RAILWAY TRANSPORT 2010 [CD-ROM]. Žilina, Univerzita 1: Žilinská univerzita v Žilině, 2010, s. 56-61. ISBN 978-80-554-0247-5.

Baudyš, K. - Drábek, M. - Janoš, V. - Michl, Z. - Pospíšil, J.: *Configuration of railway junction on Czech railway network*. In: Abstracts of the 70. International Scientific & Practical Conference "The Issues and Prospects of railway transport development". Dnipropetrovsk: DIIT, 2010, pp. 109-111.

Záruba, T. - Drábek, M.: *Railway Connection Prague - Žilina in the Context of High Speed Rail*. In: EURO - Žel 2010. Žilina: Technical University of Žilina, 2010, vol. 1., pp. 219-224. ISBN 978-80-554-0197-3.

Šlegr, P. - Drábek, M.: *Proč Česká republika potřebuje vysokorychlostní železnici*. In: Nová železniční technika. 2011, roč. 2011, č. 3, s. 24-27. ISSN 1210-3942.

Drábek, M. - Šlegr, P. - Kalčík, J.: *Vysokorychlostní železnice: v Evropě standard, pro Českou republiku šance*. In: Stavebnictví. 2011, roč. 2011, č. 10, s. 26-31. ISSN 1802-2030.

Šlegr, P. - Robeš, M. - Drábek, M. - Stach, M. (ed.): *Rychlá železnice i v České republice*. Praha: Centrum pro efektivní dopravu, o. s., 2012. 246 s. ISBN 978-80-905005-0-1.

Drábek, M.: *Švýcarsko*. In: Rychlá železnice i v České republice. Praha: Centrum pro efektivní dopravu, o. s., 2012, s. 60-69. ISBN 978-80-905005-0-1.

Drábek, M.: *Hlavní město Praha*. In: Rychlá železnice i v České republice. Praha: Centrum pro efektivní dopravu, o. s., 2012, s. 122-131. ISBN 978-80-905005-0-1.

## Vyzvané přednášky disertanta

Drábek, M.: *Propustnost tratí a uzlů*. Drážní společnost při ČVUT FD, Praha, 16. 4. 2007. WWW: <http://drahy.fd.cvut.cz/archiv/Propustnost.pdf>

Drábek, M.: *Vlakotramvaj v Karlsruhe*. Drážní společnost při ČVUT FD, Praha, 9.10. 2007. WWW: <http://drahy.fd.cvut.cz/archiv/Karlsruhe.pdf>

Drábek, M.: *Váš vlak jede každou hodinu*. ČVUT FD, Děčín, 8. 8. 2012. WWW: [http://drahy.fd.cvut.cz/archiv/Vlak\\_kazdou\\_hodinu.pdf](http://drahy.fd.cvut.cz/archiv/Vlak_kazdou_hodinu.pdf)

Drábek, M.: *Systematická konstrukce tras nákladní dopravy*. Přednáška v rámci předmětu Technologie železniční dopravy. ČVUT FD, Praha, 21. 11. 2012.

## SUMMARY

First of all, freight timetabling problems in the context of Integrated Periodic Timetable (IPT) of passenger trains, are analysed. Because of character of freight railway, a conclusion is made that periodic train paths as an offer of capacity, rather than periodic timetables, make sense for freight trains.

This offer is understood as an analogue to IPT in passenger transport, which meets requirements of miscellaneous freight trains – the OFFER is regular, but flexible thanks to alternative connections in node stations into various directions. Elimination of useless stops of freight train is also stressed. On the basis of these requirements, a concept of freight IPT-node and a generic framework process for construction of network-bound periodic freight train paths are formulated. The framework process is applicable by annual timetabling, as well as by strategic planning. The construction of train paths takes place in periodic, usually 1 hour wide, time window. This framework process is supplemented by proposal of suitable timetabling, technical and infrastructural measures for achievement of better results.

Afterwards, the framework process is verified on two valid timetables of passenger trains (idealised as purely periodic) in Prague node area. Freight node station Praha-Malešice is chosen as freight IPT-node.

In the first study, by using of PFTP's constructed according to the proposed framework process, *104 stops of freight trains were avoided, which represents 34% of scheduled stops from corresponding real timetable.*

In the second study, by using of PFTP's constructed according to the proposed framework process, *187 stops of freight trains were avoided, which represents 53% of scheduled stops from corresponding real timetable.*

Further, a timetabling measure is verified on prospective timetable – adjustment of period, time position and stopping pattern of regional trains, which enables construction of periodic freight train paths with lower number of stops.

The results confirm suitability of proposed framework process.

## RESUMÉ

Nejprve je rozebrána problematika tvorby jízdních řádů nákladních vlaků v rámci integrovaného taktového jízdního řádu osobní dopravy. Vzhledem k povaze nákladní železniční dopravy je učiněn závěr, že má smysl zavádět spíše periodické grafikonové trasy jako nabídku kapacity, než systematické jízdní řády pro nákladní vlaky.

Tato nabídka je pojata jako obdoba ITJŘ v osobní dopravě, která ovšem vychází vstříc různorodým požadavkům nákladní dopravy – je pravidelná, avšak flexibilní díky alternativním napojením v uzlových stanicích do různých směrů. Důraz je kladen také na vyloučení zbytečných zastavení nákladních vlaků. Na základě těchto požadavků je zformulován koncept nákladního taktového uzlu a obecně použitelný měkký postup pro tvorbu síťově propojených periodických tras pro nákladní vlaky. Postup je aplikovatelný jak při tvorbě provozního konceptu pro roční jízdní řád, tak při strategickém plánování. Konstrukce tras probíhá v periodickém, zpravidla hodinovém, výřezu. Postup je doplněn o návrh vhodných technologických, technických a infrastrukturních opatření pro dosažení lepších výsledků.

Postup je následně ověřen na dvou platných jízdních řádech osobní dopravy (zjednodušených na zcela systematické) v oblasti pražského uzlu. Za nákladní taktový uzel je zvolena uzlová stanice pro nákladní dopravu Praha-Malešice.

*V první studii došlo aplikací navrženého postupu k ušetření 104 zastavení nákladních vlaků, což představuje 34% zastavení nákladních vlaků ve vzorovém jízdním řádu SŽDC.*

*Ve druhé studii došlo aplikací navrženého postupu k ušetření 187 zastavení nákladních vlaků, což představuje 53% zastavení nákladních vlaků ve vzorovém jízdním řádu SŽDC.*

Dále je na výhledovém jízdním řádu osobní dopravy vyzkoušeno technologické opatření – úprava intervalu, časové polohy a zastavovací politiky osobních vlaků, umožňující konstrukci periodických tras pro nákladní vlaky s nižším počtem zastavení.

Výsledky tedy potvrzují značný ekonomický přínos navrženého postupu.