

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Ekonomická fakulta
Institut dopravy, Katedra matematických metod v ekonomice

Metodika přípravy dat pro řešení časové koordinace spojů

Certifikovaná metodika

Autor:

Ing. Petr Kozel, Ph.D.

Oponenti:

Ing. Robert Hackenberg – Dopravní podnik Ostrava, a.s.
prof. RNDr. Jaroslav Janáček, CSc. – Žilinská univerzita v Žilině

Metodika vznikla jako výstup z projektu SP 2012/113 Vývoj nových metod pro podporu plánování a řízení dopravních procesů.

Poskytovatel podpory: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

Ostrava 2013

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ.....	3
1 CÍL METODIKY.....	4
2 TEXT METODIKY.....	5
2.1 Vymezení základních pojmů.....	5
2.1.1 Obecné pojmy.....	5
2.1.2 Pojmy ve vztahu k turnusům.....	5
2.2 Faktory ovlivňující časovou koordinaci spojů.....	7
2.2.1 Období platnosti spoje.....	7
2.2.2 Účel spojů.....	10
2.2.3 Oběhy vozidel.....	10
2.2.4 Bezpečnostní přestávky.....	11
2.3 Zpracování vstupních dat.....	11
2.3.1 Zásady, které je nutné při zpracování TP dodržet.....	13
2.3.2 Zpracování TP – vzorový příklad.....	13
2.4 Specifický příklad zpracování dat při síťové koordinaci.....	23
3 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ.....	27
4 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY.....	28
5 EKONOMICKÉ ASPEKTY METODIKY.....	29
6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	30
7 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ METODICE PŘEDCHÁZELY.....	31
8 DEDIKACE.....	32

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

a_i	Nejdříve možný odjezd spoje i ze zastávky, [min].
b_i	Nejpozději přípustný odjezd spoje i ze zastávky [min].
c_i	Maximální možný posun spoje i v čase, vzhledem k nejdříve možnému odjezdu spoje i ze zastávky [min].
t_i	Aktuální čas odjezdu spoje i ze zastávky [min].
x_{ij}	Hodnota posunu spoje i v kladném směru na časové ose v turnusovém příkazu j [min].
y_{ij}	Hodnota (absolutní) posunu spoje i v záporném směru na časové ose v turnusovém příkazu j [min].
BP POD	Bezpečnostní přestávka.
TP	Turnusový příkaz.

1 CÍL METODIKY

Metodika popisovaná v předloženém textu je zaměřena na přípravu vstupních dat pro optimalizační výpočty časové koordinace spojů veřejné hromadné dopravy. S využitím předložené metodiky lze na základě turnusových příkazů vypracovat konkrétní údaje, které následně vstupují do optimalizačního nástroje. Těmito údaji jsou:

- nejdříve možný odjezd spoje z výchozí zastávky a_i ,
- nejpozději přípustný odjezd spoje z výchozí zastávky b_i ,
- maximální možný posun spoje v čase vzhledem k nejdříve možnému odjezdu spoje ze zastávky c_i .

Významným přínosem předložené metodiky je skutečnost, že vypracování požadovaných údajů u konkrétních spojů, není podmíněno úpravami časových poloh jiných spojů, které nejsou předmětem optimalizace.

Poznámka: V rámci předložené metodiky je pracováno s časovými údaji, které mají standardní formát hh:mm (hodina: minuta), s přesnějším dělením se v podmínkách veřejné hromadné dopravy, s výjimkou metra, nesetkáme. Veškeré časové údaje, se kterými bude dále pracováno (a_i, b_i, c_i, t_i) jsou přepočteny na celé minuty. Příkladně spoji č. 1 s pravidelným odjezdem ze zastávky v 8:45 hodin odpovídá hodnota $t_1 = 525$ [min], tedy $t_1 = 8 \cdot 60 + 45, t_1 = 525$ [min].

2 TEXT METODIKY

V níže uvedeném textu bude podrobně popsána navrhovaná metodika. Dříve však bude pozornost věnována vymezení základních pojmů, se kterými bude v dalším textu pracováno.

2.1 Vymezení základních pojmů

2.1.1 Obecné pojmy

Interval mezi spoji – časový úsek mezi každými dvěma po sobě následujícími spoji stejné nebo různých linek na dané zastávce.

Jízdní řád – souhrn údajů o provozu na dané lince a nabídce spojů v čase a prostoru. Obsahuje minimálně údaje o časech odjezdů a příjezdů z/na zastávky a stanice.

Linka – množina spojů na dané trase.

Oběh vozidla – absolvování předem definované posloupnosti spojů v příslušném časovém intervalu.

Spoj – jízdním řádem nebo jinak časově a místně určené jednotlivé přepravní spojení mezi určitými místy v rámci dopravní obsluhy těchto míst.

Turnus – nebo též turnusový příkaz je časový harmonogram obsahující jízdní doby, doby bezpečnostních, manipulačních přestávek, doby pohotovosti a doplňkové informace, podle kterého se organizuje práce řidiče na jednotlivých linkách. Turnusem chápeme posloupnost spojů, která určuje pohyb některé náležitosti.

Výchozí zastávka – zastávka, ve které začíná spoj.

Konečná zastávka – zastávka, v níž spoj končí.

2.1.2 Pojmy ve vztahu k turnusům

Jízdní doba je dána rozdílem času odjezdu vozidla z výchozí zastávky a času příjezdu vozidla do konečné zastávky. V turnusových příkazech je uváděna v hodinách (hh:mm). Jízdní doba je započítávána do pracovního výkonu řidiče.

Manipulace před spojem, manipulace po spoji. Jedná se o doby, které jsou kompenzací za odbavovací činnosti, které řidič vykonává před, v průběhu spoje a po spoji. Hodnota doby manipulace před a po spoji není přesně stanovena. Je přijata zásada, že součet doby manipulace před spojem a doby manipulace po spoji činí 10 minut. Toto ustanovení bylo respektováno i v předložené metodice. Obě doby manipulací jsou v turnusových příkazech zaznamenávány v minutách. Analogicky jako jízdní doba, i tato doba je započítávána do pracovního výkonu řidiče.

Pohotovost je doba čekání řidiče, která je vložena mezi dva sousední spoje, pokud na sebe bezprostředně nenasledují. Doba pohotovosti se započítává do pracovního výkonu řidiče. Hodnota doby čekání je v turnusových příkazech uváděna v hodinách (hh:mm). V případech, kdy je potřeba vyrovnat ztrátu v pracovním výkonu, která byla způsobena jiným omezením, je do sloupce pohotovost zaznamenána hodnota, která tuto ztrátu kompenzuje. Tato doba se nazývá vyrovnávací doba, je uváděna taktéž v hodinách (hh:mm) a započítává se do pracovního výkonu řidiče.

BP POD je označení pro bezpečnostní přestávku v pravidelné osobní dopravě. Bezpečnostní přestávky jsou započítávány do pracovního výkonu řidiče.

Účtování tržeb je doba, která je stanovena pro vyúčtování a odevzdání tržeb. Hodnota této doby je stanovena na 12 minut¹ a lze ji měnit pouze výjimečně. Zaznamenává se do sloupce manipulace po spoji, započítává se do pracovního výkonu řidiče. V turnusových příkazech se umísťuje zpravidla na konci směny, není to však podmínkou.

Paušální čas je stejně jako účtování tržeb pevně stanoven a nelze jej měnit. Jeho hodnota je 24 minut² a je to čas, který je určen ke kontrole vozidla. Hodnoty paušálního času i účtování tržeb jsou započítávány do pracovního výkonu řidiče.

¹ U dopravce ČSAD Frýdek-Místek, a.s. U jiných dopravců tomu může být jinak. Principiálně to však na předložené metodice nic nemění.

² Tato hodnota je opět platná pro podmínky ČSAD Frýdek-Místek, a.s. U jiných dopravců může být tato doba stanovena jinak. Hodnota této položky však není rozhodující.

Hodiny jízdy je doba, která je tvořena součtem všech jízdních dob v rámci dané směny. Je uváděna v hodinách (hh:mm) a započítává se do pracovního výkonu řidiče.

Manipulace čistá je doba, která je dána součtem všech časů manipulací před spojem a manipulací po spoji, mimo čas účtování tržeb.

Manipulace ostatní je doba, která je dána součtem doby účtování tržeb, a součtem všech vyrovnávacích dob. Manipulace čistá i ostatní je uváděna v hodinách (hh:mm).

Manipulace celkem je doba, která je dána součtem manipulace čisté a manipulace ostatní. Je také uváděna v hodinách (hh:mm).

Směna je doba, která vyjadřuje délku trvání směny, je uváděna v hodinách a je dána součtem položek: hodiny jízdy, manipulace čistá, manipulace ostatní, paušální čas a BP POD.

2.2 Faktory ovlivňující časovou koordinaci spojů

Do procesu časové koordinace spojů vstupují údaje a veličiny, které zastupují reálná omezení, a na která musí být při koordinaci brán zřetel, např. časy odjezdů spojů, jízdní doby, časy neproduktivních přejezdů vozidel mezi výchozími (konečnými) zastávkami spojů a odstavnými nebo čekacími místy. Kromě těchto údajů, které lze snadno zanést do procesu koordinace, je potřeba zohlednit i údaje vyplývající z reálného provozu, které mají různý charakter. Jedná se o:

1. období platnosti spoje,
2. účel spojů,
3. oběhy vozidel,
4. bezpečnostní přestávky.

2.2.1 Období platnosti spoje

U každého spoje, který je zanesen do řešení, je potřeba zjistit jeho období platnosti. Jedná se o přesné vymezení jeho provozu z hlediska času. V reálném provozu je nejčastěji

možné setkat se s rozdělením období platnosti na provoz v pracovních dnech a provoz ve dnech pracovního volna. Při zjišťování tohoto vymezení období platnosti spojů je třeba vycházet z turnusových příkazů pro jednotlivá vozidla, neboť je potřeba zároveň brát v úvahu, že na provozování jednoho spoje se v různých dnech může podílet několik vozidel, neboť jednotlivá vozidla mohou mít v rámci obsluhy jednoho spoje různé časové možnosti. Vymezení období platnosti však může být různé a záleží pouze na dopravci, který si tato období platnosti pro jednotlivé turnusové příkazy stanovuje. Je však možné setkat se s rozdělením období platnosti na čtyři skupiny. První skupinu tvoří pracovní dny pondělí – čtvrtek. Druhou skupinu tvoří pracovní den pátek. Třetí skupinu tvoří sobota a čtvrtou neděle. V období školních prázdnin může být situace komplikovanější a není výjimkou ještě podrobnější dělení provozování spojů z hlediska období jejich platnosti. V případě, kdy je potřeba provádět časovou koordinaci v rámci několika období platnosti spojů, je potřeba určit, které hodnoty omezení vyhovují všem dotčeným spojům a podmínkám turnusových příkazů platných pro tyto spoje.

Aby bylo možné bezpečně vybrat všechny potřebné turnusové příkazy, kterými se řídí zabezpečování určitého spoje, je potřebné vytvořit si časový harmonogram turnusů. Jedná se o tabulku, která informuje o pokrytí dnů kalendářního roku jednotlivými turnusy. Výstupem je harmonogram, který je zcela pokryt jednotlivými turnusy, případně informacemi o dnech, ve kterých není dopravní obsluha zabezpečována. Níže uvedená tabulka č. 1 zachycuje vzorový příklad zpracování časového harmonogramu turnusu. Uvedená data v tabulce představují dny, ve kterých je spoj provozován.

Tabulka č. 1: Příklad časového zpracování harmonogramu turnusů pro období 13. 12. 2008 – 30. 6. 2009. Uvedené data v tabulce představují dny, ve kterých je spoj provozován.

	Prosinec	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen
Neděle			1.2.2009	1.3.2009			
Pondělí	1.12.2008		2.2.2009	2.3.2009			1.6.2009
Úterý	2.12.2008		3.2.2009	3.3.2009			2.6.2009
Středa	3.12.2008		4.2.2009	4.3.2009	1.4.2009		3.6.2009
Čtvrtek	4.12.2008	1.1.2009	5.2.2009	5.3.2009	2.4.2009		4.6.2009
Pátek	5.12.2008	2.1.2009	6.2.2009	6.3.2009	3.4.2009	1.5.2009	5.6.2009
Sobota	6.12.2008	3.1.2009	7.2.2009	7.3.2009	4.4.2009	2.5.2009	6.6.2009
Neděle	7.12.2008	4.1.2009	8.2.2009	8.3.2009	5.4.2009	3.5.2009	7.6.2009
Pondělí	8.12.2008	5.1.2009	9.2.2009	9.3.2009	6.4.2009	4.5.2009	8.6.2009
Úterý	9.12.2008	6.1.2009	10.2.2009	10.3.2009	7.4.2009	5.5.2009	9.6.2009
Středa	10.12.2008	7.1.2009	11.2.2009	11.3.2009	8.4.2009	6.5.2009	10.6.2009
Čtvrtek	11.12.2008	8.1.2009	12.2.2009	12.3.2009	9.4.2009	7.5.2009	11.6.2009
Pátek	12.12.2008	9.1.2009	13.2.2009	13.3.2009	10.4.2009	8.5.2009	12.6.2009
Sobota	13.12.2008	10.1.2009	14.2.2009	14.3.2009	11.4.2009	9.5.2009	13.6.2009
Neděle	14.12.2008	11.1.2009	15.2.2009	15.3.2009	12.4.2009	10.5.2009	14.6.2009
Pondělí	15.12.2008	12.1.2009	16.2.2009	16.3.2009	13.4.2009	11.5.2009	15.6.2009
Úterý	16.12.2008	13.1.2009	17.2.2009	17.3.2009	14.4.2009	12.5.2009	16.6.2009
Středa	17.12.2008	14.1.2009	18.2.2009	18.3.2009	15.4.2009	13.5.2009	17.6.2009
Čtvrtek	18.12.2008	15.1.2009	19.2.2009	19.3.2009	16.4.2009	14.5.2009	18.6.2009
Pátek	19.12.2008	16.1.2009	20.2.2009	20.3.2009	17.4.2009	15.5.2009	19.6.2009
Sobota	20.12.2008	17.1.2009	21.2.2009	21.3.2009	18.4.2009	16.5.2009	20.6.2009
Neděle	21.12.2008	18.1.2009	22.2.2009	22.3.2009	19.4.2009	17.5.2009	21.6.2009
Pondělí	22.12.2008	19.1.2009	23.2.2009	23.3.2009	20.4.2009	18.5.2009	22.6.2009
Úterý	23.12.2008	20.1.2009	24.2.2009	24.3.2009	21.4.2009	19.5.2009	23.6.2009
Středa	24.12.2008	21.1.2009	25.2.2009	25.3.2009	22.4.2009	20.5.2009	24.6.2009
Čtvrtek	25.12.2008	22.1.2009	26.2.2009	26.3.2009	23.4.2009	21.5.2009	25.6.2009
Pátek	26.12.2008	23.1.2009	27.2.2009	27.3.2009	24.4.2009	22.5.2009	26.6.2009
Sobota	27.12.2008	24.1.2009	28.2.2009	28.3.2009	25.4.2009	23.5.2009	27.6.2009
Neděle	28.12.2008	25.1.2009		29.3.2009	26.4.2009	24.5.2009	28.6.2009
Pondělí	29.12.2008	26.1.2009		30.3.2009	27.4.2009	25.5.2009	29.6.2009
Úterý	30.12.2008	27.1.2009		31.3.2009	28.4.2009	26.5.2009	30.6.2009
Středa	31.12.2008	28.1.2009			29.4.2009	27.5.2009	
Čtvrtek		29.1.2009			30.4.2009	28.5.2009	
Pátek		30.1.2009				29.5.2009	
Sobota		31.1.2009				30.5.2009	
Neděle						31.5.2009	

Políčka oranžové barvy představují soboty, neděle, státní svátky a dny pracovního klidu. V těchto dnech je provoz spoje zabezpečován na základě turnusu, kterým se řídí

provoz spoje v neděli. Zelenou barvou jsou označeny všechny pracovní dny – pondělí, ve kterých se provoz spoje řídí podle turnusového příkazu pro den pondělí. Fialovou barvou jsou označeny pracovní dny úterý, středa, ve kterých se provoz spoje řídí podle turnusového příkazu pro dny úterý a středu. Růžovou barvou jsou označeny pracovní dny čtvrtek, ve kterých se provoz spoje řídí podle turnusového příkazu pro den čtvrtek. Modrou barvou jsou označeny pracovní dny pátek, ve kterých se provoz spoje řídí podle turnusového příkazu pro den pátek. Šedou barvou jsou vyznačeny dny školních prázdnin, pro které může být opět vyhrazen zvláštní turnus.

2.2.2 Účel spojů

Při analýze vstupních dat je potřeba přihlížet k účelu spojů. Účel spojů má velký vliv na stanovení maximálního časového posunu spoje. Například, jedná-li se o spoj zabezpečující svoz dětí do základních škol, je potřeba brát v úvahu jeho dobu příjezdu do zastávky u školy. Dále za předpokladu, že školní vyučování začíná v 8:00 hodin, je potřebné uvažovat s vytvořením dostatečné časové rezervy na přesun žáků mezi zastávkou a prostorami školy. V opačném případě, není taktéž možné neohraničeně předsunout příjezd spoje k základní škole, aby nevzniklo zbytečně dlouhé čekání žáků na začátek vyučování. V tomto případě má tedy účel spoje značnou váhu, neboť čas příjezdu k základní škole je téměř fixní a není možné s ním příliš v čase posunovat.

2.2.3 Oběhy vozidel

Oběhem vozidel se rozumí posloupnost spojů, které dané vozidlo v určitém časovém období obsluhuje. V případě, že vozidlo v rámci svého oběhu obsluhuje více spojů, což je běžná situace, je potřeba brát v úvahu, že časy jednotlivých odjezdů jsou vzájemně provázány. Je mezi nimi určitá časová rezerva, kterou je potřebné respektovat a případný časový posun je možný pouze v rámci této rezervy (za předpokladu splnění všech stanových úkonů, které má vozidlo obsluhující spoj vykonat). Teoreticky lze časovou rezervu mezi jednotlivými spoji vypočítat podle následujícího vztahu.

$$r_{ij} = (t_j - n_j) - (t_i + m_i + p_i) - \bar{t}_i \quad [\text{min}] \quad (1)$$

$r_{i,j}$ časová rezerva mezi i -tým a j -tým spojem obsluhovaným jedním vozidlem

[min],

t_j čas odjezdu j -tého spoje [min],

t_i čas odjezdu i -tého spoje [min],

m_i doba manipulace po i -tém spoji [min],

n_j doba manipulace před j -tým spojem [min],

p_i přesun po i -tém spoji [min],

\bar{t}_i jízdní doba i -tého spoje [min].

2.2.4 Bezpečnostní přestávky

Dalším faktorem ovlivňujícím časovou koordinaci je dodržování bezpečnostních přestávek. Při stanovení maximálního času posunu spoje je potřeba zkontrolovat, zda nebude narušena doba, která je stanovena pro bezpečnostní přestávku stanovenou vnitřními předpisy dopravce. Tyto bezpečnostní přestávky jsou zaznamenány v turnusových příkazech a při zjišťování a vypočítávání maximálních možných časových posunů spojů je nutné respektovat pravidla pro dodržování těchto přestávek, která mohou být stanovena na základě různých nařízení. U většiny dopravců zabezpečujících osobní přepravu v rámci příměstské osobní dopravy a městské hromadné dopravy se vychází z Nařízení vlády č. 589/2006 Sb., kterým se stanoví odchylná úprava pracovní doby a doby odpočinku zaměstnanců v dopravě; a které, mimo jiné, obsahuje zásady pro určování bezpečnostních přestávek pro řidiče.

2.3 Zpracování vstupních dat

Výchozím materiálem pro určení maximálních časových posunů spojů jsou platné turnusové příkazy. Protože může nastat situace, kdy je tentýž spoj v rámci jednoho pracovního týdne obsluhován na základě více turnusových příkazů (viz podkapitola období platnosti spoje 2.2.1), je potřeba pro každý spoj, který zabezpečuje dopravní obslužnost řešeného území ve vymezeném časovém úseku vyhledat všechny turnusové příkazy, podle

kterých je daný spoj vykonáván. V případě, kdy je spoj obsluhován prostřednictvím více turnusových příkazů, je při vyhledávání možností časových posunů spojů potřeba zpracovat každý turnusový příkaz zvlášť a následně vybrat takové řešení, které vyhovuje všem v úvahu přicházejícím turnusovým příkazům.

Pro každý koordinovaný spoj $i = 1, \dots, n$ budou tedy vyhledány výchozí turnusové příkazy s ohledem na období platnosti těchto spojů.

U každého turnusového příkazu budou provedeny dva typy úprav, jejichž výstupem budou konkrétní hodnoty:

- nejdříve možný odjezd spoje z výchozí zastávky a_i ,
- nejpozději přípustný odjezd spoje z výchozí zastávky b_i ,
- maximální možný posun spoje v čase vzhledem k nejdříve možnému odjezdu spoje ze zastávky c_i .

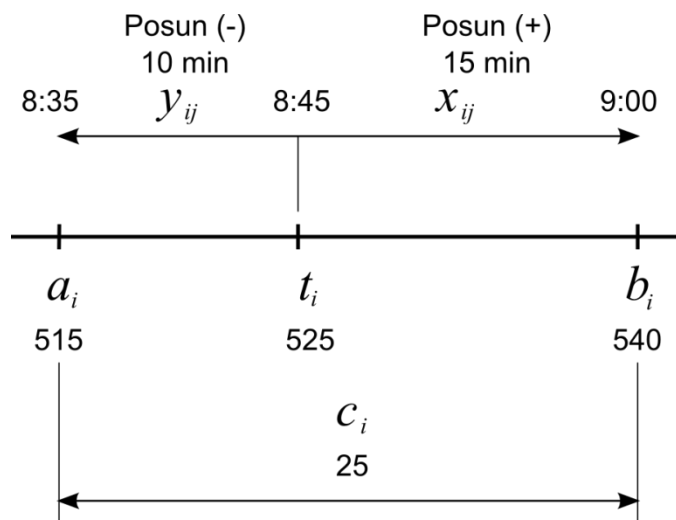
Výstupem tedy budou hodnoty a_i, b_i, c_i , kde:

$$\bullet \quad a_i = t_i - y_{ij} \quad \text{pro } i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m(i), \quad (2)$$

$$\bullet \quad b_i = t_i + x_{ij} \quad \text{pro } i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m(i), \quad (3)$$

$$\bullet \quad c_i = b_i - a_i, \quad \text{pro } i = 1, \dots, n, \quad (4)$$

kde n je počet spojů, které jsou předmětem optimalizace. Pro větší názornost je vztah vyšetřovaných hodnot zobrazen na níže uvedeném obrázku č. 1.



Obr. č. 1: Vztah vyšetřovaných hodnot a_i, b_i, c_i

2.3.1 Zásady, které je nutné při zpracování TP dodržet

Při úpravách výchozích turnusových příkazů budou prováděny pouze takové operace, jejichž realizace nenaruší:

1. délku trvání bezpečnostních přestávek v rámci příslušného turnusového příkazu,
2. délku trvání směny,
3. délku trvání jízdy v rámci příslušného turnusového příkazu,
4. celkovou délku trvání manipulace, která se započítává do výkonu řidiče vozidla vykonávajícího příslušný spoj,
5. jízdní dobu spoje,
6. čas začátku spoje, který následuje po spoji, který je předmětem úpravy, pokud následný spoj není taktéž předmětem koordinace (např. u obousměrné síťové koordinace) viz kapitola 2.4,
7. čas konce spoje, který předchází spoji, který je předmětem úpravy, pokud předchozí spoj není opět předmětem koordinace,
8. realizaci technologických úkonů, které jsou pro daný turnusový příkaz stanoveny, záměna pořadí těchto úkonů je umožněna s ohledem na dodržení požadavků stanovených příslušným dopravcem.

Vzorový příklad úpravy turnusového příkazu bude proveden na turnusovém příkazu, který je výchozím podkladem pro zabezpečování spoje č. 9, linky 860 327, ve směru Dobrá, střed – Frýdek-Místek. Tento spoj je v praxi zabezpečován dopravcem ČSAD Frýdek-Místek, a.s.

2.3.2 Zpracování TP – vzorový příklad

Jako vzorový příklad bude použit TP č. 36 obsahující spoj č. 9, linky 860327, který bude předmětem optimalizace.

Pro každý koordinovaný spoj je potřeba vyhledat výchozí turnusové příkazy s ohledem na období platnosti těchto spojů. K tomuto je potřeba sestavit harmonogram turnusů popsany v podkapitole 2.2.1. Ke zjištění potřebných informací o provozu jednotlivých spojů poslouží samotné turnusy, které tuto informaci obsahují. Pro tento vzorový případ je harmonogram turnusů zachycen v níže uvedené tabulce č. 2.

Z tabulky č. 2 je zřejmé, že v rámci pracovních dnů je spoj č. 9 linky 860 327 zabezpečován na základě pěti turnusových příkazů. Jedná se o tato časová období:

- 1. 2008 – 24. 4. 2008 a 2. 11. 2008 – 21. 12. 2008, pracovní dny pondělí – pátek, turnusový příkaz č. 36.111, v tabulce č. 2 označeno zelenou barvou;
- 4. 5. 2008 – 30. 6. 2008 a 1. 9. 2008 – 27. 10. 2008, pracovní dny pondělí – pátek, turnusový příkaz č. 36.11, v tabulce č. 2 označeno modrou barvou;
- 1. 7. 2008 – 31. 8. 2008, pracovní dny pondělí – pátek, turnus č. 36.21, v tabulce č. 2 označeno růžovou barvou;
- 29. 10. 2008 a 30. 10. 2008, pracovní dny čtvrtek, pátek, turnus č. 36.211, v tabulce č. 2 označeno hnědou barvou;
- 2. 3. 2008 – 6. 3. 2008, 9. 4. a 10. 4. 2008, 30. 1. 2008, 22. 12. a 23. 12. 2008 a 28. 12. 2008 – 31. 12. 2008, turnus č. 36.212, v tabulce č. 2 označeno červenou barvou.

Výchozími turnusovými příkazy tedy jsou:

- TP 36.11,
- TP 36.111,
- TP 36.21,
- TP 36.211,
- TP 36.212.

Tabulka č. 2: Příklad časového zpracování harmonogramu turnusu č 36.

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červ.	Srpen	Září	Říjen	List.	Pros.
Neděle		1.2	1.3								1.11	
Pondělí		2.2	2.3			1.6					2.11	
Úterý		3.2	3.3			2.6			1.9		3.11	1.12
Středa		4.2	4.3	1.4		3.6	1.7		2.9		4.11	2.12
Čtvrtek	1.1	5.2	5.3	2.4		4.6	2.7		3.9	1.10	5.11	3.12
Pátek	2.1	6.2	6.3	3.4	1.5	5.6	3.7		4.9	2.10	6.11	4.12
Sobota	3.1	7.2	7.3	4.4	2.5	6.6	4.7	1.8	5.9	3.10	7.11	5.12
Neděle	4.1	8.2	8.3	5.4	3.5	7.6	5.7	2.8	6.9	4.10	8.11	6.12
Pondělí	5.1	9.2	9.3	6.4	4.5	8.6	6.7	3.8	7.9	5.10	9.11	7.12
Úterý	6.1	10.2	10.3	7.4	5.5	9.6	7.7	4.8	8.9	6.10	10.11	8.12
Středa	7.1	11.2	11.3	8.4	6.5	10.6	8.7	5.8	9.9	7.10	11.11	9.12
Čtvrtek	8.1	12.2	12.3	9.4	7.5	11.6	9.7	6.8	10.9	8.10	12.11	10.12
Pátek	9.1	13.2	13.3	10.4	8.5	12.6	10.7	7.8	11.9	9.10	13.11	11.12
Sobota	10.1	14.2	14.3	11.4	9.5	13.6	11.7	8.8	12.9	10.10	14.11	12.12
Neděle	11.1	15.2	15.3	12.4	10.5	14.6	12.7	9.8	13.9	11.10	15.11	13.12
Pondělí	12.1	16.2	16.3	13.4	11.5	15.6	13.7	10.8	14.9	12.10	16.11	14.12
Úterý	13.1	17.2	17.3	14.4	12.5	16.6	14.7	11.8	15.9	13.10	17.11	15.12
Středa	14.1	18.2	18.3	15.4	13.5	17.6	15.7	12.8	16.9	14.10	18.11	16.12
Čtvrtek	15.1	19.2	19.3	16.4	14.5	18.6	16.7	13.8	17.9	15.10	19.11	17.12
Pátek	16.1	20.2	20.3	17.4	15.5	19.6	17.7	14.8	18.9	16.10	20.11	18.12
Sobota	17.1	21.2	21.3	18.4	16.5	20.6	18.7	15.8	19.9	17.10	21.11	19.12
Neděle	18.1	22.2	22.3	19.4	17.5	21.6	19.7	16.8	20.9	18.10	22.11	20.12
Pondělí	19.1	23.2	23.3	20.4	18.5	22.6	20.7	17.8	21.9	19.10	23.11	21.12
Úterý	20.1	24.2	24.3	21.4	19.5	23.6	21.7	18.8	22.9	20.10	24.11	22.12
Středa	21.1	25.2	25.3	22.4	20.5	24.6	22.7	19.8	23.9	21.10	25.11	23.12
Čtvrtek	22.1	26.2	26.3	23.4	21.5	25.6	23.7	20.8	24.9	22.10	26.11	24.12
Pátek	23.1	27.2	27.3	24.4	22.5	26.6	24.7	21.8	25.9	23.10	27.11	25.12
Sobota	24.1	28.2	28.3	25.4	23.5	27.6	25.7	22.8	26.9	24.10	28.11	26.12
Neděle	25.1		29.3	26.4	24.5	28.6	26.7	23.8	27.9	25.10	29.11	27.12
Pondělí	26.1		30.3	27.4	25.5	29.6	27.7	24.8	28.9	26.10	30.11	28.12
Úterý	27.1		31.3	28.4	26.5	30.6	28.7	25.8	29.9	27.10		29.12
Středa	28.1			29.4	27.5		29.7	26.8	30.9	28.10		30.12
Čtvrtek	29.1			30.4	28.5		30.7	27.8		29.10		31.12
Pátek	30.1				29.5		31.7	28.8		30.10		
Sobota	31.1				30.5			29.8		31.10		
Neděle					31.5			30.8				
Pondělí								31.8				

U každého z pěti vyhledaných turnusových příkazů budou provedeny již avizované dva typy úprav, jejichž výstupem budou konkrétní hodnoty:

- nejdříve možný odjezd spoje z výchozí zastávky a_i ,
- nejpozději přípustný odjezd spoje z výchozí zastávky b_i ,
- maximální možný posun spoje v čase vzhledem k nejdříve možnému odjezdu spoje ze zastávky c_i .

Nejdříve možná časová poloha spoje a_i

Na obrázku č. 2 je zachycen fragment turnusového příkazu č. 36.11, týkající se spoje č. 9, linky 860 327, pro období platnosti turnusového příkazu pondělí – pátek. Turnusový příkaz č. 36.11 zachycuje vykonávání 8 spojů v časovém rozpětí 4:00 – 11:21 hodin. V průběhu směny vozidlo vykoná tři přejezdy a jedno odstavení. V rámci turnusu jsou naplánovány dvě bezpečnostní přestávky, délka každé trvá 15 minut.

Spoj č. 9, na němž bude demonstrován postup stanovení maximálních dovolených časových posunů má výchozí zastávku Morávka, Lipové a konečnou zastávku Frýdek-Místek, Frýdek aut. nádraží. Čas odjezdu spoje z výchozí zastávky je v 9:04 hodin, čas příjezdu do konečné zastávky v 9:47 hodin. Spoji č. 9 předchází spoj č. 18 linky 860 317 a následuje po něm spoj č. 7 linky 865 012.

Spoj č. 18 linky 860 317 přijíždí na konečnou zastávku Morávka, Lipové s pravidelným příjezdem 8:22 hodin. Po spoji č. 18 je plánována manipulace v délce trvání 7 minut, po které následuje pohotovost v délce 30 minut. Celková délka pobytu vozidla na zastávce Morávka, Lipové je 37 minut. Nabízí se možnost přesunout současnou manipulaci před spojem č. 9 v délce trvání 5 minut, do polohy po spoji č. 9, neboť manipulace po spoji č. 18 (7 minut) je dostatečně dlouhá a postačí na pokrytí úkonů, které je potřeba po ukončení spoje č. 18 a před započítáním spoje č. 9 vykonat. Zároveň je možné přesunout pohotovost do polohy po spoji č. 9. Díky této úpravě je nejdříve možný odjezd spoje č. 9 po uplynutí 7 minutové doby manipulace po spoji č. 18.

Díky provedeným úpravám lze současnou polohu spoje č. 9, linky 860 327 posunout o 35 minut v záporném směru na časové ose. Po provedení popisovaných úprav je tedy nejdříve možná časová poloha odjezdu spoje č. 9, linky 860 327 z výchozí zastávky

Morávka, Lipové v 8:29 hodin. Při splnění podmínky nenarušení délky trvání jízdní doby, která činí 43 minut, je nejdříve možný příjezd tohoto spoje do konečné zastávky v 9:12 hodin. Začátek úkonu, který v současném turnusovém příkazu následuje po ukončení spoje č. 9, linky 860 327 je v čase 9:17 hodin. Pět minut, které tvoří rozdíl mezi ukončením spoje č. 9, linky 860 327 a začátkem úkonu následujícího se musí rovnat časovému ohodnocení úkonu (manipulace před spojem), který byl odebrán před odjezdem spoje.

Porovnáním sumárních položek (hodiny jízdy, BP POD, Paušální čas, Směna, Manipulace celkem) je možné ověřit, že nedošlo k narušení výše vymezených pravidel. Turnusový příkaz po úpravách, které vedly ke zjištění hodnoty možného časového posunu spoje do nejdříve možného začátku spoje je zachycen na obrázku č. 3.

Linka	Číslo spoje	Výchozí zastávka	Odjezd	Konečná zastávka	Příjezd	Jízdní doba	Manipulace před	Manipulace po	Pohotovost
			[hod]		[hod]	[hod]	[min]	[min]	[hod]
809 990	2	Sviadnov, zav. ČSAD	4:00	Sviadnov, zav. ČSAD	4:25	0:25	07:00	03:00	0:03
<i>Přejezd</i>		Sviadnov, zav. ČSAD	4:31	Frýdek, U Gustlíčka	4:36	0:05			0:05
860 330	1	Frýdek, U Gustlíčka	4:50	Staříč, Důl Staříč 3	5:15	0:25	09:00	01:00	
		<i>Na veselé vyčkat 860 321/18 z Raškovic</i>							
<i>Přejezd</i>		Staříč, Důl Staříč 3	5:16	Chlebovice, střed	5:20	0:04			
860 302	8	Chlebovice, střed	5:22	Frýdek, aut. nádraží	5:35	0:13	02:00	05:00	
		<i>Obsloužit zastávku Místek, Olešná</i>							
		<i>BP POD</i>	5:40		5:55			15:00	
860 317	23	Frýdek, aut. nádraží	5:55	Ostrava, ÚAN	6:29	0:34		10:00	
		<i>BP POD</i>	6:39		6:54			15:00	
360 317	18	Ostrava, ÚAN	6:55	Morávka, Lipové	8:22	1:27	01:00	07:00	00:30
860 327	9	Morávka, Lipové	9:04	Frýdek, aut. nádraží	9:47	0:43	05:00		
<i>Přejezd</i>		Frýdek, aut. Nádraží	9:47	Frýdek, sídliště	9:52	0:05			
865 012	7	Frýdek, sídliště	10:00	Místek, Hypernova	10:27	0:27	08:00	02:00	
865 012	4	Místek, Hypernova	10:35	Frýdek, Nad Lipinou	10:59	0:24	06:00	04:00	
<i>Odstavení</i>		Frýdek, Nad Lipinou	11:03	Sviadnov, zav. ČSAD	11:09	0:06			
		<i>Účtování tržeb</i>	11:09		11:21			12:00	

<i>Hodiny jízdy</i>	4:58		
<i>Manipulace čistá</i>	1:10	<i>Manipulace celkem</i>	1:30
<i>Manipulace ostatní</i>	0:20	<i>Pohotovost</i>	0:30
<i>BP POD</i>	0:30		
<i>Paušální čas</i>	0:24		
<i>Směna</i>	7:22		

Obr. č. 2: Část turnusového příkazu č. 36.11 – výchozí stav

Linka	Číslo spoje	Výchozí zastávka	Odjezd [hod]	Konečná zastávka	Příjezd [hod]	Jízdní doba [hod]	Manipulace před [min]	Manipulace po [min]	Pohotovost [hod]
809 990	2	Sviadnov, zav. ČSAD	4:00	Sviadnov, zav. ČSAD	4:25	0:25	07:00	03:00	0:03
<i>Přejezd</i>		Sviadnov, zav. ČSAD	4:31	Frýdek, U Gustlíčka	4:36	0:05			0:05
860 330	1	Frýdek, U Gustlíčka	4:50	Staříč, Důl Staříč 3	5:15	0:25	09:00	01:00	
		<i>Na veselé vyčkat 860 321/18 z Raškovic</i>							
<i>Přejezd</i>		Staříč, Důl Staříč 3	5:16	Chlebovice, střed	5:20	0:04			
860 302	8	Chlebovice, střed	5:22	Frýdek, aut. nádraží	5:35	0:13	02:00	05:00	
		<i>Obsloužit zastávku Místek, Olešná</i>							
		<i>BP POD</i>	5:40		5:55			15:00	
860 317	23	Frýdek, aut. nádraží	5:55	Ostrava, ÚAN	6:29	0:34		10:00	
		<i>BP POD</i>	6:39		6:54			15:00	
360 317	18	Ostrava, ÚAN	6:55	Morávka, Lipové	8:22	1:27	01:00	07:00	
860 327	9	Morávka, Lipové	8:29	Frýdek, aut. nádraží	9:12	0:43		05:00	00:30
<i>Přejezd</i>		Frýdek, aut. nádraží	9:47	Frýdek, sídliště	9:52	0:05			
865 012	7	Frýdek, sídliště	10:00	Místek, Hypernova	10:27	0:27	08:00	02:00	
865 012	4	Místek, Hypernova	10:35	Frýdek, Nad Lipinou	10:59	0:24	06:00	04:00	
<i>Odstavení</i>		Frýdek, Nad Lipinou	11:03	Sviadnov, zav. ČSAD	11:09	0:06			
		<i>Účtování tržeb</i>	11:09		11:21			12:00	

Hodiny jízdy

4:58

Manipulace čistá

1:10

Manipulace celkem

1:30

Manipulace ostatní

0:20

Pohotovost

0:30

BP POD

0:30

Paušální čas

0:24

Směna

7:22

Obr. č. 3: Část turnusového příkazu č. 36.11 – posun do polohy nejdříve možného odjezdu

Nejpozději přípustná časová poloha konkrétního spoje b_i

Při vypracování hodnoty maximálního časového posunu spoje č. 9, linky 860 327 v kladném směru na časové ose bude vycházeno opět ze stávajícího turnusového příkazu, který je zachycen na obrázku č. 2. Všechny úpravy, provedené ve výchozím turnusovém příkazu podléhají pravidlům, která byla stanovena, před započítáním úprav (viz 2.3.1).

Na níže uvedeném obrázku č. 4 je zachycen turnusový příkaz č. 36.11 po úpravách vedoucích ke zjištění maximálního možného časového posunu spoje č. 9, linky 860 327 v kladném směru na časové ose. V textu je pak uveden postup, který popisuje jednotlivé úpravy.

Spoj č. 18, linky 860 317, který předchází spoji č. 9, linky 860 327, který je předmětem úprav, má pravidelný příjezd do konečné zastávky Morávka, Lipové v 8:22 hodin. Původní čas manipulace po spoji v délce trvání 7 minut, byl nahrazen hodnotou 9 minut (což je pro tento případ maximální hodnota). Po operaci manipulace následuje pohotovost v délce 30 minut. Po pohotovosti je možné ještě dále odjezd spoje č. 9 opozdit zvýšením času manipulace před spojem z původních 5 minut na 10 minut, což je maximální možná hodnota. Tímto jsou vyčerpány úpravy, které umožňují posun spoje v kladném směru na časové ose. Hodnota položky „manipulace čistá“ tedy vzrostla v důsledku provedených úprav o 7 minut. Protože není možno měnit součtové hodnoty v jednotlivých položkách je zapotřebí o uvedených 7 minut doby manipulací v jiných případech snížit. Jelikož se položka „manipulace čistá“ započítává do pracovního výkonu řidiče, je možné těchto 7 minut odečíst z položky manipulace před spojem č. 7, která se taktéž započítává do pracovního výkonu řidiče. Tato manipulace před spojem č. 7 byla snížena s ohledem na skutečnost, že spoj č. 7 je spojem komerčním a u tohoto spoje zcela odpadá odbavování cestujících (cestující neplatí za přepravu). Z tohoto důvodu je možné manipulaci u spoje č. 7 snížit.

Linka	Číslo spoje	Výchozí zastávka	Odjezd [hod]	Konečná zastávka	Příjezd [hod]	Jízdní doba [hod]	Manipulace před [min]	Manipulace po [min]	Pohotovost [hod]
809 990	2	Sviadnov, zav. ČSAD	4:00	Sviadnov, zav. ČSAD	4:25	0:25	07:00	03:00	0:03
<i>Přejezd</i>		Sviadnov, zav. ČSAD	4:31	Frýdek, U Gustlíčka	4:36	0:05			0:05
860 330	1	Frýdek, U Gustlíčka	4:50	Staříč, Důl Staříč 3	5:15	0:25	09:00	01:00	
		<i>Na veselé vyčkat 860 321/18 z Raškovic</i>							
<i>Přejezd</i>		Staříč, Důl Staříč 3	5:16	Chlebovice, střed	5:20	0:04			
860 302	8	Chlebovice, střed	5:22	Frýdek, aut. nádraží	5:35	0:13	02:00	05:00	
		<i>Obsloužit zastávku Místek, Olešná</i>							
		<i>BP POD</i>	5:40		5:55			15:00	
860 317	23	Frýdek, aut. nádraží	5:55	Ostrava, ÚAN	6:29	0:34		10:00	
		<i>BP POD</i>	6:39		6:54			15:00	
360 317	18	Ostrava, ÚAN	6:55	Morávka, Lipové	8:22	1:27	01:00	09:00	00:30
860 327	9	Morávka, Lipové	9:11	Frýdek, aut. nádraží	9:54	0:43	10:00		
<i>Přejezd</i>		Frýdek, aut. nádraží	9:54	Frýdek, sídliště	9:59	0:05			
865 012	7	Frýdek, sídliště	10:00	Místek, Hypernova	10:27	0:27	01:00	02:00	
865 012	4	Místek, Hypernova	10:35	Frýdek, Nad Lipinou	10:59	0:24	06:00	04:00	
<i>Odstavení</i>		Frýdek, Nad Lipinou	11:03	Sviadnov, zav. ČSAD	11:09	0:06			
		<i>Účtování tržeb</i>	11:09		11:21			12:00	

Hodiny jízdy

4:58

Manipulace čistá

1:10

Manipulace celkem

1:30

Manipulace ostatní

0:20

Pohotovost

0:30

BP POD

0:30

Paušální čas

0:24

Směna

7:22

Obr. č. 4: Část turnusového příkazu č. 36.11 – nejpozději možný posun

Porovnáním výchozího turnusového příkazu a turnusového příkazu po úpravách je možné vidět, že nedošlo k porušení stanovených pravidel. Změny se projevily opět pouze v rozdělení dob manipulací. Díky provedeným úpravám bylo zjištěno, že hodnota maximálního posunu spoje č. 9, linky 860 327 v kladném směru na časové ose činí 7 minut.

Jak již bylo výše uvedeno, dvojici, právě demonstrovaných úprav je potřeba provést pro všechny turnusové příkazy, které se daného spoje (spoje č. 9) týkají. Tedy pro turnusové příkazy 36.11, 36.111, 36.21, 36.211 a 36.212. Výstupem je získáno 5 dvojic hodnot (nejdříve možný odjezd spoje a_i a nejpozději přípustný odjezd spoje b_i). Pro tento vzorový příklad jsou hodnoty uvedeny v níže uvedené tabulce č. 3.

Tabulka č. 3: Nejdříve možný a nejpozději přípustný odjezd spoje i ze zastávky

Linka	Spoj	Turnus	Stávající odjezd t_i	Nejdříve možný odjezd a_i	Nejpozději přípustný odjezd b_i	Posun (-) y_{ij}	Posun (+) x_{ij}
			[hod]	[hod]	[hod]	[hh:mm]	[hh:mm]
860 327	9	36.11	9:04	8:29	9:11	0:35	0:07
		36.111	9:04	8:26	9:12	0:38	0:08
		36.21	9:04	8:32	9:12	0:32	0:08
		36.211	9:04	8:32	9:12	0:32	0:08
		36.212	9:04	8:32	9:12	0:32	0:08
Výsledná dvojice hodnot						0:32	0:07

Výslednou dvojicí hodnot je pak taková dvojice hodnot, jejíž jednotlivé složky vyhovují všem vyhledaným variantám.

Jak již bylo výše uvedeno, symbolem y_{ij} jsme označili posun spoje i v turnusovém příkaze j v záporném směru a symbolem x_{ij} posun spoje i v turnusovém příkaze j v kladném směru na časové ose. Výsledný interval, ve kterém lze se spojem posunovat v čase lze matematicky vyjádřit jako:

$$\langle a_i, b_i \rangle = \left\langle t_i - \min_{j \in 1, \dots, m(i)} \{y_{ij}\}, t_i + \min_{j \in 1, \dots, m(i)} \{x_{ij}\} \right\rangle, \quad \text{pro } i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m(i),$$

kde n je počet vyšetřovaných spojů a $m(i)$ je počet turnusů, kterými je spoj i zabezpečován. (5)

Pro tento případ jsou hodnoty nejdříve možného odjezdu spoje a nejpozději přípustného odjezdu spoje následující:

$$a_9 = t_9 - \min_{j \in \{1, \dots, m(9)\}} \{y_{9j}\} \qquad b_9 = t_9 + \min_{j \in \{1, \dots, m(9)\}} \{x_{9j}\}$$

$$a_9 = 544 - \min_{j \in \{1, \dots, m(9)\}} \{35, 38, 32, 32, 32\} \qquad b_9 = 544 + \min_{j \in \{1, \dots, m(9)\}} \{7, 8, 8, 8, 8\}$$

$$a_9 = 544 - 32 = 512 \qquad b_9 = 544 + 7 = 551$$

$$c_i = b_i - a_i \qquad c_9 = b_9 - a_9 \qquad c_9 = 551 - 512 = 39$$

Se spojem č. 9, lze tedy manipulovat v přípustném intervalu $\langle 512, 551 \rangle$ minut, resp. v intervalu $\langle 8:32, 9:11 \rangle$ hodin. Hodnota maximálního posunu spoje č. 9 v čase, vzhledem k jeho nejdříve možnému odjezdu ze zastávky je: $c_9 = 39$ minut.

2.4 Specifický příklad zpracování dat při síťové koordinaci

Při zpracovávání dovolených posunů odjezdů jednotlivých spojů byla respektována pravidla, která vyplývají z turnusových příkazů. V souvislosti s možnostmi, které síťová časová koordinace nabízí, je možné využít rozšířeného posunu spojů za předpokladu, že dvojice koordinovaných spojů se v turnusovém příkazu nachází v „sousedícím“ vztahu. Situace bude vysvětlena na příkladu.

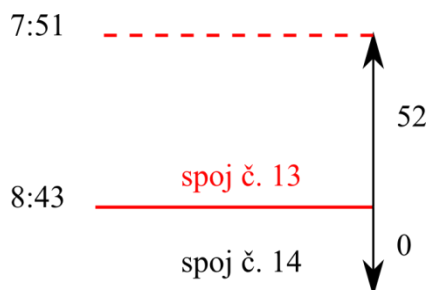
V praxi existují případy, kde je koordinována dvojice spojů, které jsou vedeny ve dvou nezávislých směrech, a tyto spoje jsou v rámci jednoho turnusového příkazu vzájemně sousední. Situaci je možné vidět na obrázku č. 4.

Linka	Číslo spoje	Výchozí zastávka	Odjezd [hod]	Konečná zastávka	Příjezd [hod]	Jízdní doba [hod]	Man. před [min]	Man. po [min]	Pohot. [hod]
<i>Přejezd</i>		Místek, poliklinika	7:39	Frýdek, aut. nádraží	7:44	0:05			0:52
860 327	13	Frýdek, aut. nádraží	8:43	Nošovice	9:10	0:27	07:00	03:00	
860 327	14	Nošovice	9:20	Frýdek, aut. nádraží	9:48	0:28	07:00	03:00	
<i>Přejezd</i>		Frýdek, aut. nádraží	9:51	Místek, zav. ČSAD	9:56	0:05			0:45

Obr. č. 4: Fragment turnusového příkazu zachycující dvojici sousedních spojů

Na obrázku č. 4 je zachycena dvojice spojů, které jsou vyznačeny barevně. Tyto spoje jsou vzájemně sousední. Při jednosměrné časové koordinaci je manipulováno vždy pouze s jedním spojem z dvojice. Druhý spoj je při této optimalizaci fixním, neboť není veden v požadovaném směru, ve kterém je časová koordinace prováděna. Při zpracovávání nejdříve možných a nejpozději přípustných okamžiků odjezdů spojů může nastat tato situace:

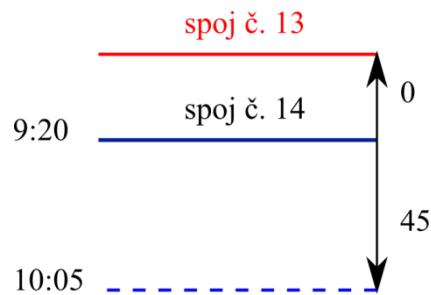
Při dodržení pravidel pro vyhledávání nejdříve možných a nejpozději přípustných okamžiků odjezdů spojů je možné pro spoj č. 13, linky 860 327 vyhledat nejdříve možný odjezd v čase 7:51, tedy o 52 minut dříve, než je současný stav. Tento posun byl docílen přesunutím pohotovosti v délce trvání 52 minut do polohy po spoji č. 13, linky 860 327. Při vyhledávání nejpozději přípustného odjezdu spoje č. 13, linky 860 327 je však potřeba brát ohled na spoj č. 14, linky 860 327, který je v této chvíli spojem fixním a je potřeba zachovat čas jeho odjezdu. Posun spoje č. 13, linky 860327 tedy není možné do pozdější polohy přesunout. Nejdříve možný odjezd spoje č. 13, linky 860 327 tedy je v 7:51 (8:43-52=7:51) hodin. Při dodržení zavedené symboliky by pro tento spoj platily hodnoty $a_{13} = 471$, $c_{13} = 52$. Situace je znázorněna na obrázku č. 5.



Obr. č. 5.: Dovolené posuny spoje č. 13, linky 860 327

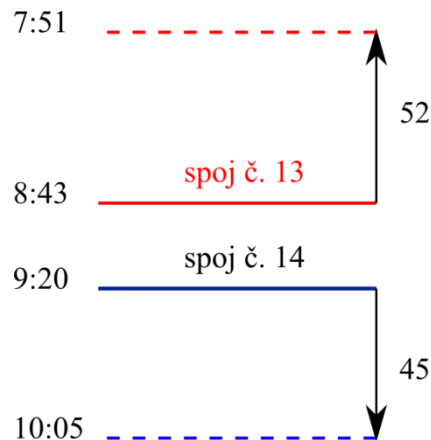
Při zpracovávání hodnot nejdříve možných a nejpozději přípustných okamžiků odjezdů pro spoj č. 14, linky 860 327 nastane inverzní situace. Při vyhledávání nejdříve možné časové polohy odjezdu spoje č. 14 bude omezením poloha spoje č. 13, která je v této fázi fixní a odjez tohoto spoje musí být respektován. Při vyhledání nejpozději přípustného odjezdu spoje č. 14 je však možné posunout spoj č. 14 o 45 v kladném směru na časové ose. Tohoto posunu bude docíleno přeložení pohotovosti, v délce 45 trvání, do polohy před spoj č. 14, linky 860 327. Nejdříve možný odjezd spoje č. 14, linky 860 327 tedy je v 9:20 hodin, posun v kladném směru na časové ose však činí 45 minut. Při

dodržení zavedené symboliky by pro tento spoj platily hodnoty $a_{14} = 560, c_{14} = 45$. Situace je znázorněna na obrázku č. 6.



Obr. č. 6.: Dovolené posuny spoje č. 14, linky 860 327

Při síťové koordinaci však mohou nastat případy, že jsou koordinovány zároveň oba směry. Ve kterých se dvojice sousedních spojů vyskytuje. Za předpokladu, že posun obou spojů bude shodný, což je potřeba zajistit v matematickém modelu příslušnou podmínkou, je možné rozšířit množinu přípustných řešení následujícím způsobem. Při zpracovávání nejdříve možných a nejpozději přípustných okamžiků odjezdů spojů lze s dvojicí sousedních spojů pracovat, jako s jedním spojením, který je tvořen „spojením“ těchto dvou sousedních spojů k sobě. Situace je znázorněna na obrázku č. 7.

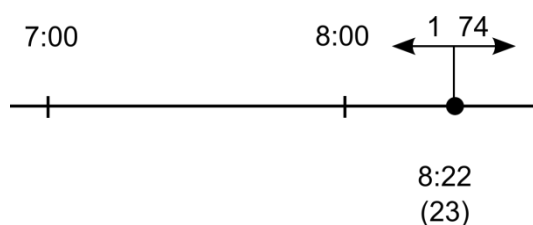


Obr. č. 7.: Dovolené posuny pro dvojici spojů č. 13, č. 14 linky 860 327

Pro oba spoje budou platit shodné hodnoty nejdříve možné a nejpozději přípustné časové polohy odjezdu, která bude dána sloučením vyhledaných možností posunů pro jednotlivé spoje. Při dodržení zavedené symboliky jsou hodnoty týkající se jednotlivých spojů následující: $a_{13} = 471, c_{13} = 97 (52 + 45); a_{14} = 508, c_{14} = 97$.

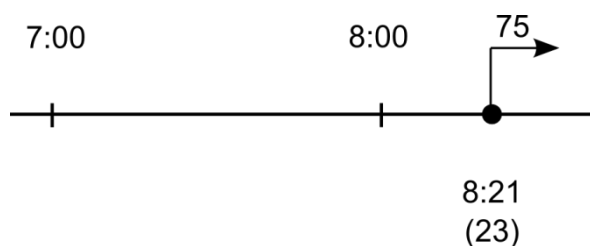
Poznámka: Při řešení problému časové koordinace spojů lineárním programováním je nutno respektovat, aby k časovým posunům odjezdů jednotlivých spojů docházelo pouze v kladném směru na časové ose. Tento požadavek vyplývá z vlastností metod lineárního programování, které neumí pracovat se zápornými hodnotami proměnných. Možnost časového posunu v záporném směru na časové ose, je možné, s ohledem na požadované hodnoty proměnných v lineárním programování, zabezpečit časovým posunem spoje do nejdříve možného začátku spoje před započítáním procesu optimalizace.

Pro názornost bude uveden jednoduchý příklad. Pro spoj č. 23 linky 860 327 s pravidelným odjezdem ze zastávky Dobrá, střed v 8:22 hodin byly vypracovány možnosti posunu v následujících velikostech. Posun spoje č. 23 v záporném směru na časové ose 1 minuta, posun téhož spoje v kladném směru na časové ose 74 minut. Situace je zachycena na obrázku č. 8.



Obr. č. 8.: Možnosti posunu spoje na časové ose

Před započítáním procesu optimalizace bude spoj č. 23 posunut do nejdříve možného začátku spoje, tedy bude posunut v záporném směru na časové ose o 1 minutu. Nová poloha spoje na časové ose je nyní v čase 8:21 hodin. Tento posun je kompenzován přičtením 1 minuty k hodnotě možného posunu v kladném směru na časové ose. Situace zachycující úpravu polohy spoje je na obrázku č. 9.



Obr. č. 9.: Úprava polohy spoje před procesem optimalizace

3 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Metodice, zde předložené, předcházely rozsáhlý průzkum využívání metod časové koordinace s návazností na získávání vstupních údajů pro optimalizaci spojů veřejné hromadné dopravy.

Toto zkoumání bylo provedeno jak u tuzemských dopravců, tak u předních dopravců v Polsku, Slovensku, Německu a Rakousku. Z provedeného šetření vyplývá, že časová koordinace spojů je problematika, které je věnována náležitá pozornost. Časové koordinaci spojů je věnována pozornost jak ve fázi návrhu jejich časových poloh, tak i ve fázi, kdy jsou již polohy spojů nastaveny, a je spuštěn provoz. Rovnoměrné rozložení spojů v čase, návaznosti spojů v přestupních uzlech jsou nastavovány především ve fázi návrhu, dodatečné řešení optimalizace časových poloh spojů je pak prováděno ve fázi provozu. Tato sekundární časová koordinace je v podmínkách ČR zatím prováděna především na základě zkušeností dispečerů, v zahraničí pak s využitím informací z kontrolních center, které každý den vyhodnocují nastalou situaci.

Předložená metodika v tomto směru představuje nový přístup, na základě kterého lze provádět přípravu vstupních dat pro optimalizační výpočty, v již zavedených turnusových příkazech.

4 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Metodika může nalézt uplatnění při realizaci optimalizačních výpočtů v oblasti veřejné hromadné dopravy osob, jak v oblasti městské hromadné dopravy MHD, tak v oblasti příměstské osobní dopravy POD. Zde popisovaná metodika je základním prvkem, který je nutný k úspěšné realizaci optimalizačních výpočtů při řešení časové koordinace spojů.

Časovou koordinací rozumíme procesy, kdy prostřednictvím posunů časových poloh příjezdů a odjezdů spojů jednotlivých linek docílujeme buď rovnoměrné rozložení odjezdů a příjezdů spojů na časové ose, nebo jiné rozložení odjezdů a příjezdů spojů, které je s ohledem na potřeby cestujících vhodnější nebo optimálnější v případě kdy je zadáno kritérium hodnocení kvality, za předpokladu respektování všech omezení plynoucích z reálné situace.

Zmiňovaná časová koordinace spojů pak významným způsobem přispívá jak k návrhu rozložení jednotlivých spojů v čase, tak k řešení různorodých úprav v rozložení spojů v čase, v již existující struktuře rozložení spojů, za předpokladu, že lze nalézt možnosti, jak je možno časové polohy některých spojů měnit, k čemuž zmiňovaná metodika výrazným způsobem přispívá.

Na základě předložené metodiky lze úspěšně připravovat vstupní data pro optimalizační výpočty časové koordinace spojů. Především pro:

- Jednosměrnou časovou koordinaci spojů – časovou koordinaci na obsluhovaném úseku v jednom přepravním směru.
- Obousměrnou časovou koordinaci spojů – časovou koordinaci na obsluhovaném úseku v obou přepravních směrech.
- Síťovou časovou koordinaci spojů – časová koordinace spojů na množině zastávek.

5 EKONOMICKÉ ASPEKTY METODIKY

Metodika přípravy vstupních dat pro optimalizační výpočty přispívá ke zvyšování kvality veřejné hromadné dopravy a přináší s sebou pozitivní dopady jak na kvalitu cestování, tak na životní prostředí.

Zkvalitňování nabízených přepravních služeb je totiž žádoucí nejen s ohledem na komfort, který potenciálním zákazníkům nabídneme, ale také s ohledem na další aspekty, k jejichž zlepšení časová koordinace spojů sekundárně přispívá.

Jak vyplývá z mezioborového porovnání přeprav, podíl individuální automobilové přepravy osob se velmi blíží podílu veřejné hromadné dopravy. Je prokázáno, že individuální automobilová doprava působí značné zatížení dopravní infrastruktury a zároveň produkuje množství škodlivých exhalací. Je proto žádoucí podporovat využívání veřejné hromadné dopravy s cílem snižovat podíl individuální automobilové dopravy především na dopravních sítích jednotlivých měst. Nabízí se tedy cesta, kterou lze přispět k řešení výše zmíněného.

Jak prozrazují sociologické dopravní výzkumy, cestující v první řadě kladou důraz na bezpečnost přepravy v druhé řadě na rychlost přepravy v třetí řadě pak na komfort a na dalších místech jsou další subjektivní požadavky na přepravu. Pokud tedy bude cestujícím nabídnut takový systém veřejné hromadné přepravy se službami, které budou odpovídat jejich požadavkům, jak z hlediska rychlosti, komfortu a dalších subjektivně vnímaných priorit, lze očekávat, že se výrazně zvětší množina cestujících, kteří dají přednost veřejné hromadné dopravě před individuální osobní dopravou. Čímž dojde k cílenému odlehčení dopravní infrastruktury ve smyslu zprůchodnění měst, která jsou často zatížena velkým podílem individuální osobní dopravy. Zároveň tak dojde ke snížení exhalací.

Tyto výše představené pozitivní důsledky využití předložené metodiky se pak mohou kladně projevit v množství financí, které je potřeba na ochranu životního prostředí vynakládat.

Z pohledu finanční náročnosti použití metodiky, je možné konstatovat, že vzhledem ke skutečnosti, že se jedná především o úpravy organizačního charakteru, předložená metodika není podmiňována vynaložením vysokých investičních prostředků. V metodice představené úpravy, lze úspěšně realizovat v dostupných komerčních software.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. **PASTOR, O., TUZAR, A.** *Teorie dopravních systémů*. Praha: ASPI, 2007. 312 s. ISBN 978-80-7357-285-3.
2. Tarif pro veřejnou pravidelnou autobusovou přepravu cestujících a zavazadel. *Příloha k vyhlášce C 6/13-14/1993*.
3. Turnusové příkazy dopravce ČSAD Frýdek-Místek a. s. 2007 – 2008; 2008 – 2009; 2009 – 2010; 2010 – 2011.

7 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ METODICE PŘEDCHÁZELY

1. **GÁBRIŠOVÁ, L., KOZEL, P.** *Minimization of Passangers Waiting Time by Vehicle Shedule Adjustment.* In „*Transcom 2011*“: Sborník konference: Žilina, 27. – 29. 9. 2011. ISBN 978-80-554-0369-4.
2. **KOHÁNI, M., KOZEL, P.** *Využití kaskádového přístupu při koordinaci spojů.* In: „*Úlohy diskrétní optimalizace v dopravní praxi: kvantitativní metody optimalizace v dopravních a logistických systémech I*“: Sborník příspěvků: Pardubice 29. - 30. 4. 2010. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2010. ISBN 978-80-7395-297-6. s. 119 - 130.
3. **KOZEL, P.** *Časová koordinace spojů veřejné hromadné dopravy.* In „*Dopravní systémy 2009*“: Sborník příspěvků: Pardubice 3. 12. 2009. Pardubice: Univerzita Pardubice: Dopravní fakulta Jana Pernera, 2009. ISBN 978- 80-86530-63-5. 262.
4. **KOZEL, P.** *Časová koordinace spojů veřejné hromadné dopravy v úseku Frýdek-Místek - Dobrá.* Diplomová práce. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2009.
5. **KOZEL, P.** *The Time coordination of bus link in both transport direction.* In „*Mathematical Methods in Economics 2011*“: Sborník konference: Jánská Dolina 3. 6. – 9. 9. 2011. ISBN 978-80-7431-058-4.

8 DEDIKACE

Metodika vznikla jako výstup z projektu SP 2012/113 Vývoj nových metod pro podporu plánování a řízení dopravních procesů.

Poskytovatel podpory: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy.