

## **Metodika zjišťování kapacit železničních uzlů s využitím simulačních a analytických metod**

prof. Ing. Antonín Kavička, Ph.D.

Ing. Michael Bažant, Ph.D.

doc. Ing. Josef Bulíček, Ph.D.

Ing. Pavel Krýže, Ph.D.



# Osnova prezentace

---

- I. O projektu
- II. Východiska
- III. Navržené postupy
- IV. Zhodnocení vybraných výsledků

# I. Základní údaje projektu

---

Návrh nové metodiky propustnosti železničních stanic  
(smlouva o dílo S 13642/2014-O12)

Objednatel: Správa železniční dopravní cesty, s.o.

Zhotovitel: Univerzita Pardubice,  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Doba řešení: 19. 06. 2014 – 18. 12. 2016

# I. Cíle projektu

---

- ▶ **Návrh analytické metodiky určování propustnosti kolejové infrastruktury železničních stanic.**
- ▶ předpoklad: využívání metody počítačové simulace pro získávání referenčních charakteristik provozu,
- ▶ požadovaný výsledek – separátní metody pro:
  - **určování propustnosti kolejových zhlaví**
  - **posuzování kapacit staničních kolejí,**
- ▶ případové studie: žst. Zdice, Lysá nad Labem, Praha hl.n.

# I. Cíle projektu

---

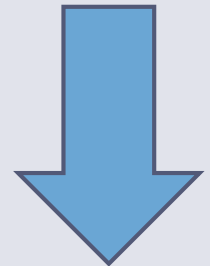
- **Aplikace stávajících analytických metodik**
  - tvorba SW podpor (MS Excel)
- **Výstavba simulačních modelů na mikro-úrovni**
  - inovace simulačního nástroje (Villon)
- **Modifikované metodiky**
  - tvorba SW podpor (MS Excel)
- **Spolupráce s objednatelem**
  - kontrolní dny (validace etap. výsledků)
  - společný vývoj SW podpor (MS Excel)

## II. Zjišťování kapacit železničních uzlů

---

### Prostředky a nástroje:

- ▶ analytické nástroje („D24“, PROPSTAN)
- ▶ mezoskopická simulace (Z-SIM)
- ▶ mikroskopická simulace



### pořadí reflektuje:

pracnost, rychlost, potřebu dat, vazbu na JŘ, kvalitu výsledků.

## II. Problémy zjišťování kapacity žel. uzlů

---

### Propustnost:

- ▶ počet vlaků/úkonů za čas,
- ▶ různé hodnoty  $t_{obs}$ ,  $I$ , ...,
- ▶ otázka tzv. stálých manipulací,
- ▶ topologie kolejiště.

Nutno zohlednit kvantitu i kvalitu

→ potřeba komplexního posouzení.

# III. Navržené ukazatele pro popis kapacity

---

## Zhlaví:

- ▶ doba čekání – celková [min],
- ▶ doba čekání – průměrná [min/vlak],

## Zhlaví i dopravní koleje (oddělené výpočty):

- ▶ stupeň obsazení [-],
- ▶ průměrná délka fronty [vlaků],
- ▶ pravděpodobnost čekání (podíl čekajících vl.) [ $\cdot 100$  %],

## Dopravní koleje:

- ▶ průměrná doba čekání 1 vlaku [min],
- ▶ průměrná doba čekání 1 čekajícího vlaku [min],
- ▶ potřebný počet kolejí (přes limitní hodnotu) [kolejí]



# III. Zjišťování propustnosti zhlaví

---

- ▶ SŽDC (ČD) D24 –  $S_0$ ,  
doporučení: pro všechny prvky zhlaví

## **Mezoskopická simulace Z-SIM:**

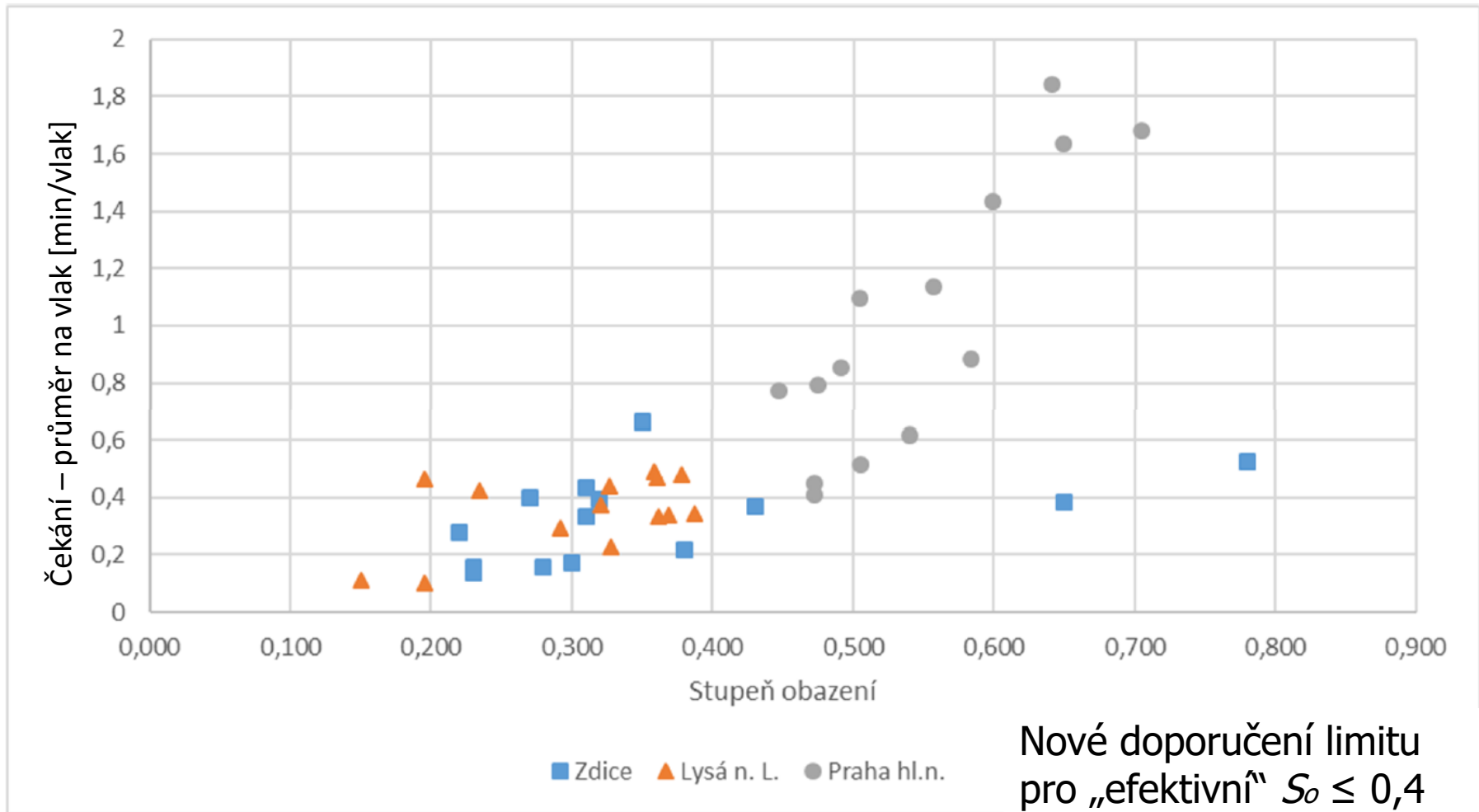
- ▶ simulačně-analytický postup – „separátní simulace“,
- ▶ inspirace: metoda prof. Schwanhäußera,

Vstupy:

- ▶ doby obsazení,
- ▶ rozdělení pravděpodobnosti vstupních zpoždění,
- ▶ „provozní intervaly“ mezi jízdními cestami,
- ▶ JŘ (lze i náhodně),

doporučení: zjistit ukazatele čekání.

### III. Průměrná čekání vs. $S_o$ zhlaví



Nové doporučení limitu pro „efektivní“  $S_o \leq 0,4$  (i z dalších analýz)

# III. Kvalitativní vyhodnocení

---

## Průměrná a celková doba čekání

- ▶ snadné na praktickou interpretaci,
- ▶ akceptovatelná doba čekání:
  - ▶ kontext provozní situace,
  - ▶ pravděpodobnost vzniku zpoždění na jiných částech DI,
  - ▶ kategorie vlaku,
  - ▶ rezervy v jízdních dobách,
  - ▶ možnosti redukce zpoždění na dané trati,
  - ▶ přenos zpoždění na jiné vlaky,
  - ▶ ...

# III. Zjišťování propustnosti dopr. kolejí

---

- ▶ SŽDC (ČD) D24 –  $S_0$ ,  
doporučení: pro jednotlivé koleje;  $S_0 \leq 0,5$

## **Metoda STAKAP:**

- ▶ inspirace: metoda prof. Hertela,

Vstupy:

- ▶ průměrná doba mezi vlaky,
- ▶ průměrná doba obsazení  
a jejich variační koeficienty,

doporučení: zjišťovat pravděpodobnost čekání.

# III. Kvalitativní vyhodnocení

## Pravděpodobnost čekání

Kvalita	Osobní doprava	Nákladní doprava
Velmi dobrá, „neekonomické využití“	$pW < 1 \%$	$pW < 2,5 \%$
Uspokojivá, ekonomicky optimální	$pW = 2,5 \%$	$pW = 5 \%$
Chybná, „netržní“	$pW > 5 \%$	$pW > 10 \%$

Zdroj: (405 DB)

smíšený provoz ... vážený aritmetický průměr.

### Určení potřebného počtu kolejí (min a max hodnoty)

- ▶ iterativní výpočet, výchozí počet kolejí = 1,
- ▶ postupné navyšování počtu kolejí o 1:
  - ▶  $pW = 5 \%$  (10 %) ... limit pro min. počet kol.,
  - ▶  $pW = 1 \%$  (2,5 %) ... limit pro max. počet kol.,
- ▶ stanovení obou hodnot – ukončení výpočtu.

# IV. Průměrné doby čekání

## Porovnání Z-SIM, STAKAP a mikroskop. simulací

Stanice	Scénář	Průměrné doby čekání - Z-SIM/STAKAP [min/vlak]				Prům. doby čekání ve stochastických simulacích [min/vlak]
		zhlaví 1	zhlaví 2	dopr. koleje	Celkem	
Zdice	1	0,278	0,333	0,004	<b>0,615</b>	<b>0,350</b>
	2	0,174	0,159	0,140	<b>0,473</b>	<b>0,233</b>
	3	0,368	0,216	0,057	<b>0,641</b>	<b>0,967</b>
	4	0,384	0,526	0,760	<b>1,670</b>	<b>1,300</b>
	5	0,158	0,134	0,015	<b>0,307</b>	<b>0,267</b>
	6	0,399	0,436	0,001	<b>0,836</b>	<b>0,450</b>
	7	0,396	0,663	0,004	<b>1,063</b>	<b>0,433</b>
Lysá n. L.	1	0,294	0,109	0,003	<b>0,406</b>	<b>0,267</b>
	2	0,470	0,335	0,011	<b>0,816</b>	<b>1,167</b>
	3	0,491	0,375	0,003	<b>0,869</b>	<b>0,767</b>
	4	0,466	0,099	0,004	<b>0,569</b>	<b>0,750</b>
	5	0,337	0,229	0,016	<b>0,582</b>	<b>0,500</b>
	6	0,437	0,423	0,012	<b>0,872</b>	<b>0,633</b>
	7	0,479	0,345	0,023	<b>0,847</b>	<b>1,033</b>
Praha hl.n.	1	0,450	0,793	0,138	<b>1,381</b>	<b>-0,963</b>
	2	0,409	0,773	0,117	<b>1,299</b>	<b>-1,037</b>
	3	0,850	1,431	0,094	<b>2,375</b>	<b>-0,673</b>
	4	0,515	1,097	0,077	<b>1,689</b>	<b>-0,812</b>
	5	1,135	1,680	0,085	<b>2,900</b>	<b>-0,522</b>
	6	0,882	1,843	0,585	<b>3,310</b>	<b>-0,930</b>
	7	0,617	1,637	0,554	<b>2,808</b>	<b>-1,065</b>

## IV. $S_o$ zhlaví – porovnání D24 a UIC406

- ▶ průměrná odchylka v  $S_o$ : 5,63 %

zhlaví scénář	Zdice				Lysá nad Labem			
	berounské		hořovické		kostomlatské		staroboleslavské	
	D24	UIC406	D24	UIC406	D24	UIC406	D24	UIC406
1	0,22	0,22	0,31	0,30	0,29	0,34	0,15	0,15
2	0,30	0,31	0,28	0,28	0,36	0,39	0,36	0,37
4	0,65	0,55	0,78	0,54	0,40	0,41	0,20	0,20
5	0,23	0,23	0,23	0,22	0,37	0,40	0,33	0,34
7	0,32	0,32	0,35	0,37	0,38	0,42	0,39	0,41

- ▶ výpočet podle SŽDC D24 ... „standard“ (kompatibilita)
- ▶ UIC406 – mezinár. srovnání,
- ▶ uvádět vždy metodu výpočtu.

## IV. Ukázka výsledků – Praha hl.n. (scénář 1)

### Zhlaví (scénář 1)

	stupeň obsazení		Z-SIM doby čekání	
	D24	UIC406	celk.	prům./vl.
	jižní zhlaví	<b>0,472</b>	<b>0,482</b>	<b>41,031</b>
severní zhlavní	<b>0,474</b>	<b>0,463</b>	<b>52,400</b>	<b>0,793</b>
	[-]	[-]	[min]	[min]

### Průměr za všechny posuzované scénáře

	stupeň obsazení (SŽDC D24)		
	průměr	max	min
jižní zhlaví	<b>0,517</b>	0,583	0,472
severní zhlavní	<b>0,574</b>	0,704	0,447

<i>Zdice (obě zhl.)</i>	<b>0,361</b>	0,220	0,780
<i>Lysá n.L. (obě zhl.)</i>	<b>0,319</b>	0,398	0,150



## IV. Ukázka výsledků – Praha hl.n. (scénář 1)

### Dopravní koleje (STAKAP)

VSTUPY		Variační koef.
Odstup mezi příjezdy vlaků	1,621 min	0,781 min
Průměrná doba obsazení	13,869 min	0,507 min

VÝSTUPY		
Stupeň obsazení	0,657	
Pravděpodobnost čekání $pW$	<b>8,377 %</b>	(pro 13 kolejí)

Potřebný počet kolejí	$pW$	
14 kolejí	<b>4,182 %</b>	
15 kolejí	<b>1,997 %</b>	

---

Děkujeme za pozornost.



466 036 645

[antonin.kavicka@upce.cz](mailto:antonin.kavicka@upce.cz)