GRANT journal
ISSN 1805-062X, 1805-0638 (online), ETTN 072-11-00002-09-4

EUROPEAN GRANT PROJECTS | RESULTS | RESEARCH & DEVELOPMENT | SCIENCE

Analýza kapacity místa připojení spojovací větve na výjezd z okružní křižovatky

Ivan Sedlačik[1]
Petr Slabý[2]

[1] Katedra silničních staveb, Fakulta stavební, ČVUT v Praze; Thákurova 7, 166 29 Praha 6; ivan.sedlacik@fsv.cvut.cz
[2] Katedra silničních staveb, Fakulta stavební, ČVUT v Praze; Thákurova 7, 166 29 Praha 6; slaby@fsv.cvut.cz

Grant: SGS14/043/OHK/1T/11
Název grantu: Dopravní modelování bypassů okružních křižovatek
Oborové zaměření: JM - Inženýrské stavitelství

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

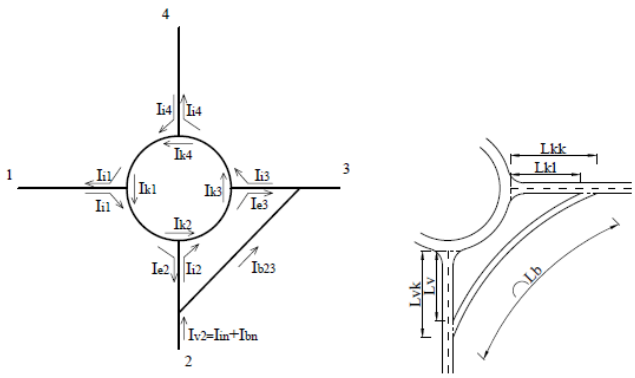
Abstrakt Spojovací větev (bypass) zvyšuje celkovou kapacitu křižovatky tak, že z vjezdu do okružní křižovatky odebírá vozidla a převádí je přímo na výjezd z okružní křižovatky. Aplikace bypassu vede ke snížení ztrátového času při průjezdu křižovatkou a zlepšení úrovně kvality dopravy ÚKD.
Článek se zabývá analýzou kapacity místa připojení spojovací větve okružních křižovatek. Kapacity byla stanoveny pomocí mikrosimulačních modelů v programu PTV Vissim.

Klíčová slova Kapacita, Délka fronty, Bypass, Vzdálenost konce připojení

1. ÚVOD

Spojovací větev (bypass) zvyšuje kapacitu okružní křižovatky přidáním samostatného jízdního pruhu (jednosměrné komunikace) pro odbočení vpravo jedoucích vozidel. Vliv zvýšení kapacity je tím vyšší, čím je vyšší poptávka po prvním pravém odbočení na vjezdu. Situace na vjezdu do okružní křižovatky musí umožnit včasné vyřazení vozidel do bypassu, stejně jako musí být na výjezdu z bypassu zajištěno plynulé připojení vozidel do nadřazeného dopravního proudu. Kapacita bypassu závisí na kapacitě místa připojení a odpojení bypassu, střední část bypassu má na kapacitu pouze marginální vliv. Délka spojovací větve by měla odpovídat maximální délce fronty vozidel, která se v bypassu vytvoří při dané úrovňové intenzitě. Pokud je délka spojovací větve krátká, může fronta zasáhnout až před místo odpojení vozidel na vjezdu, tím pádem dojde ke zvýšení ztrátového času na vjezdu a celkovému snížení ÚKD křižovatky. Totožná situace může nastat na vjezdu, kdy dojde k jeho zahlcení vozidly a kolona zasáhne až před místo odpojení bypassu.

Empirické hodnocení a sledování bypassů bylo zaměřeno na nejjednodušší, ale v praxi nejrozšířenější typ okružní křižovatky (OK typ 1/1) s odpovídající dispozicí bypassů "klín - klín" (obr. 1). Daný typ byl rovněž vybrán z důvodu jednoznačného určení kritických (tg), následných (tf) a minimálních (t0) časových mezer.



Obr.1: Schéma intenzit, schéma geometrického uspořádání bypassu - typ "klín - klín"

2. KAPACITA MÍSTA PŘIPOJENÍ SPOJOVACÍ VĚTVE

Aby bylo možné stanovit závěr kapacitního posouzení OK je zapotřebí ověřit, zda pro intenzity dopravy na vjezdu není překročena hodnota střední doby zdržení tw dle podmínky pro jednotlivé stupně ÚKD dle [1], [8]:

$$\mathbf{t_w^n \leq t_{w,lim}} \qquad /2.1/$$

t_w^n - střední doba zdržení vozidla v dopravním proudu (s)
$t_{w,lim}$ - nejvyšší přípustná střední doba zdržení dle požadovaného stupně ÚKD (s)
Pro výpočet kapacity vjezdu na okružní křižovatku i místa připojení bypassu se použije totožný vzorec pro základní kapacitu dle [1], [8]:

$$\mathbf{C_i = 3600 * (1 - \frac{\Delta * I_k}{n_k * 3600})^{n_k} * \frac{n_{i,koef}}{t_f} * e^{-\frac{I_k}{3600} * (tg - \frac{tf}{2} - \Delta)}} \qquad /2.2/$$

C_i - kapacita vjezdu, místa připojení bypassu (pvoz/h)
I_k - intenzita dopravy na okruhu, výjezdu (pvoz/h)
n_k - počet jízdních pruhů na okruhu, výjezdu
$n_{i,koef}$ - koeficient zohledňující počet pruhů na vjezdu, bypassu
$n_{i,koef} = 1{,}00$ - pro jednopruhové vjezdy
$n_{i,koef} = 1{,}50$ - pro dvoupruhové vjezdy

t_g - kritická časová mezera (s)
t_f - následná časová mezera (s)
Δ (t0)- min. časová mezera mezi vozidly jedoucími na okruhu, výjezdu (s)

Nutno zdůraznit, že v případě výpočtu kapacity vjezdu na okružní křižovatku se použijí upřesněné vstupní hodnoty dle [1], **pro stanovení kapacity místa připojení bypassu je ale zapotřebí stanovit hodnoty nové.**

2.1 Vstupní hodnoty kapacitního posouzení místa připojení

Neredukované vstupní hodnoty byly zjištěny empirickým vyhodnocením 25 videozáznamů o celkové délce 21 hodin (tab. 1).

tg (kritické časové mezery) - byly stanoveny pomocí Raffovy metody a následně ověřeny Modifikovanou metodou maximální věrohodnosti (Troutbeck) dle [3]

tf (následné časové mezery) - byly stanoveny dvěma způsoby: jako průměr časových mezer mezi vozidly vedlejšího dopravního proudu a z odjezdových funkcí vozidel vedlejšího dopravního proudu dle [5]

t0 (minimální časové mezery) - byly stanoveny z odjezdových funkcí vozidel vedlejšího dopravního proudu dle [5]; jedná se o největší časovou mezeru mezi vozidly v hlavním dopravním proudu, kterou ještě vozidlo čekající v podřazeném dopravním proudu nepřijme.

Tab. 1: Empiricky zjištěné neredukované vstupní hodnoty

	Raff			Odjezdová fce.			Troutbeck	D	Lkk	Lkl	Lb	Pomalá voz. (%)		Intenzity (pvoz/h)	
	tg (s)	tf (s	t0 (s)	tg (s)	tf (s	t0 (s)	tg (s)	(m)	(m)	(m)	(m)	bypass	výjezd	bypass	výjezd
Litoměřice 2012	4,32	2,91	2,87	4,54	3,22	2,93	4,20	35	18	11	66	12,38	5,00	366	320
Mělník 2007	4,20	2,74	2,83	4,17	2,76	2,79	4,20	37	25	15	31	15,70	8,02	420	533
Mělník 2014	3,80	2,73	2,44	4,13	2,91	2,68	-	37	25	15	31	14,24	5,77	340	528
Říčany	3,80	2,61	2,50	4,15	3,32	2,49	4,24	38	26	14	29	2,72	3,56	220	366
Šeberov	3,75	2,63	2,44	4,13	3,43	2,41	3,90	33	44	20	71	1,34	3,35	140	537
Svitavy	-	2,91	-	4,27	3,25	2,64	-	45	50	15	59	0,00	0,25	90	396
Jaroměř	4,00	2,60	2,70	3,85	2,67	2,52	-	32	26	14	76	1,48	2,04	337	393
Teplice	4,67	3,03	3,16	4,88	3,85	2,95	-	34	71	23	105	5,23	6,07	153	595

2.2 Kapacita místa připojení spojovací větve

Kapacita místa připojení bypassu byla stanovena na základě interaktivních modelů v programu PTV Vissim.
Kapacita místa připojení přímo závisí na vzdálenosti konce klínu Lkk. Čím delší je vzdálenost Lkk, tím menší je kritická časová mezera tg. V praxi to znamená, že má řidič lepší výhled z vozidla, tím pádem si dovolí přijmout kratší mezeru mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu. Za pomoci korelace a podmínky, aby rozdíl v kapacitě místa připojení nebyl větší než 50 pvoz/h, byl tento předpoklad shledán jako rozhodující.

Připojení bývá v praxi nejčastěji provedeno pomocí připojovacího klínu.

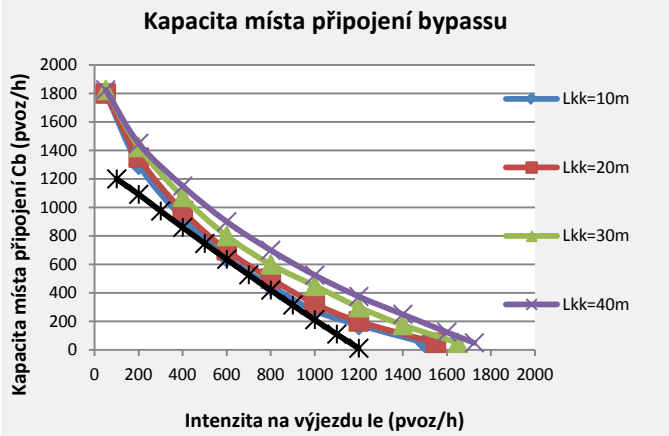
Na základě různých geometrických dispozic místa připojení sledovaných bypassů byly zavedeny redukce vstupních hodnot tg, tf a t0 v závislosti na vzdálenosti konce připojovacího klínu Lkk v rozsahu 10 - 40m (obr. 1). Pro kapacitní výpočet nelze použít hodnoty uvedené v [1], protože jde o jiný manévr připojení.

$$\mathbf{t_g = 5 - \frac{L_{kk}}{30}} \quad \text{(s)} \qquad /2.3/$$

$$\mathbf{t_f = 2,7s} \qquad /2.4/$$

$$\mathbf{(t0)\Delta = 3,2 - \frac{0,7}{30} * L_{kk}} \quad \text{(s)} \qquad /2.5/$$

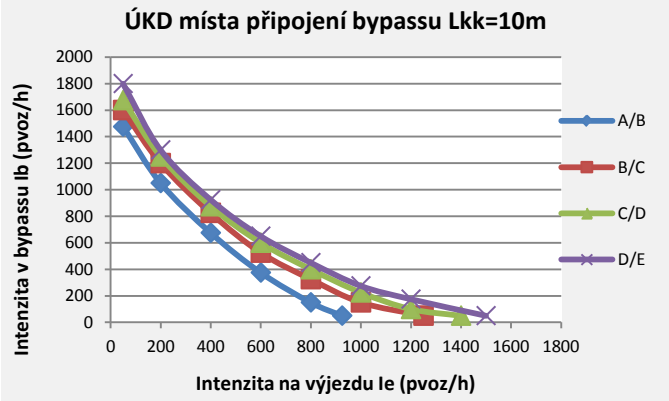
Se zvětšující se vzdáleností konce klínu Lkk narůstá kapacita místa připojení bypassu až o 200 pvoz/h viz graf 1. Níže uvedený graf také porovnává kapacitu stanovenou simulačním programem pro Lkk=10m a stanovenou početně dle vzorce /2.2/. Je zřejmé, že v oblastech nízkých a vysokých intenzit Ie (0 - 400 pvoz/h a 1000 - 1300 pvoz/h) se simulace více odchyluje od spočtených hodnot. Na vině může být nedostatek empiricky naměřených dat při nízkých nebo vysokých intenzitách.



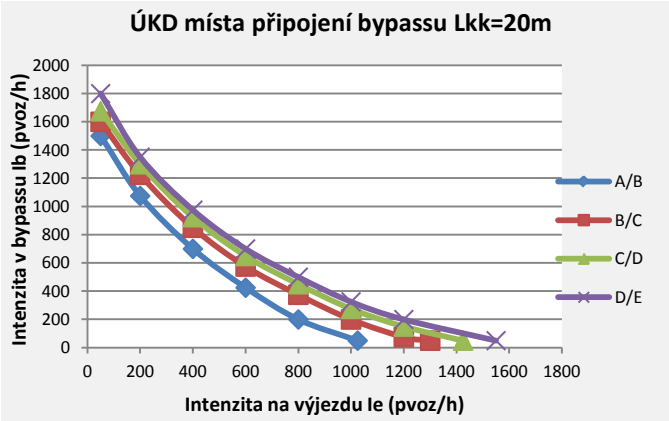
Graf 1: Kapacita místa připojení bypassu v závislosti na Lkk v rozpětí 10 - 40m

Posuzovat kapacitu je nutné vždy v souvislosti s požadovanou úrovní kvality dopravy ÚKD.

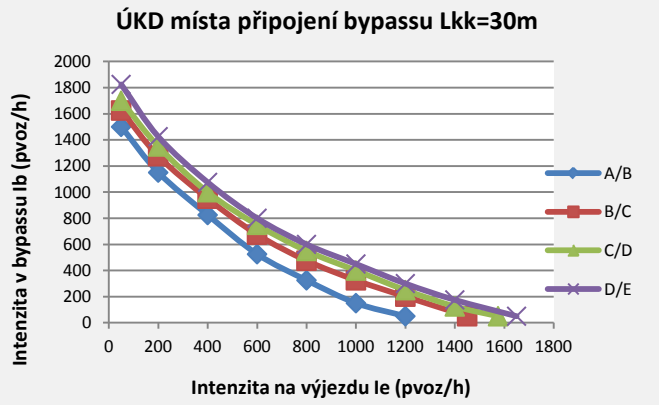
Z grafů 2 - 5 můžeme odečíst ÚKD místa připojení v závislosti na intenzitě na výjezdu Ie, intenzitě v bypassu Ib a Lkk v rozpětí 10 - 40 m.



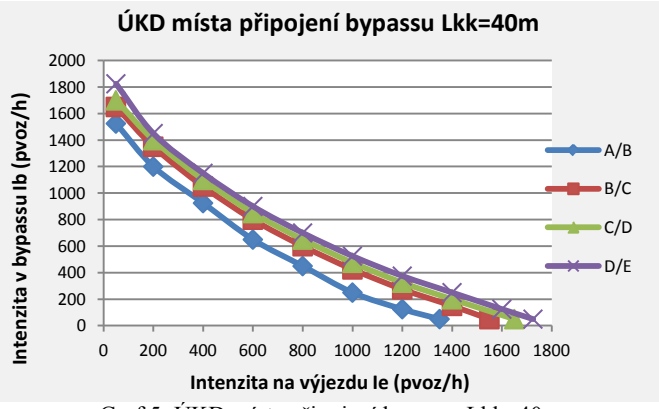
Graf 2: ÚKD místa připojení bypassu Lkk=10m



Graf 3: ÚKD místa připojení bypassu Lkk=20m

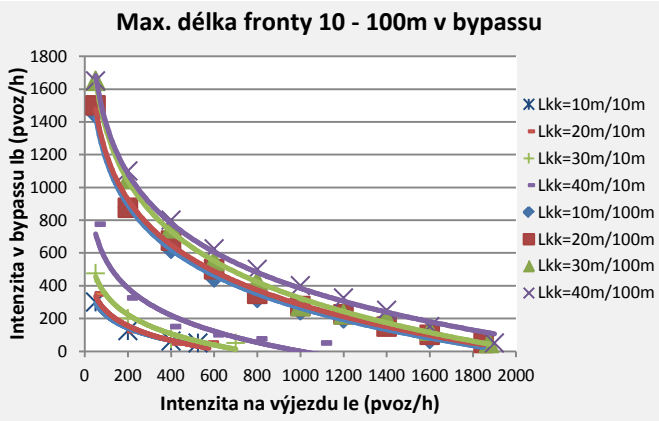


Graf 4: ÚKD místa připojení bypassu Lkk=30m



Graf 5: ÚKD místa připojení bypassu Lkk=40m

Důležitým prvkem kapacitního posouzení místa připojení je délka fronty, která se vytvoří v bypassu; maximální délku fronty 10 - 100m lze v závislosti na intenzitách vozidel a Lkk odečíst z grafu 6.



Graf 6: Max. délka fronty 10 - 100m v bypassu v závislosti na Lkk v rozpětí 0 - 40m

3. ZÁVĚR

Pro efektivní využití bypassu je důležité správně navrhnout připojení do výjezdové větve.

Kapacitu místa připojení určuje, kromě intenzit vozidel, vzdálenost konce klínu Lkk, která nám definuje, jak velkou kritickou časovou mezeru tg je řidič ochoten přijmout. Pokud dojde k situaci, že se bypass zaplní čekajícími vozidly, je třeba navrhnout v místě připojení spojovací větve připojovací pruh nebo samostatný pruh.
Výzkum má za cíl navrhnout komplexní způsob stanovení kapacity bypassu jako celku a doplnit o něj předpisy týkající se kapacity okružních křižovatek.

Zdroje

1. Luděk Bartoš a kol.: TP234 Posuzování kapacity okružních křižovatek, EDIP, s.r.o., 2011, 56s, ISBN 978-80-87394-02-01.
2. Luděk Bartoš a kol.: TP188 Posuzování kapacity neřízených úrovňových křižovatek, EDIP, s.r.o., 2007, 64s, ISBN 978-80-902527-6-9.
3. RNDr. Martin Hála, CSc., Odhadování kritických odstupů na neřízených křižovatkách metodou maximální věrohodnosti, Udržitelná výstavba 2; ČVUT, Fakulta stavební, Praha, 2006, 196s, ISBN 80-01-03605-7.
4. Mojmír Pavlík, Aplikace modelování provozu na okružních křižovatkách, Diplomová práce; ČVUT, Fakulta stavební, Praha, 2007, 134s.
5. Schnabel, Lohse: Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, transpress VEB Verlag für Verkehrswessen, Berlin, 2011, 1284s, ISBN 978-3-410-20399-5.
6. Doc. Ing. Petr Slabý, CSc, Ing. Ivan Sedlačik; Kapacita spojovacích větví okružních křižovatek, Příspěvek na konferenci Mariánské Lázně 2013 - Navrhování a posuzování křižovatek na pozemních komunikacích, Mariánské Lázně, 2013, 80s, ISBN 978-80-87394-09-0.
7. ČSN 736102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích +Změna Z1, Český normalizační institut, 2007, 181s
8. HBS; Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, FGSV, Köln, 2005, 299s, ISBN 978-3-941790-35-3.