Lektorský komentář

Příspěvek byl přednesen 3. 11. 2022 v Praze na konferenci Betonové vozovky 2022. Je fascinující, jakým způsobem autoři uchopili téma trvalé udržitelnosti v oboru betonových vozovek. V článku představují historii, pojem a rozbor problematiky trvalé udržitelnosti, což aplikují na obor silničního stavitelství konkrétně na stavbu betonových vozovek.

Vážený čtenáři, než se začtete, považuji za nutné připomenout:

- *vrchní stavba – podle německých předpisů je to souvrství krytu vozovky a všech podkladních vrstev, stmelených i nestmelených,*
- *strukturální substance – hodnotí se dosavadní dopravní zatížení a stáří silniční vozovky, stav povrchu, únosnost, druh a stav stávajících vrstev včetně podkladu a jejich funkční schopnost. Podrobné vyhodnocení strukturální substance bylo uveřejněno v Silničním obzoru čísle 6/2019 v článku Hodnocení strukturální substance – výpočet a prognóza, síťová analýza.*

Závěrem dovolte vybrat některá důležitá sdělení:

- *strategie trvale udržitelného rozvoje pro Německo byla přijata v dubnu 2022, trvale udržitelný rozvoj je základním principem politiky spolkové vlády,*
- *ovlivnění trvalé udržitelnosti je největší ve fázi rozpracování ideje, projektování a realizace,*
- *kvalita hraje klíčovou roli, je základním předpokladem trvalé udržitelnosti produktu,*
- *důležitou roli hraje hodnocení a prognózování strukturální substance.*

Předložený článek považuji za velmi důležitý, koncepční a závažný.

Ing. Jaroslava Škarková

Turbookružní křižovatky z pohledu kapacity

Ing. Luděk Bartoš, Ph.D.
EDIP s.r.o.

Ing. Michal Uhlík, Ph.D.
ČVUT v Praze, Fakulta stavební

Turbookružní křižovatka je zvláštní typ okružní křižovatky, na kterém jsou vozidla na vjezdu rozdělována do pruhů pro požadovaný směr odbočení již před křižovatkou. V České republice je v současnosti realizováno 28 turbookružních křižovatek a další se připravují. Článek shrnuje poznatky a závěry výzkumných projektů v oblasti jejich kapacity. V článku je popsána aktuálně platná česká metodika obsažená v TP 188. Následuje informace o probíhajícím výzkumném projektu KATUROK, jehož výstupem bude úprava této metodiky.

Klíčová slova: dopravní inženýrství, kapacita, intenzita dopravy, okružní křižovatka, turbookružní křižovatka

Turbo roundabout is a special type of roundabout where vehicles are divided into lanes for the desired direction of turn before the intersection. There are currently 28 turbo roundabouts in the Czech Republic with more being planned. This article summarizes the findings and conclusions of research projects regarding their capacity. The article describes the currently valid Czech methodology contained in the Technical Specifications TP 188. This is followed by information on the ongoing research project KATUROK, the output of which will be a modification of this methodology.

Keywords: traffic engineering, capacity, traffic volumes, roundabout, turbo roundabout

1 TURBOOKRUŽNÍ KŘIŽOVATKA

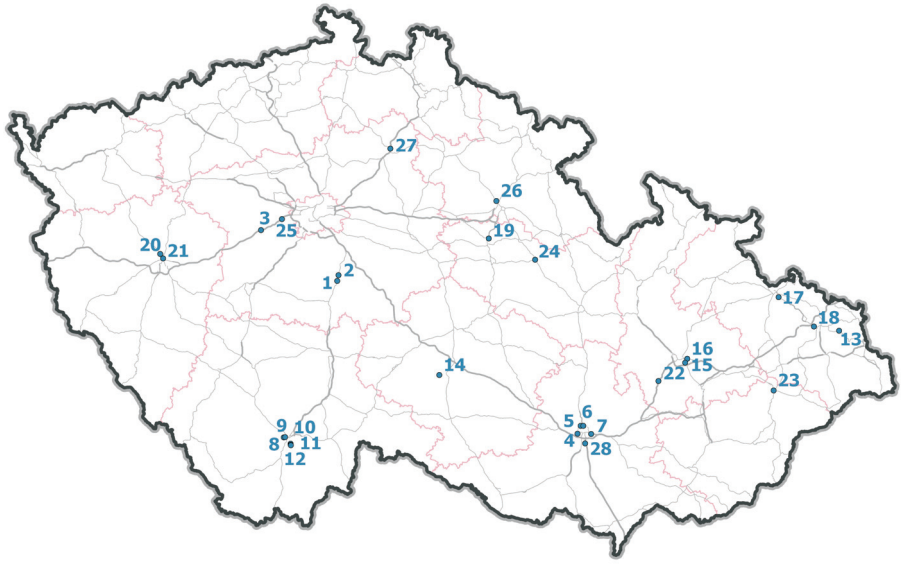
Turbookružní křižovatka (TOK) je zvláštní typ okružní křižovatky (OK) se dvěma a více jízdními pruhy na okružním pásu, jejímž principem je rozřazení vozidel do jízdních pruhů pro požadovaný směr odbočení již před křižovatkou. Vozidla následně projíždějí křižovatkou po plynule vedených, spirálovitě uspořádaných jízdních pruzích okružního pásu, na kterých je zamezeno proplétání vozidel. Současně je zabráněno konfliktům vozidel jedoucích po okružním pásu s vozidly opouštějícími okružní pás pomocí fyzického oddělení jízdních pruhů. TOK se navrhují na stávajících nebo nově řešených křižovatkách za účelem zvýšení úrovně kvality dopravy. V české literatuře se někdy tyto křižovatky nazývají jako spirálové okružní křižovatky.

TOK byly vyvinuty v Holandsku, kde se první OK tohoto typu začala stavět v roce 1998 v obci Barendrecht nedaleko Rotterdamu. Od té doby jich bylo v Holandsku realizováno více než 400 [13]. Postupně se TOK staly populární i v dalších státech. V ČR byla první TOK postavena v roce 2006 v Brně. Následně přibývaly další, ale větší nárůst navrhovaných a realizovaných TOK nastal až po vydání nových TP 135 [2] v roce 2017. Důvodem je to, že specifikují postup při návrhu TOK a její požadované parametry. K 31. 12. 2022 je podle našich informací v ČR realizováno nebo je těsně před zprovozněním 28 OK, které mají znaky TOK (obr. 1). Podrobněji jsou jednotlivé křižovatky vyznačené na obr. 1 specifikovány na webových stránkách výzkumného úkolu KATUROK [12].

Tématu navrhování TOK se podrobně věnoval článek [21]. Jeden z posledních příkladů realizace TOK v ČR je na obr. 2, na kterém je ukázána TOK Červené vršky na silnici I/3 v Benešově.

2 HISTORIE VZNIKU METODIKY PRO VÝPOČET KAPACITY TURBO OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY

I když bylo nejvíce realizací TOK v Nizozemsku, nikdo z jejich odborníků se otázce kapacity v počátku podrobně nevěnoval – prioritou bylo hledisko bezpečnosti provozu. Otázce kapacity



obr. 1 *Přehled aktuálně zprovozněných 28 turbookružních křižovatek v České republice*

obr. 2 *Turbookružní křižovatka Červené vršky na silnici I/3 v Benešově*
zdroj: SUDOP PRAHA a.s.

TOK a porovnání různých metodik se věnuje až dizertační práce z roku 2007 [18].

První systematickou metodu pro výpočet kapacity TOK navrhl v roce 2006 prof. Brilon (RU Bochum, Německo) v odborném článku v časopisu Strassenverkehrstechnik [17]. Byla založena na metodě kritických a následných časových odstupů a stanovovala čtyři možné typy vjezdů a čtyři různé typy výjezdů z OK. Pro každý typ byly hodnoty kritického a následného časového odstupu stanoveny odhadem analogií s jedno- a dvoupruhovými OK. Metoda byla experimentálně ověřována až v následných letech, nicméně do nového vydání HBS [4] v roce 2015 se nepromítla. V roce 2015 byla tato metodika pro výpočet kapacity publikována v německé publikaci Arbeitspapier Turbokreisverkehre [5].

V České republice byla první metoda výpočtu kapacity TOK publikována v TP 135 [14] vydaných v roce 2005. Metodu vytvořil Ing. Malina odborným odhadem bez možnosti jakéhokoliv ověření v reálném provozu. Žádná realizace TOK nebyla v ČR v té době dostupná. Metoda vznikla úpravou starší regresní metody prof. Bovyho (TU Lausanne) z roku 1991 pro výpočet kapacity dvoupruhové OK.

Otázkou kapacity TOK se v ČR jako první systematicky zabývaly výzkumné projekty [9,10], které řešila firma EDIP s.r.o. ve spolupráci s ČVUT Praha, Fakultou stavební v letech 2004-2008, resp. v roce 2009. V té době byla v ČR realizována pouze jediná úplná křižovatka tohoto typu v Brně, na níž se provoz navíc ani zdaleka neblížil hranici kapacity. K možnosti získání dat ze skutečného provozu byly proto průzkumy provedeny také na nizozemských křižovatkách. Výsledná metodika vycházela z teoretického modelu kritických a následných časových odstupů, který byl již aplikován i na výpočet kapacity ostatních druhů OK a prokázal u nich vysokou míru spolehlivosti výsledků. Metoda na výpočet kapacity TOK byla zahrnuta do TP 234 [15], které vyšly v roce 2011.

Problematiku kapacity TOK dále rozpracoval výzkumný projekt [11] v letech 2011-2014. V rámci projektu byly v roce 2012 provedeny dopravní průzkumy na třech TOK – v Brně, Prostějově a Olomouci. Metodika z TP 234 [15] byla zpřehledněna a používané hodnoty kritických a následných časových odstupů aktualizovány na základě vyhodnocených výsledků průzkumů. Vzhledem ke stále nízkému počtu realizací v době řešení projektu v ČR zůstala metodika ve své zjednodušené podobě a na závěr projektu bylo doporučeno tématem se dále zabývat, až bude počet nových realizací TOK větší. Výstupem projektu byla certifikovaná metodika (certifikována v roce 2014), ve které byly u TOK upřesněny hodnoty t_g, t_f a $k_{v,usp}$. Metodika byla následně včleněna do aktuálně platných TP 188 [3], které byly schváleny v roce 2018.

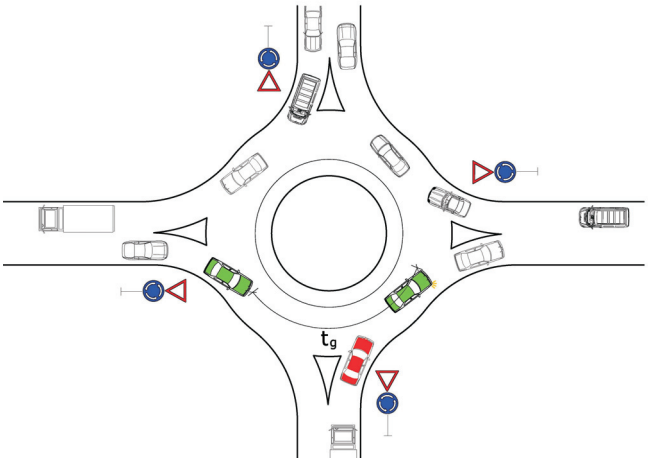
Díky mnoha novým realizacím se otázkou kapacity TOK zabývá v zahraničí řada pracovišť. Nově je metodika pro výpočet kapacity TOK také obsažena v americkém HCM [6] nebo ve slovenských TP 14/2015 [7]. V ČR je v tuto chvíli řešen výzkumný projekt [12], který je více popsán v kapitole 5 tohoto článku.

3 KAPACITA OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY

Na OK jsou všechny dopravní proudy napojeny do okružního pásu, na kterém mají vozidla přednost v jízdě (obr. 3). Z hlediska kapacity je OK uvažována jako soustava stykových křižovatek jednosměrných komunikací. Díky poměrně malému poloměru

okružního pásu dochází k výraznému zpomalení rychlosti nadřazeného dopravního proudu (tj. vozidel na okruhu) a je mezi nimi snazší nalézt vhodnou mezeru k zařazení. Další nespornou výhodou OK je zjednodušení manévrů pouze na pravé odbočení z vedlejší, při kterém nedochází (kromě vícepruhových OK) ke křížení nadřazených proudů.

Aktuálně platná metodika pro výpočet kapacity OK je obsažena v kapitole 7 TP 188 [3], které byly schváleny v roce 2018. Metodika výpočtu kapacity vjezdu vychází z výstupu projektu [11], v metodice však byly zohledněny také nové připomínky členů technické redakční rady při projednávání.



obr. 3 *Schéma provozu na okružní křižovatce* *zdroj: EDIP s.r.o.*

Výpočtová metoda platí pro posuzování kapacity OK s přednostní v jízdě na okruhu. Zahrnuje výpočet kapacity:
- všech typů vjezdu do OK,
- výjezdu z OK,
- kapacity spojovací větve a
- zohledňuje i vliv přecházejících chodců na kapacitu vjezdu i výjezdu.

V souladu s ustanovením ČSN 73 6102 [1] obsahují TP 188 [3] vzorec pro stanovení střední doby zdržení, která je základní veličinou pro posouzení úrovně kvality dopravy (UKD).

Výkonnost OK je dostatečná, pokud jsou současně splněny tyto podmínky:
- na všech vjezdech do OK je střední doba zdržení menší nebo rovna nejvyšší přípustné době zdržení pro požadovaný stupeň UKD pro daný vjezd podle ČSN 73 6102 [1],
- na všech výjezdech z OK je stupeň vytížení menší nebo roven nejvyšší přípustné hodnotě stupně vytížení podle TP 188 [3], ($a_{v,\,lim}$ = 0,9),
- na všech spojovacích větvích je délka fronty vozidel v místě připojení menší nebo rovna délce spojovací větve.

Výpočet se dokládá obsahově závazným protokolem.

4 KAPACITA VJEZDU DO OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY

Jelikož je metodika posouzení kapacity výjezdu z OK i kapacity spojovací větve stejná pro jednopruhové OK i TOK, věnuje se zbývající část tohoto článku podrobně pouze otázce kapacity vjezdu, která je u TOK odlišná.

Kapacita proudu na vjezdu do OK představuje maximální možnou hodnotu intenzity dopravy, která je dosažitelná při využívání časových odstupů v dopravním proudu na okružním pásu. Z obecných ustanovení pravidel provozu vyplývá, že řidič na vedlejší komunikaci musí dát přednost v jízdě vozidlům přijíždějícím po hlavní komunikaci, tj. po okružním pásu. Řidič si proto hledá v nadřazeném dopravním proudu (na hlavní komunikaci) takovou časovou mezeru mezi dvěma vozidly (obr. 3), která je dle jeho názoru pro zařazení do nadřazeného proudu, případně k jeho křížení, bezpečná. S narůstající intenzitou dopravy na hlavní komunikaci se pravděpodobnost výskytu dostatečně dlouhých mezer (odstupů) pro řidiče na vedlejší komunikaci zmenšuje.

Metodika výpočtu kapacity vjezdu do OK vychází ze základního vzorce převzatého ze starší verze HBS [16] z roku 2009. Tento model byl aplikován i pro výpočet vjezdu typu S/2, tj. vjezdu typického pro TOK.

Podle TP 188 [3] je kapacita vjezdu do okružní křižovatky C_v dána vztahem:

$$C_v = C_{g,v} \cdot k_{v,ped} \qquad (1)$$

kde je

C_v kapacita vjezdu [p_{voz}/h],
$C_{g,v}$ základní kapacita vjezdu (bez vlivu přecházejících chodců) [p_{voz}/h],
$k_{v,ped}$ koeficient vlivu chodců na vjezdu do OK [-].

Základní kapacita vjezdu do OK $C_{g,v}$ (bez vlivu přecházejících chodců) je dána vztahem:

$$C_{g,v} = 3600 \cdot \left(1 - \frac{\Delta \cdot I_o}{n_o \cdot 3600}\right)^{n_o} \cdot \frac{k_{v,usp}}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_o}{3600}\left(t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta\right)} \qquad (2)$$

kde je

$C_{g,v}$ základní kapacita vjezdu (bez vlivu přecházejících chodců) [p_{voz}/h],
I_o intenzita dopravy na okruhu v místě vjezdu [p_{voz}/h],
n_o počet jízdních pruhů na okruhu v místě vjezdu [-],
$k_{v,usp}$ koeficient uspořádání jízdních pruhů na vjezdu a okruhu [-],
t_g kritický časový odstup [s],
t_f následný časový odstup [s],
Δ minimální časový odstup vozidel jedoucích na okruhu za sebou [s],
e Eulerovo číslo [-].

Metodika TP 188 [3] uvažuje s 5 možnými typy uspořádání vjezdu do OK (tab. 1). Tato tabulka zahrnuje hodnoty proměnných ve vzorci (2) pro všechna tato uspořádání.

Z pohledu TOK je předmětem zájmu zejména uspořádání vjezdu typu S/2. Jedná se o dvoupruhový vjezd do OK s jedním pruhem na okruhu, kdy druhý pruh na okruhu vzniká až v místě vjezdu na okružní pás z levého pruhu. Nicméně při návrhu TOK se uplatňují i uspořádání vjezdů typu 2/2, 2/1, případně 1/1.

Kritický časový odstup (pro konkrétního řidiče) je nejmenší časový odstup mezi dvěma vozidly v nadřazených dopravních proudech, který je daný řidič v podřazeném dopravním proudu ochoten přijmout k zařazení do nadřazeného dopravního prou-

du nebo k průjezdu křižovatkou v daných vnějších podmínkách. Hodnota časového odstupu mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu, kterou je „běžný“ řidič ochoten přijmout, závisí na zkušenosti řidiče i druhu vozidla. Kritický časový odstup (t_g) pro konkrétní křižovatku lze proto definovat jako hypotetickou střední hodnotu přijatelných časových odstupů na křižovatce (všech řidičů) v daných vnějších podmínkách. Schematické vyjádření kritického časového odstupu v dopravním proudu na okružním pásu je znázorněno na (obr. 3).

Následný časový odstup (t_f) je střední hodnota časových odstupů mezi dvěma následujícími vozidly podřazeného dopravního proudu, která se nacházejí ve frontě za sebou a zařazují se do stejného časového odstupu v nadřazeném dopravním proudu nebo v tomto odstupu nadřazené dopravní proudy křižují.

Orientační přehled kapacity jednotlivých typů vjezdu do OK je znázorněn na obr. 4.

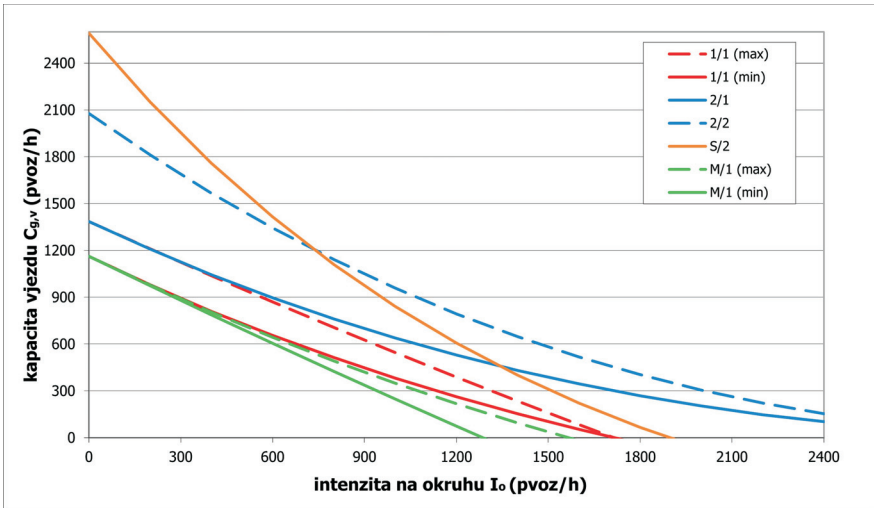
Z obr. 4 je patrné, že kapacita vjezdu typu S/2 je vyšší než u typu 2/2 při nižších intenzitách vozidel na okruhu, naopak u vyšších intenzit na okruhu je již kapacitnější vjezd 2/2. To vyplývá z toho, že v místě vjezdu na okružní pás je u typu S/2 na okruhu pouze jeden pruh (a druhý vzniká), takže je pro řidiče na vjezdu obtížnější najít dostatečnou mezeru mezi vozidly v nadřazeném proudu, protože všechna vozidla v nadřazeném proudu se pohybují za sebou v jednom pruhu. Naopak u typu 2/2 se vozidla na okruhu rozdělí do dvou pruhů.

Celková kapacita TOK je však zpravidla větší než kapacita standardní dvoupruhové OK, jelikož se na ní nachází jak typy S/2, tak typy 2/2, případně i 2/1. Projekt [12] v současné době zkoumá na větším vzorku křižovatek v ČR, jak velké rozdíly v kapacitě mezi jednotlivými typy vjezdů jsou. Dalším bodem výzkumu je zjištění rozdílu kapacity vjezdu typu 2/2 v závislosti na tom, je-li umístěn na běžné dvoupruhové OK, kde řidiči na okruhu využívají vnitřní pruh výrazně méně a navíc mohou začít přejíždět v místě křižování vjezdu z levého pruhu do pravého nebo na TOK, kde všechna vozidla na okruhu jedou po celou dobu ve svém určeném pruhu a využití obou pruhů na okruhu je vyrovnanější. Předpokládáme, že křivka typu vjezdu 2/2 na obr. 4 spíše odpovídá vjezdům do TOK, zatímco pro vjezdy do standardních dvoupruhových OK

tab. 1 *Hodnoty proměnných pro výpočet kapacity vjezdu do okružní křižovatky*

Typ uspořádání vjezdu a okruhu	Schematické znázornění	Počet pruhů na okruhu n_o	Počet pruhů na vjezdu n_v	Koeficient uspořádání $k_{v,usp}$ [-]	Kritický časový odstup t_g [s]	Následný časový odstup t_f [s]	Minimální časový odstup vozidel na okruhu Δ [s]
1/1		1	1	1,0	4,5 (pro $L_{kol} < 11$) $5,6 - 0,1 \cdot L_{kol}$ (pro $11 \le L_{kol} \le 20$) 3,6 (pro $L_{kol} > 20$)	3,1 (pro $R_v < 8$) $3,6 - 0,0625 \cdot R_v$ (pro $8 \le R_v \le 16$) 2,6 (pro $R_v > 16$)	2,1
2/1		2	1	1,0	3,7	2,6	2,1
2/2		2	2	1,5	3,7	2,6	2,1
S/2		1	2	1,8	4,5	2,7	2,1
M/1		1	1	1,0	4,5	3,1	2,8 (pro $D < 13$) $3,45 - 0,05 \cdot D$ (pro $13 \le D \le 23$) 2,3 (pro $D > 23$)

D vnější průměr OK [m]
L_{kol} vzdálenost mezi kolizním bodem na výjezdu z okružního jízdního pásu a kolizním bodem na vjezdu na okružní jízdní pás [m]; vynáší se v ose okružního jízdního pásu, resp. v ose vnějšího jízdního pruhu na okruhu
R_v poloměr vjezdu [m]



obr. 4 *Orientační kapacita dopravních proudů na vjezdu do okružní křižovatky podle TP 188 [3] v závislosti na typu uspořádání vjezdu zdroj: EDIP s.r.o.*
Legenda k obrázku – typ uspořádání vjezdu:
1/1 – jednopruhový vjezd do OK s jedním pruhem na okruhu
2/1 – jednopruhový vjezd do OK se dvěma pruhy na okruhu
2/2 – dvoupruhový vjezd do OK se dvěma pruhy na okruhu
S/2 – dvoupruhový vjezd do TOK s jedním pruhem na okruhu, druhý pruh na okruhu vzniká až v místě vjezdu na okružní pás z levého pruhu
M/1 – vjezd do mini OK

bude tato křivka v pravé části obrázku více kopírovat křivku typu vjezdu S/2.

Současná metodika posouzení kapacity pro dvoupruhové vjezdy do OK (tj. typ S/2 i typ 2/2) podle TP 188 [3] je zatím zjednodušená do jednoho vzorce za celý vjezd (oba pruhy sloučeně) a nezohledňuje tak reálné rozdělení intenzit do jednotlivých jízdních pruhů na vjezdu a vliv tohoto rozdělení na kapacitu vjezdu. U standardních dvoupruhových vjezdů a na dvoupruhovém okružním pásu se ve výpočtu toto uspořádání zohlední koeficientem $k_{v,usp}$ v hodnotě 1,5, který takovým vjezdům zvětší kapacitu o 50 % oproti jednopruhovým. U dvoupruhových vjezdů do TOK, kde na okruhu v místě vjezdu vzniká druhý pruh, se kapacita vjezdu zvětšuje o 80 % koeficientem 1,8. Podle typu vjezdu jsou proměnné i hodnoty kritických a následných časových odstupů.

Problematice aktualizace metodiky výpočtu kapacity vjezdu do vícepruhových OK se aktuálně věnuje právě probíhající projekt [12].

5 AKTUÁLNĚ ŘEŠENÝ VÝZKUMNÝ PROJEKT KATUROK

Od roku 2022 probíhá výzkumný projekt „Využití matematických metod pro optimalizaci výpočetních postupů pro stanovení kapacity turbookružních křižovatek (KATUROK)“ [12] financovaný Technologickou agenturou ČR v rámci programu DOPRAVA 2020+. Hlavním řešitelem projektu je EDIP s.r.o., spoluřešitelem je České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební. Cílem projektu je doplnit současné poznání o TOK pomocí podrobných dopravních průzkumů na řadě realizovaných TOK v ČR. Projekt se zaměřuje na rozšíření současné metodiky výpočtu kapacity TOK o novou metodiku rozdělení intenzit do jízdních pruhů na dvoupruhových vjezdech do křižovatky a následném posouzení střední doby zdržení pro každý pruh na vjezdu zvlášť. Současně by měly být na základě dopravních průzkumů aktualizovány hodnoty t_g a t_f pro typy vjezdů S/2 a 2/2.

Během prvního roku řešení projektu byly provedeny dopravní průzkumy na pěti TOK a jedné standardní dvoupruhové OK v ČR. Vyhodnocení těchto průzkumů zatím probíhá. Počítá se s tím, že v roce 2023 budou provedeny doplňkové průzkumy.

V prvním roce řešení projektu byla rovněž analyzována aktuálně platná metodika výpočtu kapacity turbookružní křižovatky podle TP 188 [3] a na základě podnětů z praxe získaných v dotazníkovém šetření byly definovány její slabé stránky, případně chybějící postupy výpočtu. Byly shromážděny další zahraniční metodiky a vzájemně porovnány z hlediska použitých matematických metod. Do souboru porovnávaných metodik byly zahrnuty metodiky pro stanovení kapacity vjezdu do turbookružní křižovatky, metodiky pro rozdělování intenzity dopravy do jízdních pruhů na dvoupruhovém vjezdu do okružní křižovatky a také metodiky pro stanovení kapacity připojení bypassu typu 1/1, které v současném znění TP 188 [3] nejsou obsaženy.

V rámci rešerše zahraničních metodik (německé HBS [4] a Arbeitspapier Turbokreisverkehre [5], americký HCM [6], slovenské TP 14/2015 [7] a TP 16/2015 [8]) vyplývá, že v některých státech se aplikuje rozdělení do pruhů na vícepruhových vjezdech do okružní křižovatky procentuálním rozdělením (levý pruh má na vjezdu menší podíl z celkové intenzity na vjezdu). Zatím nikdo se však podrobně nevěnoval rozdělení intenzit do pruhů na vjezdu TOK v závislosti na následném pohybu v křižovatce. To by mělo být náplní jedné z aktivit výzkumného úkolu pro letošní rok. Nejpodrobněji se této problematice věnují slovenské TP 14/2015 [7] a americký HCM [6]. Tyto dvě metodiky se zatím jeví jako nejlepší pro další zkoumání.

Analýza metodik

Analýzou zahraničních metodik jsme zjistili následující poznatky:

- Rozdělení intenzit do jednotlivých pruhů na vícepruhovém vjezdu do standardních dvoupruhových OK řeší pouze slovenské TP 14/2015 [7] a americký HCM [6].
- Rozdělení intenzit do jednotlivých pruhů na vjezdu do TOK řeší detailně pouze slovenské TP 14/2015 [7]. Pro přerozdělení intenzit v přímém směru do dvou pruhů doporučují intenzitu rozdělit rovnoměrně nebo na základě dopravního průzkumu (pokud nepřevládá nějaké silné odbočení).
- Posouzení kapacity vjezdu do OK typu S/2 a 2/2 dle jednotlivých metodik probíhá buď za celý vjezd zvlášť, nebo odděleně po jednotlivých pruzích. Přehled metodik a určení, zda metodika počítá kapacitu souhrnně za celý vjezd nebo po pruzích, je uveden v tab. 2.

tab. 2 *Přehled dostupných metodik pro výpočet kapacity vjezdu do okružní křižovatky typu S/2 a 2/2 a určení, zda metodika počítá kapacitu souhrnně za celý vjezd nebo po pruzích*

Typ vjezdu	TP 188 [3]	HBS [4]	Arbeitspapier [5]	HCM [6]	TP 14/2015 [7]	TP 16/2015 [8]
S/2	celý vjezd	není	po pruzích	po pruzích	po pruzích	není
2/2	celý vjezd	celý vjezd	po pruzích	po pruzích	po pruzích	po pruzích

Hypotézy

Současná metodika podle TP 188 [3] je zjednodušená a nezohledňuje odlišné intenzity a kapacity jízdních pruhů na vjezdu do vícepruhových OK. Na základě analýzy současných metodik byly definovány hypotézy výzkumu, které budou v dalším průběhu projektu ověřovány dopravními průzkumy a statistickou analýzou dat.

1) Předpokládáme, že v případě dvoupruhového vjezdu do okružní křižovatky je kapacita levého a pravého pruhu odlišná.
2) I když se v tom shromážděné zahraniční metodiky odlišují, předpokládáme, že v případě dvoupruhového vjezdu je vyšší kapacita pravého pruhu.
3) Řazení do jednotlivých pruhů na vjezdu, a tím i kapacitu vjezdu ovlivňuje, zda je před křižovatkou v delším úseku veden dvoupruhový jízdní pás, případně zda druhý pruh vzniká před křižovatkou jako pravý a průběžným pruhem je levý pruh nebo zda je průběžným pruhem pravý pruh a jako nový vzniká levý pruh.
4) Řazení do jednotlivých pruhů na vjezdu ovlivňuje také uspořádání pruhů za křižovatkou nebo následná dopravní situace za křižovatkou.

5) Na základě prvních zjištěných dat předpokládáme, že kapacita vjezdu typu 2/2 i S/2 je v reálném provozu o něco větší, než uvažuje stávající metodika TP 188 [3].

6 ZÁVĚR

V době vzniku aktuálně platné metodiky pro výpočet kapacity okružních křižovatek (2011, resp. 2018) obsažených v TP 188 [3] byly TOK realizovány na komunikační síti České republiky pouze výjimečně. Nedostatek realizací a zkušeností s jejich provozem neumožnil metodiku pro kapacitu vjezdů do TOK typu S/2 a 2/2 více prověřit v reálném provozu.

V současné době je v ČR realizováno již 28 TOK a probíhá výzkumný projekt KATUROK [12], který je zaměřen na ověření a aktualizaci metodiky. Jeho výstupy by měly být zveřejněny v červnu 2024.

Na základě dosud zjištěných poznatků v rámci výzkumného projektu se ukazuje, že TOK mají o něco vyšší kapacitu než běžné dvoupruhové OK a zároveň vyšší kapacitu, než předpokládá metodika v aktuálně platných TP 188 [3].

ZDROJE

[1] ČSN 73 6102. Projektování křižovatek na pozemních komunikacích. ed. 2, 2012,

[2] TP 135 Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích, 2017,

[3] TP 188 Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací, 2018,

[4] HBS - Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Köln, Ausgabe 2015. ISBN 978-3-86446-103-3,

[5] Arbeitspapier Turbokreisverkehre, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Köln, Ausgabe 2015. ISBN 978-3-86446-100-2,

[6] HCM - Highway Capacity Manual, 7th Edition. Transportaion Research Board, Washington D.C., 2022. ISBN-13: 978-0-309-27566-8,

[7] TP 14/2015 Technické podmienky Projektovanie turbo-okružných križovatiek, Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, 2015,

[8] TP 16/2015 Technické podmienky Výpočet kapacít pozemných komunikácií, Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, 2015,

[9] EDIP s.r.o.: Aktualizace výpočtových modelů pro stanovení kapacity okružních křižovatek. Výzkumný projekt č. 1F52I/063/120 Národního programu výzkumu 2004-2009. Závěrečná odborná zpráva. 2009,

[10] EDIP s.r.o.: Zpřesnění výpočtových modelů pro stanovení kapacity moderních druhů okružních křižovatek. Výzkumný projekt č. CG923-062-910 Národního programu výzkumu 2004-2009. Závěrečná odborná zpráva. 2010,

[11] EDIP s.r.o.: Metodika dopravně-inženýrských postupů při posuzování pozemních komunikací, Výzkumný projekt č. TA01031064. Závěrečná odborná zpráva. 2015,

[12] EDIP s.r.o.: Využití matematických metod pro optimalizaci výpočetních postupů pro stanovení kapacity turbookružních křižovatek, Výzkumný projekt č. CK03000156, 2022-2024, (https://www.edip.cz/vyzkum/katurok)

[13] Locaties turborotondes. Dirk de Baan [online]. Nizozemsko, 2012, Dostupné z: https://www.dirkdebaan.nl/locaties.html,

[14] TP 135 Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích, V-projekt s.r.o., 2005 (neplatné),

[15] TP 234 Posuzování kapacity okružních křižovatek, EDIP s.r.o., 2011 (neplatné),

[16] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS). FGSV, Köln, 2009 (neplatné),

[17] Brilon, W., Bäumer, H.: Diskussionsbeitrag zu: Steigerung der Leistungsfähigkeit und Sicherheit von mehrspurigen Kreisverkehrsplätzen durch Spiralform. Strassenverkehrstechnik 6/2006,

[18] Van Beinum, A. S.: Prestatieanalyse van de Turborotonde Systematische benadering van de relatie tussen geometrisch ontwerp en capaciteit, Disertační práce, TU Delft, 2007,

[19] Bartoš, L., Rozsypal, V.: Uplatnění spirálovitě uspořádaných okružních křižovatek, Silniční obzor 7-8/2008.

[20] Bartoš, L.: Poznatky z výzkumu kapacity vjezdu do okružní křižovatky, Dopravní inženýrství 2/2012,

[21] Smělý, M., Patočka, M.: Turbookružní křižovatky – charakteristiky a návrh (1. a 2. část), Silniční obzor 5/2022 a 6/2022.

Lektorský komentář

Článek má informativní charakter a seznamuje čtenáře se stavem prací na úpravách a upřesnění metodiky výpočtu kapacity turbookružních křižovatek (TOK) podle prováděných dopravních průzkumů na již existujících TOK v ČR. Za přínosné považuji zejména shrnutí historie vzniku metodiky pro výpočet kapacity TOK a základní porovnání přístupu k výpočtu této kapacity z dostupných zahraničních pramenů. Práce na upřesnění metodiky výpočtu jsou užitečné z toho důvodu, že v současných TP 188 výpočet kapacity TOK odpovídá stavu poznání v době jejich vzniku, kdy v ČR existovala pouze jedna TOK a teoretické předpoklady nebylo možné ověřit praxí. Věřím, že upřesněná metodika pro jednotlivé typy TOK podle průzkumů reálných dopravních poměrů na již existujících TOK bude užitečnou pomůckou, aby projektanti mohli navrhovat jednotlivé typy TOK tak, aby tyto křižovatky zvládaly optimálně přenášet návrhové intenzity dopravy.

Ing. Jan Adámek