



INTEGROVANÉ TAKTOVÉ JÍZDNÍ ŘÁDY – ČÁST I

INTEGRATED TACTICALS TIMETABLES – PART I

Jakub Hlinovský*

Abstrakt *Tento odborný článek seznámí čtenáře s prvopočátky zavedení Integrovaných taktových jízdních řádů a samozřejmě taky se základními pojmy, které se používají při jejich tvorbě. Článek se rovněž bude zmiňovat o matematických výpočtech pro zavádění zastávkových vlaků s úplnou dosažitelností míst zastavení.*

Klíčová slova *doprava, interval, Integrovaný taktový jízdní řád*

Summary *This technical article will acquaint readers with the beginning of the applicated integrated tactical timetables and with the basic concepts that are used in the integrated tactical timetables. The article will also mention Mathematical calculations for the introduction of stop trains with full reach of stopping places.*

Keywords *traffic, interval, integrated tacticals timetables*

1 ÚVOD

Tento odborný článek se bude zabývat Integrovaným taktovým jízdním řádem, který je ideálním typem pro řešení dopravní obslužnosti, zejména hustě osídlených oblastí velkých městských aglomerací a hustě osídlených příměstských oblastech velkých městských aglomerací. Autor tohoto odborného článku se podrobněji o definici taktu a integrovaného taktového jízdního řádu zmiňuje v kapitolách 2.1.1 a 2.1.6. Integrovaný taktový jízdní řád se rovněž v dnešní době aplikuje zejména na řešení dopravní obslužnosti velkých územních celků (regionů/krajů), například převážně v Německu, Nizozemsku a Švýcarsku. V následujících kapitolách tohoto odborného článku se autor bude zmiňovat o vybraných základních pojmech, se kterými je nutné se seznámit a počítat při tvorbě integrovaného taktového jízdního řádu, zkráceně dále v článku pod zkratkou ITJŘ. Autor se chce zmínit rovněž o vazbě vlaků v ITJŘ a o efektech spojených se zavedením ITJŘ. Autor odborného článku bude chtít rovněž zmínit některé matematické výpočty, které je nutné využít, nebo se s nimi musí tzv. počítat při sestavení ITJŘ. Ve 21.století se nejvíce využívá ITJŘ zejména v osobní železniční dopravě, kdy se jeho prvopočátky pokusů o aplikaci na osobní železniční dopravu začínají objevovat již na počátku 20. století. Na území Československa se ITJŘ poprvé objevil v 80. letech dvacátého století na železniční trati v úseku Praha – Poříčany – Pečky – Kolín. V České republice se začátky ITJŘ ve větší míře objevují v první polovině devadesátých let 20. století (Hrabáček, 2010). Podle autora jsou ITJŘ nezbytným kvalitním prvek v prostředí moderních integrovaných dopravních systémů, které tvoří základ pro bezproblémové fungování veřejné hromadné dopravy, jak v oblasti městské, tak i například v příměstské hromadné dopravy. Tento typ jízdního řádu má dle autora článku velký potenciál v bezproblémovém fungování integrovaných dopravních systémů. ITJŘ se hodně využívá například v dálkové železniční dopravě.

2 DEFINICE A PRVOPOČÁTKY V ITJŘ

V následující kapitole jsou uvedeny nejdůležitější definice vztahující se k tvorbě ITJŘ a shrnuty poznatky týkající se prvo počátků aplikování ITJŘ do veřejné dopravy.

2.1 Vybrané základní pojmy používané v ITJŘ

2.1.1 Takt

Takt – představuje pravidelný časový odstup (interval) mezi jednotlivými spoji. Hodnota taktu se nejčastěji pohybuje v jednotkách minut, jejichž celočíselné násobky se vyskytují v čísle 60. Nejčastěji se takt vyskytuje v těchto časových intervalech (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.5, 10, 12, 15, 20, 30, 60 minut). Tyto intervaly se nejčastěji vyskytují v městské hromadné dopravě ve větších městských aglomeracích, například v hlavním městě České republiky (Praha). V železniční osobní dopravě se častěji lze setkat například s taktem (intervalem) 15, 30, 60 minut například na linkách S v rámci pražské integrované dopravy. S taktem 60, 120, výjimečně 180 a 240 minut se lze setkat například ve vnitrostátní a mezinárodní dálkové železniční dopravě (Hrabáček, 2010) a (Jurčík, 2011).

2.1.2 Hranový čas

Hranový čas, představuje potřebnou časovou dobu mezi dvěma přestupními taktovými uzly. Pokud se jedná o systémovou síťovou vazbu integrovaného taktového jízdního řádu, například v rámci integrovaného dopravního systému, je její hodnota celistvým násobkem příslušné velikosti taktu. Hranový čas se skládá z dané jízdní doby mezi dvěma uzly, pobytů v uzlech, nácestných stanicích z přepravních a dopravních důvodů a v neposlední řadě, z vyrovnávacích časů opět v případě integrovaného taktového jízdního řádu (0).

2.1.3 Symetrie

Symetrie je splnění stejných podmínek všech parametrů v obou směrech dané linky. Jedná se zpravidla o:

- Stejný počet spojů v obou směrech.
- Stejně jízdní doby a přestupní doby v příslušných úsecích a stejné doby pobytů ve stejných stanicích a zastávkách.
- Jednotné jízdní vlastnosti (rovnoběžný symetrický nákrešný jízdní řád).
- Jednotný typ vozidel na provozované jednotlivé linky (Hrabáček, 2010).

2.1.4 Taktový uzel

Taktový uzel je místo, kde dochází zpravidla ke křížení spojů jednotlivé linky, nebo linek. Taktový uzel rovněž tvoří přestupní uzel, kde v rámci taktu přijíždějí jednotlivé spoje linek před časem symetrie a po uplynutí příslušné doby, což zpravidla je přestupní doba, staniční intervaly a vyrovnávací časy, opět jednotlivé spoje z taktového uzlu odjíždějí (Hrabáček, 2010).

2.1.5 Osa symetrie

Osa symetrie je stanovený čas v závislosti na velikosti zvolené periody, zajišťuje vazbu mezi oběma směry linky provozované v taktu. V tento čas dochází k pravidelnému potkávání (míjení nebo křížování) spojů jedné linky po celé provozní období jízdního řádu. V případě, že je potřeba zajistit systémové vazby mezi jednotlivými linkami, je nutné, aby měly stejnou osu symetrie. V Evropě se nejčastěji používá brána k ose symetrie k celé hodině (hh.mm,vv). Tabulka 1 uvádí systémové časy potkávání spojů jedné linky v závislosti na velikosti taktu (Hrabáček, 2010).

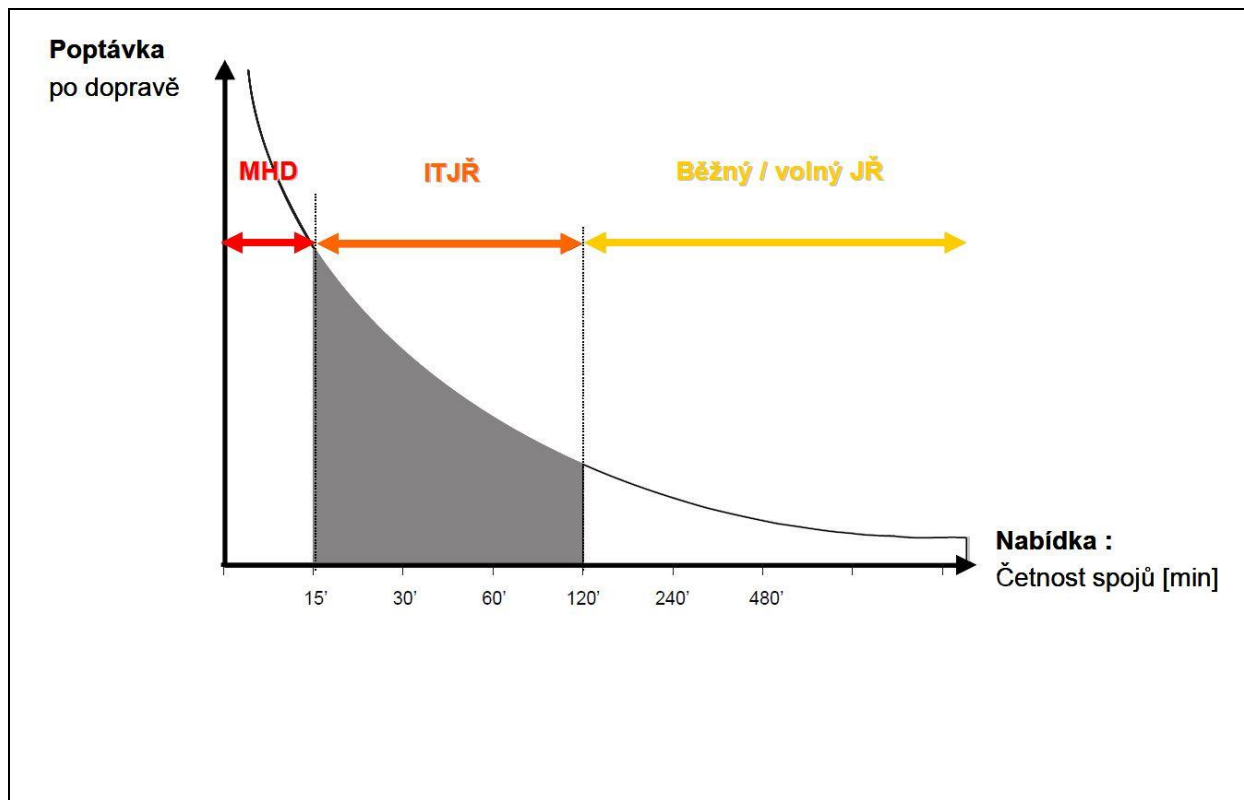
Tab. 1 - Symetrické osy v závislosti na velikosti taktu; Zdroj: (Hrabáček, 2010) a 0

Takt	Osa symetrie – potkávání spojů 1 linky
240 minut	120 minut
180 minut	90 minut
120 minut	60 minut
60 minut	30 minut
30 minut	15 minut
20 minut	10 minut
15 minut	7,5 minuty, nebo střídání osy symetrie 7 a 8 minut
12 minut	6 minut
10 minut	5 minut
7.5 minut	3,75 minuty
6 minut	3 minuty
5 minut	2,5 minuty
4 minuty	2 minuty
3 minuty	1,5 minuty
2 minuty	1 minuta
1 minuta	0,5 minuty

2.1.6 Integrovaný taktový jízdní řád

Integrovaný taktový jízdní řád, známý rovněž pod zkratkou ITJŘ a dále v tomto odborném článku pod touto zkratkou zmiňovaný, je nadstavbový systém běžného taktového jízdního řádu. Zavedení taktového systému dopravy na jednotlivých druzích dopravy vyvolává efekt na ostatních tratích ústících do taktem obsluhované tratě, zejména v případě, pokud je potřeba zajistit přípojné vazby mezi nimi (jednotlivými linkami). V případě, že mají být zachovány rychlé, spolehlivé a obousměrné přestupní vazby mezi jednotlivými linkami, je nutno na tento přestupní uzel pohlížet jako na uzel taktový. Pokud je třeba provozovat tento provázaný systém v rámci příslušné sítě ve všech požadovaných taktových uzlech, je nutné, aby byly dodrženy příslušně potřebné hranové časy mezi těmito taktovými uzly. Smysluplnost a důležitost zachování systémových přestupních vazeb je o to důležitější, čím velikost taktového intervalu je větší (Hrabáček, 2010), (Kuník, 2008), (Jurčík, 2011).

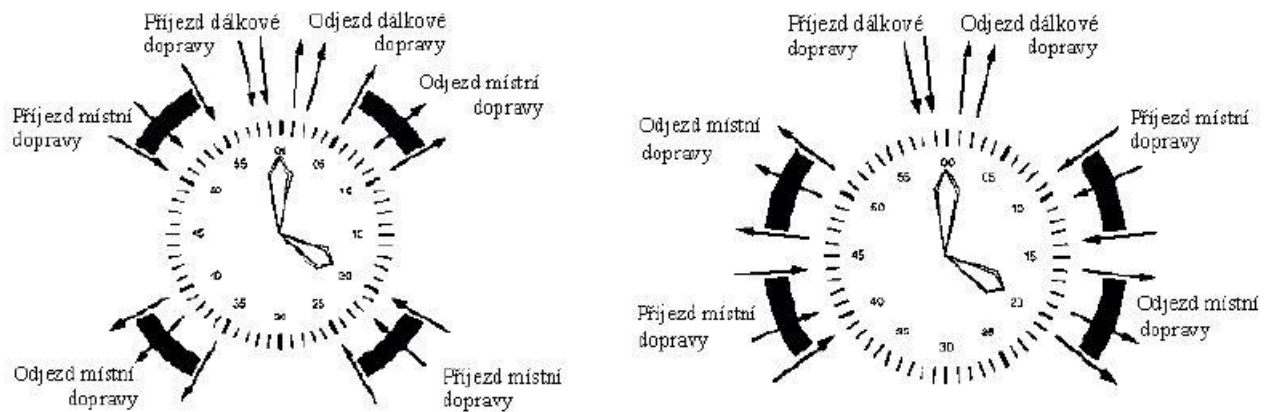
Pokud se jedná o opačný případ, kdy velikost taktového intervalu je menší, lze předpokládat větší akceptovatelnost tzv. volnější přestupní doby. V rámci nabídky během běžného provozního dne je však nutné vycházet z nabídky nejneprůzračnější situace pro cestujícího, tj. z hodnoty nejdelšího taktu příslušné linky. Na obrázku 1 je znázorněno rozmezí celé smysluplnosti realizace ITJŘ. Smysluplnost se pohybuje v rozmezí taktového intervalu 15 až 120 minut. V případě, že je interval menší než 15 minut, není nijak nutno sledovat pravidelné systémové přestupní vazby. Pokud je nabídka spojů nad velikostí taktu 2 hodiny, není již zcela zásadní, zda dané spoje jedou v taktovém intervalu či nikoliv. Limitní hranicí mezi taktovým jízdním řádem a standardním (volným) jízdním řádem, je četnost spojů v taktu 4 hodiny. Na druhé straně spektra se v některých případech s nižší senzitivitou cestujících na velikost přestupní doby lze konstatovat, že v případě minimálního intervalu 15 minut není nutno v krajních případech pevně přestupní systémové vazby sledovat. Efekt ITJŘ v zajištění rychlých přestupních vazeb sleduje cíl minimalizace celkové doby přepravy v rámci obsluhované sítě (0).



Obr. 1 – Využití ITJR v kolejové dopravě Zdroj: (0 a (Drdla, 2021)

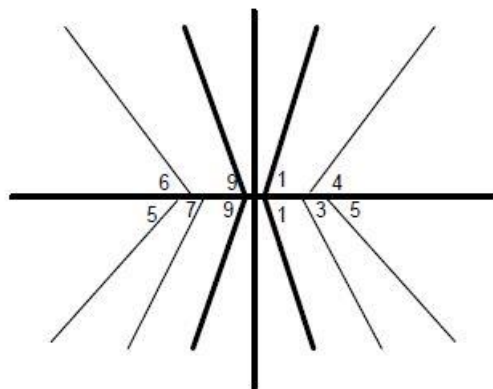
2.2 Vazba vlaků v přestupních uzlech ITJR

V kapitole 2.2 se autor odborného článku zaměří na velmi důležitý řešený bod v rámci řešení problematiky a konstrukce ITJR, kterou bez pochyby je vazba vlaků v přestupních uzlech ITJR. Při konstrukci a plánování v ITJR se klade zejména důraz například na vazbu ideálně všech vlakových spojů do uzlu příjíždějících ve skoro stejném časovém období a následném rovněž odjíždění všech vlakových spojení ve skoro stejném časovém období z přestupního uzlu. Z tohoto důvodu se v ideálním případě vlakové spoje do přestupního uzlu přijíždějí a po nezbytně nutné době, která je nutná na přestup a respektuje čas potřebný na přestup mezi jednotlivými vlakovými spoji v přestupním uzlu, tak jednotlivé spoje z přestupního uzlu odjíždějí ve skoro stejný čas z uzlu. V zahraničí, především v Německu, se u společnosti Deutsche Bahn, známou rovněž pod zkratkou DB, se využívají v přestupních uzlech, dvě varianty při vytváření časové návaznosti v určeném přestupním taktově integrovaném železničním uzlu. Ve výsledném zobrazení, jsou si obě využívané varianty hodně podobné, viz obrázky 2 a 3. Rozdílné jsou obě varianty v zaústění vlaků místní (regionální) dopravy. V první zobrazené variantě jsou zakresleny jednak vlaky regionální (místní) dopravy, které přijíždějí do integrovaného přestupního uzlu se symetrií v 0-té a 30-té minutě. Tímto způsobem je zajištěn v minutách 0 a 30 přestup mezi vlaky regionální (místní) dopravy. Vlaky dálkové dopravy přijíždějí do integrovaného přestupního uzlu několik minut před celou hodinou a po několika minutách opět odjíždějí z integrovaného přestupního uzlu. Délka pobytu v integrovaném přestupním uzlu opět závisí na nutné přestupní době mezi jednotlivými spoji. V čase okolo 0-té minuty je zároveň zajištěn přestup mezi vlaky jak regionální (místní dopravy), tak i mezi vlaky dálkové dopravy. (Široký, 2000)



Obr. 2 – Varianty řešení přestupních vazeb mezi dálkovou a regionální dopravou Zdroj: (Široký, 2000)

Ve druhé navrhované variantě jsou vlaky dálkové dopravy ve stejné poloze. Jinou polohu mají vlaky regionální (místní) dopravy. Vlaky regionální polohy přijíždějí a odjíždějí v symetrii 15 a 45 minut. Ve druhé navrhované variantě je doba přestupu mezi jednotlivými spoji v regionální dopravě větší, než u první zmiňované varianty a je tímto uskupením zajištěna určitá časová záloha například na zpožděné spoje. V grafikonu vlakové dopravy pak může být navrhovaná varianta zakreslena, jak je patrné z obrázku č.3. Z tohoto obrázku je patrné, že pro přestup je počítáno s časovým intervalem 30 minut, tzn., že od příjezdu prvního vlaku v čase 45 minut až do odjezdu posledního vlaku regionálního charakteru v minutě 15. (Široký, 2000)



Obr. 3 – Varianty řešení přestupních vazeb mezi dálkovou a regionální dopravou Zdroj: (Široký, J, 2000)

Pro spoje z jednoho směru a zároveň i pro spoje z opačného směru platí naprosto stejná pravidla. Jsou-li všechny jízdní doby mezi jednotlivými stanicemi a zastávkami stejné, rovněž tak i pobyty v jednotlivých stanicích a zastávkách, pak se může konstatovat, že se všechny spoje setkávají, křižují ve stejných místech a tato setkání, nastávají vždy ve stejných časových odstupech, který je zároveň roven velikosti taktového intervalu. (3). Na místech, kde dochází k setkání se zpravidla rozděluje do dvou skupin – čas setkání v místě jedné skupiny se dělí na poloviny časového úseku mezi dvěma nejbližšími okamžiky setkání skupiny druhé. Tyto všechny časové okamžiky lze označit jako časovou symetrii. Časová symetrie nastává například při hodinovém taktu každých třicet minut, při dvouhodinovém taktu každých 60 minut, tj. každou časovou hodinu. To z praxe znamená, že odstup mezi časy symetrie je roven polovině taktového intervalu (Široký, 2000) viz tabulka č. 1.

2.3 Efekty spojené se zavedením ITJŘ

Autor odborného článku v kapitole s názvem Efekty spojené se zavedením ITJŘ popíše převážně v bodových odstavcích efekty spojené se zavedením ITJŘ. Autor se rovněž zmíní i o nezbytně nutných opatření, které jsou nutná pro sestavení ideálního taktového jízdního řádu.

Efekty spojené se zavedením ITJŘ:

- Periodicky se opakující činnost vedoucí k větší bezpečnosti a spolehlivosti.
- Možné lepší využití provozovaného vozidlového parku.
- Snadnější zapamatovatelnost pro cestující.
- Zkrácení jízdních (cestovních) dob.
- Možnost cílené a zároveň racionální výstavby dopravně infrastrukturních staveb.
- Zpravidla zvýšení kapacity a propustnosti určitého úseku. (Široký, 2000)

Zavedení ITJŘ je samozřejmě spojeno s řadou nezbytných opatření. Jak se autor tohoto odborného článku zmiňuje v předchozích řádcích, je třeba zajistit, aby jízdní doba mezi dvěma uzly činila polovinu nebo celý násobek taktu (Široký, 2000). Tohoto výsledku se vždy nepodaří dosáhnout v určitém úseku bez určitých opatření, o kterých se bude autor tohoto odborného článku zmiňovat u stavebně technických úprav. V dalších odstavcích budou bodově zmíněny vybraná provozní opatření a v poslední řadě budou zmíněny vhodné parametry vozidlového parku (Široký, 2000).

Stavebně technické parametry:

- Samostatné jízdní dráhy.
- Vybudování novostavby trati nebo silniční komunikace.
- Traťové nebo silniční rekonstrukce pro zvýšení maximální dovolené rychlosti.
- Přestavba přestupních uzlů.
- Zajištění úrovněvého výstupu a nástupu.
- Vybudování širokých nástupišť z důvodu maximálního možného počtu cestujících. (Široký, 2000)

Do provozních opatření se zařazuje například:

- Zavedení zelené vlny a preference vozidel městské hromadné dopravy.
- Menší počet zastavení v mezilehlých místech zastavení.
- Minimalizace pobytů z provozních důvodů.
- Pokud možno, zajištění přestupu u stejného nástupiště.
- Kvalitní informační systém celého integrovaného dopravního systému. (Široký, 2000)

Z hlediska parametru vozidlového parku se jedná především o tyto parametry:

- Vozidla lehké konstrukce.
- Vozidla vybavená naklápěcí skříní.
- Vozidla s vysokou maximální konstrukční rychlostí (např. 140, 160, 200 a 230 (km · h⁻¹)).
- Vozidla s výbornou akcelerací.
- Vozidla s vhodně uspořádaným interiérem. (Široký, 2000)

2.4 Matematické výpočty zavádění zastávkových vlaků s úplnou dosažitelností míst zastavení

V této kapitole jsou uvedeny příklady nutných výpočtů před zavedením integrovaného taktového jízdního řádu, respektive optimalizace periodické dopravy na dopravních liniích.

2.4.1 Zavádění zastávkových vlaků s úplnou dosažitelností míst zastavení

Zjišťovací délka, respektive z dopravního hlediska lépe řečeno pásma, je úsek mezi dvěma zastávkami nebo stanicemi například v příměstské železniční osobní dopravě vedoucí z centra městské aglomerace, který splňuje požadavek dosažitelnosti míst zastavení v zjišťovací délce (pásmu) mezi sebou vzdálenými tak, aby byla stanovena celková doba přepravy prostřednictvím vlaků, které budou splňovat požadavek intervalu tak, aby se izochrony dvou sousedních míst zastavení (zastávka, stanice) alespoň dotýkaly.

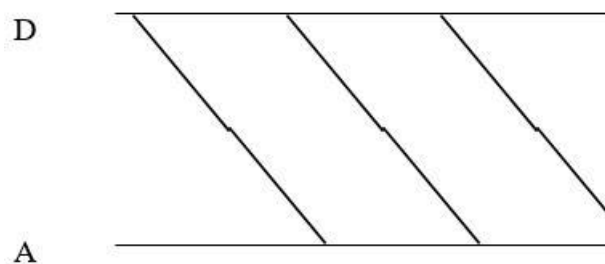
Velmi důležitou podmínku zde tvoří matematický výpočet podmínky dosažitelnosti, který lze například dosadit koeficientem λ , kde si lze stanovit novou podmínku. (Drdla, 2020)

Situaci charakterizují následující podmínky (nejen v této kapitole):

- vzdálenost míst zastavení je stejná (konstantní),
- součet poloměrů izochron dostupnosti prostřednictvím chůze, nebo doplňkovým dopravním prostředkem ze sousedních míst zastavení je roven nebo větší jak vzdálenost míst zastavení,
- úseková rychlost jízdy zastávkového intervalového vlaku na zkoumaném úseku je stejná (konstantní),
- vlaky na trati se provozují podle tuhého GVD,
- rychlost chůze nebo doplňkového dopravního prostředku je stejná (konstantní),
- celková doba čekání na kmenový dopravní prostředek ve výchozím místě zastavení je stanovena z průměrné hodnoty,
- v případě železniční dopravy je příměstská trať alespoň dvojkolejná a pokud možno i elektrifikovaná, což je v dnešní době ve vyspělých evropských zemích docela standardem,
- provoz na této trati je řízen prostřednictvím zabezpečovacího zařízení minimálně 2. kategorie, například automaticky prostřednictvím autobloku. (Drdla, 2020)

Při navrhování zastávkových vlaků, které mají zajistit úplnou dosažitelnost míst zastavení, můžou nastat dvě konkrétní situace, které se mohou lišit, zda uvažovaná příměstská linka (diametrála) je provozována vlaky prostřednictvím diametrály, nebo vlaky kategorie osobní dopravy stejných vlakových ramen. (Drdla, 2020). Podle jednotlivého typu situace se postupuje dle podkapitol 2.4.2 nebo 2.4.3.

2.4.2 Zavádění zastávkových vlaků stejných vlakových ramen



Obr. 4 – Schéma technologie provozu: všechny vlaky jsou zastávkové a zastavují na všech místech zastavení uvedených úseků Zdroj: 0

Obr. 4 zobrazuje schéma technologie provozu, kdy je potřeba zjistit délku pásma. Stanovení výpočtu délky pásma vychází ze vzorce (1). (Drdla, 2020)

1) Vyjde se z celkové doby na přepravu: (Drdla, 2020)

$$t_p = t_{CH} + t_{CEK} + t_{j(AD)}^{ZAST} \quad [min], \quad (1)$$

kde:

t_p je celková doba přepravy, do které není započítán čas na chůzi nebo přesun doplňkovým dopravním prostředkem z cílové stanice/zastávky do cíle cesty a rezerva na zpoždění, kterou si subjektivně stanoví každý cestující zvlášť [min],

t_{CH} je doba chůze nebo přesunu doplňkovým dopravním prostředkem z výchozího místa na výchozí stanici/zastávku [min],

t_{CEK} je doba čekání na vlak a v tomto čase je zahrnuto i čekání v cíli cesty z důvodu diskrétního charakteru jízd periodických příměstských vlaků [min],

$t_{j(AD)}^{ZAST}$ je doba mezi příjezdem vlaku do výchozí stanice a příjezdem vlaku do cílové stanice v centru [min].

Maximální přípustná reálná doba cesty mezi dvěma body je stanovena na základě jízdny doby, subjektivní zvolení délky zpoždění dle uvážení cestujícího. Každý cestující si musí odečíst, od požadovaného času příchodu do cíle své uvažované cesty a zjistit tak faktický časový údaj, kdy nejpozději potřebuje přijet do svého cílového místa zastavení (stanice nebo zastávky). Celkový časový rozdíl mezi skutečným a požadovaným příjezdem do určeného místa zastavení je právě časový údaj vyjádřený hodnotou t_{czz} , která se zmiňuje ve vzorci (2). Obvykle je tato hodnota uvažována jako průměrná hodnota, zde v tomto příkladu jako hodnota poloviny i . (Drdla, 2020)

2) t_{CEK} z předchozího kroku lze vyjádřit jako: (Drdla, 2020)

$$t_{CEK} = t_{CZZ} + t_{CV} \quad [min], \quad (2)$$

kde:

t_{CZZ} je průměrná doba čekání na začátek zaměstnání, školy apod. z již vzpomínaného důvodu diskrétního charakteru jízdy periodických příměstských vlaků, která je v tomto případě rovna polovině intervalu i :

$$t_{CZZ} = \frac{i}{2} \quad [min], \quad (3)$$

t_{CV} je doba čekání do příjezdu vlaku do výchozí stanice - pro tento případ tedy platí vztah:

$$t_{CEK} = \frac{i}{2} + t_{CV} \quad [min], \quad (4)$$

3) t_{CH} se zjistí ze vzorce: (6)

$$t_{CH} = \frac{3,6 \cdot l_{CH}}{60 \cdot v_{CH}} \quad [min], \quad (5)$$

kde:

l_{CH} je délka chůze $[m]$ a

v_{CH} rychlost chůze nebo přesunu doplňkovým dopravním prostředkem z výchozího místa na výchozí stanici/zastávku $[km \cdot h^{-1}]$. (Drdla, 2020)

4) Pro body E a D platí závislost: (6)

$$t_{EB} = t_{ED} + t_{DB} \quad [min], \quad (6)$$

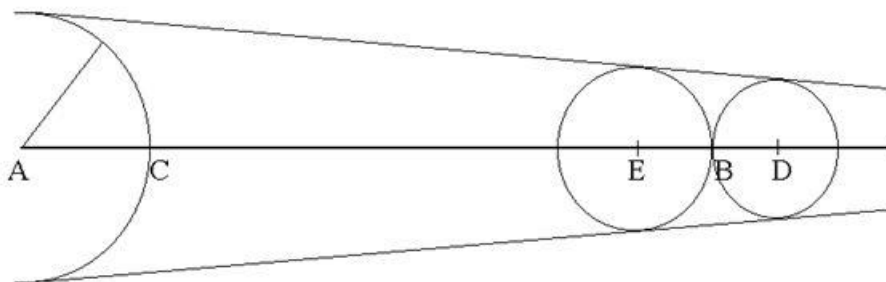
kde:

E je nejvzdálenější bod na trati od místa zastavení v centru, pro který platí, že jeho izochrona se dotýká izochrony bodu D, který se nachází na vzdálenost míst zastavení od E směrem k centru,

bod B je právě průsečík těchto dvou izochron,

t_{ED} je doba jízdy vlaku cestovní rychlostí mezi DE (včetně pobytu vlaku v D) $[min]$,

t_{EB} a t_{DB} jsou doby chůze nebo přesunu doplňkovým dopravním prostředkem $[min]$;



Obr. 5 – Izochrony na příměstské linii při zavádění pouze zastávkových vlaků Zdroj: 0

POZNÁMKA:

Pokud se bude při aplikaci na tyto konkrétní hodnoty vyžadovat jiná podmínka než dotýkání izochron (izochrony jsou na obrázku 3 znázorněny jako kružnice), musí se pak vzorce podle nové podmínky upravit. Pak bude mít vzorec (6) následující podobu:

$$\lambda \cdot t_{EB} = t_{ED} + t_{DB} \quad [min], \text{ pro } \lambda > 0, \quad (7)$$

kde λ bude vyjadřovat bezrozměrný koeficient vyjadřující minimální pokrytí oblasti podél dopravní linie izochronami, přičemž platí následující:

a) $\lambda \in (0; 1)$ znamená, že sousední izochrony nepokrývají oblast mezi místy zastavení,

b) $\lambda = 1$ bude znamenat, že se sousední izochrony dotýkají,

c) $\lambda > 1$ znamená, že se sousední izochrony překrývají.

5) Když se do následujícího vzorce (7) při zohlednění koeficientu λ dosadí za jednotlivé časy, dostane se následující vztah: (6)

$$\frac{3,6 \cdot (x \cdot \lambda - l_{DB})}{60 \cdot v_{CH}} = \frac{3,6 \cdot x}{60 \cdot v_J^{ZAST}} + \frac{3,6 \cdot l_{DB}}{60 \cdot v_{CH}} \quad [min], \quad (8)$$

kde:

x je vzdálenost míst zastavení $[m]$,

l_{DB} je délka chůze nebo náhradního přesunu doplňkovým dopravním prostředkem mezi uvedenými místy $[m]$, (6)

v_J^{ZAST} je úseková rychlost zastávkového intervalového vlaku $[km \cdot h^{-1}]$.

6) Potom rovnice: (6)

$$l_{DB} = \frac{v_{CH}}{2} \cdot \left(\frac{x \cdot \lambda}{v_{CH}} - \frac{x}{v_J^{ZAST}} \right) \quad [m], \quad (9)$$

je vyjádření l_{DB} ze vztahu bodu 5, přičemž tento vztah lze ještě upravit následujícím způsobem:

$$l_{DB} = \frac{x \cdot v_{CH}}{2} \cdot \left(\frac{v_J^{ZAST} \cdot \lambda - v_{CH}}{v_J^{ZAST} \cdot v_{CH}} \right) = \frac{x}{2} \cdot \frac{v_J^{ZAST} \cdot \lambda - v_{CH}}{v_J^{ZAST}} \quad [m]; \quad (10)$$

7) pokud se l_{DB} dosadí do vzorce (5) v kroku 3, získá se: (6)

$$t_{CH(DB)} = \frac{3,6 \cdot x}{120} \cdot \frac{v_J^{ZAST} \cdot \lambda - v_{CH}}{v_J^{ZAST} \cdot v_{CH}} \quad [min]; \quad (11)$$

8) když se ze vzorce (12) vyjádří t_{CH} (což je vlastně $t_{CH(DB)}$), získá se: (6)

$$t_{CH(DB)} = t_P - t_{J(AD)}^{ZAST} - t_{CEK} \quad [min], \quad (12)$$

přičemž po dosazení z (12) platí:

$$\frac{3,6 \cdot x}{120} \cdot \frac{v_J^{ZAST} \cdot \lambda - v_{CH}}{v_J^{ZAST} \cdot v_{CH}} = t_P - \frac{3,6 \cdot l_{J(AD)}^{ZAST}}{60 \cdot v_J^{ZAST}} - t_{CEK} \quad [min]; \quad (13)$$

9) z uvedené závislosti se vyjádří neupravená délka jízdy zastávkového intervalového vlaku mezi AD: (6)

$$l_{J(AD)}^{ZAST} = -\frac{x}{2} \cdot \frac{v_J^{ZAST} \cdot \lambda - v_{CH}}{v_{CH}} + \frac{60 \cdot v_J^{ZAST}}{3,6} \cdot (t_P - t_{CEK}) \quad [m], \quad (14)$$

$$l_{J(AD)}^{ZAST} = l_{AD}^{neuprav.},$$

$$l_{AD}^{neuprav.} = \frac{x}{2} \cdot \frac{v_{CH} - v_J^{ZAST} \cdot \lambda}{v_{CH}} + \frac{60 \cdot v_J^{ZAST}}{3,6} \cdot (t_P - t_{CEK}) \quad [m]; \quad (15)$$

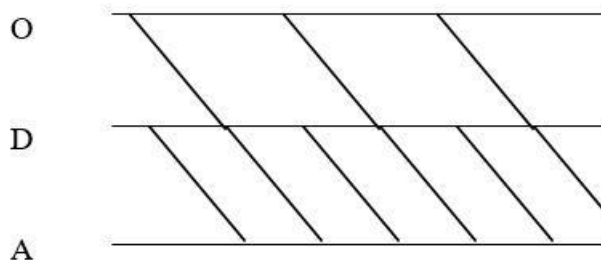
10) protože je v tomto dopravním příkladu velmi pravděpodobné, že nebude při této neupravené délce pásma dodržena konstantní hodnota x (vzdálenost míst zastavení), je třeba místa E a D posunout blíže k centru (dále se bude počítat už s novými polohami míst E a D). Proto se zde zavádí hodnota Φ , která bude rovna zbytku za desetinnou čárkou po dělení $\frac{l_{AD}^{neuprav.}}{x}$: (6)

$$\Phi - \text{zbytek po dělení } \frac{l_{AD}^{neuprav.}}{x} \quad [-];$$

11) konečně upravená délka pásma příměstské dopravy při zavedení pouze zastávkových vlaků l_{AD} se zjistí jako: (6)

$$l_{AD} = \left(\frac{l_{AD}^{neuprav.}}{x} \right) \cdot x - \Phi \cdot x = x \cdot \left(\frac{l_{AD}^{neuprav.}}{x} - \Phi \right) \quad [m]. \quad (16)$$

2.4.3 Zavádění zastávkových vlaků na diametrále



Obr. 6 - Schéma technologie provozu - všechny vlaky jsou zastávkové a zastavují na všech místech zastavení uvedených úseců Zdroj: 0

Obr. 6 bude rozebírat takové uspořádání jízd vlaků, se kterými je možné se setkat na tzv. diametrálech, což jsou společné úseky železničních tratí nebo na celé provozované síti tratí, kde jsou provozovány vlaky s různými vlakovými rameny. V příkladu, který uvádí autor odborného článku, je zde diametrála ohraničena místy zastavení A až O. S ohledem na dříve zjištěné a v tomto článku uvedené poznatky je jasné, že délka pásma AD se zjistí pomocí vzorců z podkapitoly 2.4.2, kde se rozebírá situace se zaváděním zastávkových vlaků stejných vlakových ramen s úplnou dosažitelností. Může však nastat absolutně diametrálně rozlišná situace, kdy se kromě těchto vlaků zavedou v polovině jejich intervalů vlaky mezi centrem místa zastavení A a odbočným místem zastavení O. Samostatně pro tento typ osobních vlaků mezi místy zastavení A až O nemusí být zprvu zaručena úplná dosažitelnost všech míst zastavení daného úseku za stanovenou celkovou dobu na přepravu. V tomto uvedeném případě dojde na některých úsecích ke zkrácení t_{CZZ} a tím se nabízí možnost prodloužit pásmo AD. Je rovněž nutné si všimnout dvou rozdílných situací, které mohou nastat:

1. Odbočné místo zastavení O, které se nachází na úseku AD, kde pro všechna místa zastavení na tomto úseku je zaručena zaváděnými zastávkovými osobními vlaky úplná dosažitelnost všech míst zastavení za stanovenou celkovou dobu přepravy. V tomto případě zde již nelze prodloužit délku úseku, na kterém je při splnění uvedených podmínek provozována příměstská železniční osobní doprava, bez toho, aby se zde v tomto případě mohla zaručit úplná dosažitelnost všech míst zastavení na zvoleném úseku. Pouze v tomto případě dojde k úspoře celkové doby na přepravu.
2. Celková vzdálenost odbočného místa zastavení O od centra A je větší, než délka pásma AD. Pokud proto platí již zde uvedená podmínka, že všechny zastávkové vlaky osobní železniční dopravy na uvedené linii mají stejně konstantní průběh jízdy na jednotlivých mezistaničních a v úsecích, které jsou

mezi jednotlivými železničními zastávkami a stanicemi, lze zjistit rozsah prodloužení pásma AD následujícím způsobem:

3. Z výpočetního vztahu (16) pro výpočet l_{AD} při zavádění zastávkových vlaků stejných vlakových ramen je si třeba všimnout rozdílu při zavádění zastávkových osobních vlaků mezi odbočným místem zastavení O a centrem A. Z tohoto výpočtu jasně vyplývá, že rozdíl je pouze u t_{CZZ} , tzn., že dochází k úspoře v čekání z $\frac{i}{2}$ na $\frac{i}{4}$. Tento výpočetní rozdíl je možné využít ke zvýšení doby jízdy zastávkového osobního vlaku. Ze vzorce pro výpočet délek pásem příměstské železniční linie při zavedení zastávkových osobních vlaků stejných vlakových ramen s úplnou dosažitelností míst zastavení za celkovou dobu na přepravu se potom zjistí, o jakou vzdálenost lze prodloužit délku pásma AD:

$$\Delta l_{AD} = \frac{60}{3,6} \cdot v_J^{ZAST} \cdot \frac{i}{4} \quad [m]. \quad (17)$$

Potom je tedy logické, že oproti původnímu vztahu (15), kam se dosazuje $t_{CEK} = t_{CV} + \frac{i}{2}$ (4), se do vztahu pro hledanou prodlouženou délku $l_{AD}^{neuprav.} + \Delta l_{AD}$ (pravá strana rovnice zůstává zachována) za t_{CEK} dosazuje: (6)

$$t_{CEK} = t_{CV} + \frac{i}{4} \quad [min]. \quad (18)$$

Velikost t_{CEK} lze rovněž zjistit následujícím způsobem:

$$\begin{aligned} l_{AD}^{neuprav.} + \Delta l_{AD} &= \frac{x}{2} \cdot \frac{v_{CH} - v_J^{ZAST} \cdot \lambda}{v_{CH}} + \frac{60 \cdot v_J^{ZAST}}{3,6} \cdot \left(t_P - t_{CV} - \frac{i}{2} \right) + \frac{60}{3,6} \cdot v_J^{ZAST} \cdot \frac{i}{4} \\ l_{AD}^{neuprav.} + \Delta l_{AD} &= \frac{x}{2} \cdot \frac{v_{CH} - v_J^{ZAST} \cdot \lambda}{v_{CH}} + \frac{60 \cdot v_J^{ZAST}}{3,6} \cdot \left(t_P - t_{CV} - \frac{i}{4} \right) \quad [m]; \end{aligned} \quad (19)$$

$\Rightarrow t_{CEK} = t_{CV} + \frac{i}{4}$; postup je proto správný. (6)

Když se uvažovaná prodloužená délka $l_{AD}^{neuprav.} + \Delta l_{AD}$ zaokrouhlí na l_{AD} známým způsobem (z důvodu zachování konstantní vzdálenosti x), porovná se tato zaokrouhlená délka l_{AD} se vzdáleností l_{AO} ; hledaná délka pásma zastávkových osobních vlaků na diagonále s úplnou dosažitelností míst zastavení vzájemně mezi sebou za stanovenou celkovou dobu na přepravu je menší hodnota z těchto dvou délek. (Drdla, 2020)

Poznámka: Obdobně se postupuje, kdyby se kromě zastávkových vlaků pásma AD, jezdících pravidelně v intervalu i , zavedlo na diametrále v rámci intervalu více různých zastávkových vlaků. I zde se musí zjistit úspora v t_{CZZ} , plynoucí z rozdělení původního intervalu i . Na jednotlivých úsecích společně pojížděné diametrály se ovšem musí vždy dodržet podmínka úplné dosažitelnosti všech míst zastavení v pásmu příměstské dopravy. (Drdla, 2020)

3 POZITIVNÍ VLIV ZAVEDENÍ ITJŘ V MĚSTSKÉ HROMADNÉ DOPRAVĚ

V této kapitole je na konkrétním příkladu z praxe prezentován příznivý dopad zavedení taktu, respektive zavedení ITJŘ a vytvoření integrovaného přestupního uzlu na městskou hromadnou dopravu. Tato opatření vedla k významnému zvýšení poptávky po přepravě po městě prostřednictvím městské hromadné dopravy.

3.1 Dopravním systém ve městě Lindau

Město Lindau se nachází v jihozápadním Německu poblíž státních hranic s Rakouskou republikou. Dominantou města Lindau a jeho okolí je bezpochyby Bodamské jezero, které patří k jedněm z největších jezer ve střední Evropě.

Dopravní síť tohoto města tvořila od 50. let 20. století síť autobusových linek, která začala být zejména od 80. let 20. století neatraktivní. Z tohoto důvodu došlo k poklesu cestujících využívajících tento způsob veřejné dopravy.

Představitelé města Lindau se začali v počátku 90. let 20. století intenzivně zabírat otázkou, jak zvýšit atraktivitu veřejné hromadné dopravy, kterou tvořila určitá síť linek, aby zejména obyvatelé

tohoto města při cestách po městě a jeho okolí začali opět využívat veřejnou hromadnou dopravu. Představitelé města hledali inspiraci v okolních městech v okolí Bodamského jezera, například Frauenfeld (Švýcarsko), Dornbirn a Bregenz (Rakousko) a rozhodli se svojí veřejnou hromadnou dopravu reorganizovat.

Představitelé města během jednoho kalendářního roku vytvořili bez jakékoliv pomoci (bez externistů) novou koncepci veřejné hromadné dopravy tvořenou prostřednictvím autobusových linek, právě s využitím taktu, integrovaného jízdního řádu a integrovaného přestupního uzlu.

Nově založený systém veřejné autobusové hromadné dopravy začal fungovat v kalendářním roce 1994. Po spuštění nově založeného dopravního modelu se zejména mezi obyvateli města Lindau spustila obrovská poptávka po využití tohoto zcela nového systému způsobu přepravy po městě a jeho okolí. Denní nárůst cestujících byl na město s cca 25 tisíci obyvateli markantní. Od spuštění tohoto reorganizovaného modelu veřejné hromadné dopravy se denní počet přepravených cestujících pohyboval okolo 6 tisíc. Představitelé města předpokládali denní počet přepravených cestujících zhruba okolo počtu 3 tisíc. V současnosti se zhruba pohybuje denní počet přepravených cestujících mezi hodnotou 8 až 10 tisíc.

Postupem času se ukázalo být hlavním problémem tohoto nového (reorganizovaného) systému (modelu) veřejné hromadné dopravy zvládnout vysokou úroveň poptávky po přepravě. Systém byl upraven do finální (dnešní) podoby, kdy základem tohoto dopravního systému je celotýdenní půlhodinový taktový interval na 4 autobusových linkách, v současnosti dle zjištění autora odborného článku 5 autobusových linek. Všechny 5 provozovaných autobusových linek se sjíždí každou půlhodinu v časovém rozmezí od 5:30 do 23:00 o víkendu je prodloužený provoz do cca 0:30 do integrovaného přestupního uzlu s názvem Anheggerstrasse. Odjezdy spojů všech 5 autobusových linek jsou každou půlhodinu, vždy XX:10 a XX:40. Jedná o současné setkání 10 autobusových spojů.

Díky vzniku centrálního integrovaného přestupního uzlu se můžete dostat z kterékoliv části města do jiné části města buď přímým spojem, nebo maximálně vždy s jedním přestupem v centrálním integrovaném přestupním uzlu.

Další výhodou tohoto systému veřejné hromadné dopravy je ten, že všechna autobusová vozidla jsou vybavena preferenčním zařízením, které zajišťuje preferenci vozidel na světelných signalizačních zařízeních na vybraných úrovnových křižovkách jednotlivých místních pozemních komunikací.

Na veřejné hromadné dopravě provozovanou ve městě Lindau je vidět dle názoru autora tohoto odborného článku, jakou má ITJŘ smysl a budoucnost ve veřejné hromadné dopravě. Jak již se zmiňuje autor článku v této podkapitole, využitím taktu, integrovaného taktového jízdního řádu a integrovaného přestupního uzlu lze docílit prudkého nárůstu poptávky po přepravě prostřednictvím veřejné hromadné dopravy zejména u obyvatel města Lindau a jeho okolí. (Drdla, 2020 a Stadtwerke Lindau)

3.2 Výhody a nevýhody Lindau modelu

V této podkapitole jsou shrnuty výhody a nevýhody Lindau Modelu.

Výhody:

- Rychlé a efektivní spojení do všech oblastí města Lindau a jeho okolí
- Jednotný tarif
- Taktový jízdní řád
- Integrovaný centrální přestupní bod
- Jednotný integrovaný interval (30 minut) na všech autobusových linkách
- Jednotný autobusový vozidlový park
- Přehledné linkové vedení
- Preference veřejné hromadné dopravy

Nevýhody:

- Pořizovací náklady na vznik integrovaného dopravního systému
- V případě mimořádné události na jednom z uvedených spojů, nemusí být garantován přestup v centrálním přestupním uzlu, nebo nemusí být dodržen stanovený takt (30 minut)

- Infrastrukturní požadavky

Na závěr této kapitoly by chtěl autor tohoto odborného článku podotknout, že ve městě Lindau není přímo aplikován ITJŘ, jak se autor v této kapitole zmiňuje, ale zavedené prvky taktu a centrálního integrovaného přestupního uzlu vytváří prvky ITJŘ. Město Lindau je i vyhledávaným městem mezi turisty, kteří chtějí navštívit zejména Bodamské jezero. (Drdla, 2020)

3.3 Využití Lindau modelu v praxi v jiných městech

V této podkapitole se autor odborného článku zaměří na využití Lindau modelu v ostatních městech. Lindau model se využívá zejména v německých mluvících městech. Jedním z vybraných měst, které se rozhodlo, že ve své veřejné hromadné dopravě použijí Lindau model je na příklad město Lemgo, Euskirchen, Arnstadt. (Drdla, 2018)

3.3.1 Lemgo

Město Lemgo se nachází jižně od Hamburku a severovýchodně od Biefeldu. Toto město má cca 40 tisíc obyvatel v současné době. V kalendářním roce 1994 podpořili představitelé města vznik nové koncepce veřejné městské hromadné autobusové dopravy. Vznikl nový centrální přestupní uzel na okraji historického centra města Lemgo, který se nazývá Treffpunkt, což se dá přeložit jako průsečík přímeek. Pro zajištění dopravní obslužnosti slouží obyvatelům tohoto města 5 autobusových linek. Interval jednotlivých autobusových linek je zde tvořen taktem 15, 30 a 60 minut. Ročně se veřejnou hromadnou dopravou přepraví okolo 2 milionů cestujících. (Drdla, 2018)

3.3.2 Euskirchen

Město Euskirchen se nachází při západní hranici Německa s celkovým počtem obyvatel cca 55 tisíc. Představitelé města se rozhodli v 90 letech pro nový model veřejné hromadné dopravy. Od kalendářního roku 1996 používá toto město nový model veřejné hromadné dopravy, který je založený na principu Lindau modelu. Vznikl nový centrální integrovaný přestupní uzel v blízkosti hlavního železničního nádraží s názvem Euskirchen Bf. Z počátku byla v tomto přestupním uzlu garantována návaznost na spoje 2 autobusových linek. Postupem času se garance rozšířila na 5 autobusových linek. Takt je zde rozdělen v průběhu dne do několika intervalů. V přepravní špičce pracovního dne je zde takt v intervalu 20 minut, v přepravním sedle pracovního dne je zde stanovený intervalový takt na 30 minut. Ve dnech pracovního klidu, například sobota je v tomto městě stanovený intervalový takt na 60 minut z důvodu menší poptávky po přepravě oproti pracovním dnům. Ve veřejné hromadné autobusové dopravě je v tomto městě dále zahrnuto dalších 6 autobusových linek bez úplné garance přestupních vazeb v přestupním uzlu. Ve městě Euskirchen jsou rovněž provozovány i školní autobusové linky. Jejich počet je 6. Výchozí stanicí pro školní autobusové linky je přestupní uzel u hlavní železniční stanice. Měsíčně veřejná hromadná doprava ve městě Euskirchen přepraví okolo 400 tisíc cestujících při dopravním výkonu 120 tisíc vozových kilometrů. (Drdla, 2018)

3.3.3 Arnstadt

Německé město Arnstadt se nachází v centrální oblasti Německa. Počet obyvatel je v tomto městě cca 25 tisíc. Představitelé tohoto města se rozhodli v roce 1996 pro aplikaci nového modelu veřejné hromadné dopravy. Radikální změnou v konceptu veřejné hromadné dopravy byl vznik nového integrovaného centrálního přestupního uzlu v centru města s názvem Bustreff. V současné době jsou k dispozici cestujícím 4 autobusové linky veřejné hromadné dopravy. Další, tedy pátá autobusová linka je doplňková. Další, tedy šestá autobusová linka je vedena z centrálního integrovaného přestupního uzlu v taktu 60 minut, vždy v XX:30 do významného městského satelitu, kdy linka ve směru do centrálního integrovaného přestupního uzlu přijíždí tak, aby spoj autobusové linky navazoval na ostatní autobusové linky. Základem, neboli páteřními autobusovými linkami dopravního systému veřejné hromadné dopravy v tomto městě jsou dvě smyčkové autobusové linky s intervalovým taktem 30 minut.

První z uvedených dvou páteřních autobusových linek, je tato autobusová linka trasována z autobusového nádraží přes centrálním integrovanou přestupní zastávku s názvem Bustreff. Tato autobusová linka dále pokračuje na okraj města a zpět přes centrální integrovaný přestupní bod s názvem Bustreff na autobusové nádraží. Druhá páteřní autobusová linka je vedena z dalšího městského satelitu přes místní autobusové

nádraží a centrální integrovaný přestupní bod s názvem Bustreff, do dalšího městského satelitu a zpět po stejné trase. Spojení páteřních autobusových linek se setkávají vždy v centrálním přestupním uzlu v XX:00 a XX:30. U obou zmíněných autobusových linek je jízdní doba shodná z centrálního přestupního bodu s délkou 30 minut. Tímto faktem dochází k násobnému zvyšování přestupních vazeb v centrálním integrovaném přestupním uzlu s názvem Bustreff. (Drdla, 2018)

4 NÁVRH AUTORA ODBORNÉHO ČLÁNKU KE ZLEPŠENÍ LINDAU MODELU

4.1 Všeobecný princip fungování Lindau modelu

V této kapitole se autor odborného článku zaměří na možnost prověření zlepšení Lindau modelu, který vznikl ve stejnojmenném městě v 90. letech dvacátého století. Lindau model se používá od 90. let dvacátého století zejména na území Německa v určitých městech, například viz kapitola 3. Až do současné doby je Lindau model aplikován na veřejnou městskou autobusovou dopravu. Základem tohoto dopravního modelu je vytvoření v řešeném městě centrální integrovaný přestupní bod, kam se sjíždějí všechny autobusové linky veřejné hromadné dopravy, které zajišťují prostřednictvím veřejné městské hromadné dopravy dopravní obslužnost v řešeném městě. Integrovaný centrální přestupní bod musí být navržen tak, aby dokázal v určitý čas odbavit všechny spoje autobusových linek, které zajišťují dopravní obslužnost v rámci veřejné hromadné dopravy v řešeném předmětném městě, nebo lokalitě.

4.2 Prověření možnosti zlepšení Lindau modelu

4.2.1 Teoretická část návrhu zlepšení Lindau modelu

Autor odborného článku navrhne v této podkapitole svůj návrh na vylepšení tzv. Lindau modelu. Autorova myšlenka na zlepšení Lindau modelu spočívá v tom, že autor navrhuje aplikovat Lindau model i na ostatní druhy veřejné dopravy, které jsou k dispozici ve městech viz podkapitola 3.3. Autor tohoto odborného článku navrhuje, aby se Lindau model rozšířil například na veřejnou osobní železniční dopravu, která rovněž zajišťuje dopravní obslužnost ve městech řešených v podkapitole 3.3.

Autor článku navrhuje, aby centrální integrované přestupní uzly byly přesunuty před vybranou železniční stanicí v řešených městech viz podkapitola 3.3. Autor navrhuje vybudování centrálního integrovaného přestupního uzlu mezi autobusovou a železniční osobní městskou a příměstskou dopravou. Preferovaným systémem přestupu autora odborného článku je přestupní systém hrana-hrana. Systém přestupu hrana-hrana je nejkratší a nejefektivnější způsob přestupu mezi jednotlivými druhy veřejné osobní hromadné dopravy.

Dojde k naprosté minimalizaci časové náročnosti přestupu mezi jednotlivými spoji různých typů veřejné hromadné dopravy. Tento faktor může být velice důležitý při volbě taktu jednotlivých linek veřejné hromadné dopravy. Autor článku je přesvědčen, že tento velmi efektivní způsob dopravy po městě a jeho okolí nabude na ještě větší popularitě veřejné hromadné dopravy,lepší se dopravní obslužnost vybraných lokalit řešených měst prostřednictvím veřejné hromadné městské dopravy. Prostřednictvím nového druhu spojení po městě a jeho okolí, může dojít díky novému druhu městské hromadné dopravy k částečnému snížení vytíženosti jednotlivých autobusových linek, což může mít například za následek, že určité spoje linek nebudou jezdit tak vytížené, jako dosud a nabídnou vyšší komfort cestování veřejnou hromadnou autobusovou dopravou. Městská a příměstská veřejná hromadná doprava se díky prostřednictvím tohoto faktoru zvýší její efektivita, pokud platí například ve všech druzích veřejné hromadné dopravy jednotný tarif organizátora veřejné dopravy a cestující se dostane z bodu A do bodu B na jeden typ jízdního dokladu (např. kupón, papírová jízdenka, SMS jízdenka, jízdní kupón zakoupený v aplikaci organizátora veřejné hromadné dopravy a atd.). Tímto krokem by se tzv. Lindau model rozšířil o další druh veřejné dopravy v řešených městech.

Ve střední a západní Evropě se v železniční osobní dopravě v dnešní době běžně využívá ITJŘ, zejména v městské, příměstské a dálkové železniční dopravě. Rozšířením tohoto modelu o další způsob druhu veřejné dopravy je dle názoru autora tohoto odborného článku zcela správným krokem.

Autor tohoto článku je přesvědčen, že tímto krokem by došlo ke zvýšení popularity veřejné hromadné dopravy ve městech, kde využívají Lindau model, navíc by se veřejná hromadná doprava rozšířila o další druh osobní dopravy.

4.2.2 Sestavení vzorce pro výpočet časové náročnosti přestupu systémem hrana-hrana

Autor odborného článku uvede v této podkapitole příklad délky přestupu mezi jednotlivými druhy veřejné osobní dopravy. Autor odborného článku si zvolil přestupní systém s názvem hrana-hrana. Tento systém přestupu mezi jednotlivými druhy veřejné hromadné dopravy je z pohledu cestujícího velmi rychlý, komfortní a efektivní. Pro stanovení výpočtu časové náročnosti se použije vzorec:

$$t_{c\dot{h}} = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{v_{c\dot{h}}} + n_{sc\dot{h}}^h \cdot t_{sc\dot{h}}^h + n_{sc\dot{h}}^d \cdot t_{sc\dot{h}}^d \quad [s]; \quad (20)$$

kde:

$t_{c\dot{h}}$ doba chůze na druhé nástupiště – druhá fáze přestupu [s],

l_1 první dílčí úsek – chůze po prvním nástupišti [m],

l_2 druhý dílčí úsek – chůze na druhé nástupiště [m],

l_3 třetí dílčí úsek – chůze po druhém nástupišti [m],

v_{ch} průměrná rychlost chůze cestujících při přestupu [$m \cdot s^{-1}$],

$n_{sc\dot{h}}^h$ počet schodů překonávaných směrem nahoru [-],

$t_{sc\dot{h}}^h$ jednotkový čas pro překonání jednoho schodu ve směru nahoru [s],

$n_{sc\dot{h}}^d$ počet schodů překonávaných směrem dolů [-],

$t_{sc\dot{h}}^d$ jednotkový čas pro překonání jednoho schodu ve směru dolů [s].

Pokud se v uvedeném příkladu bude jednat o stanici s úrovnovým přístupem na nástupiště a zároveň se na trase přestupu nebudou vyskytovat žádné schody, tak se u tohoto matematického vzorce (20) hodnoty $n_{sc\dot{h}}^d$ a $n_{sc\dot{h}}^h$ eliminují. Vzorec (20) je univerzální a lze jej použít téměř ve všech případech bez ohledu na stavební uspořádání předmětné stanice. Jedinou výjimkou je situace, kdy se přestup realizuje u jednoho ostrovního nástupiště, přestupním způsobem s názvem hrana-hrana, to znamená, že cestující pouze přejde na protější stranu nástupiště k přípojnému vlaku. Přestup založený na přestupním systému hrana-hrana tj, že přestup se realizuje u jednoho ostrovního nástupiště se vzorec (20) musí upravit do následující podoby:

$$t_{c\dot{h}}^{ostrov} = \frac{((\frac{l_{sv}^1 - l_{sv}^2}{2}) + s_{nást} + \frac{l_{voz}^2}{2})}{v_{c\dot{h}}} \quad [s]; \quad (21)$$

kde:

$t_{c\dot{h}}^{ostrov}$ doba chůze k 2. vlaku, nebo jiného dopravního prostředku při přestupu u jednoho ostrovního nástupiště [s],

l_{sv}^1 délka soupravy prvního vlaku, nebo jiného dopravního prostředku [m],

l_{sv}^2 délka soupravy druhého vlaku, nebo jiného dopravního prostředku [m],

$s_{nást}$ šířka nástupiště [m],

l_{voz}^2 délka jednoho vozu druhého vlaku, nebo jiného dopravního prostředku [m],

v_{ch} průměrná rychlost chůze cestujících při přestupu [$m \cdot s^{-1}$],

Vzorec (21) má stejnou skladbu jako univerzální vzorec (20) pro T_{Ch} , kde podíl ušlé vzdálenosti (výraz v závorce) a průměrné rychlosti, s tím rozdílem, že se zde samozřejmě neobjevují výpočtové členy týkající se schodů. Výraz pro ušlou vzdálenost vychází z toho, že při stejném postavení obou vlaků, respektive dopravních prostředků vůči středu ostrovního nástupiště, bude maximální vzdálenost, kterou bude muset cestující urazit, rovna právě polovině rozdílů délek souprav přípojných vlaků, respektive přípoje jiného dopravního prostředku. Rozdíl je zde v absolutní hodnotě, aby v případě delší soupravy druhého vlaku, nebo jiného dopravního prostředku nevycházely záporné hodnoty. Polovina délky vozu je opět z důvodu odstranění prostorového nesouladu mezi vzájemnou pozicí nástupních dveří vlaku, nebo jiného dopravního prostředku. Pro stanovení celkové doby přestupu platí vzorec:

$$t_p^{ostrov} = t_v + t_{Ch}^{ostrov} + t_n \quad [s]; \quad (22)$$

kde:

t_p^{ostrov} celková přestupní doba při přestupu u jednoho ostrovního nástupiště [s],

t_v doba potřebná k výstupu z prvního vlaku, nebo jiného dopravního prostředku – první fáze přestupu [s],

t_{Ch}^{ostrov} doba chůze k 2. vlaku, nebo jiného dopravního prostředku při přestupu u jednoho ostrovního nástupiště [s],

t_n doba potřebná k výstupu z prvního vlaku, nebo jiného dopravního prostředku – třetí fáze přestupu [s],

V tomto případě se do vzorce (22) dosazují výrazy ze vzorců (21) a (23).

Vzorec (23) vypadá následovně:

$$t_n = t_n + \frac{r \cdot x_p \cdot t_n}{k_n \cdot n_d^2} + t_z + t_{po} \quad [s]; \quad (23)$$

kde:

t_n doba potřebná k výstupu z prvního vlaku, nebo jiného dopravního prostředku – třetí fáze přestupu [s],

t_n Jednotkový čas nástupu jednoho cestujícího [s],

r koeficient plynulosti nástupu [-],

x_p počet přestupujících cestujících [-],

k_n koeficient využití dveří při nástupu [-],

n_d^2 počet dveří druhého vlaku, nebo dopravního prostředku [-],

t_z čas potřebný k zavření dveří [s],

t_{po} čas potřebný pro přípravu vlaku k odjezdu a jeho výpravu [s],

Problémem při vyjádření času potřebného pro nástup je stanovení jednotkového času nástupu a koeficientů plynulosti nástupu a využití dveří. Jednotkový čas t_n , kromě jiných faktorů, závisí také na neměřitelných fyzických schopnostech cestujících a koeficient využití dveří k_n na subjektivním chování cestujících. Koeficient plynulosti nástupu r pak závisí na předchozích veličinách a také na výstupu cestujících z prvního vlaku, respektive dopravního prostředku. Vše dále záleží například na počtu dveří, z kterých je umožněn vystupuje, oproti počtu dveří, kterými se nastupuje. Dále také záleží na faktoru, zda současně do jednoho vlaku, nebo jiného dopravního prostředku nastupují cestujících i z jiných přípojných spojů a atd. (Kolomazník a Široký, 2007)

5. ZÁVĚR

Cílem tohoto odborného článku bylo seznámit čtenáře se základy integrované taktové dopravy, respektive vybraných základních pojmů, se kterými je nutné počítat při zavedení Integrovaných taktových jízdnicích řádů. Autor článku se i v kapitole s názvem „ÚVOD“ lehce zmínil i o jejich historickém vzniku v zahraničí, ale i na území Československa, respektive České republiky. Autor odborného článku je názoru, že ITJŘ je budoucnost veřejné dopravy. Jestliže chceme poskytnout kvalitní služby ve veřejné dopravě v 21. století a nalákat ještě více cestujících do veřejné dopravy, tak je ITJŘ ideálním nástrojem k tomuto úkolu. Autor článku je přesvědčen, že po dílčích úpravách lze ITJŘ aplikovat na skoro všechny druhy veřejné dopravy, ideálním druhem dopravy je například železniční doprava v jakémkoliv druhu, nebo městská autobusová doprava. ITJŘ je pro cestující velice přehledný jízdnicí řád z důvodu, že spoje vybraného druhu veřejné dopravy jezdí v pravidelném taktu (intervalu), např. třicet minut. Autor tohoto odborného článku se v některém dalším odborném článku vrátí k tématice Integrovaných taktových jízdnicích řádů, kdy se bude věnovat jednotlivým integrovaným dopravním systémům, kde se začal běžně používat ITJŘ, například Bayern takt, nebo švýcarský integrovaný dopravní systém s názvem BAHN 2000. Autor článku je přesvědčen, že ITJŘ působí pozitivně na vzhled (image) veřejné hromadné dopravy, zejména v osobní železniční dopravě, kde je v současné době nejvíce používán. Autor odborného článku se rovněž v tomto odborném článku zmiňuje i o svých návrzích řešení problematiky.

Literatura

Drdla, P. **2018**. *Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu*. 2. upravené vydání. Pardubice: Polygrafické středisko Pardubice, 420 s. ISBN 978-80-7560-189-6.

Dostupné z: <https://www.akademiemobility.cz/aktuality/1270/integrované-prestupni-uzly-lindau-modell> [cit. 2021-5-17].

Drdla, P. **2020**. *Optimalizace periodické dopravy na dopravních liniích*. [Online]. Dostupné z: <http://drdla.wz.cz/podklady.htm> [cit. 2020-05-23].

Drdla, P. **2020** *Matematické metody v řízení dopravy (PMMVR) – část Periodická doprava*, podklady pro výuku. Pardubice: Univerzita Pardubice. Dostupné z: <http://www.drdla.wz.cz/podklady.htm>

Drdla, P. **2021**. *Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu*. 3. upravené vydání. Pardubice: Univerzita Pardubice.

Drdla, P. a Matuška, J. **2003**. *Přestupní uzly v integrovaném systému veřejné osobní dopravy*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. ISBN 80-7194-571-4.

Hrabáček, J. **2010**. *Periodická doprava na dopravních sítích a její optimalizace*. Pardubice: Univerzita Pardubice. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/38468/Hrabacek%20Periodicka%20doprava%20PD%202010.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Jurčík, P. **2011**. *Návrh rozvoje železniční dopravy v česko-slovenském příhraničí*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera.

Kolomazník, P. a Široký, J. **2007**. Stanovení přestupní doby. *Perners Contacts*. 2(2).

Kuník, P. **2008**. *Zhodnocení možností v osobní dopravě na trati Praha – Benešov po dostavbě IV. koridoru*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera.

Stadtwerke Lindau **2021** © Stadtwerke Lindau [Online]. Dostupné z: <https://www.sw-lindau.de/de/privatkunden/>. [cit. 2021-5-17].

Široký, J. **2000**. © *Integrovaný taktový jízdní řád*. Digitální knihovna Univerzity Pardubice. [Online]. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/32144/CL128.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [cit. 2020-5-23].

Široký, J. **2020**. © *Integrovaný taktový jízdní řád a jeho uplatnění v praxi*. Vědeckotechnický sborník ČD. [Online]. Dostupné z: <https://vts.cd.cz/documents/168518/195402/1010.pdf/ffdbd60d-4f44-4774-b018-227aa946154e> [cit. 2021-5-17].