



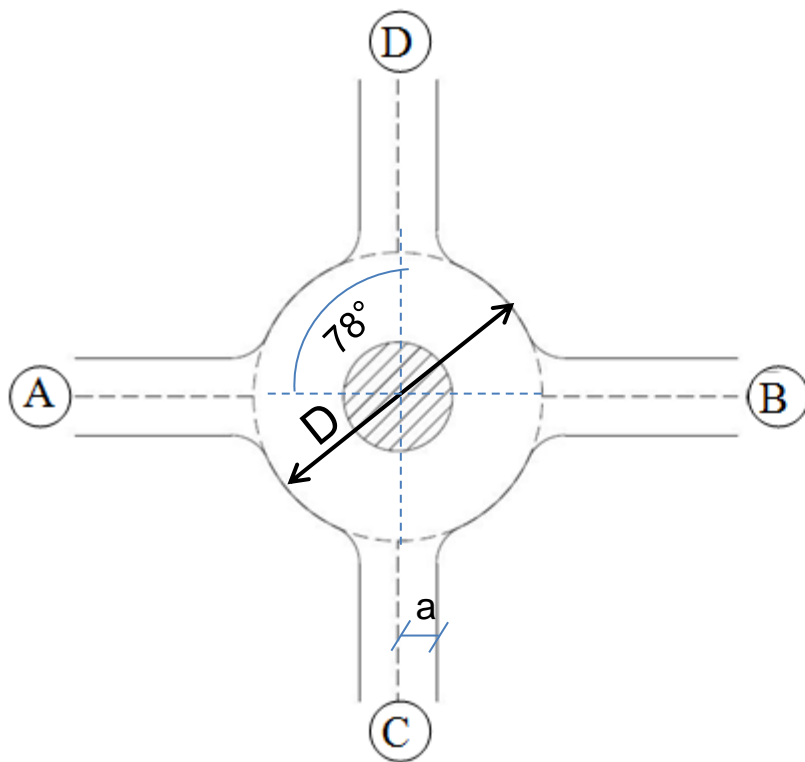
TP16/2015 Výpočet kapacít pozemných komunikácií

Okružné križovatky

Zadanie

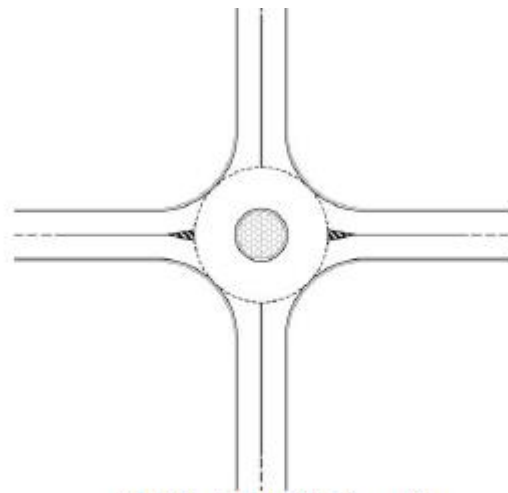
Príklad č. 5

Posúďte výkonnosť malej okružnej križovatky podľa usporiadania uvedenom na schéme pre súčasné a výhľadové zaťaženie (Príklad 3). Intenzity vozidiel v špičkovej hodine pre rok 2016 sú uvedené v tabuľke.

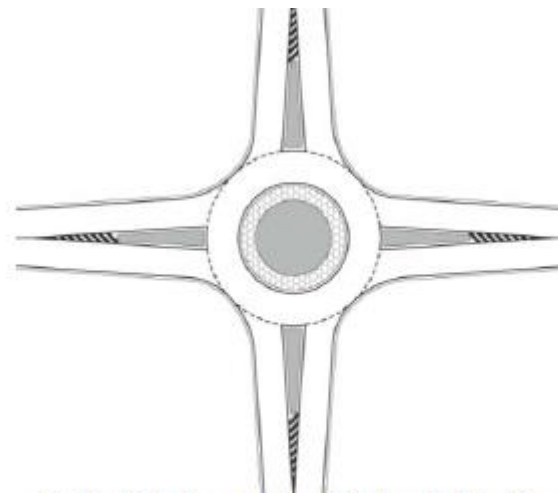


VSTUP	SMER	O	uhol križovania [°]		Σ
			N	A	
1	vľavo	53	15	4	
	priamo	201	24	2	
	vpravo	96	18	13	
2	vľavo	53	10	5	
	priamo	296	13	11	
	vpravo	72	25	2	
3	vľavo	62	10	1	
	priamo	79	15	19	
	vpravo	57	18	4	
4	vľavo	78	12	3	
	priamo	98	16	8	
	vpravo	75	19	15	

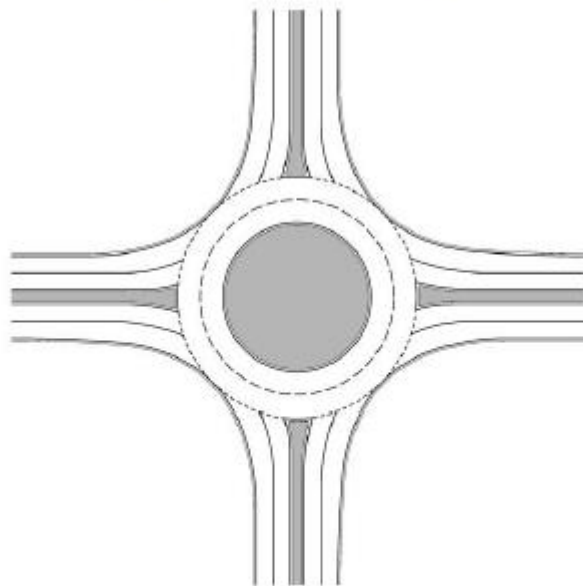
D	38,0
a	3,50
r_i	11,0
r_e	17,0
q_{ch}	90
r_i	13,0
r_e	15,0
q_{ch}	70
r_i	13,0
r_e	20,0
q_{ch}	70
r_i	12,0
r_e	16,0
q_{ch}	80



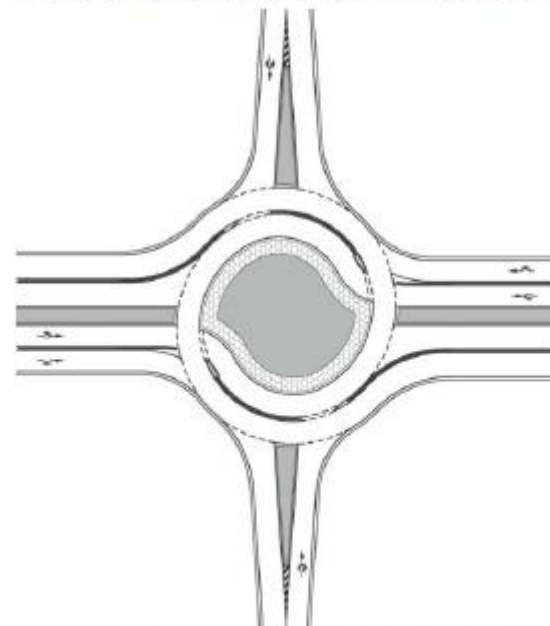
a) *Miniokružná križovatka*



b) *Malá (jednopruhová) okružná križovatka*



c) *Veľká (dvoipruhová) okružná križovatka*



d) *Turbo-okružná križovatka*

Tabuľka 8.1 Kapacita okružných križovatiek daná priem. dennou intenzitou dopravy (podľa [T11] a [L6])

Typ okružnej križovatky	Priemerná denná intenzita dopravy [voz/24h]
Miniokružná križovatka	8 000 – 20 000
Malá (jednopruhová) okružná križovatka	15 000 – 25 000
Veľká (dvojpruhová) okružná križovatka	16 000 – 32 000
Turbo-okružná križovatka	25 000 – 40 000

8.1.2 Účel a rozsah pôsobnosti TP

Výpočtové postupy slúžia na zdokumentovanie, že okružná križovatka prepustí očakávané dopravné zaťaženie s požadovanou kvalitou pohybu dopravy. Používa sa v prípade, ak návrhová intenzita dopravy na križovatke zistená súčtom všetkých vozidiel vchádzajúcich do okružnej križovatky prekročí hodnotu:

- 8 000 voz/deň pri miniokružných križovatkách,
- 15 000 voz/deň pri ostatných typoch okružných križovatiek.

V odôvodnených prípadoch treba posúdiť kapacitu okružnej križovatky aj pri nižšej intenzite, a to pri vysokom zaťažení v špičkovej hodine (napr. výrobné a obytné zóny, školy a pod.), alebo pre potrebu preverenia vzniku kolón vozidiel na vjazde do okružnej križovatky, ktorá by mohla obmedzovať kapacitu susediacej križovatky.

Podklady na kapacitné posúdenie okružnej križovatky

- Návrhové intenzity v špičkovej hodine zistené z prieskumu,
- Prepočítané návrhové intenzity na jednotkové vozidlá,
- Predpokladané dopravné zaťaženie vo výhľadovom období.

Na výpočet kapacity treba stanoviť intenzitu dopravy na vjazde (resp. na jednotlivých jazdných pruhoch vstupujúcich do okružnej križovatky), okružnom jazdnom páse a výjazde. Definované sú intenzity dopravných prúdov a ich označenie (obrázok 8.3):

q_k – intenzita rozhodujúceho dopravného prúdu na okružnom jazdnom páse medzi výjazdom a nasledujúcim (posudzovaným) vjazdom [j.v./h],

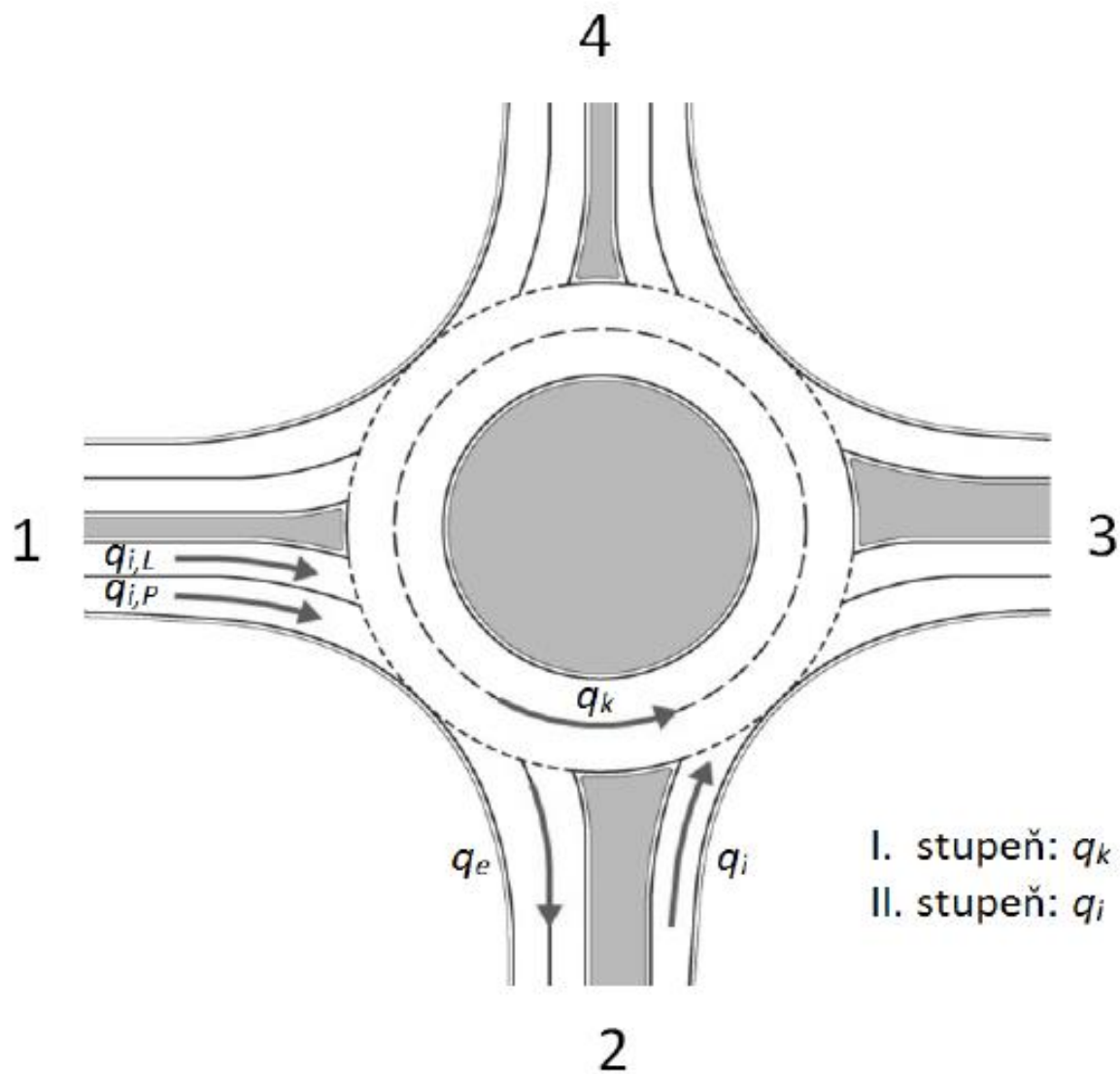
q_i – intenzita dopravného prúdu na vjazde [j.v./h],

q_e – intenzita dopravného prúdu na výjazde [j.v./h].

$q_{i,L}$ – intenzita dopravného prúdu v ľavom jazdnom pruhu na dvojpruhovom vjazde [j.v./h],

$q_{i,P}$ – intenzita dopravného prúdu v pravom jazdnom pruhu na dvojpruhovom vjazde [j.v./h],





Obrázok 8.3 Označenie dopravných prúdov na okružnej križovatke

q_i - suma vozidiel vstupujúcich do OK zo vstupu

napr. pre A $q_{i,A} = \sum q_i$ z A-B, A-C, A-D

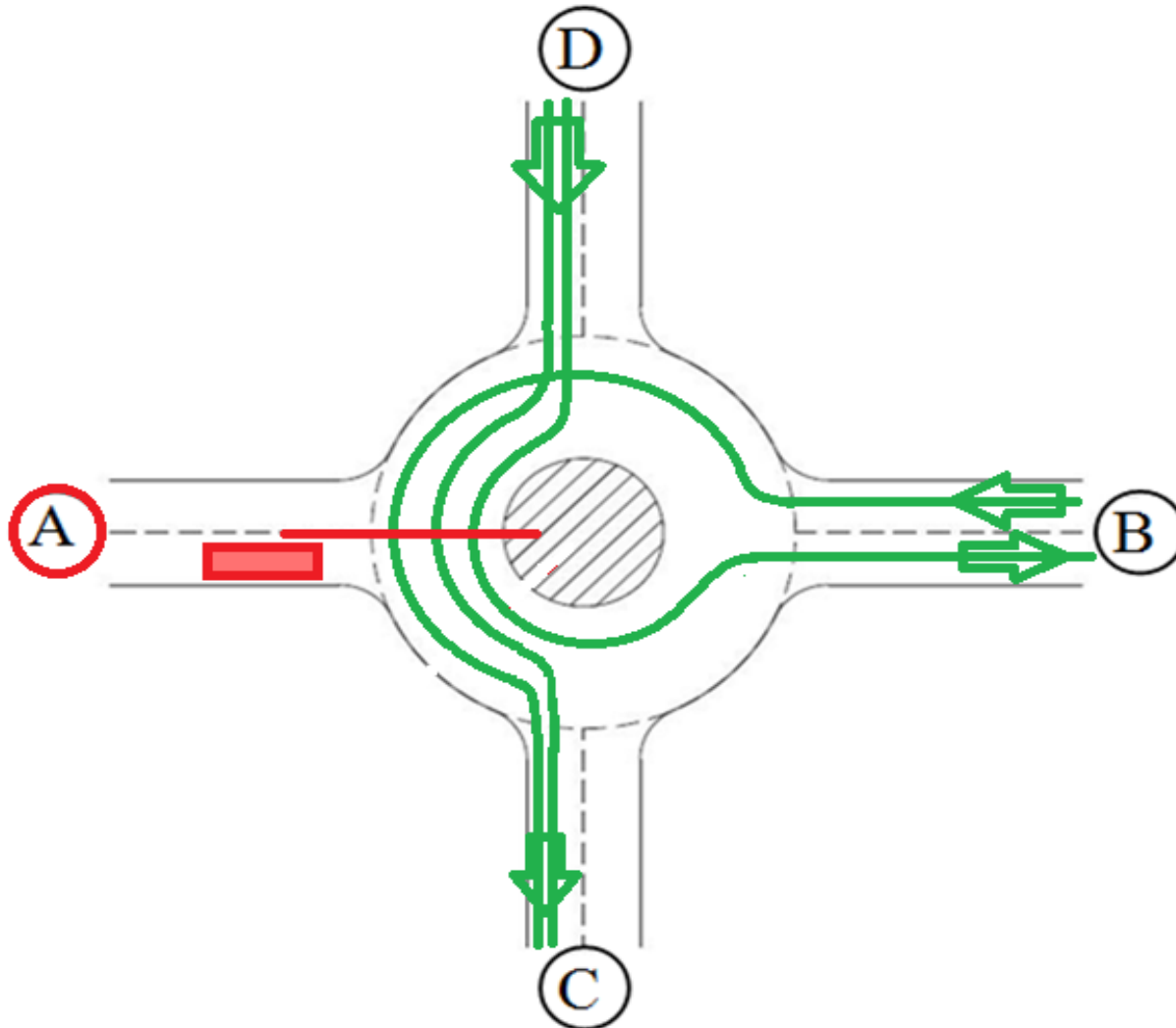
q_e - suma vozidiel vystupujúcich z OK z výstupu

napr. pre A $q_{e,A} = \sum q_i$ z B-A, C-A, D-A

VSTUP	SMER	O	N	A	Σ
A	Vľavo do D	53	15	4	
	Priamo do B	201		2	
	Vpravo do C		18		
B	Vľavo do C		10	5	
	Priamo do A	296	13		
	Vpravo do D	72		2	
C	Vľavo do A	62	10	1	
	Priamo do D	79			
	Vpravo do B		18	4	
D	Vľavo do B		12	3	
	Priamo do C	98	16	8	
	Vpravo do A	75			

q_k - suma vozidiel na okruhu, ktorým musí dať vozidlo z posudzovaného vstupu prednosť

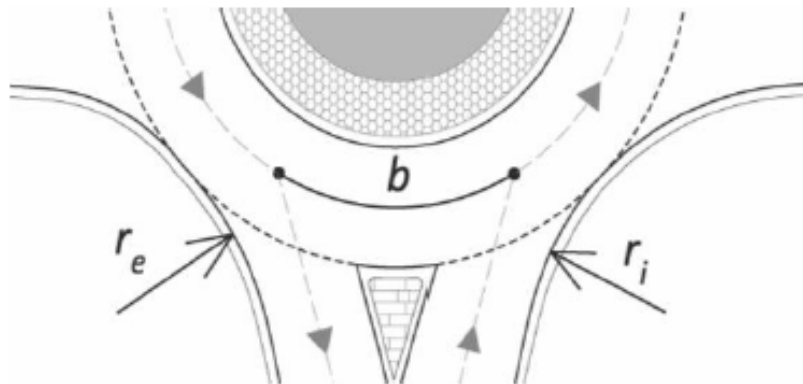
napr. pre A $q_{k,A} = \sum q_i$ z D-B, D-C, B-C



Geometrické usporiadanie okružnej križovatky

Na výpočet a posúdenie kapacity treba poznať geometrické usporiadanie okružnej križovatky:

- D vonkajší priemer okružnej križovatky [m], (povinný údaj pri miniokružných križovatkách),
- n_i počet jazdných pruhov na vjazde do okružnej križovatky [-],
- n_k počet jazdných pruhov na okružnom jazdnom páse [-],
- n_e počet jazdných pruhov na výjazde z okružnej križovatky [-],
- r_i polomer vjazdu [m],
- r_e polomer výjazdu [m],
- b vzdialenosť medzi kolíznymi bodmi na výjazde z okružného jazdného pásu a vjazdom na okružný jazdný pás [m], pozri obrázok 8.4,
- L_p dĺžka radiaceho pruhu na vjazde [m],
- L_{ch} dĺžka priechodu pre chodcov na výjazde z okružnej križovatky [m].



8.4 Výpočet kapacity okružných križovatiek

8.4.1 Základná kapacita jazdných pruhov na vjazde

Pri posúdení kapacity okružnej križovatky sa vychádza zo základnej kapacity každého jazdného pruhu na vjazde do okružnej križovatky samostatne. Teoretický model na výpočet základnej kapacity jazdného pruhu vychádza z metodiky [T8] založenej na teórii prijatých časových odstupov. Hodnoty časových odstupov vychádzajú z [T13].

Základná kapacita jazdného pruhu na vjazde G_i predstavuje maximálny počet prichádzajúcich vozidiel, ktoré využijú vhodné časové odstupy medzi vozidlami na okružnom jazdnom páse za jednotku času (hodinu) a je závislá od intenzity dopravy na okruhu bezprostredne pred vjazdom a geometrického usporiadania okružnej križovatky uvedeného v čl. 8.2.3. Hodnota základnej kapacity sa vypočíta podľa vzťahu 8.3 alebo orientačne z grafickej závislosti na obrázku 8.5.

Základná kapacita jazdného pruhu na vjazde do okružnej križovatky je daná vzťahom:

$$G_i = \left(1 - \frac{t_{\min} \cdot q_k}{3600 \cdot n_k} \right)^{n_k} \cdot \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-\frac{q_k}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} - t_{\min} \right)} \quad (8.3)$$

kde:

G_i je základná kapacita jazdného pruhu na vjazde do okružnej križovatky [j.v./h],

q_k intenzita rozhodujúceho dopravného prúdu na okružnom jazdnom páse pred posudzovaným vjazdom [j.v./h],

t_g kritický časový odstup [s], podľa tabuľky 8.3,

t_f priemerný následný časový odstup [s], podľa tabuľky 8.3,

t_{\min} minimálny časový odstup medzi vozidlami na okružnom jazdnom páse [s], podľa tabuľky 8.3,

n_k počet jazdných pruhov na okružnom jazdnom páse pred posudzovaným vjazdom [-].

Tabuľka 8.3 Hodnoty časových odstupov t_g , t_f a t_{min} na výpočet kapacity vjazdu do okružnej križovatky

Typ okružnej križovatky	t_g [s]	t_f [s]	t_{min} [s]
Miniokružná križovatka	4,5	3,1	$t_{min} = 3,45 - 0,05 \cdot D$
Malá (jednopruhová) okružná križovatka	$t_g = 5,6 - 0,1 \cdot b$ ¹⁾	$t_f = 3,6 - 0,0625 \cdot r_i$ ²⁾	2,1
Veľká (dvojpruhová) okružná križovatka	3,7	2,6	2,1

¹⁾ Platí pre $11 \leq b \leq 20$; pre $b < 11$ sa použije $b = 11$; pre $b > 20$ sa použije $b = 20$

²⁾ Platí pre $8 \leq r_i \leq 16$; pre $r_i < 8$ sa použije $r_i = 8$; pre $r_i > 16$ sa použije $r_i = 16$

D – vonkajší priemer okružnej križovatky [m]

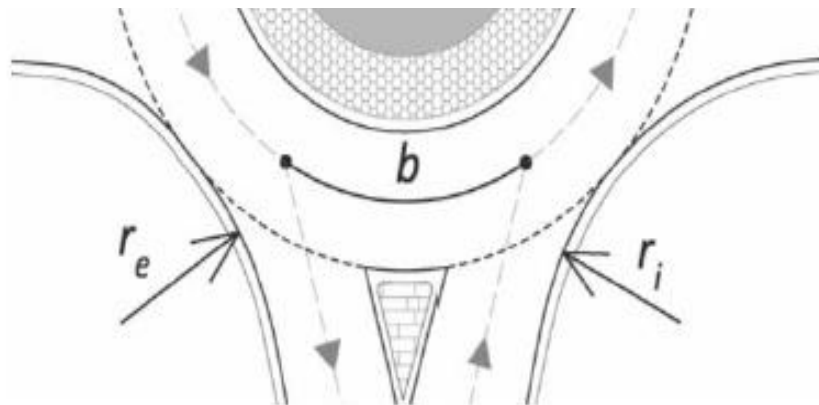
r_i – polomer vjazdu [m]

b – vzdialenosť medzi kolíznymi bodmi na výjazde z okružného jazdného pásu a vjazdom na okružný jazdný pás [m]

Podľa parametrov križovatky si treba narysovať okružnú križovatku a odmerať vzdialenosť b na jednotlivých vstupoch. Dĺžka prechodu sa rovná $2 \times a$ – šírka jazdného pásu.

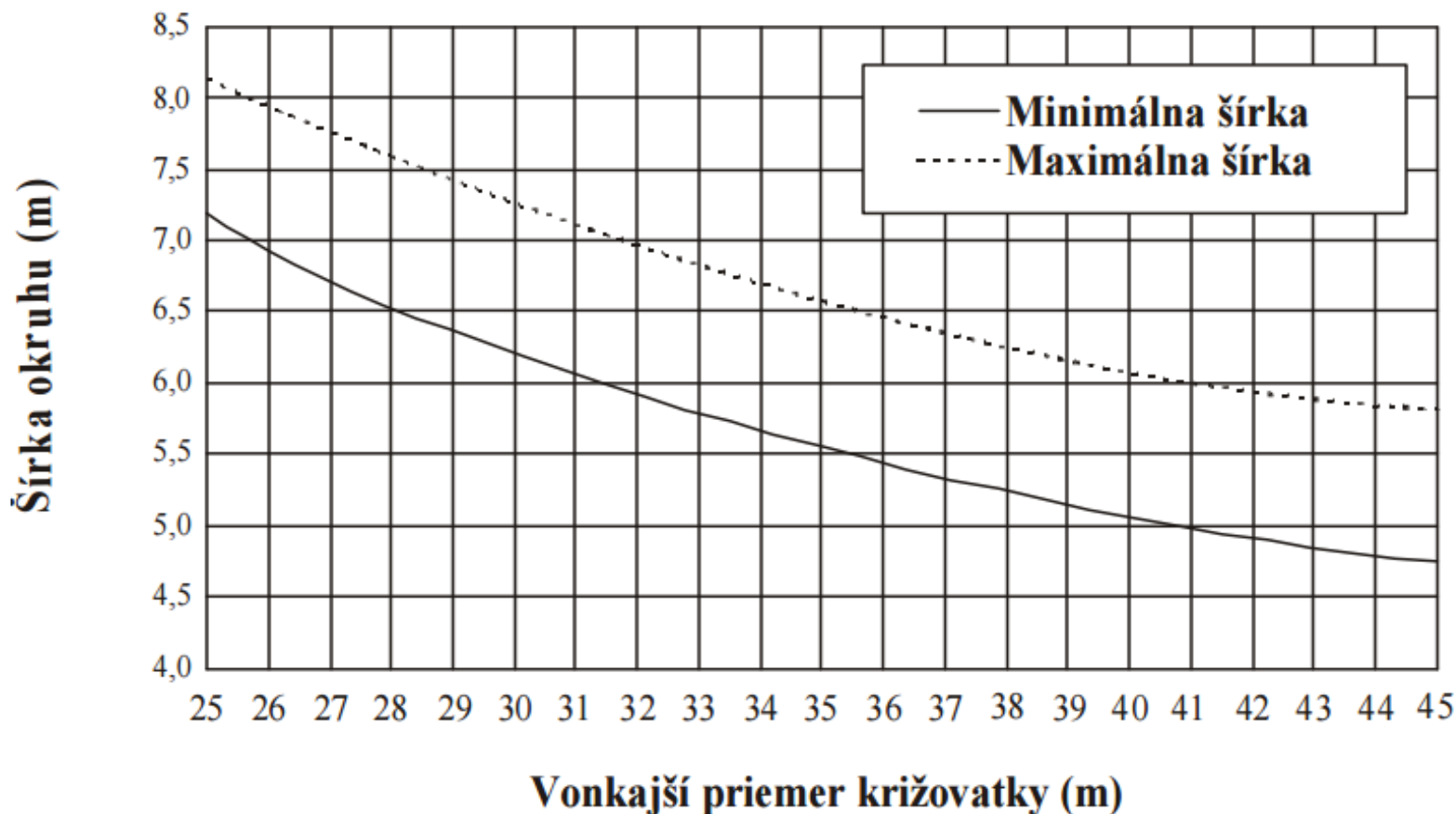
Tabuľka 4. 1 Šírka vozovky na okruhu okružnej križovatky

Priemer D (m)	> 25	28	30	32	35	40 - 45
Šírka vozovky \check{s} (m)	7.5	7.0	6.5	6.25	6.0	5.5



4.4 Geometrický tvar a rozmery okružných križovatiek

4.4.1 Šírka vozovky na okruhu sa urcuje okružných križovatkách bez započítania šírky prstenca okolo okruhu a to v šírke min. 5,5 m a max. 7,5 m v závislosti od priemeru D - pozri obrázok 4.3 a tabulku 4.1. Výnimocne môže byť min. šírka vozovky okružných križovatiek $\check{s} = 4,0$ m.



Obrázok 4.3 - Závislosť medzi šírkou okruhu a vonkajším priemerom okruhu

8.4.2 Vplyv chodcov

Chodci na úrovňovom priechode križujúcim vjazd alebo výjazd z okružného jazdného pásu môžu obmedziť jeho kapacitu. Obmedzenie kapacity vjazdu z dôvodu rušenia prúdu vozidiel chodcami sa vypočíta použitím koeficientu f_f . Koeficient f_f sa určí podľa tabuľky 8.4 alebo odčítá z grafu na obrázku 8.6 (koeficient f_{f1}), resp. 8.7 (koeficient f_{f2}). Hodnoty na obrázku 8.6 platia pre jednopruhovú vjazdy a jednopruhový okružný jazdný pás. Ak sa intenzita rozhodujúceho dopravného prúdu na jednopruhovom okružnom jazdnom pásu blíži k 900 j.v./h, možnosti vjazdu prichádzajúcich vozidiel sú tak obmedzené, že zníženie kapacity križujúcimi chodcami sa neuvažuje. Naopak, pri nízkych intenzitách dopravy na okružnom jazdnom pásu predstavujú chodci ďalší konfliktný prúd a dochádza k zníženiu kapacity na vjazde.

Tabuľka 8.4 Koeficient f_f pre jednopruhovú a dvojpruhovú okružné jazdné pásy [T12]

Jednopruhový okružný jazdný pás	
pre $q_k > 881$	$f_{f1} = 1,0$
pre $q_{ch} \leq 101$	$f_{f1} = 1 - 0,000137 \cdot q_{ch}$
v ostatných prípadoch	$f_{f1} = \frac{1119,5 - 0,715 \cdot q_k - 0,644 \cdot q_{ch} + 0,00073 \cdot q_k \cdot q_{ch}}{1068,6 - 0,654 \cdot q_k}$

Kapacita jednopruhového vjazdu na **jednopruhový okružný jazdný pás** zohľadňujúca vplyv chodcov sa vypočíta vynásobením základnej kapacity koeficientom f_{f1} :

$$C_i = G_i \cdot f_{f1} \quad (8.4)$$

kde:

C_i je kapacita jednopruhového vjazdu na jednopruhový okružný jazdný pás zohľadňujúca obmedzujúci vplyv chodcov [j.v./h],

G_i základná kapacita jednopruhového vjazdu na jednopruhový okružný jazdný pás [j.v./h].

8.5.1 Rezerva kapacity, stupeň saturácie a priemerný čas čakania

Rezerva kapacity

Rezerva kapacity R_i sa vypočíta pre každý jazdný pruh na vjazde do okružnej križovatky podľa základného vzťahu:

$$R_i = C_i - q_i \quad (8.6)$$

kde:

- R_i je rezerva kapacity príslušného jazdného pruhu na vjazde (R_i alebo $R_{i,L}$ a $R_{i,P}$) [j.v./h],
- q_i intenzita dopravy na príslušnom jazdnom pruhu na vjazde (q_i alebo $q_{i,L}$ a $q_{i,P}$) [j.v./h],
- C_i kapacita príslušného jazdného pruhu na vjazde (C_i alebo $C_{i,L}$ a $C_{i,P}$) [j.v./h].

Stupeň saturácie

Stupeň saturácie g_i sa vypočíta pre každý jazdný pruh na vjazde do okružnej križovatky podľa základného vzťahu:

$$g_i = \frac{q_i}{C_i} \quad (8.7)$$

kde:

- g_i je stupeň saturácie na príslušnom jazdnom pruhu na vjazde (g_i alebo $g_{i,L}$ a $g_{i,P}$) [-],
- q_i intenzita dopravy na príslušnom jazdnom pruhu na vjazde (q_i alebo $q_{i,L}$ a $q_{i,P}$) [j.v./h],
- C_i kapacita príslušného jazdného pruhu na vjazde (C_i alebo $C_{i,L}$ a $C_{i,P}$) [j.v./h].



Priemerný čas čakania

Priemerný čas čakania vozidiel na posudzovanom jazdnom pruhu na vjazde do okružnej križovatky w_i je závislý od kapacity C_i a od rezervy kapacity príslušného jazdného pruhu R_i . Táto závislosť je zobrazená na obrázku 7.17 (čl. 7.6.1).

Priemerný čas čakania vozidiel w_i závisí aj od stupňa saturácie g_i a kapacity príslušného jazdného pruhu C_i (pozri obrázok 8.8) a stanoví sa podľa vzťahu vychádzajúceho zo zjednodušenej rovnice Akçelika/Troutbecka (1991) [L1]:

$$w_i = \frac{3600}{C_i} + 900 \cdot \left((g_i - 1) + \sqrt{(g_i - 1)^2 + \frac{8 \cdot g_i}{C_i}} \right) \quad (8.8)$$

Tabuľka 8.2. Prípustné hodnoty času čakania pre jednotlivé stupne kvality dopravy

Stupeň kvality dopravy - QSV		Priemerný čas čakania - w [s]
Označenie	Charakteristika doby čakania	
A	Čakacia doba je veľmi krátka	≤ 10
B	Krátka čakacia doba bez vytvárania kolón	≤ 20
C	Prijateľná doba čakania a ojedinele krátke kolóny	≤ 30
D	Stabilný stav s vysokými časovými stratami	≤ 45
E	Nestabilný stav	> 45
F	Prekročená kapacita	--- ¹⁾

¹⁾ Stupeň F sa dosahuje len vtedy, ak je stupeň saturácie väčší ako 1

8.6 Posúdenie kapacity výjazdu z okružnej križovatky

Základná kapacita jazdného pruhu na výjazde sa uvažuje v hodnote 1200 j.v./h až 1500 j.v./h. Ak sa na výjazde z okružnej križovatky nachádza prechod pre chodcov, kapacita výjazdu môže byť ovplyvnená. V prípade, že intenzita prechádzajúcich chodcov (a cyklistov) q_{ch} je vyššia ako 250 ch/h alebo súčet intenzít prechádzajúcich chodcov a intenzity na výjazde $q_{ch}+q_e$ je vyšší ako 1000 (j.v.+ch)/h, kapacitu jazdného pruhu na výjazde treba posúdiť.

8.6.1 Kapacita výjazdu

Metodika výpočtu kapacity výjazdu vychádza z [T13]. Kapacita výjazdu zohľadňujúca vplyv prechádzajúcich chodcov sa stanoví podľa vzťahu:

$$C_e = \frac{3600 \cdot n_{e,koef}}{t_f} \cdot e^{-\frac{q_{ch}}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} \right)} \quad (8.11)$$

kde:

C_e je kapacita výjazdu [j.v./h],

$n_{e,koef}$ koeficient zohľadňujúci počet jazdných pruhov na výjazde [-]

$n_{e,koef} = 1,0$ pre jednoruhový výjazd,

$n_{e,koef} = 1,5$ pre dvojpruhový výjazd,

q_{ch} intenzita prechádzajúcich chodcov (a cyklistov) [ch/h],

t_f priemerný následný časový odstup vozidiel na výjazde z okružnej križovatky [s], podľa tabuľky 8.5,

Tabuľka 8.5 Hodnoty priemerného následného časového odstupu podľa polomeru výjazdu r_e

r_e [m]	$\leq 15,0$	18,0	21,0	24,0	27,0	$\geq 30,0$
t_f [s]	3,0	2,9	2,8	2,6	2,5	2,4

Pozn.: medziľahlé hodnoty sa interpolujú

t_g kritický časový odstup vozidiel na výjazde z okružnej križovatky [s], ktorý sa vypočíta podľa vzťahu:

$$t_g = L_{ch}/v_{ch} + L_{voz}/v_{voz} + t_{bezp} \quad (8.12)$$

kde:

L_{ch} je dĺžka prechodu pre chodcov na príslušnom výjazde [m],

v_{ch} rýchlosť chodcov [m/s], uvažuje sa $v_{ch} = 1,6$ m/s,

L_{voz} dĺžka vozidla [m], uvažuje sa $L_{voz} = 6,0$ m,

v_{voz} rýchlosť vozidla [m/s], uvažuje sa pre $r_e \leq 15$ m..... $v_{voz} = 5,56$ m/s (20 km/h),
 $r_e > 15$ m..... $v_{voz} = 8,33$ m/s (30 km/h),

t_{bezp} bezpečnostný odstup vozidla a chodca [s], uvažuje sa $t_{bezp} = 1,7$ s.

8.6.2 Posúdenie kapacity výjazdu

Pre každý posudzovaný výjazd z okružnej križovatky sa vypočíta stupeň saturácie g_e :

$$g_e = \frac{q_e}{C_e} \quad (8.13)$$

kde:

g_e je stupeň saturácie [-],

C_e kapacita výjazdu [j.v./h],

q_e intenzita dopravy na výjazde [j.v./h].

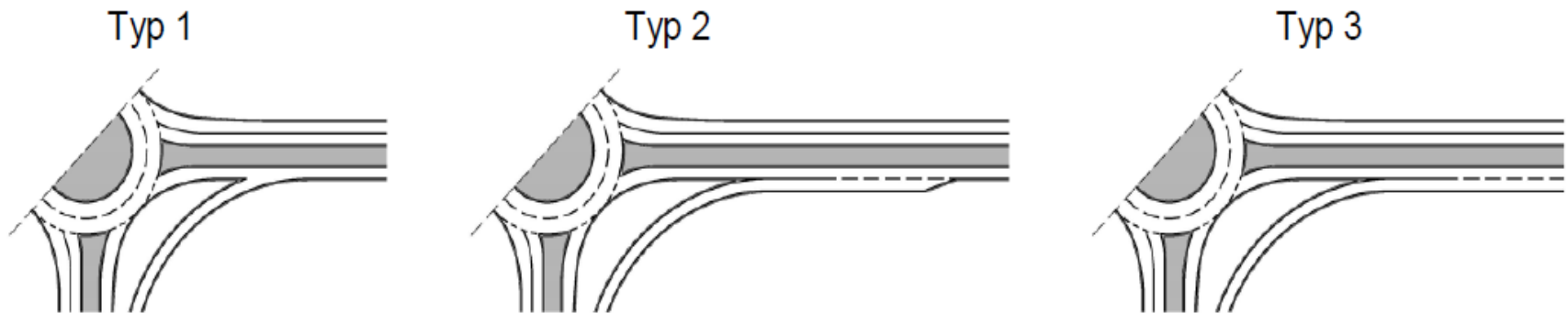
Výjazd kapacitne vyhovuje, ak je stupeň saturácie na posudzovanom výjazde $g_e < 0,9$. Výjazd kapacitne nevyhovuje, ak je $g_e \geq 0,9$.



8.7 Posúdenie kapacity spojovacej vetvy OK

Kapacita spojovacej vetvy OK závisí od navrhovaného typu. Tri základné typy podľa spôsobu napojenia na výjazde sú zobrazené na obrázku 8.11:

- Typ 1 – s priamym napojením na výjazd,
- Typ 2 – s pripájacím pruhom na priebežný jazdný pruh na výjazde,
- Typ 3 – samostatným jazdným pruhom.



Obrázok 8.11 Tri základné typy spojovacích vetiev OK podľa spôsobu napojenia na výjazd

Z kapacitného hľadiska treba preveriť:

1. vzdialenosť miesta odpojenia spojovacej vetvy OK na výjazde a
2. kapacitu napojenia spojovacej vetvy OK na výjazde.

8.8 Výpočtové formuláre

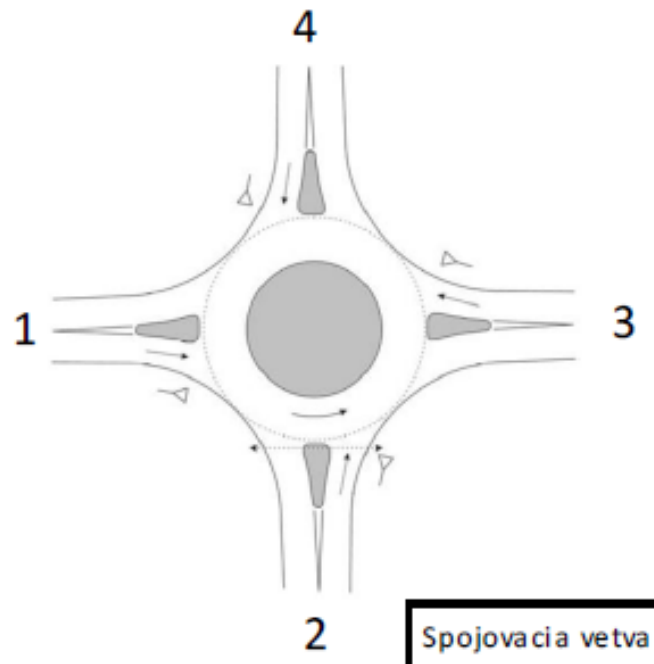
Formulár 1a: Kapacitné posúdenie okružnej križovatky 1a

Názov križovatky	
Posudzovaný stav (rok, variant)	
Typ okružnej križovatky	
Vonkajší priemer OK (D)	

Dátum: Čas:

Vstupné parametre

Rameno	Názov komunikácie	Požadovaný stupeň kvality dopravy, QSV	Priemerný čas čakania w [s]
1			
2			
3			
4			
5			



Geometrické podmienky

Rameno	Počet pruhov			Polomer		Vzdialenosť b [m]	Dĺžka priechodu na výjazde, L_{ch} [m]	Dĺžka pruhu, L_p [m]	Odpojenie L_{SP} [m]	Typ 1/2/3*1
	vjazd - n_i	okruh - n_k	výjazd - n_e	vjazd - r_i	výjazd - r_e					
	1/2	1/2	1/2	[m]	[m]					
1										
2										
3										
4										
5										



Matica smerovania dopravných prúdov [j.v./h]							Intenzita chodcov q_{ch} [ch/h]
Rameno	1	2	3	4	5	Spolu	
1							
2							
3							
4							
5							
Spolu							

Kapacita pruhov na vjazde						
Rameno	Konfigurácia pruhov na vjazde	Intenzita na vjazde q_i [j.v./h]	Intenzita na okruhu q_k [j.v./h]	Základná kapacita G_i [j.v./h]	Vplyv chodcov, f_f [-]	Kapacita C_i [j.v./h]
	1/1, 1/2, L/2, P/2 *2					
1						
2						
3						
4						
5						

*1 Pozn.: 1 / 2 / 3 - Typ 1 / Typ 2 / Typ 3 podľa čl. 8.7

*2 Pozn.: 1/1 - 1 pruh na vjazde a 1 pruh na okruhu

L/2 - ľavý pruh na 2-pruhovom vjazde a 2 pruhy na okruhu

1/2 - 1 pruh na vjazde a 2 pruhy na okruhu

P/2 - pravý pruh na 2-pruhovom vjazde a 2 pruhy na okruhu



Formulár 1b: Kapacitné posúdenie okružnej križovatky
1b
Posúdenie kapacity vjazdu

Rameno	Rezerva kapacity R_i [j.v./h]	Stupeň saturácie g_i [-]	Dĺžka kolón N_{95} [m]	Porovnanie N_{95} s dĺžkou pruhu [m]	Priemerný čas čakania, w_i [s]	Stupeň kvality dopravy, QSV [-]
1						
2						
3						
4						
5						

Stanovený stupeň kvality dopravy pre okružnú križovatku
Posúdenie kapacity výjazdu
Pozn: Neposudzuje sa ak: $q_{ch} \leq 250$ ch/h alebo $q_e + q_{ch} \leq 1000$ (j.v.+ch)/h

Rameno	Intenzita na výjazde, q_e [j.v./h]	Intenzita chodcov, q_{ch} [ch/h]	Kapacita výjazdu, C_e [j.v./h]	Stupeň saturácie, g_e [-]	Porovnanie s požadovaným g [-]	Posúdenie výjazdu V/N
1						
2						
3						
4						
5						

Kvalita dopravy na výjazdoch vyhovuje?


Posúdenie kapacity spojovacej vetvy OK

Rameno	Intenzita na spoj. vetve, q_{SP}	Vzdialenosť odpojenia, L_{SP}	Porovnanie N_{95} s L_{SP}	Kapacita spoj. vetvy, C_{SP}	Stupeň saturácie g_{SP}	Posúdenie spoj. vetvy
	[j.v./h]	[m]	[j.v./h]	[j.v./h]	[-]	V/N
1						
2						
3						
4						
5						

Kvalita dopravy na spojovacích vetvách OK vyhovuje?

Záver:

