

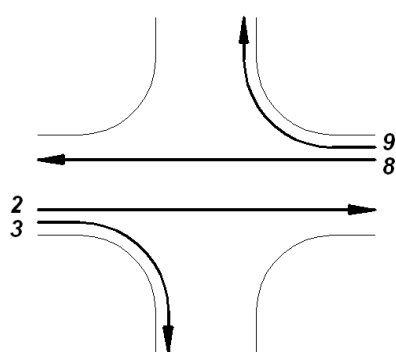


$$G_N = \frac{3600}{t_{fN}} * e^{\frac{-I_{HN}}{3600} * (t_{gN} - \frac{t_{fN}}{2})}$$

kde  $G_N$  základní kapacita jízdního pruhu N-tého proudu

$I_{HN}$  rozhodující intenzita nadřazených proudů N-tému proudu

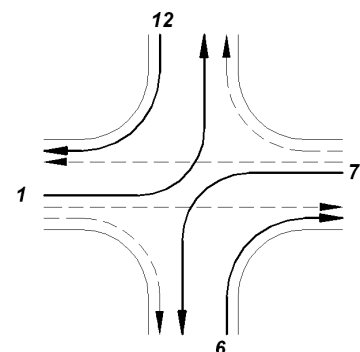
## 1) Proudů 1. stupně



Mezi proudy 1. stupně patří průběžný proud na hlavní a odbočení doprava z hlavní. Proudů 1. stupně nedávají nikomu přednost a tudíž se **neposuzují**. Kapacita těchto proudů je 1800 voz/h.

$$C_2 = C_3 = 1800 \text{ voz} / h$$

## 2) Proudů 2. stupně



Mezi proudy 2. stupně patří odbočení vlevo z hlavní a odbočení vpravo z vedlejší. Pro proudy 2. stupně se kapacita  $C_N$  rovná základní kapacitě  $G_N$ .

$$C_N = G_N$$

a) U **odbočení vlevo z hlavní** dáváme přednost protijedoucím vozidlům, a to jak těm, které jedou přímo ( $N_8$ ), tak i těm, co odbočují vpravo ( $N_9$ ). Intenzita nadřazených proudů tedy je:

$$I_{H1} = N_8 + N_9 = 350 + 100 = 450 \text{ voz} / h$$

kapacita tohoto proudu potom je:

$$C_1 = G_1 = \frac{3600}{2,6} * e^{\frac{-450}{3600} * (5,3 - \frac{2,6}{2})} = 840 \text{ voz} / h$$

$$\underline{C_1 = 840 \text{ voz} / h \geq N_1 = 50 \text{ voz} / h}$$

b) U **odbočení vpravo z vedlejší** dáváme přednost pouze průběžnému proudu na hlavní (N<sub>2</sub>).

Intenzita nadřazeného proudu je:

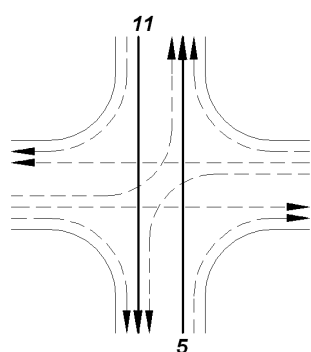
$$I_{H6} = N_2 = 350 \text{voz} / h$$

kapacita proudu 3p potom je:

$$C_6 = G_6 = \frac{3600}{3,1} * e^{\frac{-350 * (6,3 - 3,1)}{2}} = 732 \text{voz} / h$$

$$\underline{C_6 = 732 \text{voz} / h \geq N_6 = 70 \text{voz} / h}$$

### 3) Proudů 3. stupně



Mezi proudy 3. stupně patří křižování přes hlavní komunikaci.

Proud 3. stupně může uskutečnit svůj pohyb tehdy, jestliže:

§ jsou potřebné mezery v proudech 1. a 2. stupně a zároveň

§ nejsou zdržena vozidla 2. stupně

Při výpočtech je potřeba zohlednit pravděpodobnost nevzdutí rozhodujících nadřazených dopravních proudů, která snižuje jejich

základní kapacitu. Pravděpodobnost nevzdutého stavu N-tého nadřazeného proudu se stanoví podle vztahu:

$$p_{0,N} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - a_V \\ 0 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{I_N}{C_N} \\ 0 \end{array} \right\}$$

kde N nadřazený dopravní proud

a<sub>v</sub> stupeň vytižení pro N-tý proud

I<sub>N</sub> intenzita dopravy N-tého dopravního proudu

C<sub>N</sub> kapacita jízdniho pruhu N-tého dopravního proudu

Pro tento případ je pravděpodobnost nevzdutého stavu proudu 1:

$$p_{0,1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{I_1}{C_1} \\ 0 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{50}{840} \\ 0 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,94 \\ 0 \end{array} \right\} = 0,94$$

Jelikož v nadřazených proudech 1 a 7 mohou **nezávisle na sobě** vzniknout fronty vozidel, je nutné vypočítat pravděpodobnost p<sub>x</sub> současného nevzdutí proudů 1 a 7.

$$p_x = p_{0,1} * p_{0,7} \quad \text{pro tento případ tedy} \quad p_x = p_{0,1} * p_{0,1}$$

Kapacita  $C_N$  se potom pro proudy 3. stupně rovná základní kapacitě  $G_N$  přenásobené pravděpodobností  $p_x$  současného nevzdutí proudů 1 a 7.

$$C_N = p_x * G_N$$

Při křižování hlavní komunikace dáváme přednost všem proudům jedoucím na hlavní (kromě jednoho odbočení vpravo), intenzita nadřazených proudů tedy je:

$$I_{H5} = 2N_2 + 2N_1 + N_9 = 2 * 350 + 2 * 50 + 100 = 900 \text{voz} / h$$

základní kapacita proudu 5 potom je:

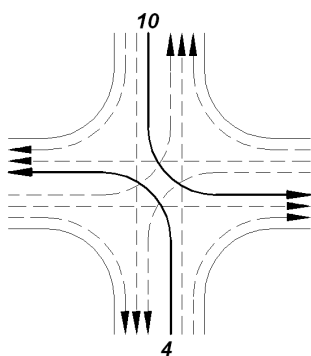
$$G_5 = \frac{3600}{3,3} * e^{\frac{-900}{3600} * (7,7 - \frac{3,3}{2})} = 241 \text{voz} / h$$

Kapacita ovlivněná případným vzdutím nadřazených proudů je:

$$C_5 = p_{0,1} * p_{0,1} * G_5 = 0,94 * 0,94 * 241 = 213 \text{voz} / h$$

$$\underline{C_5 = 213 \text{voz} / h \geq N_5 = 200 \text{voz} / h}$$

#### 4) Proudů 4. stupně



Nejpodřazenějším proudem, a tedy proudem 4. stupně, je odbočení vlevo z vedlejší. Opět musíme zohlednit pravděpodobnost nevzdutí nadřazených dopravních proudů, což jsou nyní proudy 2. i 3. stupně. Nejprve se vypočítají hodnoty pravděpodobnosti pro nadřazené proudy  $p_{0,1}$ ,  $p_{0,7}$ ,  $p_{0,6}$ ,  $p_{0,12}$ ,  $p_{0,5}$  a  $p_{0,11}$ . Vzhledem k symetričnosti zatížení se pro tento zjednodušený případ jedná o pravděpodobnosti  $p_{0,1}$ ,  $p_{0,12}$  a  $p_{0,11}$ . Jejich hodnoty jsou:

$$p_{0,1} = 0,94 \quad \text{z předchozího výpočtu}$$

$$p_{0,12} = \max. \left\{ 1 - \frac{I_{12}}{C_{12}}, 0 \right\} = \max. \left\{ 1 - \frac{70}{732}, 0 \right\} = \max. \left\{ 0,904, 0 \right\} = 0,904$$

$$p_{0,11} = \max. \left\{ 1 - \frac{I_{11}}{C_{11}}, 0 \right\} = \max. \left\{ 1 - \frac{200}{213}, 0 \right\} = \max. \left\{ 0,061, 0 \right\} = 0,061$$

Z těchto hodnot je nutné určit hodnoty pravděpodobností  $p_{z,5}$  a  $p_{z,11}$ , které vyjadřují pravděpodobnost současného nevzdutí proudů 1, 7, 5 resp. 1, 7, 11.

$$p_{z,N} = \frac{1}{1 + \frac{1-p_x}{p_x} + \frac{1-p_{0,N}}{p_{0,N}}} \quad \text{kde } N \quad \text{dopravní proud 5 nebo 11}$$

Pro tento případ je třeba určit hodnotu  $p_{z,11}$ :

$$p_{z,11} = \frac{1}{1 + \frac{1-p_x}{p_x} + \frac{1-p_{0,11}}{p_{0,11}}} = \frac{1}{1 + \frac{1-0,94 * 0,94}{0,94 * 0,94} + \frac{1-0,061}{0,061}} = 0,061$$

Při odbočování vlevo z vedlejší musíme dát přednost všem vozidlům jedoucím na hlavní (vyjma odbočení vpravo) a ještě protijedoucím z vedlejší. Intenzita nadřazených proudů je:

$$I_{H4} = 2N_2 + 2N_1 + N_{11} + N_{12} = 2 * 350 + 2 * 50 + 200 + 70 = 1070 \text{voz} / h$$

základní kapacita proudu 4 potom je:

$$G_4 = \frac{3600}{3,5} * e^{\frac{-1070}{3600} * (7,2 - \frac{3,5}{2})} = 204 \text{voz} / h$$

Kapacita ovlivněná případným vzdutím nadřazených proudů je:

$$C_4 = p_{z,11} * p_{0,12} * G_4 = 0,061 * 0,904 * 204 = 12 \text{voz} / h$$

$$\underline{C_4 = 12 \text{voz} / h \leq N_4 = 40 \text{voz} / h}$$

## 5) Stanovení ÚKD a délky fronty na vjezdech

Pro stanovení ÚKD je nutné stanovit střední dobu zdržení na jednotlivých vjezdech. Střední dobu zdržení je možné vypočítat na základě vzorců v přílohách níže, pro tento případ postačí stanovení z grafu 16, uvedeného tamtéž. Pro každý vjezd stanovíme rezervu kapacity a v grafu podle příslušné kapacity najdeme vpravo ÚKD. ÚKD celé křižovatky je potom dáno vjezdem s nejhorší ÚKD.

$$Re z = C_N - I_N$$

Jako poslední stanovíme délky fronty na jednotlivých vjezdech. Tento ukazatel je možné stanovit jak z grafu, tak i výpočtem. Obecný vzorec je:

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} C_N * (a_{vN} - 1 + \sqrt{(1 - a_{vN})^2 + 3,0 * \frac{8 * a_{vN}}{C_N}})$$

$$\text{kde } a_{vN} = \frac{I_N}{C_N}$$

a) vlevo z hlavní

$Re z_1 = C_1 - I_1 = 840 - 50 = 790 \text{voz/h}$  z grafu: **ÚKD A – doba zdržení velmi malá**

$$a_{v1} = \frac{I_1}{C_1} = \frac{50}{840} = 0,06$$

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} * 840 * (0,06 - 1 + \sqrt{(1 - 0,06)^2 + 3,0 * \frac{8 * 0,06}{840}}) = 1,2m \quad \text{délka fronty 5 m}$$

Pozn.: Délka fronty se udává minimální hodnotou 5 m (délka vozidla).

b) vpravo z vedlejší

$Re z_6 = C_6 - I_6 = 732 - 70 = 662 \text{voz/h}$  z grafu: **ÚKD A – doba zdržení velmi malá**

$$a_{v6} = \frac{I_6}{C_6} = \frac{70}{732} = 0,096$$

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} * 732 * (0,096 - 1 + \sqrt{(1 - 0,096)^2 + 3,0 * \frac{8 * 0,096}{732}}) = 1,9m \quad \text{délka fronty 5 m}$$

c) křižování hlavní

$Re z_5 = C_5 - I_5 = 213 - 200 = 13 \text{voz/h}$  z grafu: **ÚKD E – nestabilní stav**

$$a_{v5} = \frac{I_5}{C_5} = \frac{200}{213} = 0,94$$

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} * 213 * (0,94 - 1 + \sqrt{(1 - 0,94)^2 + 3,0 * \frac{8 * 0,94}{213}}) = 87m \quad \text{délka fronty 87 m}$$

d) vlevo z vedlejší

$Re z_4 = C_4 - I_4 = 12 - 40 = -28 \text{voz/h}$  z grafu: **neurčíme**

$$a_{v4} = \frac{I_4}{C_4} = \frac{40}{12} = 3,33 \quad \text{ÚKD F, pokud } a_{vN} > 1$$

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} * 12 * (3,33 - 1 + \sqrt{(1 - 3,33)^2 + 3,0 * \frac{8 * 3,33}{12}}) = 105m \quad \text{délka fronty 105 m}$$

**Stanovená ÚKD na křižovatce: F – překročená kapacita**

### A.2.2.8 Kritické a následné časové odstupy

Pokud průzkumem pro návrh dané křižovatky nejsou zjištěny hodnoty přesnější, použijí se pro posouzení kapacity křižovatkových proudů kritické časové odstupy  $t_g$  a následné časové odstupy  $t_f$ , uvedené v tabulce A.6 a A.7.

Časové odstupy se použijí pro výpočet základní kapacity dopravních proudů  $G_n$  vyjádřené v přepočtených vozidlech pvoz.

Hodnota  $t_g$  se stanovuje v závislosti na rychlosti jízdy na hlavní komunikaci podle příslušné funkce uvedené v tabulce A.6.

Funkce stanovující hodnotu  $t_g$  má své meze platnosti pro rychlosti v intervalu 30-90 km/h. Pro rychlosti menší než 30 km/h se dosadí 30 km/h a pro rychlosti nad 90 km/h se dosadí 90 km/h.

**Tabulka A.6 – Střední hodnoty kritických časových odstupů  $t_g$**

Podřazený proud	Číslo dopravního proudu	Funkce $t_g$ [s] v závislosti na rychlosti jízdy [km/h] na hlavní komunikaci
Doleva z hlavní	7/1	$t_g = 3,4 + 0,021 \cdot v$
Doprava z vedlejší	6/12	$t_g = 2,8 + 0,038 \cdot v$
Z vedlejší přes hlavní v přímém směru	5/11	$t_g = 4,4 + 0,036 \cdot v$
Doleva z vedlejší	4/10	$t_g = 5,2 + 0,022 \cdot v$

**Tabulka A.7 – Střední hodnoty následných časových odstupů  $t_f$**

Podřazený proud	Číslo dopravního proudu	$t_f$ [s]	
		P4 <sup>a)</sup>	P6 <sup>b)</sup>
Doleva z hlavní	7/1	2,6	
Doprava z vedlejší	6/12	3,1	3,7
Z vedlejší přes hlavní v přímém směru	5/11	3,3	3,9
Doleva z vedlejší	4/10	3,5	4,1

<sup>a</sup> P4 – přednost upravena dopravní značkou P4 „Dej přednost v jízdě!“.

<sup>b</sup> P6 – přednost upravena dopravní značkou P6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“

## 6

## ÚROVEŇ KVALITY DOPRAVY

Pro posouzení úrovně kvality dopravy na křižovatce bez řízení dopravy světelnou signalizací je kritériem ztrátový čas vyjádřený střední dobou zdržení jednotlivých podřazených proudů, příp. smíšených proudů. Pro stanovení závěrů kapacitního posouzení křižovatky je nutné ověřit, zda pro intenzitu dopravního proudu  $I_n$  není překročena hodnota střední doby zdržení  $t_w$  podle následující podmínky:

$$t_w^n \leq t_w$$

kde:

$t_w^n$  střední doba zdržení vozidel v dopravním proudu  $n$ , příp. smíšeném proudu

$t_w$  nejvyšší přípustná střední doba zdržení vozidel dle požadovaného stupně úrovně kvality dopravy

Posouzení splnění podmínky nepřekročení nejvyšší přípustné hodnoty střední doby zdržení se provede pro všechny podřízené dopravní proudy  $n$  a pro všechny případné smíšené dopravní proudy. Pro celkové hodnocení křižovatky výsledným stupněm UKD je rozhodující nejméně příznivé hodnocení s nejvyšší střední dobou zdržení.

Úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení v sekundách
Označení	Charakteristika doby zdržení	
A	Doba zdržení velmi malá	≤ 10
B	Zdržení ještě bez front	≤ 20
C	Ojediné krátké fronty	≤ 30
D	Stabilní stav s vysokými ztrátami	≤ 45
E	Nestabilní stav	> 45
F	Překročená kapacita	-1)

1) UKD na stupni F je dosaženo při hodnotě stupně vytížení  $a_v > 1$

Tabulka 4 - Limitní hodnoty střední doby zdržení na vjezdu do neřízené křižovatky

Stupně úrovně kvality dopravy lze charakterizovat následujícím způsobem:

**Stupeň A:** Doba zdržení je velmi malá.

**Stupeň B:** Podřazený dopravní proud je ovlivněný. Doba zdržení je malá.

**Stupeň C:** Doba zdržení je citelná. Vznikají ojedinělé krátké fronty.

**Stupeň D:** Fronta vozidel vyvolává výrazné časové ztráty. Dopravní situace je ještě stabilní.

**Stupeň E:** Tvoří se fronta, která se při existujícím zatížení již nesnižuje. Charakteristická je citlivá závislost, kdy malé změny zatížení vyvolávají prudký nárůst ztrát.

**Stupeň F:** Kapacita je překročena. Fronta vozidel narůstá bez ohledu na dobu čekání. Křižovatka je přetížena v delším časovém intervalu.



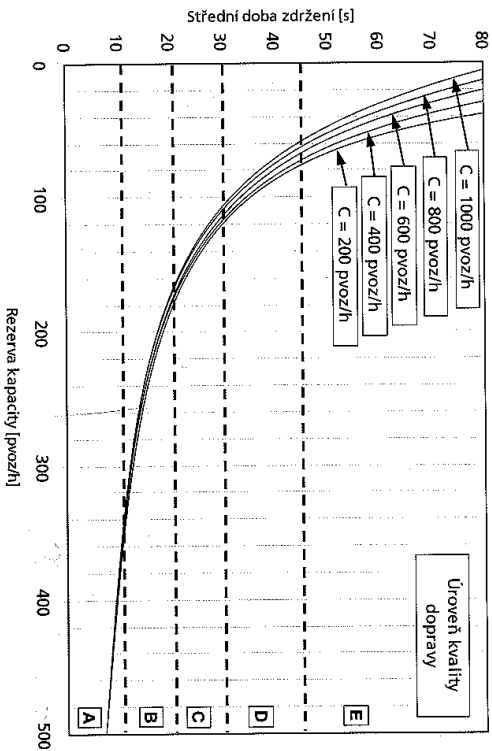
### 7.3 STANOVENÍ STŘEDNÍ DOBY ZDRŽENÍ

Střední doba zdržení závisí na rezervě kapacity jízdního pruhu příslušného proudu, příp. smíšených proudů, a jeho kapacitě. Před stanovením hodnoty  $t_w$  vyžadované v sekundách je nutné ze znalosti návrhové intenzity dopravních proudů a vypočtené kapacity pruhu stanovit rezervu kapacity Rez podle vztahu:

$$\text{Rez} = C_n - I_n \quad (17)$$

kde:

Rez rezerva kapacity [pvoz/h],  
 $C_n$  kapacita pruhu [pvoz/h],  
 $I_n$  intenzita dopravního proudu n nebo smíšených proudů n,n,n [pvoz/h].



Obrázek 16: Vztah střední doby zdržení na kapacitě a její rezervě

Pro hodnoty střední doby zdržení  $t_w$  vyšší než 45 s je charakteristický vysoký stupeň vyřízení  $a_v$ . Hodnota  $t_w$  pro tento stav je vysoce citlivá v závislosti na kapacitě a její rezervě. Citlivost růstu střední doby zdržení v závislosti na poklesu rezervy kapacity je výrazně vyšší pro dopravní proudy s menší kapacitou.

Střední doba zdržení je odvozena z rovnic Kimber/Hollis [12] odvozených z teorie front, závisí na kapacitě jízdního pruhu a její rezervě podle vztahu:

$$t_w = D_1 + E + \frac{1}{\mu}$$

$$D_1 = \frac{1}{2} \left( \sqrt{F^2 + G} - F \right)$$

$$F = \frac{1}{\mu_0 - q_0} \cdot \left[ \frac{T}{2} \cdot (\mu - q) \cdot y + \left( y - \frac{\mu - \mu_0 + q_0}{\mu} \right) \right] + E$$

$$G = \frac{2 \cdot T \cdot y}{\mu_0 - q_0} \cdot \left[ \frac{q}{\mu} - (\mu - q) \cdot E \right]$$

$$E = \frac{q_0}{\mu_0 \cdot (\mu_0 - q_0)}$$

$$y = 1 - \frac{\mu - \mu_0 + q_0}{q}$$

(18)

kde:

$t_w$  Střední doba zdržení v intervalu T [s],

T Doba trvání požadovaného intervalu [s], T=3600s

$\mu$  Kapacita pruhu podřazeného dopravního proudu v uvažovaném intervalu [pvoz/s],

$\mu_0 = \frac{C_n}{3600}$

q Intenzita podřazeného dopravního proudu [pvoz/s],  $q = \frac{I_n}{3600}$

$\mu_0$  Kapacita v čase po špičkovém intervalu [pvoz/s],  $\mu_0 = \frac{1600}{3600}$

$q_0$  Intenzita podřazeného dopravního proudu po špičkovém intervalu [pvoz/s].

### 7.4 STANOVENÍ DÉLKY FRONTY

Délka fronty na vjezdech do neřízené křižovatky se dimenzuje na 95% pravděpodobnost uvažované délky fronty. Znamená to, že v 95% času během špičkové hodiny je fronta kratší než udává hodnota  $N_{95\%}$  ve zbyvajících 5% času se připojí fronta vozidel delší. Délka fronty  $N_{95\%}$  se určí podle obrázku 17 na základě stupně vyřízení  $a_v$  a hodnoty kapacity  $C_n$ .

Stupeň vyřízení je dán následujícím vztahem:

$$a_v = \frac{I_n}{C_n} \quad (19)$$

kde:

$a_v$  stupeň vyřízení [-],

$I_n$  návrhová intenzita dopravního proudu n [pvoz/h],

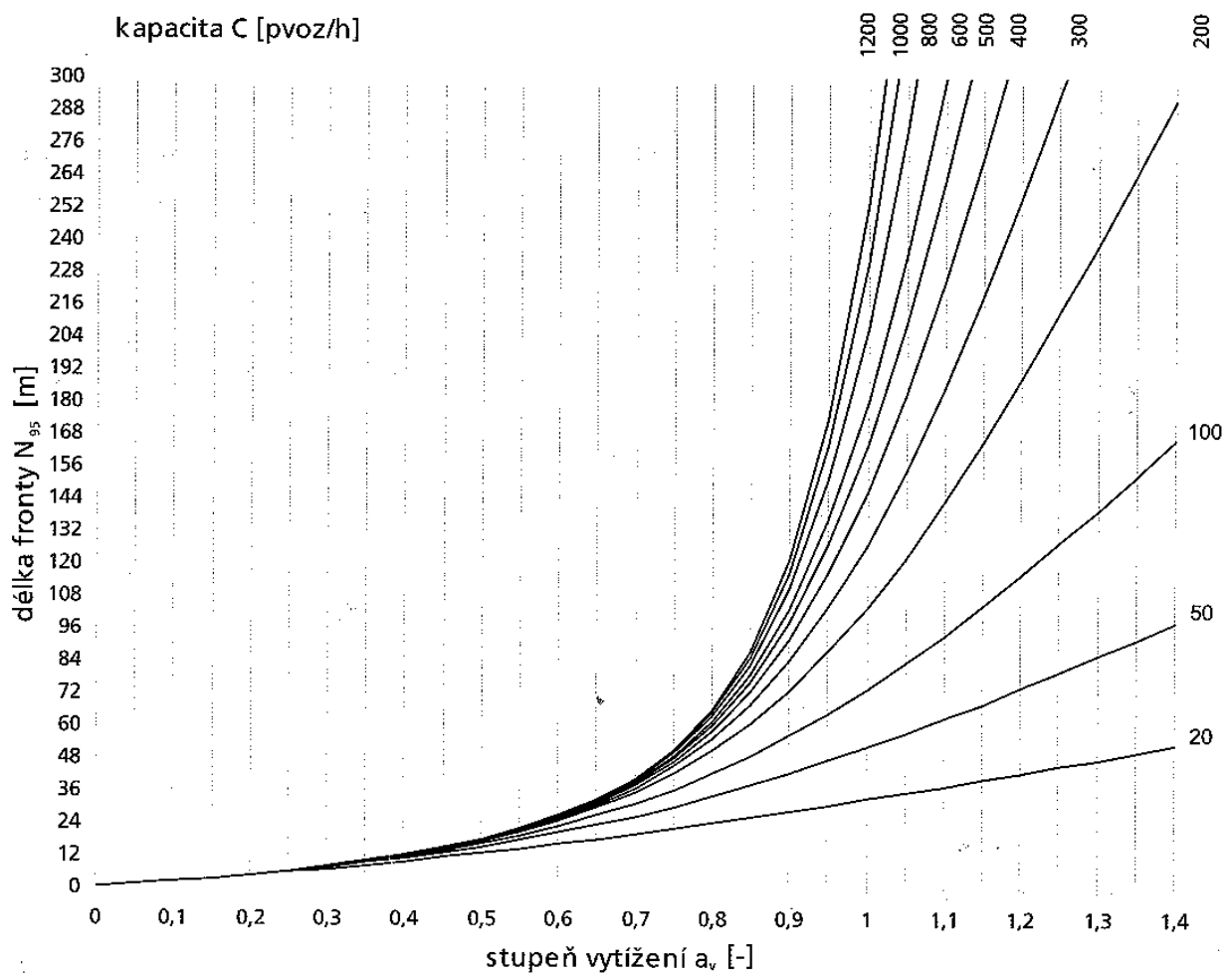
$C_n$  kapacita pruhu dopravního proudu n [pvoz/h].

Délka fronty  $N_{95\%}$  na obrázku 17 je dána následujícím vztahem:

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} C_n \left( a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3,0 \frac{8 \cdot a_v}{C_n}} \right) \quad (20)$$

kde:

- $N_{95\%}$  délka fronty [m]
- $a_v$  stupeň vytížení [-],
- $C_n$  kapacita pruhu dopravního proudu  $n$  [pvoz/h].



Obrázek 17: Délka fronty  $N_{95\%}$  na vjezdech do neřízené křižovatky v závislosti na stupni vytížení  $a_v$