



# Příprava a realizace jízdních řádů linek městské hromadné dopravy

**Dipl.-Ing. Steffen Dutsch**





## 18 fakult v pěti odborech:

- ➔ matematika a přírodní vědy
- ➔ duchovní a sociální vědy
- ➔ inženýrské vědy
- ➔ stavba a prostředí
- ➔ medicína

32.389 studentů

4.559 zaměstnanců

## Fakulta dopravních věd „Friedricha Lista“

- ➔ 7 institutů
- ➔ 22 kateder

## Struktura fakulty

→ Institut dopravního plánování a silničního provozu

→ Institut dopravní telematiky

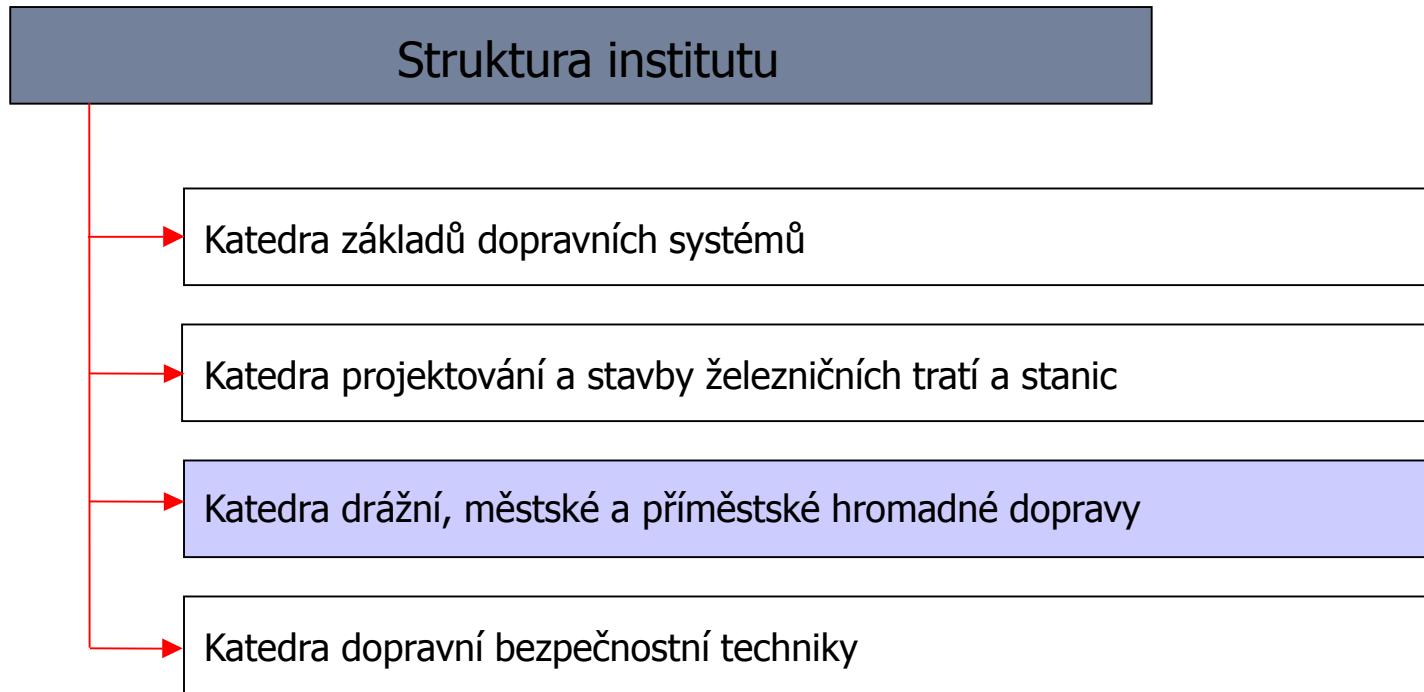
→ Institut letectví a logistiky

→ Institut drážních vozidel a drážní techniky

→ Institut ekonomiky a dopravy

→ Institut automobilové techniky Drážďany

→ Institut drážních systémů a hromadné dopravy



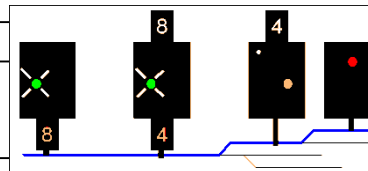
## Struktura katedry

Provoz vleček a průmyslových drah

Provoz dráhy a drážní dopravy

Provoz městské a příměstské hromadné dopravy

Laboratoř železničního provozu



## Vybrané vědecké témata odborné skupiny

- 1 Vypracování zpráv oboru „Městská a příměstská hromadná doprava“ Vědeckého informačního systému Spolkového ministerstva pro dopravu a digitální infrastrukturu
- 2 Preference konkrétních spojů a zajištění návazností v projektu Spojení sever – jih Drážďan
- 3 Zkouška podmínek a zvyků pro rozdělení a sestavení služeb řidičů pro budoucnost zaměstnanců a společnosti v Lucernu
- 4 Zkoumání návrhu nástupišť za účelem optimalizace doby držení na vybraných stanicích S-Bahnu Mnichova



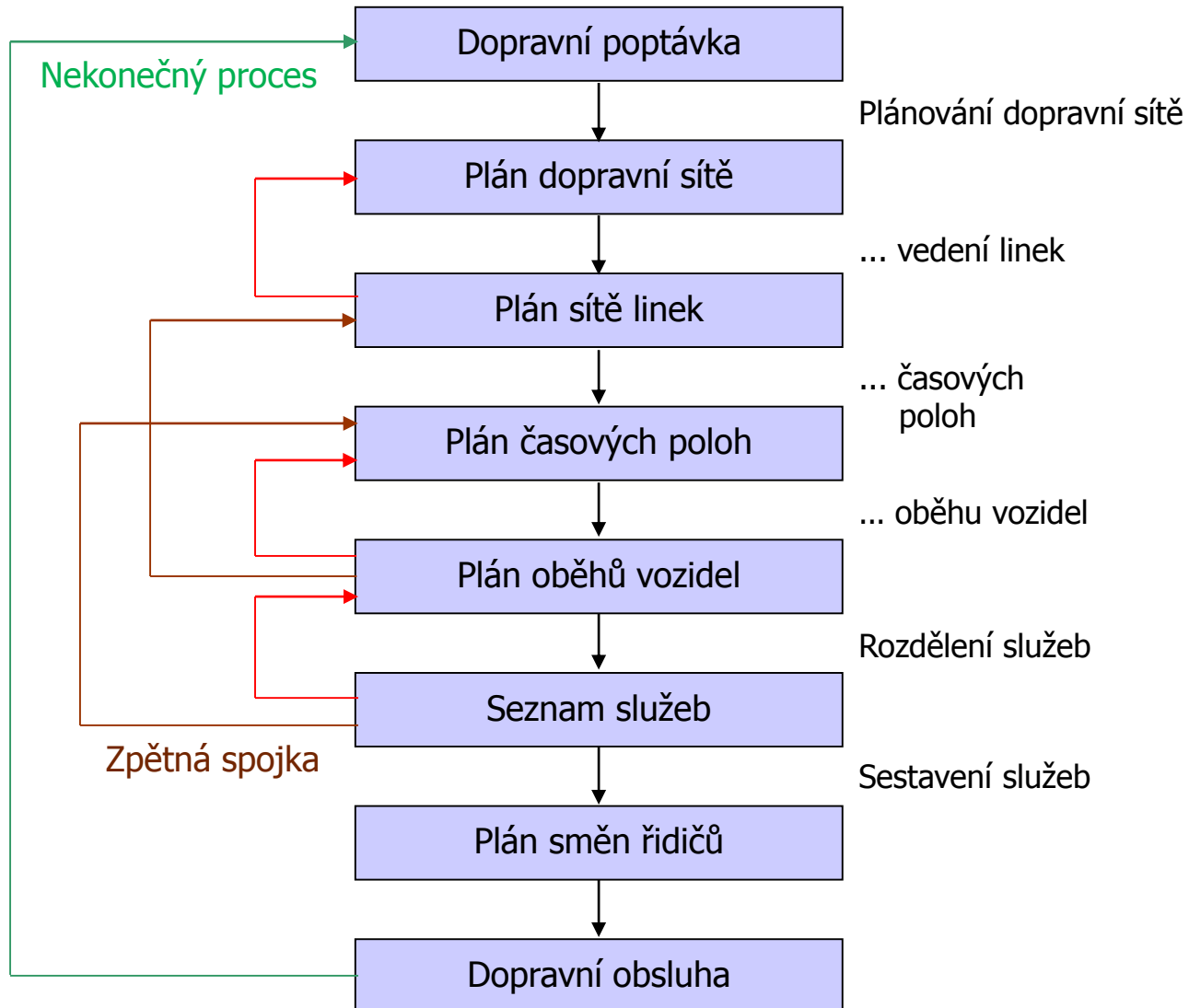
# Příprava a realizace jízdnicích řádů linek městské hromadné dopravy

- 1. Úvod do plánování veřejné dopravy**
  - 1.1. Postup plánování dopravní obsluhy oblasti
  - 1.2. Definice a rozdělení jízdnicích řádů
- 2. Výpočet intervalu a četnosti dopravní obsluhy**
  - 2.1. Interval
  - 2.2. Četnost dopravní obsluhy
- 3. Výpočet cestovní doby**
  - 3.1. Jízdní doba
  - 3.2. Doba pobytu vozidla v zastávce
  - 3.3. Doba zdržení
  - 3.4. Výsledek
- 4. Počet potřebných vozidel na lince**
  - 4.1. Doba oběhu
  - 4.2. Minimální celková doba obratu
  - 4.3. Efektivnost jízdnicího řádu

# Příprava a realizace jízdních řádů linek městské hromadné dopravy

- 1. Úvod do plánování veřejné dopravy**
  - 1.1. Postup plánování dopravní obsluhy oblasti
  - 1.2. Definice a rozdělení jízdních řádů
- 2. Výpočet intervalu a četnosti dopravní obsluhy**
  - 2.1. Interval
  - 2.2. Četnost dopravní obsluhy
- 3. Výpočet cestovní doby**
  - 3.1. Jízdní doba
  - 3.2. Doba pobytu vozidla v zastávce
  - 3.3. Doba zdržení
  - 3.4. Výsledek
- 4. Počet potřebných vozidel na lince**
  - 4.1. Doba oběhu
  - 4.2. Minimální celková doba obratu
  - 4.3. Efektivnost jízdního řádu





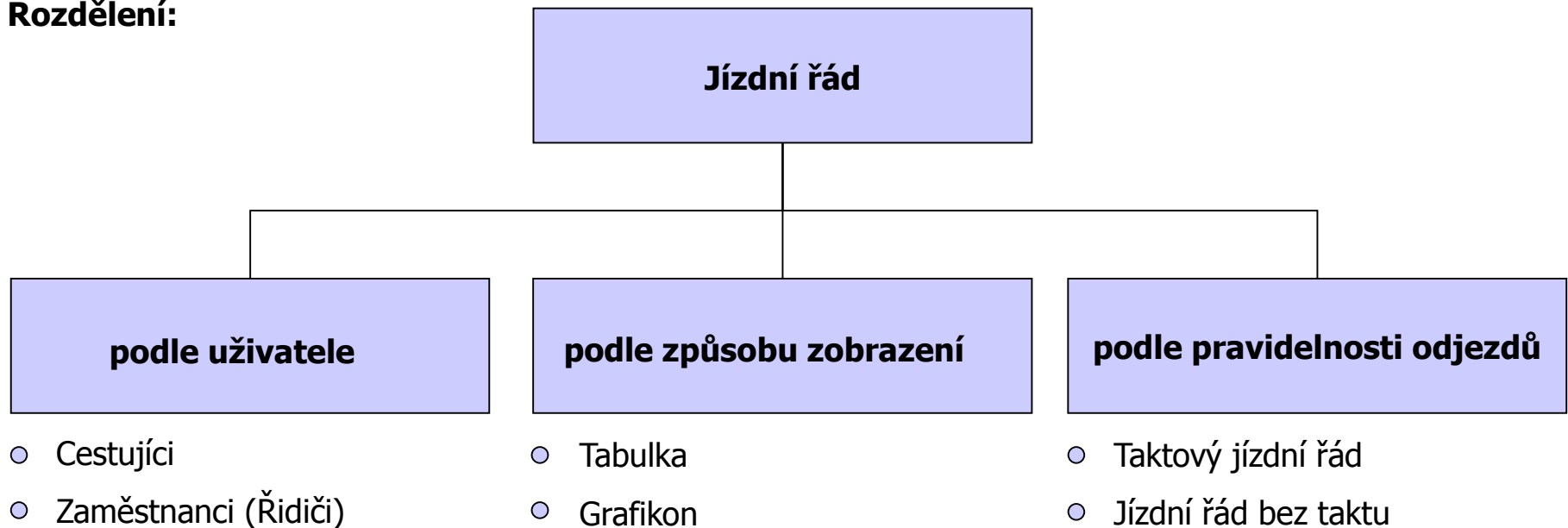
## Definice:

Jízdní řád = konkrétní stanovení nasazení vozidel i personálu pro zajištění požadované dopravní obsluhy

Jízdní řád = Model ideálního průběhu provozu

Jízdní řád = Podklad pro řízení provozu

## Rozdělení:



# Příprava a realizace jízdních řádů linek městské hromadné dopravy

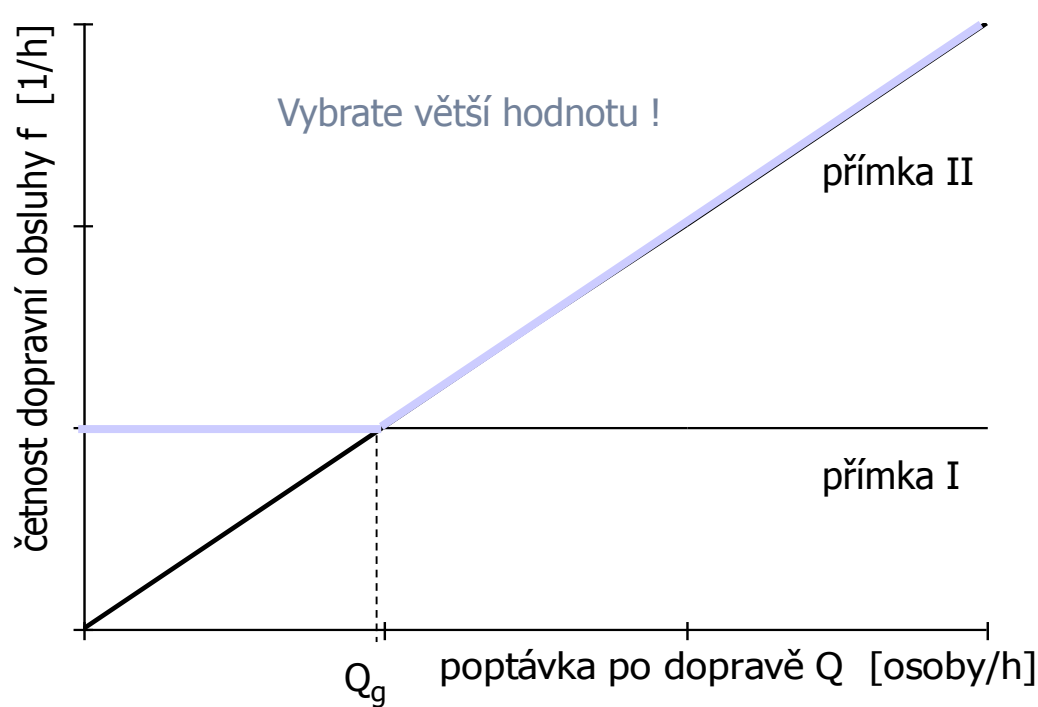
- 1. Úvod do plánování veřejné dopravy**
  - 1.1. Postup plánování dopravní obsluhy oblasti
  - 1.2. Definice a rozdělení jízdních řádů
- 2. Výpočet intervalů a četnosti dopravní obsluhy**
  - 2.1. Interval
  - 2.2. Četnost dopravní obsluhy
- 3. Výpočet cestovní doby**
  - 3.1. Jízdní doba
  - 3.2. Doba pobytu vozidla v zastávce
  - 3.3. Doba zdržení
  - 3.4. Výsledek
- 4. Počet potřebných vozidel na lince**
  - 4.1. Doba oběhu
  - 4.2. Minimální celková doba obratu
  - 4.3. Efektivnost jízdního řádu

$$t_z = \frac{60}{f}$$

f	[1/h]	četnost dopravní obsluhy (počet spojů za hodinu)
$t_z$	[min]	interval
60	[min/h]	

## Příklad

f [1/h]	1	2	3	4	5	6	8	9	10	12	15	16
$t_z$ [min]	60	30	20	15	12	10	7/8	6/7/7	6	5	4	3/4/4/4

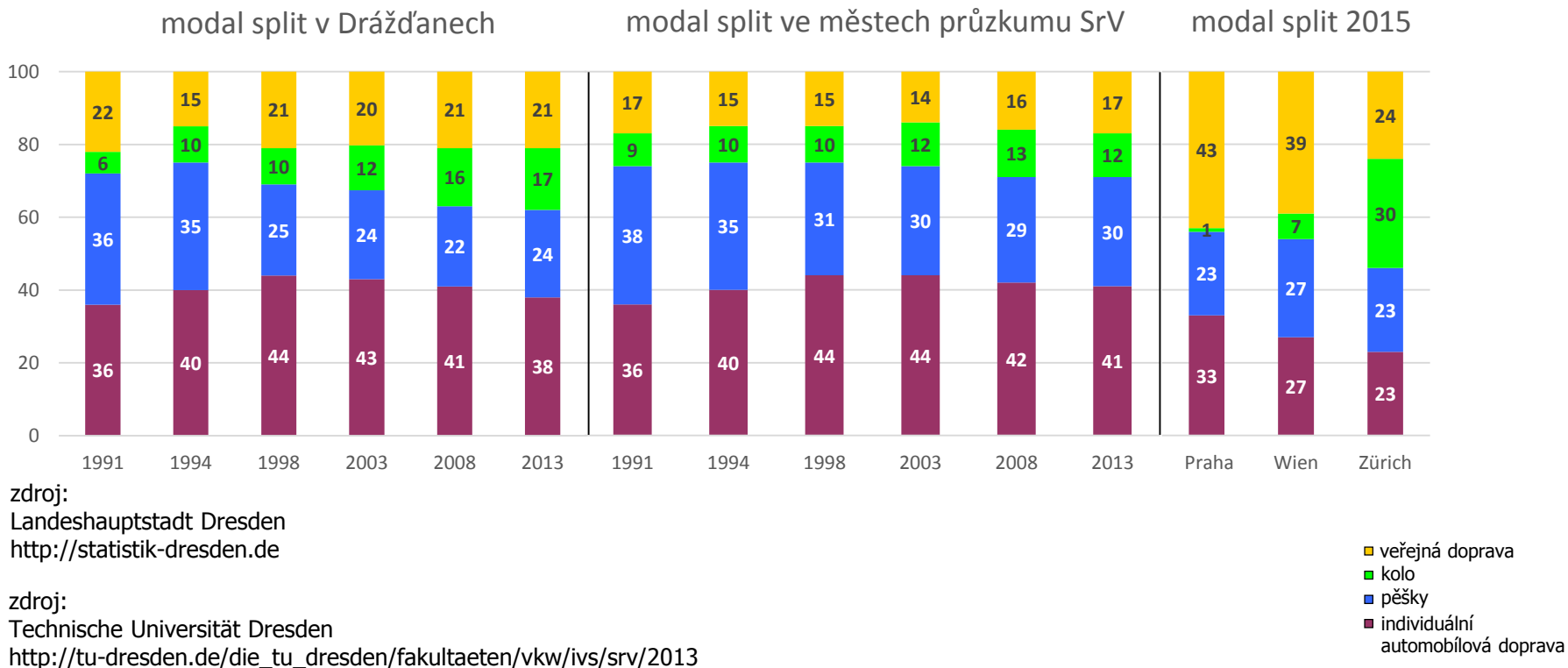


$$f = \frac{Q}{P^* \gamma_{\max}}$$

$$f = \frac{60}{t_{z,\max}}$$

$f$	[1/h]	četnost dopravní obsluhy (počet spojů za hodinu)
$P$	[místa]	počet nabízených míst
$Q$	[osoby/h]	intenzita poptávky po dopravě
$t_{z,\max}$	[min]	maximální přípustný interval
$\gamma_{\max}$	[osoby/míst]	maximální využití míst (maximální obsaditelnost)

## Vybrané výsledky systému reprezentativních průzkumů dopravního chování ponděli až pátek:

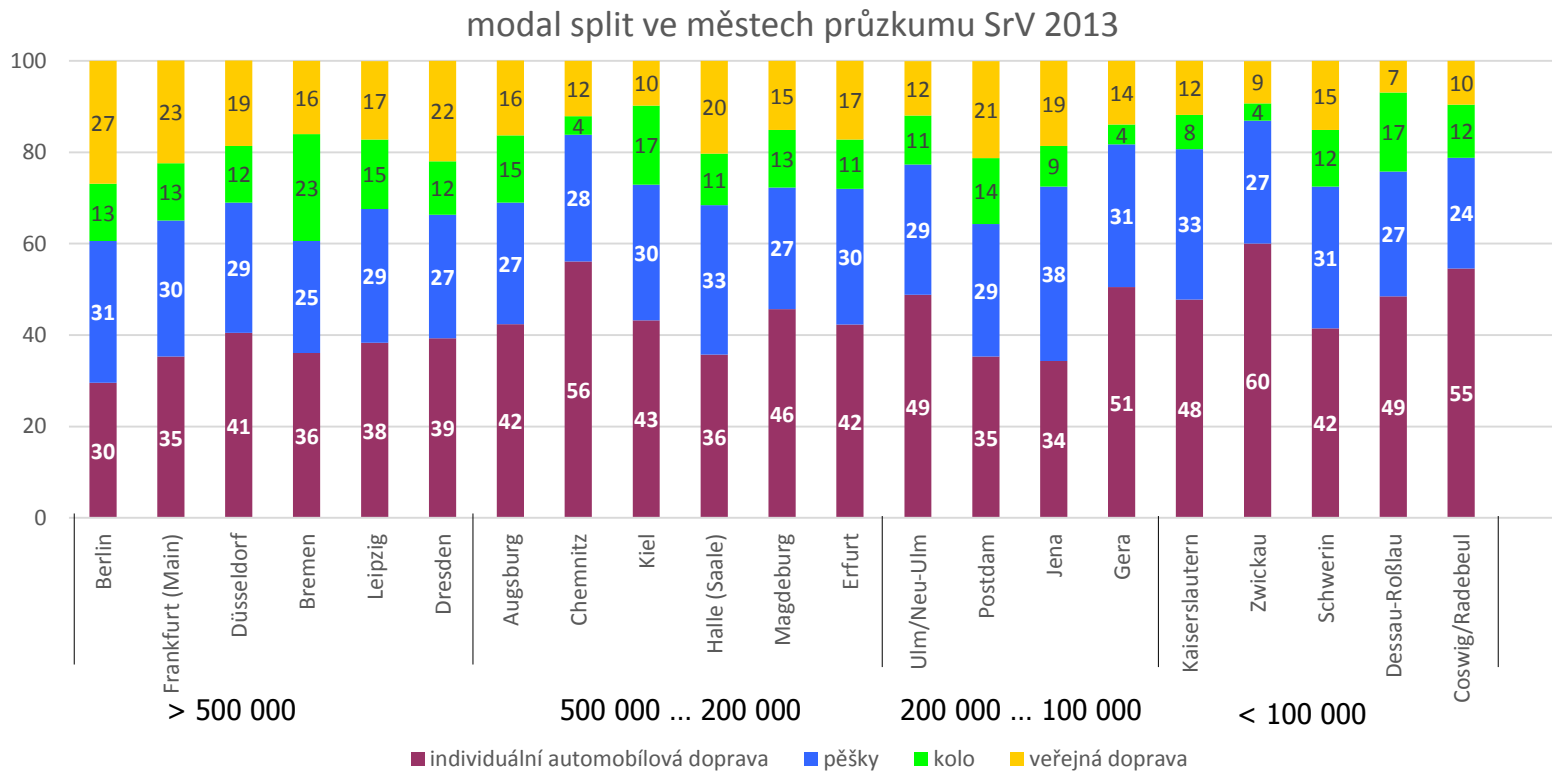


zdroj:  
Landeshauptstadt Dresden  
<http://statistik-dresden.de>

zdroj:  
Technische Universität Dresden  
[http://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/fakultaeten/vkw/ivs/srv/2013](http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/ivs/srv/2013)

zdroj:  
<http://www.tsk-praha.cz/static/udi-rocenka-2015-en.pdf>  
[https://greenpeace.at/assets/uploads/pdf/presse/Landeshauptst%C3%A4dte-Ranking%202017%20\(3\).pdf](https://greenpeace.at/assets/uploads/pdf/presse/Landeshauptst%C3%A4dte-Ranking%202017%20(3).pdf)  
<http://www.stadt-zuerich.ch/stadtverkehr2025>

## Vybrané výsledky systému reprezentativních průzkumů dopravního chování:



zdroj:  
TU-Dresden.de:  
Ergebnisse der Verkehrserhebung SrV 2013

# Příprava a realizace jízdnicích řádů linek městské hromadné dopravy

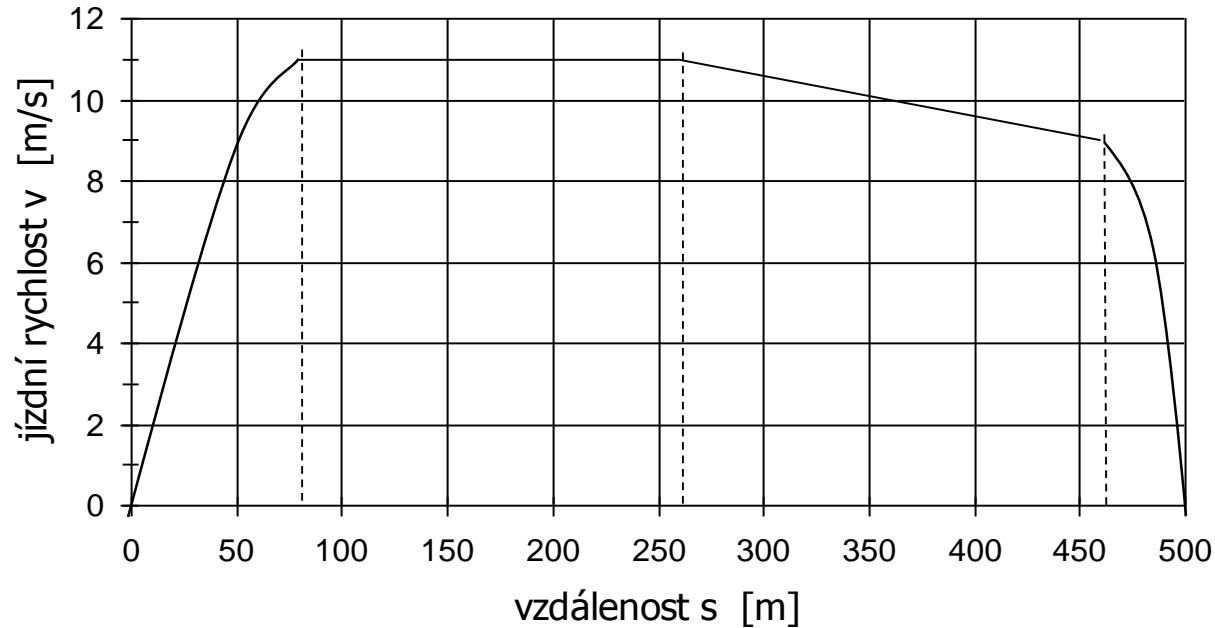
- 1. Úvod do plánování veřejné dopravy**
  - 1.1. Postup plánování dopravní obsluhy oblasti
  - 1.2. Definice a rozdělení jízdnicích řádů
- 2. Výpočet intervalu a četnosti dopravní obsluhy**
  - 2.1. Interval
  - 2.2. Četnost dopravní obsluhy
- 3. Výpočet cestovní doby**
  - 3.1. Jízdnicí doba
  - 3.2. Doba pobytu vozidla
  - 3.3. Doba zdržení
  - 3.4. Výsledek
- 4. Počet potřebných vozidel na lince**
  - 4.1. Doba oběhu
  - 4.2. Minimální celková doba obratu
  - 4.3. Efektivnost jízdnicího řádu



**Součet:**

$$t_{\text{bef}} = \sum t_f + \sum t_h + \sum t_B$$

$t_{\text{bef}}$	[s]	cestovní doba
$t_B$	[s]	doba zdržení
$t_f$	[s]	jízdní doba
$t_h$	[s]	doba pobytu vozidla v zastávce



**první fáze  
rozjezd**

**druhá fáze  
konstantní jízda**

**třetí fáze  
dojezd**

**čtvrtá fáze  
zastavení**

zdroj:  
Wende, Dietrich: Fahrdynamik.-  
Berlin: transpress, 1983

## Přesná rovnice:

$$t_f = \frac{v_{\ddot{o}}}{a_a} + \frac{s_{bf}}{v_{\ddot{o}}} + \frac{v_{\ddot{o}} - v_{be}}{a_c} + \frac{v_{be}}{a_b}$$

$a_a$	[m/s <sup>2</sup> ]	průměrné zrychlení
$a_b$	[m/s <sup>2</sup> ]	průměrné zpomalení ve čtvrté fázi
$a_c$	[m/s <sup>2</sup> ]	průměrné zpomalení ve třetí fázi
$s_{bf}$	[m]	vzdálenost jízdy s konstantní rychlostí
$t_f$	[s]	jízdní doba
$v_{be}$	[m/s]	rychlost na začátku brzdění vozidla
$v_{\ddot{o}}$	[m/s]	rychlost vozidla

zastavení

dojezd

konstantní jízda

rozjezd

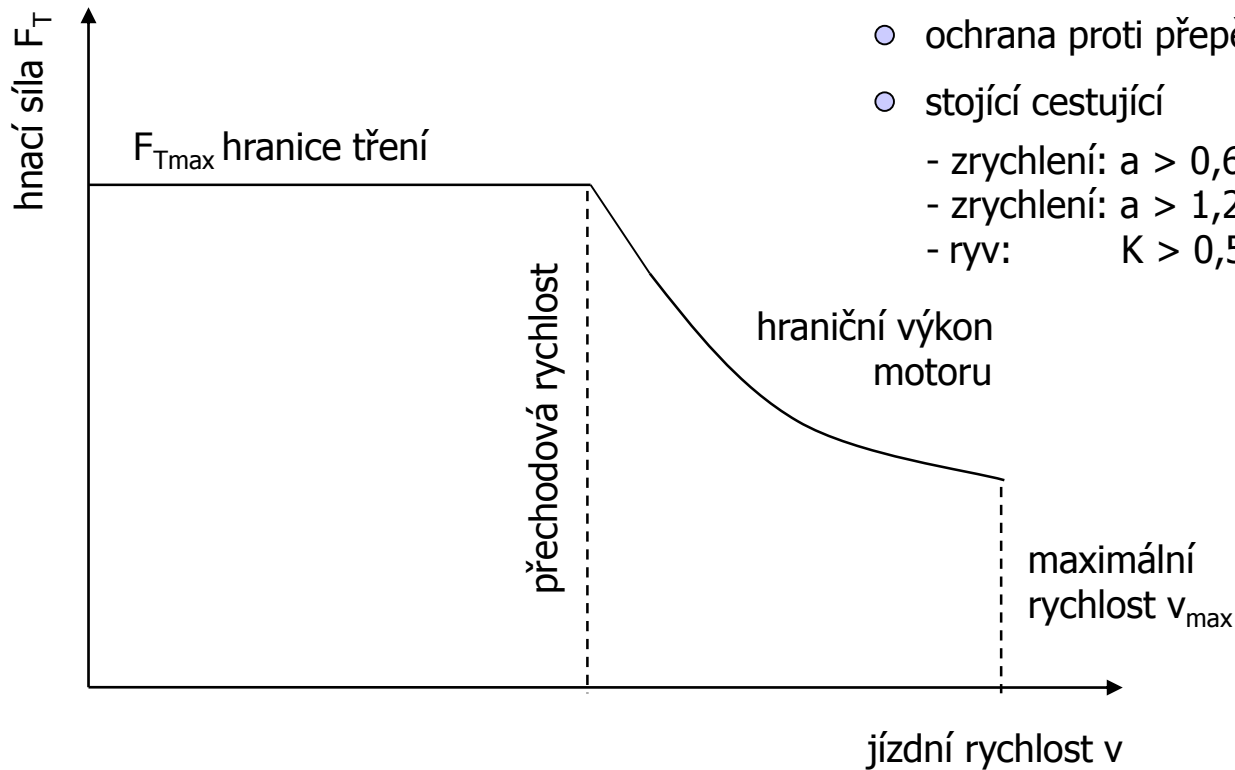
Připočtená konstanta  
na rozjezd  $t_{az}$

## Přibližná rovnice:

$$t_f \approx \frac{v_{\ddot{o}}}{2 * a_a} + \frac{s_{ges}}{v_{\ddot{o}}} + \frac{v_{\ddot{o}}}{2 * a_b}$$

$s_{ges}$	[m]	celková vzdálenost
-----------	-----	--------------------

Připočtená konstanta  
na zastavení  $t_{bz}$



- hranice tření
  - hraniční výkon motoru
  - ochrana proti přepětí
  - stojící cestující
- zrychlení:  $a > 0,6 \text{ m/s}^2$ : cestující musí reagovat
  - zrychlení:  $a > 1,2 \text{ m/s}^2$ : cestující se musí držet
  - ryv:  $K > 0,5 \text{ m/s}^3$ : cestující se musí držet

zdroj:  
 Wende, Dietrich: Fahrdynamik.-  
 Berlin: transpress, 1983

do $v_e$ [km/h] \ ze $v_a$ [km/h]	0	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0	0	1	2	3	3	4	4	6	7	8
10	2	0	1	1	2	3	3	4	6	7
15	2	1	0	1	1	2	3	4	5	6
20	3	2	1	0	1	1	2	3	4	6
25	4	2	2	1	0	1	1	3	4	5
30	5	3	2	2	1	0	1	2	3	4
35	5	4	3	2	2	1	0	1	3	4
40	6	5	4	3	2	1	1	0	1	3
45	7	5	5	4	3	2	2	1	0	1
50	8	6	5	5	4	3	2	2	1	0

Připočtené konstanty na rozjezd a zastavení [s]

- průměrné zrychlení  $a_a = 1,1$  ( $0,65$ )  $m/s^2$
- průměrné zpomalení  $a_b = 0,9$   $m/s^2$

## Příklad

**Přibližná rovnice:**

$$t_f \approx \frac{v_{\ddot{o}}}{2 * a_a} + \frac{s_{ges}}{v_{\ddot{o}}} + \frac{v_{\ddot{o}}}{2 * a_b}$$

	$a_a$	[m/s <sup>2</sup> ]	průměrné zrychlení
	$a_b$	[m/s <sup>2</sup> ]	průměrné zpomalení ve čtvrté fázi
450 m	$s_{ges}$	[m]	celková vzdálenost
	$t_f$	[s]	jízdní doba
13,9 m/s	$v_{\ddot{o}}$	[m/s]	rychlost vozidla

Připočtená konstanta  
na zastavení  $t_{bz} = 8$  s

Připočtená konstanta  
na rozjezd  $t_{az} = 8$  s

$$t_f \approx 8 \text{ s} + \frac{450 \text{ m}}{13,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}} + 8 \text{ s} = 48,4 \text{ s}$$

$$t_h = t_{FW} + t_{Ab}$$

$$= \alpha * \psi * \frac{P}{S} * t_F + t_{Ab}$$

$S$  = 1,0 ... 1,5 ... 2,0 proudy na jednu dveře (65...100...150 cm)  
 $t_{Ab}$  = 5 ... 8 ... 16 s  
 $t_F$  = 1,0 ... 2,0 s  
 $\alpha$  = 0 ... 0,4 ... 2,0 osob/míst  
 $\psi$  = 1,1 ... 1,7 ... 4,0

$P$	[míst]	počet míst ve vozidle MHD
$S$	[ - ]	počet proudů cestujících ve dveřích vozidla MHD
$t_{Ab}$	[s]	technická doba vozidla v zastávce
$t_F$	[s/osob]	střední časový odstup mezi po sobě nastupujícími a vystupujícími cestujícími
$t_{FW}$	[s]	doba na výměnu cestujících
$t_h$	[s]	doba pobytu vozidla v zastávce
$\alpha$	[osob/míst]	podíl výměny cestujících v zastávce k počtu míst
$\psi$	[ - ]	vyrovnávací koeficient k zohlednění nerovnoměrného rozdělení cestujících

## Vozidla tramvají:

Reko-TW; Reko-BW	68 cm
ET57; EB57	120 cm
T4; B4 (Waggonbau Gotha)	147 cm
T4; B4 (ČKD Praha)	106 cm
KT4 (ČKD Praha)	130 cm
K4000 (Köln)	130,5 cm

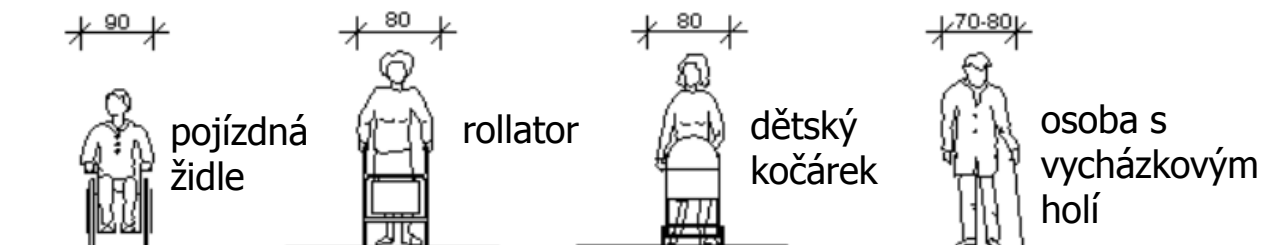
## Vozidla autobusů:

Hess BGH-N2C	120 cm
Hess BGGT-N2C	120 cm
Solaris Urbino 15	135 cm

## Vozidla rychlodráh:

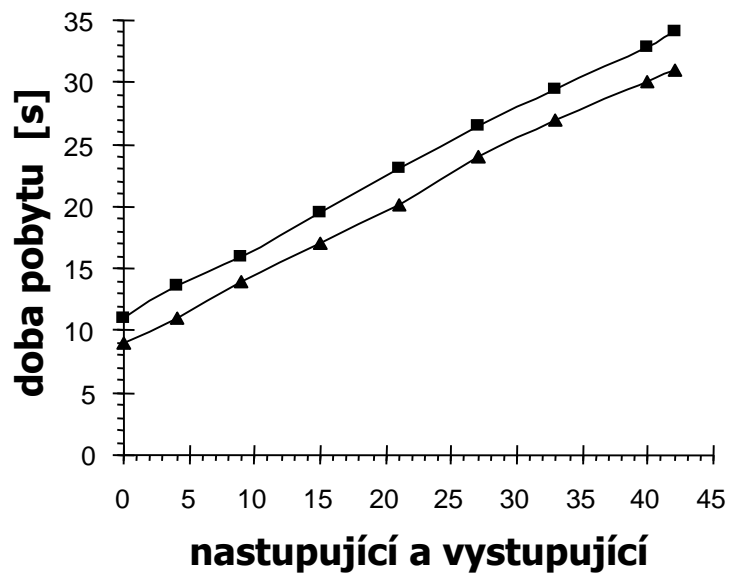
METRO E		120,8 cm
TWINDEXX VARIO	nízký vchod	130 cm
(dvoupatrový vůz)	vyšší vchod	186 cm

## Šířky ve srovnání:



zdroj:  
DIN 18040-1 Barrierefreies Bauen -  
Planungsgrundlagen - Teil 1: Öffentlich  
zugängliche Gebäude Ausgabe: 2010-1



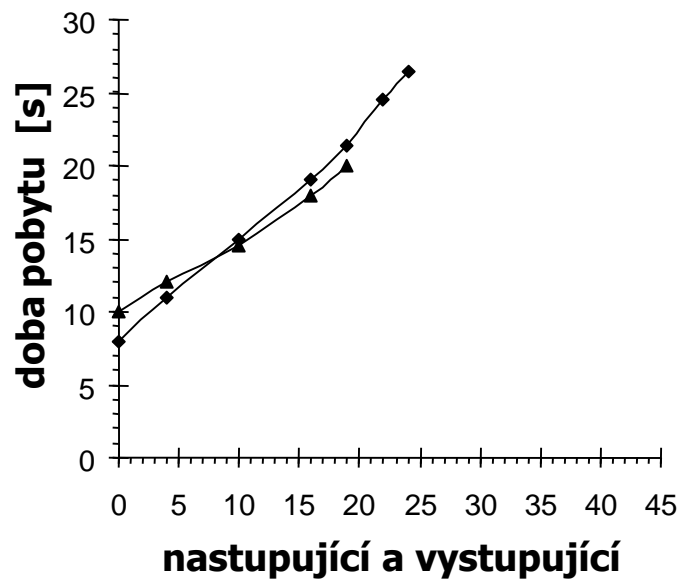


▲ kloubový autobus Ikarus 280 (Dresden)

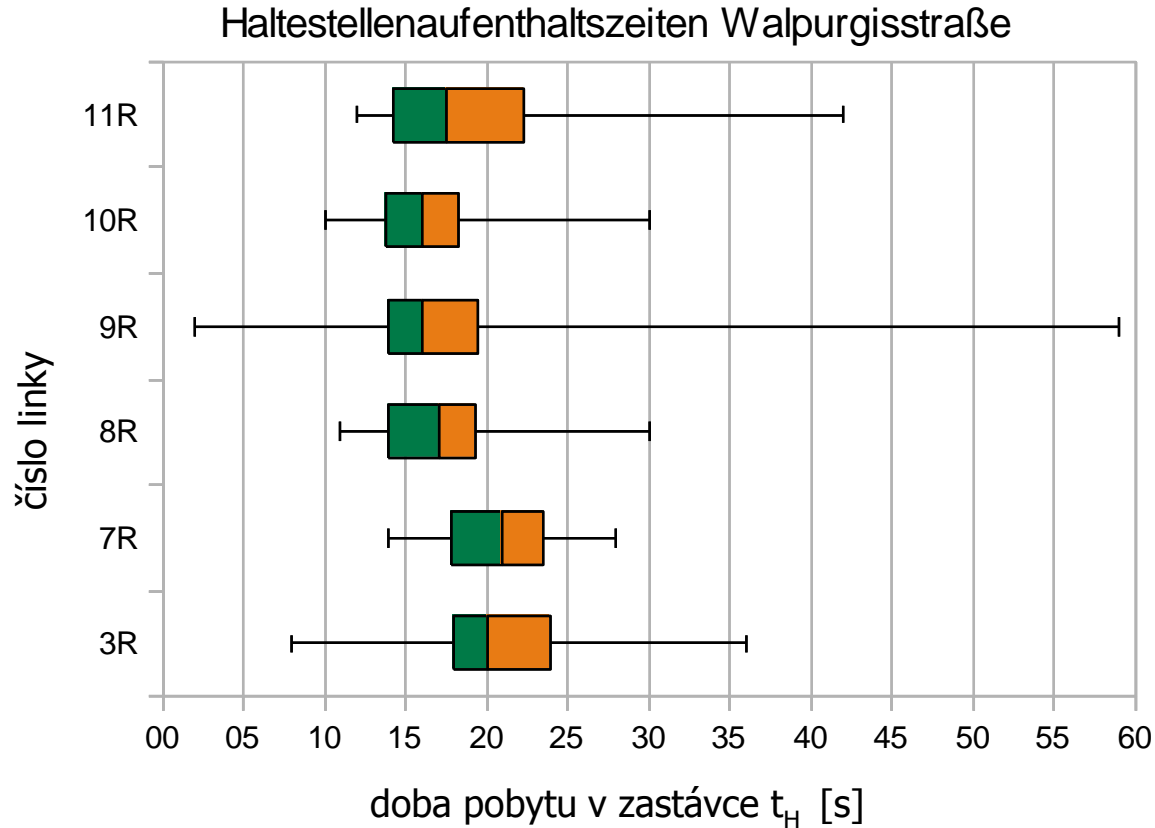
■ nízkopodlažní kloubový autobus MAN NG 272, MB O 405 GN

▲ kloubový autobus Ikarus 280 (Leipzig)

◆ nízkopodlažní standardní autobus MAN NL 202 (Leipzig)



zdroj: Lindner, Hartmut.-  
 Einfluss von Bauart und Ausrüstung ausgewählter Kraftomnibusse auf die Haltestellenaufenthaltszeiten im Stadtverkehr.-  
 Technische Universität Dresden, Professur für Produktionstechnik des Stadt- und Regionalverkehrs, 1994, Großer Beleg



zdroj: Seyfarth, Jan.-  
 Untersuchung möglicher Zugfolgefälle auf der Nord-Süd-Verbindung in  
 Dresden aus verkehrlicher und betrieblicher Sicht.-  
 Technische Universität Dresden, Professur für Bahnverkehr,  
 öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 2009, Studienarbeit

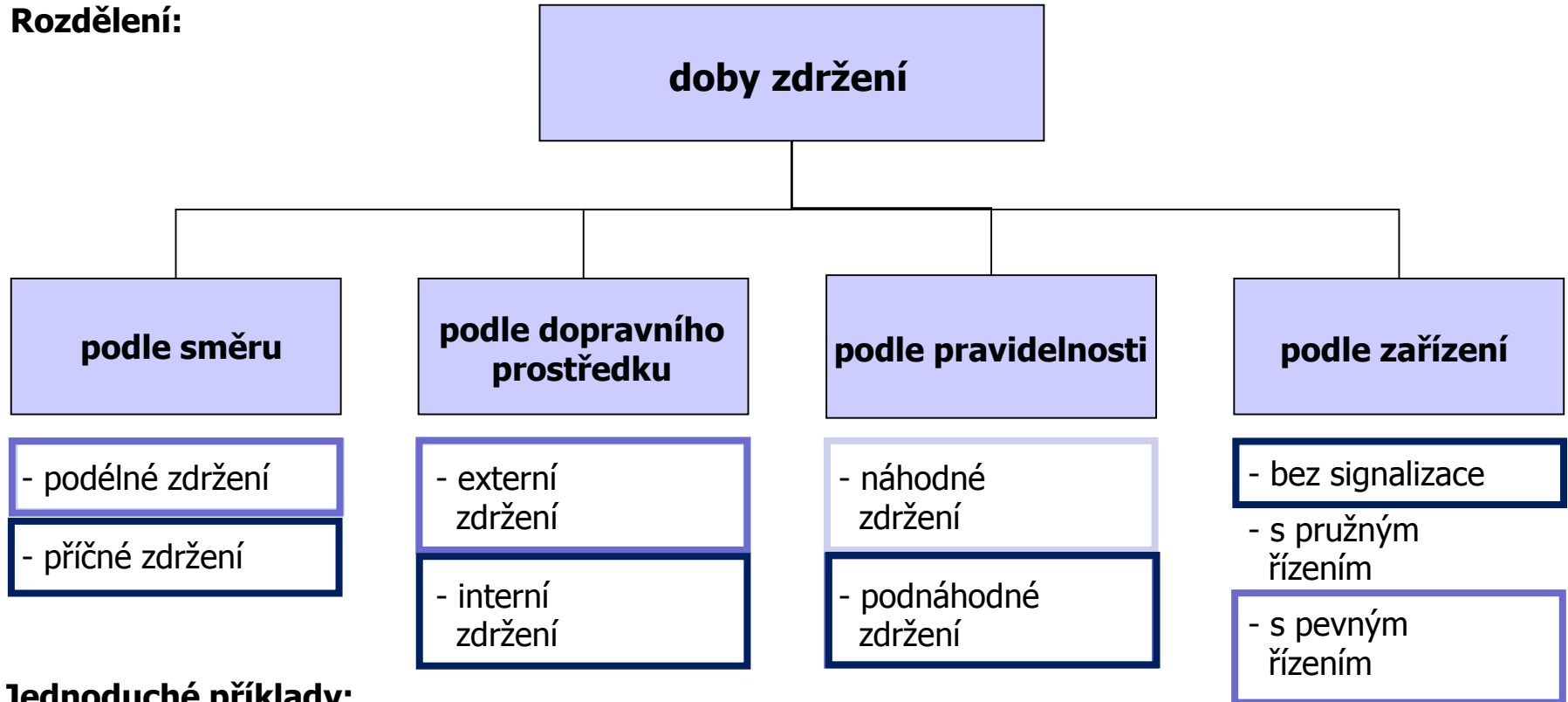
**Příklad**
**Rovnice:**

$$t_h = \alpha * \psi * \frac{P}{S} * t_F + t_{Ab}$$

132	P	[míst]	počet míst ve vozidle MHD
4,5	S	[ - ]	počet proudů cestujících ve dveřích vozidla MHD
7	$t_{Ab}$	[s]	technická doba vozidla v zastávce
1,5	$t_F$	[s/osob]	střední časový odstup mezi po sobě nastupujícími a vystupujícími cestujícími
	$t_h$	[s]	doba pobytu vozidla v zastávce
0,1	$\alpha$	[osob/míst]	podíl výměny cestujících v zastávce k počtu míst
1,2	$\psi$	[ - ]	vyrovnávací koeficient k zohlednění nerovnoměrného rozdělení cestujících

$$t_h = 0,1 * 1,2 * \frac{132}{4,5} * 1,5 + 7 = 12,3 \text{ s}$$

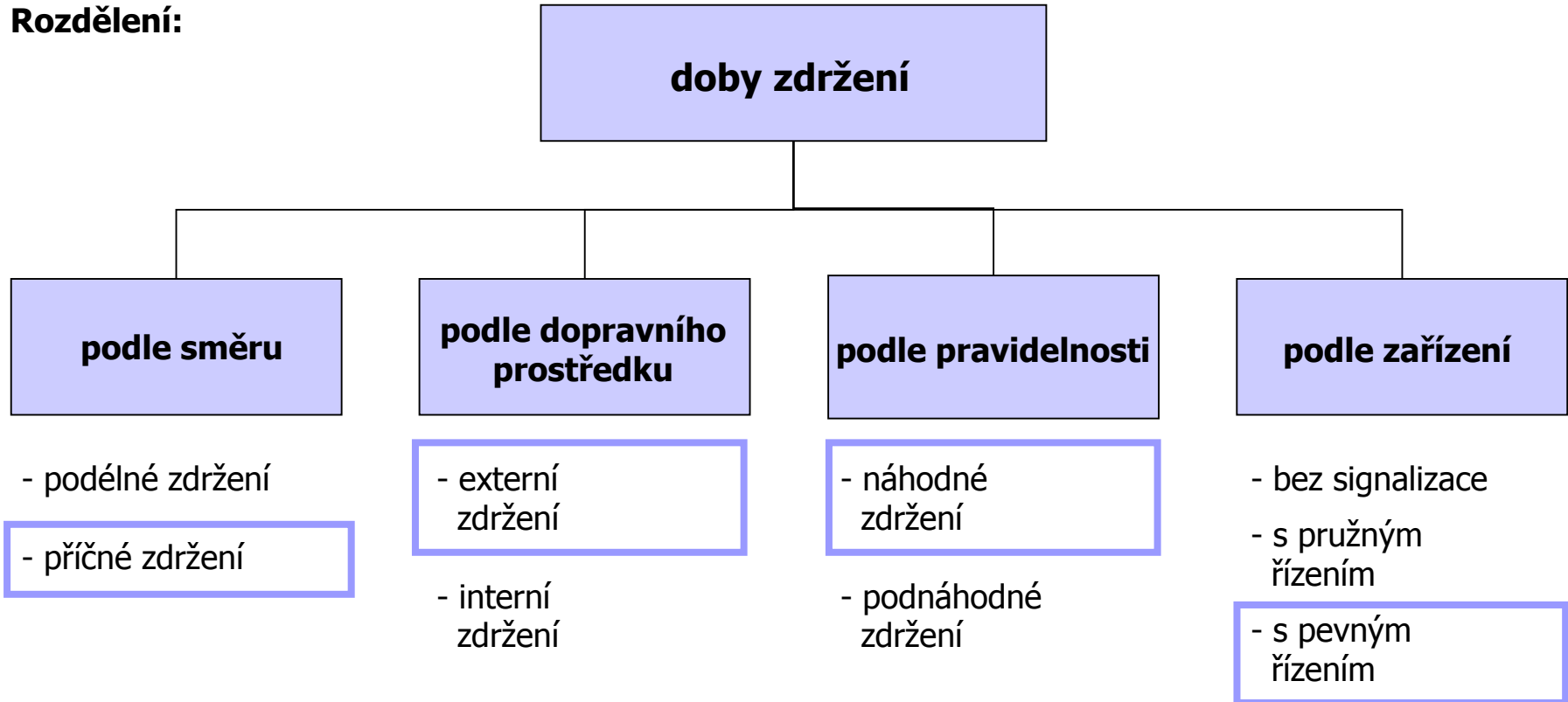
**Rozdělení:**



**Jednoduché příklady:**

- Řidič auta zastavuje před tramvají a chce vydavat pizzu.
- Na křižovatce s pevným řízením signalizace stojí před tramvají pořád auta, které chějí odbočovat nalevo.
- Podle interní přednosti v jízdě odjezdi po přípoji mezi dvěma autobusy pořád autobus na příčné silnici Nejdříve.

## Rozdělení:



## Matematický příklad:

- doba zdržení před křižovatkou s pevným řízením signalizace za předpokladu příjezdu vozidla MHD bez vlivu individuální automobilové dopravy (IAD)

$$\bar{t}_{\text{BLSA}} = \frac{t_S}{t_P} * \left( \frac{t_S}{2} + t_{\text{az}} \right) + \bar{n}_{\text{SZ}} * t_P$$

- $\bar{n}_{\text{SZ}}$  [ - ] průměrný počet kongescí  
hromadného dopravního prostředku
- $t_{\text{az}}$  [s] konstanta na rozjezd
- $\bar{t}_{\text{BLSA}}$  [s] průměrná doba zdržení před křižovatkou s  
pevným řízením signalizace a příjezdem bez vlivu IAD
- $t_P$  [s] doba periody
- $t_S$  [s] doba trvání červené a oranžové

## Příklad

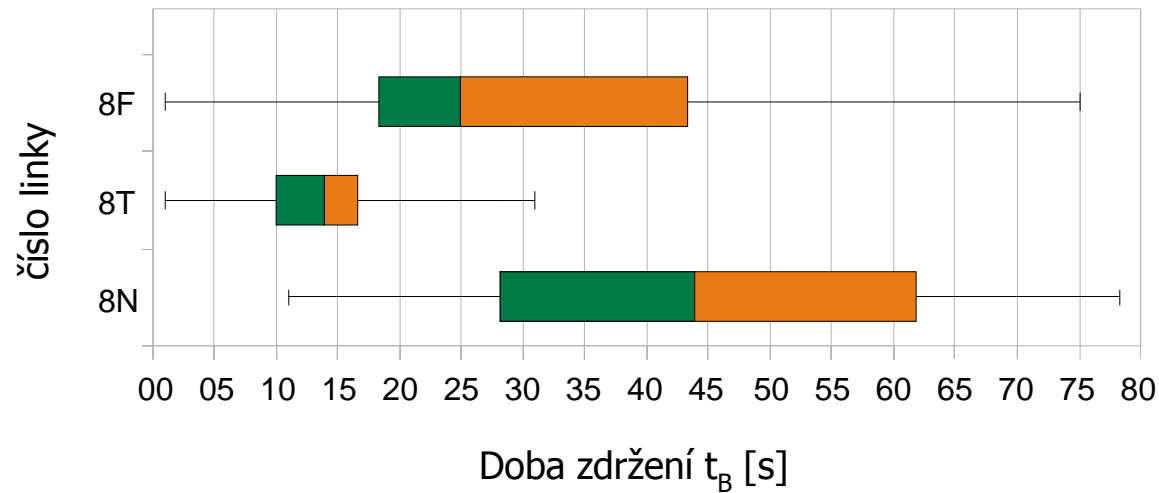
### Přibližná rovnice:

$$\bar{t}_{\text{BLSA}} = \frac{t_s}{t_p} * \left( \frac{t_s}{2} + t_{\text{az}} \right)$$

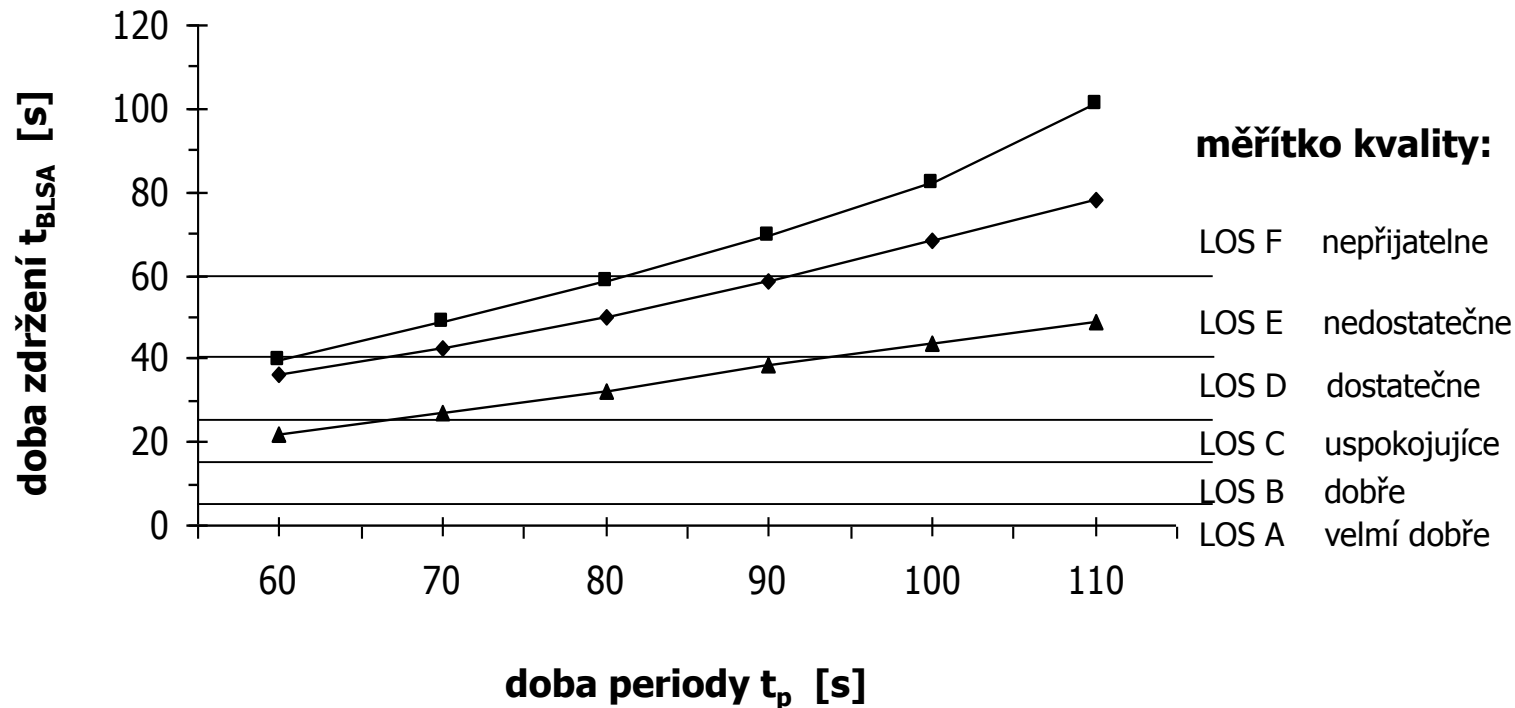
8 s	$t_{\text{az}}$	[s]	konstanta na rozjezd
	$\bar{t}_{\text{BLSA}}$	[s]	průměrná doba zdržení před křižovatkou s pevným řízením signalizace a příjezdem bez vlivu IAD
90 s	$t_p$	[s]	doba periody
80 s	$t_s$	[s]	doba trvání červené a oranžové

$$\bar{t}_{\text{BLSA}} = \frac{80\text{ s}}{90\text{ s}} * \left( \frac{80\text{ s}}{2} + 8\text{ s} \right) = 42,7\text{ s}$$

Příklad z praxe Nürnberger Platz







zdroj:  
 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, KV 6:  
 Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS).  
 Ausgabe 2015. FGSV Verlag Köln 2015

## Co musíme dělat?

- zrušení signalizace
- organizace příjezdu vozidla MHD bez vlivu individuální automobilové dopravy (IAD)
- organizace preferenci MHD
- dlouhá doba trvání zelené
- malá doba periody
- několik dob trvání zelené za periodu pro MHD

## Příklad

Součet:

$$t_{\text{bef}} = \sum t_f + \sum t_h + \sum t_B$$

	$t_{\text{bef}}$	[s]	cestovní doba
42,7 s	$t_B$	[s]	doba zdržení
48,4 s	$t_f$	[s]	jízdní doba
12,3 s	$t_h$	[s]	doba pobytu vozidla v zastávce

bez doby zdržení:  $t_{\text{bef}} = 48,4\text{ s} + 12,3\text{ s} = 60,7\text{ s}$

s dobou zdržení:  $t_{\text{bef}} = 48,4\text{ s} + 12,3\text{ s} + 42,7\text{ s} = 103,4\text{ s}$

# Příprava a realizace jízdních řádů linek městské hromadné dopravy

- 1. Úvod do plánování veřejné dopravy**
  - 1.1. Postup plánování dopravní obsluhy oblasti
  - 1.2. Definice a rozdělení jízdních řádů
- 2. Výpočet intervalu a četnosti dopravní obsluhy**
  - 2.1. Interval
  - 2.2. Četnost dopravní obsluhy
- 3. Výpočet cestovní doby**
  - 3.1. Jízdní doba
  - 3.2. Doba pobytu vozidla **v zastávce**
  - 3.3. Doba zdržení
  - 3.4. Výsledek
- 4. Počet potřebných vozidel na lince**
  - 4.1. Doba oběhu
  - 4.2. Minimální celková doba obratu
  - 4.3. Efektivnost jízdního řádu

$$N_z = \frac{t_u}{t_T}$$

$N_z$	[ - ]	počet potřebných vozidel na lince
$t_T$	[min]	interval
$t_u$	[min]	celková doba oběhu

$$t_u = t_{\text{bef},u} + t_{\text{w},u}$$

$t_{\text{bef},u}$	[min]	cestovní doba tam a zpět
$t_u$	[min]	celková doba oběhu
$t_{\text{w},u}$	[min]	celková doba obratu

$$t_{w,u,min} = \sum t_{quali} + \sum t_{techno} + \sum t_{human}$$

$t_{quali}$	[min]	rezerva pro dodržení kvality
$t_{techno}$	[min]	technologický čas (pro nutné provozní činnosti)
$t_{human}$	[min]	čas pro personál

$$t_{w,u,min} = \frac{t_{bef,u}}{6}$$

$t_{w,u,min}$	[min]	minimální celková doba obratu
---------------	-------	-------------------------------

$$t_{w,u,min} = 0,14 * t_{bef,u} + 2 \text{ min}$$

zdroj:

Zistel, Meinhard.-

Zeitgemäße Bemessungsvorschrift für die Wendezeit straßengebundener  
öffentlicher Stadtverkehrsmittel in Deutschland.-2007.-

Dresden, Technische Universität, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“,  
Institut für Bahnsysteme und Öffentlichen Verkehr, Diplomarbeit

## Příklad

Rovnice:

$$t_{w,u,min} = \frac{t_{bef,u}}{6}$$

$$t_u = t_{bef,u} + t_{w,u}$$

$$N_Z = \frac{t_u}{t_T}$$

	$N_Z$	[ - ]	počet potřebných vozidel na lince
66 min	$t_{bef,u}$	[min]	cestovní doba tam a zpět
12 min	$t_T$	[min]	interval
	$t_u$	[min]	celková doba oběhu
	$t_{w,u}$	[min]	celková doba obratu
	$t_{w,u,min}$	[min]	minimální celková doba obratu

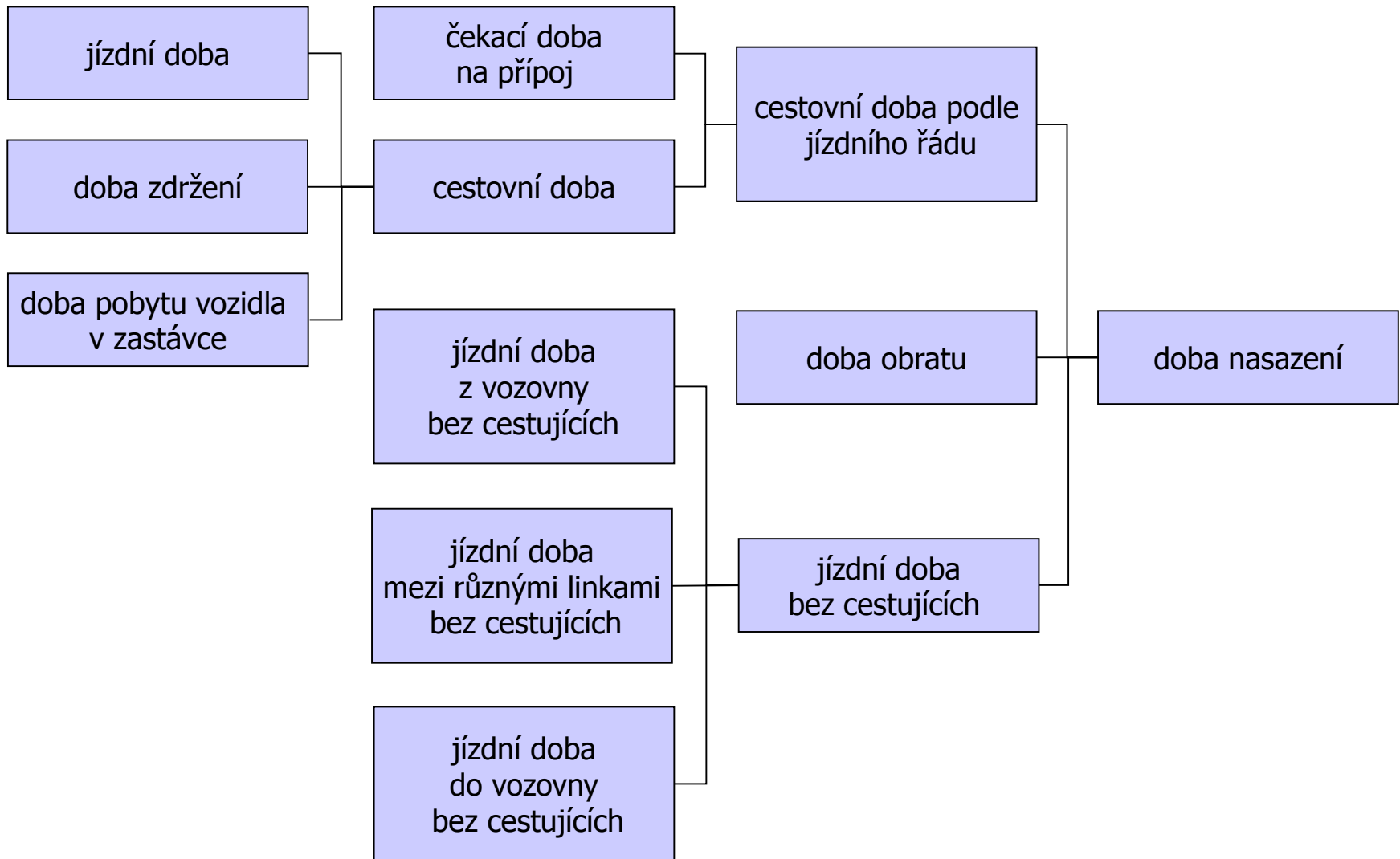
$$(1) \quad t_{w,u,min} = \frac{66 \text{ min}}{6} = 11 \text{ min}$$

$$(2) \quad t_u = 66 \text{ min} + 11 \text{ min} + 7 \text{ min} = 84 \text{ min}$$

$$(3) \quad N_Z = \frac{84 \text{ min}}{12 \text{ min}} = 7$$

Zaokrouhľujte na násobek intervalu!





$$\eta_v = \frac{\sum t_{\text{bef}}}{\sum t_E}$$

$\sum t_{\text{bef}}$	[min]	součet cestovních dob podle jízdního řádu	
$\sum t_E$	[min]	součet nasazení dob všech vozidel linky	
$\eta_v$	[ - ]	efektivnost jízdního řádu	0,70 ... 0,80 ... 0,90

**Děkuji za pozornost**

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit**

Dipl.-Ing. Steffen Dutsch  
Technische Universität Dresden  
Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“  
Institut für Bahnsysteme und Öffentlichen Verkehr  
Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und  
Regionalverkehr

Telefon: (0351) 463 36528  
Telefax: (0351) 463 36529  
E-Mail : [Steffen.Dutsch@tu-dresden.de](mailto:Steffen.Dutsch@tu-dresden.de)  
Internet: [www.tu-dresden.de/vkivb/p-srv/p\\_srv.htm](http://www.tu-dresden.de/vkivb/p-srv/p_srv.htm)