

SCIENTIFIC PAPERS  
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE

Series B

The Jan Perner Transport Faculty

3 (1997)

## TAKTOVÁ DOPRAVA

Jaroslav VONKA, Václav CEMPÍREK

Katedra technologie a řízení dopravy

Ve všech zemích západní Evropy došlo po 2. světové válce k bouřlivému rozvoji osobní individuální automobilové dopravy a zároveň k poklesu zájmu obyvatel o hromadnou osobní dopravu, především dopravu železniční, včetně dopravy příměstské. Záhy se však projevily negativní důsledky tohoto jevu, zejména v oblasti zhoršeného životního prostředí. Při hledání řešení došlo k jednoznačnému závěru. V oživení zájmu o kvalitní hromadnou osobní dopravu, ve které páteř dopravní obsluhy musí tvořit její nejvýkonnější součást - železniční doprava, mají dlouhodobé a v podstatě velmi příznivé výsledky naši západní sousedé v Německu.

O významném průvodním jevu oživení hromadné osobní dopravy pojednává autor Ferchland [6] ve svém příspěvku o taktové dopravě.

### 1. Systematika

#### 1.1 Taktová doprava s liniovým uspořádáním

Za taktovou dopravu je všeobecně označována taková veřejná osobní doprava, na které jsou místa zastavení jedné tratě obsluhována v konstantních časových odstupech. Tento časový odstup je pak označen jako takt nebo interval nebo taktový interval.

Další vlastností taktové dopravy je příchod cestujících výhradně k časům odjezdů. Cestující si zapamatují časy odjezdů, potom volí např. určitý autobus a jdou potom krátce před odjezdem k zastávce. Jinak je tomu při intervalech menších než deset minut. Zde působí kontinuální příchod cestujících. Cestující si nezapamatovávají časy odjezdů, avšak jdou na zastávku a čekají na příští autobus.

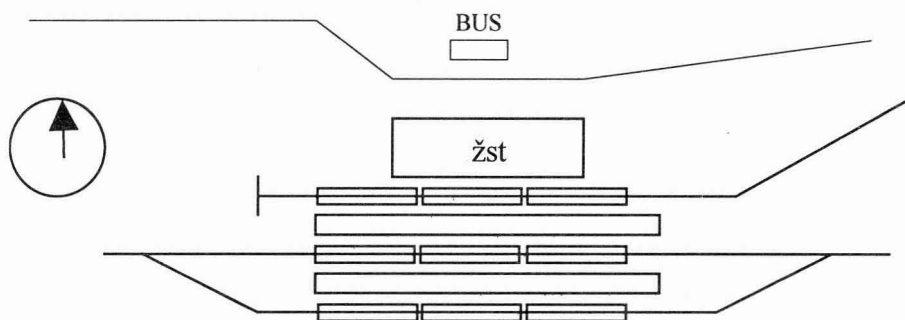
Ohraničení maximální délky taktového intervalu neexistuje, přesto takt delší než dvě hodiny se zpravidla neuzívá. Když je 60 minut celočíselným násobkem taktu, pak se časy odjezdů na jedné zastávce hodinově opakují. To má tu výhodu, že si cestující může časy odjezdů lehčeji zapamatovat. Znamená to ale také, že každou hodinu musí jet minimálně jeden vlak.

Při slabém proudu cestujících mohou být náklady při hodinové obsluze nevhodné. Zvláště v zemědělských oblastech je častým případem, proč je zde často použit jako opatření pro současnost dvouhodinový takt.

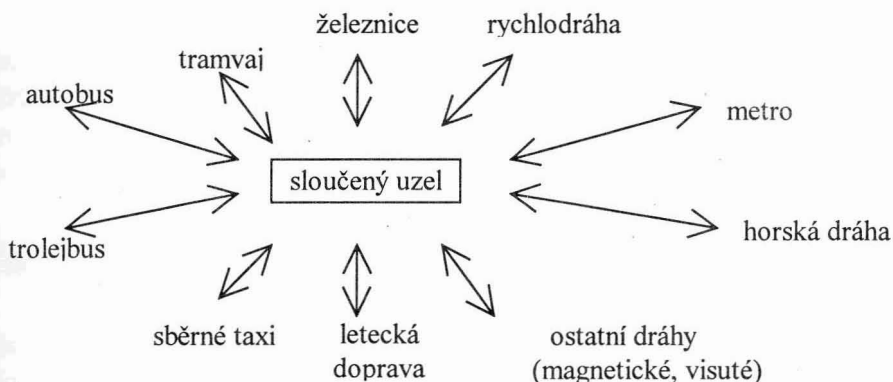
V sedlových přepravních hodinách je taktový interval většinou zdvojnásoben. Chceme-li i zde dodržet hodinově se opakující časy odjezdů, pak zůstávají pouze možnosti taktu 30/60, 15/30 nebo intervalu 10/20. Zvláště na S-Bahnu oblíbený 20/40 min takt tuto podmínku nespĺňuje. Přechod na 15/30 interval má za následek všeobecné zvýšení vlakových km o třetinu, proto se raději přijme nevýhoda špatné zapamatovatelnosti.

## 1.2 Integrální taktová doprava

Další rozvoj liniově uspořádané taktové dopravy představuje integrální taktový jízdní řád. V rámci tohoto nebudou pravidelně obsluhovány jenom zastávky na jedné trati, ale zvláště budou minimalizovány také přestupní časy. Toho bude dosaženo prostřednictvím téměř časově shodných příjezdů a odjezdů všech spojů v přestupním (sloučeném) uzlu.



Obr. 1 Schéma „sloučeného“ uzlu



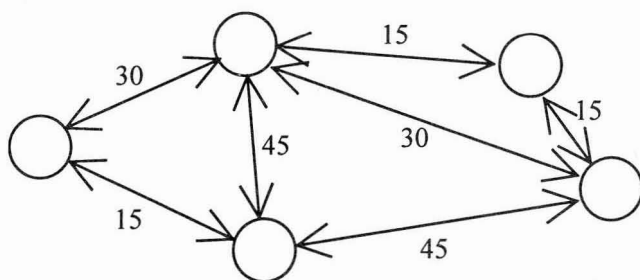
Obr. 2 vazba [spojení] přesahující systém

„Sloučení“ musí být systémově řešené a musí pojmut všechny liniově vedené druhy doprav: železnici, autobus, tramvaj, rychlodráhu, metro, sběrné taxi, horské dráhy, leteckou dopravu, lodní i ostatní nekonvenční druhy dopravy (visuté, magnetické atd.)

## 2. Teorie grafů

U sítě vytvořené tratěmi se jedná pouze ve zcela vyjimečných případech o hvězdičité tratě pouze s jedním spojovacím uzlem. Zpravidla je více uzlů, které jsou mezi sebou propojeny různými cestami.

Pro modelování takovéto sítě se nabízí využití teorie grafů. Síť je tvořena z uzlů a hran. Uzly odpovídají spojovacím uzlům (uzlovým stanicím) a hrany traťovým úsekům mezi uzly. Každá hrana může být oceněna časem, který odpovídá jízdní době mezi uzly (obr. 3).



Obr. 3 Grafický model sítě s časově ohodnocenými hranami

Tento hranový čas se skládá z jízdních dob, pobytů jakož i přírážek.

Na hraně mohou ležet nácestné stanice. Součet jízdních dob mezi místy zastavení a uzly dává dobu jízdy na hraně. Doba jízdy musí být spočítána s přihlédnutím na dynamiku jízdy. Kromě přípustné nejvyšší rychlosti se musí přihlížet také k podmínkám zrychlení a zpomalení vozidla.

Časy pobytu se skládají z dopravně provozních a přepravních složek.

Přepravní část je doba nutná k obratu cestujících. Ten je složen z časů na výstup a nástup.

Dopravně provozní časy se skládají z dílčích časů od zastavení vozidla až po výstup cestujících (čas na otvírání dveří) a krátký časový interval od ukončení přepravní doby až do odjezdu vlaku (čas na uzavření dveří, čas na výpravu) jakož i zvláštní provozně podmíněné zdržení (např. čekání na rozsvícení světelných nebo jiných návěstí).

Časy pobytu v uzlech se zároveň rozdělí polovinou na přilehlé hrany.

<b>Celkový hranový čas (doba jízdy)</b>
Neplánované čekací doby
Zvláštní zpoždění
Polovina minimálního času pobytu v uzlu
Polovina provozního času pobytu v uzlu
Polovina dopravního času pobytu v uzlu
Pravidelné přírážky
Zvláštní přírážky
<b>Plánovaná doba jízdy</b>
Plánované doby na čekání
<b>Minimální doba jízdy</b>
Minimální doba přepravy
Čistá jízdní doba
Pravidelné přírážky
Zvláštní přírážky
<b>Minimální hranový čas</b>
Provozní doba pobytu na hraně
Dopravní doba pobytu na hraně
Minimální přírážky
Nezbytné ostatní přírážky

Obr. 4 Souhrnné složení času na hraně

Časové přírážky jsou nezbytné s ohledem na očekávaná i nepředvídaná zdržení (zpomalení ve smyslu prodloužení). Nepředvídaná zdržení (např. prodloužení pobytu v důsledku nástupu a výstupu cyklistů) budou zohledněna formou pravidelné přírážky. Předvídaná zdržení (např. omezení rychlosti z důvodu stavebních prací) budou pokryty zvláštní přírážkou.

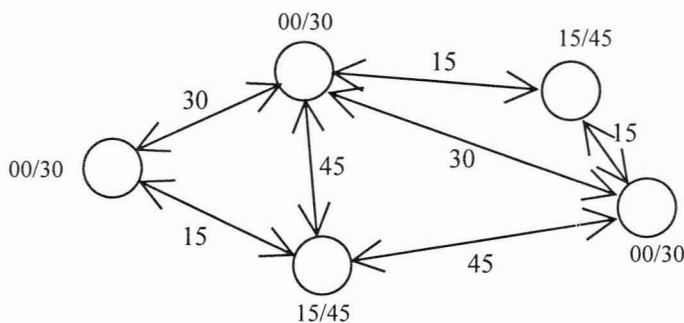
Součet pobytů a přírážek jakož i jízdních dob a přírážek k nim představuje současný minimální čas jízdy.

## 2.1. Systematické předpoklady

Když se zkoumá síť linek s jejími časy na hranách, pak je zřejmé, že mezi časy na hranách navzájem, jakož i mezi hodnotou taktu a časy na hranách je vzájemná souvislost. Tato systematická integrální taktového jízdního řádu byla zkoumána Lichteneggerem [1]. Jsou dány dvě charakteristické vlastnosti integrovaného taktového jízdního řádu:

1. čas na hraně musí být celočíselným násobkem poloviny taktového intervalu,
2. uzavřené plné oběhy trvají vždy celočíselný násobek taktu.

Síť znázorněná na obr. 3 se hodí pro 15- nebo 30-ti minutový takt (viz obr. 5).



Obr. 5 Příklad pro 30-ti minutový takt (vedle uzlů jsou uvedeny časy odjezdů v min)

Zajímavou kombinaci dálkového a příměstského taktu předkládá Clever [2]. Podle jeho doporučení mají být uzly sítě dálkových vlaků zvoleny tak, aby mezi dvěma uzly jízda příměstského vlaku, který všude zastavuje, trvala právě dvojnásobek času jako dálkového vlaku, který projíždí bez zastavování. Potom pro hranu dálkové sítě platí:

$$T_{hz} = 2 \cdot T_{hd} ,$$

kde:

- $T_{hd}$  - čas jízdy dálkového vlaku,  
 $T_{hz}$  - čas jízdy zastávkového vlaku.

Tímto způsobem možno zajistit optimální návaznosti mezi příměstskou a dálkovou dopravou.

## 2.2 Další předpoklady

Stavebním předpokladem pro každý uzel je dostatečný počet vjezdů/vjezdových kolejí. Pro každou trať a každý směr v uzlu musí mít vozidla možnost současně vjíždět. Při vzájemném propojení jednokolejných tratí musí být navíc k dispozici možnost křížování ve středu časové osy hrany. U elektrifikovaných uzlů při časově shodných odjezdech přistupují ještě problémy odběrové špičky elektrické energie.

V ojedinělých případech odpovídá liniová síť požadavkům integrálního taktového jízdního řádu.

V případě, že počet vjezdových kolejí v uzlových stanicích není dostatečný, může ho být dosaženo výstavbou nových kolejí nebo dělením stávajícího počtu.

Neodpovídají-li časy na hraně požadavkům integrálního taktového jízdního řádu, pak musí být přizpůsobeny systému taktového jízdního řádu. Prodloužení časů na hraně vede jen při nepatrném prodloužení k takové nabídce, která by byla pozitivně přijata zákazníky. Zpravidla se však naopak snažíme o takovou redukci časů na hraně, aby se systém taktové dopravy naplnil. Z velkého množství možností minimalizace časů na hraně se musí pro daný jednotlivý případ vyhledat hospodárné řešení.

Existují možnosti stavebního řešení, provozního přizpůsobení nebo přizpůsobení technických parametrů vozidlového parku.

Stavebně technická opatření:

- samostatná jízdní dráha, (např. pás pro autobusy, samostatná kolej),
- novostavba trati nebo silniční komunikace,
- traťová nebo silniční rekonstrukce (zvýšení stávající traťové rychlosti),
- přestavba uzlů, (např. větší počet současně možných vjezdů a odjezdů, mimoúrovňová křížení),
- minimalizace časů pobytu rychlejším obratem cestujících (úrovňový výstup a nástup), široká nástupiště (umožňující shromažďování cestujících), redukce přestupních časů pomocí nabídky kratších cest, široké podchody a schodiště),
- kolejová doprava: rychlopřestavné výměny; technická opatření v návěstění ke zkrácení sledu vlaků v oblasti jízdní cesty (např. přemístění míst zjišťování konce vlaku, zavádění nových prostorových oddílů (kolejových obvodů), krácení dob stavění a rušení cest užitím moderní techniky).

Provozní opatření:

- zelená vlna pro veřejnou dopravu,
- přemístění uzlů,
- méně zastavování v mezilehlých místech zastavení,
- minimalizace pobytů z provozních důvodů (např. odstranění čekání před návěstidly, rychlejší výprava),
- přestupy u stejného nástupiště,
- redukce přírážek (vede však k větší nestabilitě jízdního řádu).

Technická opatření na vozidlech:

- vozidla s vyšší dovolenou rychlostí,
- vozidla s lepšími hodnotami zrychlení a zpomalení,
- nasazování vozidel s výkyvnými skříněmi,
- nasazování reverzních souprav bez potřeby objíždění lokomotivou v koncových stanicích (redukce pobytů v koncových stanicích),
- minimalizace pobytů rychlejší výměnou cestujících (širší dveře, větší počet dveří, kratší doby zavírání dveří, úroňový nástup a výstup, velká výstupní plošina ve vozech).

Obvykle nestačí volba jednoho návrhu, k požadovanému výsledku vede spíše kombinace jednotlivých uvedených opatření.

### 3. Zkušenosti

U uskutečněné integrální taktové dopravy v Německu bylo užito kombinace navrhovaných opatření v různých oblastech různě. V současné době existuje „ztaktovaná“ síť v zemích Bádensko-Württembersko, Bavorsko, Hesensko a Horní Porýní. První dvě byly v Algavě-Švábsku (od 1.6.1993) a Porýní (od 29.5.1994). Tyto dvě budou zde jako vzory popsány.

#### 3.1 Takt v Algavě-Švábsku

Algava je územně vymezený prostor, kde veřejná doprava je díky liniovému uspořádání v nevýhodě oproti dopravě individuální. Aby zde i tak získala úctyhodný tržní podíl, musí být její atraktivita přiměřeně velká.

Ke změně ve prospěch veřejné dopravy došlo zvýšením atraktivity - „ztaktováním“ železniční sítě a obsluhou veškerých tratí od 6.00 do 24.00 hod. Stanice jsou obsluhovány většinou jednou za jednu hodinu nebo dvě hodiny.

Přes v průměru krátké cestovní doby na přímé relaci, vznikají však v malém obvodu také dodatečné doby čekání na přípoje v uzlech. U spojů bez přestupování to tímto může vést k prodloužení cestovní doby.

Přesné údaje před a po zavedení bohužel nejsou k dispozici. Všeobecně lze jen zjistit, že po zavedení taktové dopravy se zvýšil počet vlaků o více než 50% a byl dosažen vzrůst počtu cestujících přibližně o polovinu přírůstku vlakových kilometrů. Plány personálního obsazení mohly být efektivněji plněny, takže zde vznikl jen podproporcionální přírůstek strojvedoucích o 25%, [3].

Byly zjištěny pozoruhodné hodnoty nárůstu cestujících u hodinově obsluhovaných stanic. Při obsluze jednou za dvě hodiny mohly být registrovány jen stagující výsledky, [3].

### 3.2 Takt v Horním Porýní

Druhý nejstarší takt, takt v Porýní, se rozprostíral ve své první fázi z největší části v hornorýnské nížině. U této oblasti se jedná o územně vymezený prostor s částečně silnou hustotou zalidnění.

Před zavedením taktu byla nabídka osobní kolejové místní dopravy ve srovnání s dopravou individuální velmi neatraktivní. „Ztaktováním“ se proto zkušelo docílit přírůstku tržního podílu.

#### Srovnání před a po zavedení.

Při přírůstku vlakových kilometrů o 44% mohl být zaznamenán vzrůst osobových kilometrů o 43%, [4]. Ovšem důvodem toho není jen výlučně taktová doprava, neboť ve stejné době byly zaváděny zvláštní tarify pro přepravní sedla jakož i víkendové jízdenky. Avšak také v přepravních špičkách, jako např. ranní přepravy do zaměstnání, mohly být zaznamenány zřetelné přírůstky.

*Lektoroval: Ing. Jaroslav Prášil, CSc.*

Předloženo v lednu 1998.

#### Literatura

- [1] LICHTENEGGER, M.: Der Integrierte Taktfahrplan. Eisenbahningenieur 40, 1991, H.3, s. 171+175.
- [2] CLEVER, R.: Schnelligkeit oder Häufigkeit: Überlegungen zur Einführung des Integralen Taktfahrplans im Fernverkehr des Eisenbahn. Zeitschrift für Verkehrswissenschaften, 1996, H.2, s. 138+182.
- [3] SCHULZ, A.: Der Integrale Taktfahrplan. Eisenbahn-Revue International, 1994, H. 9+10, s. 277+284.
- [4] Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz, Rainer Brüderle. Hrsg.: Rheinland-Pfalz-Takt, Die Zwischenstufe, 1996, s. 7.
- [5] SPECK, G.: Der Integrale Taktfahrplan. Der Nahverkehr, 1996, H. 9, s. 33+38.



## Resumé

### TAKTOVÁ DOPRAVA

Jaroslav VONKA, Václav CEMPÍREK

Na zkušenostech Německa lze souhrnně konstatovat, že taktová doprava působí pozitivně na image dráhy a také na vývoj počtu cestujících. Zvláště je třeba všimnout si dvou zásad. Za prvé dosáhnout obsluhy stanic aspoň jednou za hodinu. Lepší je půlhodinová obsluha, neboť vedle větší atraktivity se lépe naplňuje systematika integrálního taktového jízdního řádu a proto je třeba méně investic do oblasti dopravní cesty. Také se už nemusí čekat na přípoje. Proti tomu ovšem stojí potřeba větších investic na vozidla a větší personální náklady. Kromě toho je třeba vyvarovat se prodloužení cestovních dob, které vzniká zajišťováním přípojů. Neboť velký počet přímých cestujících (ve frankfurtském dopravním sdružení 70% cestujících) by prodloužení cestovních dob neakceptoval a odváděl by k používání osobních automobilů.

## Summary

### TIME KEEPING TRANSPORT

Jaroslav VONKA, Václav CEMPÍREK

On the base of Germany experiences we can in general state that the transport keeping the time influences positively the image of railways and the development of travellers number as well. There are two main principles that are to be taken into account: Firstly it is the policy of reaching for the service of railway station at least once per hour. More convenient seems to be half an hour service, because it leads before greater attractivity to better fulfilling of integral time keeping system of time table, which evokes less need of investments to the transport infrastructure area. This also decreases the waiting time for connections. On the other side it evokes the need of greater investments on vehicles and staff expenses. It is also necessary beware the prolongation of the journey time caused by organising the connections. The great number of direct travellers (in the Frankfurt Transport Association it is 70% of travellers) would not accept the time prolongation and it would lead to the personal cars usage.

## Zusammenfassung

### TAKTVERKEHR

Jaroslav VONKA, Václav CEMPÍREK

Aus den Erfahrungen in Deutschland läßt sich zusammenfassend feststellen, dass ein Taktverkehr sich positiv auf das Image der Bahn und auch die Entwicklung der Fahrgastzahlen auswirkt. Es sollten insbesondere zwei Grundsätze beachtet werden. Zum einen sollte die Bedienung der Halte mindestens stündlich erfolgen. Besser ist eine halbstündige Bedienung, da neben einer größeren Attraktivität auch die Systematik des

integralen Taktfahrplans leichter erfüllt werden kann und deshalb weniger Investitionen im Fahrwerkbereich erforderlich sind. Auch müssen Anschlüsse nicht mehr abgewartet werden. Dem steht allerdings ein höherer Investitionsbedarf an Fahrzeugen und höhere Personalkosten entgegen. Außerdem sollte Reisezeitverlängerungen, die auf Anschlußsicherungen zurück zuführen sind, vermieden werden. Denn die große Anzahl der Direktfahrer (beim Frankfurter Verkehrs Verbund 70%) würde eine Reisezeitverlängerung nicht akzeptieren und deshalb zum PKW abwenden.