

# TECHNOLOGICKÉ UKAZATELE PŘEPRAVY OSOB S OMEZENOU SCHOPNOSTÍ POHYBU V SYSTÉMU MHD

## TECHNOLOGICAL INDICATORS OF DISABLED PASSENGERS TRANSPORTATION IN URBAN TRANSPORT

Jaroslav Matuška<sup>1</sup>

---

*Anotace: Příspěvek se zabývá změnou vybraných technologických ukazatelů při přepravě osob s omezenou schopností pohybu – osob těžce pohybově postižených pohybujících se na vozíku – v rámci městské hromadné dopravy. Při odlišných intenzitách přepravy osob na vozíku, na různě dlouhých linkách a při dalších charakteristických aspektech zjišťuje dopady na oběžnou rychlost, počet potřebných vozidel a interval na lince.*

*Klíčová slova: městská hromadná doprava, linka, osoba s omezenou schopností pohybu, interval, dodatečná spotřeba času*

*Summary: This paper deals with change of selected indicators of disabled passengers (wheelchairs) transportation in urban transport system. Change of circulation speed, number of vehicles on line and time interval on line are there under different intensity of wheelchairs transportation, different long of line and other aspects calculate.*

*Key words: Urban Transport, Line, Disabled Passenger, Time Interval, Supplementary Time, Time Reserve*

### 1. ÚVOD

Přeprava cestujících s těžkým postižením pohybového aparátu, spoji veřejné dopravy s sebou přináší některá specifika a tím i dopady na úroveň technologických ukazatelů, které jsou ovlivňovány zejména dodatečnou spotřebou času při nástupu a výstupu cestujících na vozíku. Některé časové aspekty takových přeprav byly předmětem [1], z něhož jsou v následujících výpočtech užívány hodnoty dodatečné spotřeby času na lince  $\tau_L$  [min], a sice hodnoty odpovídající nízké, mírně zvýšené, resp. zvýšené intenzitě přepravy osob na vozíku, čemuž odpovídá  $\tau_L \in \langle 2,35; 14,1 \rangle$ . Spodní hodnota charakterizuje situaci, kdy se na lince bude realizován pouze jeden případ nástupu nebo výstupu osoby na vozíku, horní hodnota pak situaci, kdy dojde k šesti nástupům nebo výstupům. Příspěvek se zabývá přepravou osob na vozíku, která si na rozdíl od přepravy osob s berlemi nebo přepravy dětských kočárků vyžaduje největší časové nároky.

---

<sup>1</sup>Ing. Jaroslav Matuška, Ph.D., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra technologie a řízení dopravy, Studentská 95, 532 10 Pardubice, Tel.: +420 466036420, E-mail: [jaroslav.matuska@upce.cz](mailto:jaroslav.matuska@upce.cz)

## 2. ZMĚNA TECHNOLOGICKÝCH UKAZATELŮ

Jak již bylo uvedeno v [1], mezi důležité technologické ukazatele přepravy městskou hromadnou dopravou patří ze strany cestujících spotřeba času, resp. cestovní rychlost. Z pohledu dopravce je důležitým ukazatelem např. doba spoje, doba linky, doba obratu a z nich vycházející interval na lince, resp. počet potřebných vozidel pro obsluhu dané linky při požadovaném intervalu.

### 2.1 Vliv dodatečné spotřeby času na lince na vybrané ukazatele

Standardní způsob výpočtu  $V_C$  - cestovní, resp.  $V_O$  - oběžné rychlosti, stejně jako dobu obratu, uvádí [2]. Je-li nutno zohlednit dodatečnou spotřebu času vznikající při přepravě cestujících na vozíku, určí se cestovní rychlost dle vztahu (1):

$$V'_C = \frac{L}{t_j + n_z \cdot t_z + \tau_L} \cdot 60 \text{ [km.h}^{-1}\text{]}, \quad (1)$$

kde:

$L$  - délka linky [km],

$t_j$  - doba jízdy [min],

$n_z$  - počet mezilehlých zastávek na lince [počet],

$t_z$  - doba pobytu na jedné (mezilehlé) zastávce [min],

$\tau_L$  - dodatečná spotřeba času na lince, tj. suma pobytů na zastávkách při přepravě cestujících na vozíku [min].

Oběžná rychlost spoje na lince se při přepravě cestujících na vozíku určí podle vztahu (2), který zohledňuje jak dodatečnou spotřebu času  $\tau_L$ , tak i dobu pobytu spoje na konečné zastávce  $t'_k$ :

$$V'_O = \frac{L}{t_j + n_z \cdot t_z + \tau_L + t'_k} \cdot 60 \text{ [km.h}^{-1}\text{]}, \quad (2)$$

kde:

$L$  - délka linky [km],

$t_j$  - doba jízdy [min],

$n_z$  - počet mezilehlých zastávek na lince [počet],

$t_z$  - doba pobytu na jedné (mezilehlé) zastávce [min],

$\tau_L$  - dodatečná doba pobytu na zastávce [min],

$t'_k$  - doba pobytu na konečné zastávce zohledňující „zpoždění“ spoje [min].

Pro provoz linky s přepravou cestujících na vozíku se doba linky ( $t'_L$ ) určí dle vztahu (3) jako součet doby jízdy spoje na lince, pobytu na zastávkách, dodatečných pobytů na zastávkách a doby pobytu na konečné:

$$t'_L = t_j + n_z \cdot t_z + \tau_L + t'_k \text{ [min]}. \quad (3)$$

Dobu obratu  $t'_o$  definují vztahy (4) a (5) jako součet doby linky v sudém směru a v lichém směru (včetně pobytů na konečných zastávkách):

$$t'_o = t'_L + t'^L, \text{ resp.} \quad (4)$$

$$t'_o = t_o + \tau_L + \tau_K \text{ [min]}. \quad (5)$$

Vztah (5) vyjadřuje jiný možný způsob určení  $t'_o$  při známé hodnotě  $t_o$  a zohlednění dodatečných časů (přirážek) vznikajících na lince i na konečné zastávce. Tento způsob je užit i ve výpočtech uvedených v kap. 2.3.1.

## 2.2 Pobyt spoje na konečné zastávce

Doba pobytu na konečné zastávce ( $t_k$ ) se skládá z několika složek, např. z časové rezervy na vyrovnání zpoždění, zákonné doby na odpočinek řidiče a příp. dalších časů. Právě časová rezerva ( $t_R$ ) může v určitých případech „absorbovat“ určitou část „zpoždění“ vzniklého v důsledku přepravy cestujících na vozíku.

Dobu pobytu na konečné zastávce zohledňující „zpoždění“ spoje ( $t'_k$ ) je možné určit podle vztahu (6) jako standardní dobu pobytu prodlouženou o přirážku  $\tau_K$ , která zohledňuje rozsah „zpoždění“ vzhledem k původní  $t_k$ :

$$t'_k = t_k + \tau_K \text{ [min]}. \quad (6)$$

Při stanovení hodnoty  $t'_k$ , resp. při využití časové rezervy  $t_R$  k redukci „zpoždění“, s nímž spoj přijede na konečnou zastávku, mohou nastat dvě možnosti:

1. časovou rezervu spoje na konečné zastávce  $t_R$  je *možno krátit* – zde mohou nastat případy:
  - a.  $\tau_K = 0 \Leftrightarrow \tau_L < t_R$ , tedy je-li dodatečná spotřeba času na lince  $\tau_L$  („zpoždění“) menší než časová rezerva  $t_R$ , pak lze přirážku  $\tau_K$  neuvažovat, neboť ji „absorbuje“ časová rezerva pobytu spoje na konečné,
  - b.  $\tau_K = \tau_L - t_R \Leftrightarrow \tau_L \geq t_R$ , v případě, že lze připustit vyčerpání *celé* časové rezervy na redukci „zpoždění“, tedy pokud  $t_R = 0$ ,
  - c.  $\tau_K = \tau_L - t_{RC} \Leftrightarrow \tau_L \geq t'_R$ , v případě, že na redukci „zpoždění“ lze připustit vyčerpání *pouze části* časové rezervy ( $t_{RC}$ ) tedy pokud zkrácená rezerva ( $t'_R$ ) odpovídá hodnotě  $t'_R > 0$ ;
2. časovou rezervu spoje na konečné zastávce  $t_R$  je *nutno zachovat* v původním rozsahu:  $\tau_K = \tau_L$  bez ohledu na rozsah  $\tau_L$ ; je tedy třeba uvažovat časovou přirážku  $\tau_K$  v rozsahu „zpoždění“ spoje  $\tau_L$ .

## 2.3 Doba obratu, potřeba vozidel a interval na lince

Hodnoty přirážky  $\tau_K$  k pobytu spoje na konečné zastávce (viz kap. 2.2) se promítají do dalších technologických ukazatelů, např. do doby obratu ( $t'_o$ ) – viz vztah (4), (5), dodržení intervalu ( $I'$ ) na lince jak uvádí vztah (7) nebo potřeby vozidel ( $N'_v$ ) pro zajištění daného intervalu na lince dle vztahu (8):

$$I' = \frac{t'_L}{N'_v} \text{ [min]} \quad (7)$$

$$N'_v = \frac{t'_L}{I'} \text{ [voz}^{-1}\text{]}. \quad (8)$$

Následující příklady dokládají změny ukazatelů v modelových situacích provozu, pro případy možnosti a nemožnosti krácení doby rezervy  $t_R$  na konečné zastávce a pro různé dlouhé linky (krátká linka s modelovou dobou obratu  $t_o = 30$  min, středně dlouhá linka s  $t_o = 40$  min a dlouhá linka s  $t_o = 55$  min).

### 2.3.1 Zachování časové rezervy na konečné zastávce

Vliv přepravy cestujících na vozíku na uvedené ukazatele byl určován za následujících podmínek:

- slabá intenzita přepravy osob na vozíku (modelová hodnota  $\tau_L = 4,5$  min),
- časovou rezervu  $t_R = 5$  min na konečné zastávce *nelze krátit*  $\Rightarrow \tau_K = 4,5$  min,
- linka krátká (var. A), linka středně dlouhá (var. B), linka dlouhá (var. C),
- stanovený interval na lince  $I = 15$  min.

#### Varianta A – krátká linka

Při známých hodnotách doby obratu (krátké) linky  $t_o = 30$  min,  $\tau_L = 4,5$  min a  $t_R = 5$  min lze podle vztahu (5) určit dobu obratu při přepravě cestujících na vozíku jako

$$t'_o = 30 + 4,5 + 4,5 = 39 \text{ min.}$$

Počet vozidel na lince při požadovaném intervalu 15 min se určí dle vztahu (8) jako  $N_v = 2$ , resp.  $N'_v = 2,6 \cong 3$  vozidla. Při zachování původního počtu (dvou) vozidel by musel být interval na lince prodloužen z původních  $I = 15$  na  $I' = 18$  min.

#### Varianta B – středně dlouhá linka

Vstupní hodnoty jsou stejné jako u varianty A, pouze doba obratu  $t_o = 40$  min. Doba obratu  $t'_o = 40 + 4,5 + 4,5 = 49$  min.

Původní počet vozidel na lince při  $I = 15$  min je  $N_v \cong 3$ ; při přepravě cestujících na vozíku se zvyšuje na  $N'_v = 3,3 \cong 4$  vozidla. Při zachování původního počtu (třech) vozidel by musel být interval na lince prodloužen z původních  $I = 15$  na  $I' = 17$  min.

#### Varianta C – dlouhá linka

Při daných podmínkách a době obratu  $t_o = 55$  min je  $t'_o = 55 + 4,5 + 4,5 = 64$  min.

Původní počet vozidel na lince při  $I = 15$  min je  $N_v = 3,7 \cong 4$ ;  $N'_v = 4,3 \cong 5$  vozidel. Při původním počtu (čtyř) vozidel by byl interval  $I = 15$  min prodloužen na  $I' = 16$  min.

### 2.3.2 Možnost krácení časové rezervy na konečné zastávce

Pro porovnání vlivu krácení časové rezervy  $t_R \rightarrow t'_R$  na konečné zastávce byly stanoveny následující podmínky:

- slabá intenzita přepravy osob na vozíku (modelová hodnota  $\tau_L = 4,5$  min),
- časovou rezervu  $t_R = 10$  min na konečné zastávce *lze krátit až na*  $t'_R = 5$  min  $\Rightarrow \tau_K = 0$  min,
- linka krátká (var. A), linka středně dlouhá (var. B), linka dlouhá (var. C),
- stanovený interval na lince  $I = 15$  min.

#### Varianta A – krátká linka

Při známých hodnotách doby obratu (krátké) linky  $t_o = 30$  min a možnosti krátit  $t_R$  až na  $t'_R = 5$  min, je-li  $\tau_L = 4,5$  min,  $\tau_K = 0$  ( $\tau_L < t'_R$ ), lze podle vztahu (5) určit dobu obratu při přepravě cestujících na vozíku jako

$$t'_o = 30 + 4,5 = 34,5 \text{ min.}$$

Počet vozidel na lince při požadovaném intervalu 15 min se z původních  $N_v = 2$  zvýší na  $N'_v = 2,3 \cong 3$  vozidla. Při zachování původního počtu (dvou) vozidel by musel být interval na lince z původních  $I = 15$  min prodloužen na  $I' = 18$  min.

#### Varianta B – středně dlouhá linka

Vstupní hodnoty jsou stejné jako u varianty předchozí, pouze doba obratu  $t_o = 40$  min. Doba obratu  $t'_o = 40 + 4,5 = 44,5$  min.

Původní počet vozidel na lince při  $I = 15$  min je  $N_v = 2,7 \cong 3$ ; při přepravě cestujících na vozíku se počet vozidel nezvýší, neboť  $N'_v = 2,9 \cong 3$  vozidla. Stejně tak původní interval  $I = 15$  min zůstane zachován.

#### Varianta C – dlouhá linka

Při době obratu  $t_o = 55$  min je  $t'_o = 55 + 4,5 = 59,5$  min.

Původní počet vozidel na lince při  $I = 15$  min je  $N_v = 3,7 \cong 4$  vozidla; počet vozidel při přepravě cestujících na vozíku se nezvýší, neboť  $N'_v \cong 4$  vozidla. Interval  $I = 15$  min zůstane nezměněn.

Obdobným způsobem je možné určit změny doby obratu, intervaly a počty potřebných vozidel při mírně zvýšené a zvýšené intenzitě přepravy cestujících na vozíku, kdy  $\tau_L = 9$  min a  $\tau_K = 13$  min. Výsledky výpočtů jsou uvedeny v tabulkách 1 - 3, z nichž je patrná procentní změna (nárůst) hodnot uvedených třech ukazatelů. Hodnota v políčku před lomítkem se vztahuje k případu, kdy je třeba časovou rezervu zachovat, hodnota za lomítkem pak k případu, kdy lze časovou rezervu na konečné zastávce zkrátit.

Tab. 1 – Změny ukazatelů při nízké intenzitě přepravy osob na vozíku [%]

	<i>doba obratu</i> $t'_o$	<i>interval na</i> <i>lince</i> $I'$	<i>počet vozidel</i> <i>na lince</i> $N'_v$
Krátká linka	30 / 15	20 / 20	50 / 50
Středně dlouhá linka	23 / 11	13 / 0	33 / 0
Dlouhá linka	16 / 8	7 / 0	25 / 0

Zdroj: autor

Z tabulky 1 je zřejmé, že při nízké intenzitě přepravy osob na vozíku jsou nejvyšší nároky na dodatečná vozidla, a to na krátkých linkách. Naopak dlouhé linky mohou vliv přepravy malého počtu osob na vozíku na interval a počet potřebných vozidel (zejména při krácení doby pobytu na konečné zastávce) zcela absorbovat.

Tabulka 2 uvádí procentní změny ukazatelů při mírně zvýšené intenzitě přepravy, kdy je třeba počítat s dodatečnou spotřebou času na lince  $\tau_L = 9$  min. Pro případy nutnosti zachování časové rezervy je  $t_R = 5$  min, a tedy  $\tau_K = \tau_L = 9$  min. Je-li možno časovou rezervu  $t_R = 10$  min krátit na  $t'_R = 5$  min, a tedy  $t_{RC} = 5$  min, uvažuje se s časovou přírůžkou na konečné  $\tau_K = \tau_L - t_{RC} = 9 - 5 = 4$  min.

Tab. 2 – Změny ukazatelů při mírně zvýšené intenzitě přepravy osob na vozíku [%]

	<i>doba obratu</i> $t'_o$	<i>interval na</i> <i>lince I'</i>	<i>počet vozidel</i> <i>na lince N'_v</i>
Krátká linka	60 / 43	60 / 47	100 / 50
Středně dlouhá linka	45 / 33	33 / 20	33 / 33
Dlouhá linka	33 / 24	27 / 13	25 / 25

Zdroj: autor

V tabulce 3 jsou uvedeny procentní změny ukazatelů při zvýšené intenzitě přepravy osob na vozíky, kdy  $\tau_L = 13$  min. Je-li nutno časovou rezervu  $t_R = 5$  min zachovat, bude  $\tau_K = \tau_L = 13$  min. V případě, kdy je možné časovou rezervu  $t_R = 10$  min krátit na  $t'_R = 5$  min, a tedy  $t_{RC} = 5$  min, uvažuje se s časovou přírážkou na konečné  $\tau_K = \tau_L - t_{RC} = 13 - 5 = 8$  min.

Změna hodnot v posledním sloupci za lomítkem se neprojevila v důsledku zaokrouhlování, kdy u dlouhé linky byla hodnota před zaokrouhlením  $N'_v = 5,07$ , resp. u středně dlouhé linky 4,07. V případě zvýšení  $t_{RC}$  o 1 min na  $t_{RC} = 6$  min by došlo k poklesu obou hodnot a výsledná změna po zaokrouhlení by byla 25%, resp. 33%.

Tab. 3 – Změny ukazatelů při zvýšené intenzitě přepravy osob na vozíku [%]

	<i>doba obratu</i> $t'_o$	<i>interval na</i> <i>lince I'</i>	<i>počet vozidel</i> <i>na lince N'_v</i>
Krátká linka	87 / 70	87 / 73	100 / 100
Středně dlouhá linka	65 / 53	47 / 40	67 / 67
Dlouhá linka	47 / 38	40 / 27	50 / 50

Zdroj: autor

### 3. ZÁVĚR

Z uvedených výpočtů vyplývá, že při nízkých intenzitách přepravy osob na vozíku v systému MHD (malé dodatečné spotřebě času  $\tau_L$ ) a při možnosti krácení času pobytu na konečné zastávce spoje, je možné očekávat – zejména na delších linkách – relativně menší dopad těchto přeprav na vybrané ukazatele (na dobu obratu, interval na lince a počet vozidel). V případě nízké intenzity přepravy osob na vozíku na dlouhé lince se dodatečná spotřeba času nemusí projevit vůbec, ovšem se zvyšující se intenzitou přepravy, resp.  $\tau_L$  dochází i na dlouhých linkách k nárůstu vybraných ukazatelů. Možnosti redukce nárůstu jejich hodnot spočívají např. ve spojování tras více linek pro jedno vozidlo (snížení prostoje vozidla a jeho vyšší využití) nebo v preferenci vozidel MHD na světelně řízených křižovatkách (snížení časových ztrát spoje z čekání na křižovatkách, zkrácení doby spoje).

Při postupné obnově vozového parku dopravních podniků měst a zavádění nízkopodlažních vozidel a současné garanci přepravy těmito vozidly je třeba počítat s nárůstem zájmu o přepravu ze strany osob na vozíku. Dopravce se může na případně dopady alespoň orientačně připravit dle uvedeného postupu a svými konkrétními opatřeními pak eliminovat celkový dopad na dané technologické ukazatele.

## **POUŽITÁ LITERATURA**

- [1] MATUŠKA, J. Časové aspekty přepravy cestujících se specifickými potřebami. In *Sborník ze 4. mezinárodní vědecké konference „Nové výzvy v dopravě a komunikacích“*. Univerzita Pardubice. Dopavní fakulta Jana Pernera, 2006. s. 553 – 558. ISBN 80-7194-880-2.
- [2] KLEPRLÍK, J. Hodnocení technologického procesu veřejné linkové dopravy. *Perner's Contacts*, s.29-37, 10/2008, roč. 3, číslo 3, rok 2008, vydáno 5.8.2008, ISSN 1801-674X

*Příspěvek vznikl za podpory Institucionálního výzkumu  
„Teorie dopravních systémů“ (MSM 0021627505) Univerzity Pardubice.*