

Elżbieta MACIOSZEK

BADANIA PRZELOTOWOŚCI RUCHOWEJ MAŁYCH ROND

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagadnienie przelotowości ruchowej małych rond oraz zaprezentowano wyniki przeprowadzonych badań przelotowości ruchowej na wybranych małych rondach zlokalizowanych na terenach miejskich.

TRAFFIC CAPACITY MEASUREMENTS OF SMALL TRAFFIC CIRCLES

Summary. The paper deals with traffic capacity of the small traffic circles, and results of the traffic capacity tests applied to small traffic circles located in the urban areas.

1. PRZELOTOWOŚĆ ROND [1]

Jakość przebiegu ruchu na rondzie zdeterminowana jest natężeniem gęstości ruchu oraz przelotowością ruchową na rondzie. Przelotowość ronda jest to maksymalna liczba pojazdów mogących w danym czasie skorzystać z ronda bez względu na czas oczekiwania na wjazd.

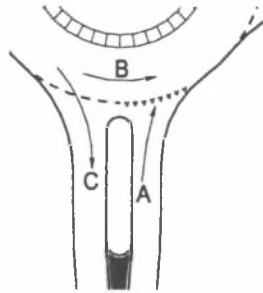
Rondo uważa się za serię wjazdów dróg w kształcie litery T. Właściwą przelotowość ruchową ronda osiąga się wtedy, gdy natężenie gęstości ruchu na jednej z dojeżdżających do ronda dróg jest takie samo lub wyższe niż przelotowość na wysokości punktu o charakterze konfliktowym w miejscu połączenia danej drogi z rondem. Przelotowość ruchową dojeżdżającej do ronda drogi traktuje się w tym przypadku jako wielkość determinującą o dwóch komponentach:

- przelotowość zjazdu z ronda: maksymalna liczba pojazdów, które mogą opuścić rondo bez popadania w sytuacje konfliktowe z ruchem drogowym znajdującym się na rondzie. Przelotowość ruchowa ronda zależy od jego geometrii, warunków klimatycznych i składu ruchu drogowego w punkcie zjazdu na wybraną przez użytkownika drogę,

- współczynnik konfliktu: współczynnik ten odzwierciedla zmniejszenie się przelotowości w miejscu zjazdu z ronda na skutek oddziaływania ruchu o charakterze konfliktowym.

Elementy determinujące ewentualny konflikt oznaczone są na rysunku 1 literami A i B. Ruch drogowy (C) zjeżdżający z ronda na drogę skręcając w prawo traktuje się jako ruch drogowy o pozornie konfliktowym charakterze. Skręcający w prawo ruch drogowy ma wpływ na przelotowość ruchową drogi. Kierowcy opuszczający rondo często nie włączają świateł kierunkowych, w wyniku czego oczekujący na wjazd na rondo kierowcy przez moment wahają się, co sprawia że czas oczekiwania trwa dłużej niż jest to konieczne. Można temu zapobiec stosując na danej drodze szerszą wysepkę rozdzielającą przeciwne kierunki ruchu i rozprowadzającą ruch lub budując większe rondo. Obecnie mamy do dyspozycji różne metody oceny przelotowości ruchowej ronda, dzięki czemu można właściwie oszacować, jakiego typu rondo należy zaprojektować i w jakim miejscu wybudować. Wstępny test ma

charakter bardzo ogólny. W zależności od wyniku tego testu można zastosować bardziej dokładne metody. W praktyce jednak zazwyczaj wystarcza test o charakterze ogólnym.



Rys. 1. Kierunki ruchu o charakterze konfliktowym determinujące przelotowość ruchową ronda
Fig. 1. Conflicting traffic directions that determinate traffic capacity of the traffic circle

Szczegółową metodę należałoby zastosować jedynie wtedy, gdy pojawią się wątpliwości. Istnieją następujące metody oceny:

- metoda empiryczna,
- obliczenia matematyczne,
- makroskopijne i mikroskopijne modele obliczania.

2. METODA EMPIRYCZNA

Dla danego ruchu można zastosować rondo, gdy suma całego nadjeżdżającego potoku pojazdów jest w przypadku danego wariantu ronda mniejsza niż (tablica 1):

- dla ronda jednopasowego z jednopasowym wjazdem i zjazdem wynosi około 25 000 pojazdów na 24 h,
- dla ronda dwupasowego z jednopasowym wjazdem i zjazdem wynosi około 30 000 pojazdów na 24 h,
- dla ronda dwupasowego z dwupasowym wjazdem i zjazdem wynosi około 40 000 pojazdów na 24 h.

Wymienione wartości dotyczą jedynie sytuacji, gdzie nie ma rowerów ani pieszych lub gdy rowery ani piesi nie mają pierwszeństwa przejścia i przejazdu albo nie mają wolnego przejścia. Stosując metodę empiryczną nie bierze się pod uwagę zjawiska zróżnicowania pojazdów ze względu na porę dnia, pochodzenie, przeznaczenie oraz skład ruchu drogowego. Należy również polecić wykonanie obliczeń kontrolnych uwzględniających rozmiary i częstotliwość występowania konfliktów na rondzie.

3. OBLICZENIA MATEMATYCZNE DLA ROND JEDNOPASOWYCH

Zdolność zapewnienia danej przelotowości ruchowej w przypadku ronda jednopasowego z jednopasowym wjazdem i bez ruchu rowerowego mającego pierwszeństwo przejazdu przez daną drogę dojeżdżającą do ronda można obliczyć za pomocą niżej przedstawionego równania matematycznego (dla A, B i C na rysunku 1). Dla każdego wjazdu na rondo obliczenia należy wykonać oddzielne [1].

$$C_{wjazd} = 1440 - I_{rondo} - 0,5 \cdot I_{zjazd} \quad (1)$$

gdzie:

C_{wjazd} - zdolność realizacji przelotowości na wjeździe wyrażona liczbą pojazdów na godzinę (A),

I_{rondo} - gęstość ruchu na rondzie wyrażona liczbą pojazdów na godzinę (B),

I_{zjazd} - gęstość ruchu na zjeździe wyrażona liczbą pojazdów na godzinę (C).

4. KONFLIKTOWOŚĆ RONDA [1]

Konfliktowość ronda wg [1] jest to suma gęstości ruchowej (relacje A i B na rysunku 1) przy wjeździe na rondo i gęstości ruchowej ruchu znajdującego się już na rondzie na wysokości tego wjazdu. Maksymalne wartości konfliktowości ronda podano w tablicy 1.

Tablica 1

Wartości graniczne przelotowości ruchowej (metoda empiryczna) oraz wartości konfliktowości ronda

Warianty ronda	Gęstość ruchowa na dobę [P/24h]	Konfliktowość ronda [E/h]
Jednopasowe z jednopasowym wjazdem i zjazdem	25 000	1500
Dwupasowe z jednopasowym wjazdem i zjazdem	30 000	1800
Dwupasowe z dwupasowym wjazdem i zjazdem	40 000	2100-2400

Źródło: [1].

Konfliktowość ronda wyrażona jest w E/h. Samochody ciężarowe są nie tylko większych rozmiarów, fakt że pojazdy te wolniej się poruszają ma wpływ na przelotowość rond. Wartość [E/h] dla samochodów ciężarowych i autobusów wynosi:

- samochód ciężarowy lub autobus na rondzie: 2 do 3 E/h,
- samochód ciężarowy lub autobus na wjeździe: 3 do 4 E/h.

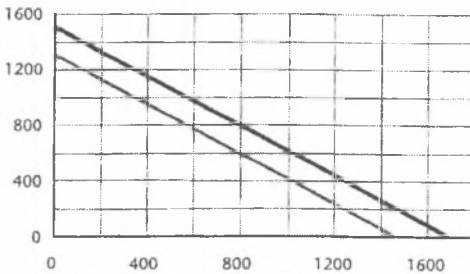
5. INNE WARIANTY RONDA [1]

Dla innych podstawowych sytuacji, z jakimi spotykamy się na rondach, oraz innych wariantów realizacji rond nie istnieją żadne sprawdzone metody, na podstawie których można ocenić ich przelotowość. Przy dokonywaniu oceny można odwołać się do metody obliczania zaproponowanej przez Bovy'ego. Za pomocą tej metody można obliczyć przelotowość ruchową na wjeździe na rondo zarówno jednopasowe, jak dwupasowe z jedno- lub dwupasowym wjazdem. Metoda ta uwzględnia także ruch drogowy o charakterze pozornie konfliktowym w pobliżu zjazdu z ronda (relacja C na rysunku 1).

Posługując się równaniem Bovy'ego wykreślono nomogramy (rysunki 2 i 3), za pomocą których można dokonać oceny przelotowości ruchowej przy wjeździe na rondo. W nomogramach:

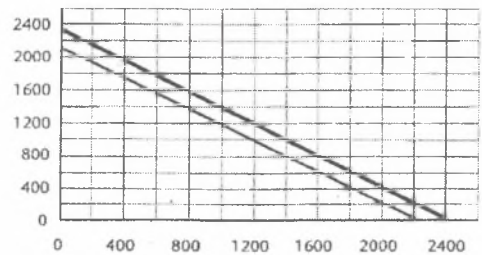
- wartości które odzwierciedlają nomogramy są w ograniczonym stopniu sprawdzone,
- w nomogramach wykreślono dwie linie:

- górna oddaje gęstość ruchu możliwego na rondzie bez względu na czas oczekiwania na wjazd,
- dolna oddaje rzeczywistą przelotowość ruchową uwzględniającą czas oczekiwania na wjazd wynoszącą maksymalnie 20 sekund,
- w przypadku rond otwartych dla ruchu rowerowego wjeżdżającego z drogi z pierwszeństwem przejazdu zastosowano wysepkę typu kanalizatora ruchu na wjeździe i wyjeździe zapewniającą miejsce dla rowerów tak, aby mogły w dwóch etapach przejechać przez rondo,
- wertykalną oś należy dopełnić wartością odzwierciedlającą gęstość ruchu w punkcie wyjazdu na rondo,
- w przypadku wyposażenia ronda w pas objazdowy należy od wartości odzwierciedlającej gęstość ruchu w punkcie wjazdu na pas objazdowy odjąć wartość odzwierciedlającą gęstość ruchu korzystającego z pasa objazdowego,
- gęstość ruchu, który reprezentuje horyzontalna oś, należy dopełnić mnożąc część (około 50%) gęstości ruchu w punkcie dołączania danej drogi do ronda. Oś wertykalna reprezentuje gęstość ruchu w punkcie wjazdu na rondo [E/h].



Rys. 2. Nomogram Bovy'ego przebiegu ruchu samochodowego na rondzie jednopasowym z wjazdem o dwóch pasach (rowery z pierwszeństwem przejazdu)

Fig. 2. Bovy nomogram of the car traffic course at the one-lane traffic circle with two-lane approach (right of way for bicycles)



Rys. 3. Nomogram Bovy'ego przebiegu ruchu samochodowego na rondzie dwupasowym z dwupasowym wjazdem (bez ruchu rowerowego)

Fig. 3. Bovy nomogram of the car traffic course at the two-lane traffic circle with two-lane approach (no bicycle traffic allowed)

Na podstawie powyższych nomogramów można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Rondo dwupasowe z jednopasowym wjazdem zapewnia przelotowość ruchową w punkcie wjazdu większą o 400 E/h w porównaniu z rondem jednopasowym. Należy jednak sprawdzić, czy jednopasowy zjazd o maksymalnej w praktyce przelotowości wynoszącej 1500 E/h może podołać takiemu nasileniu ruchu. Różnica w zakresie przelotowości spada proporcjonalnie w zależności od zmniejszania się nasilenia ruchu na rondzie osiągając ostatecznie wartość zero.
2. Rondo dwupasowe z dwupasowym wjazdem zapewnia większą o 800 E/h przelotowość w punkcie wjazdu w porównaniu z rondem dwupasowym z jednopasowym wjazdem. Różnicę tę osiąga się przy bardzo niskim nasileniu ruchu na rondzie. Jej wartość spada proporcjonalnie do około 50 E/h przy ekstremalnie wysokim nasileniu ruchu na rondzie. Również w tym przypadku należy sprawdzić, czy zjazd na rondo jednopasowe z maksymalną w praktyce przelotowością ruchową wynoszącą 1500 E/h może podołać takiemu nasileniu.

6. ZAKRES PRZEPROWADZONYCH BADAŃ PRZELOTOWOŚCI RUCHOWEJ

W celu oceny przelotowości ruchowej małych rond przeprowadzono badania na sześciu wybranych małych rondach zlokalizowanych na terenach miejskich Górnego Śląska. Wszystkie badane małe ronda to ronda jednopasowe z jednopasowym wjazdem i zjazdem.

Tablica 2

Wyniki badań przelotowości ruchowej małego ronda ulic Świerczewskiego, Michałkowicka, Parkowa w Siemianowicach Śląskich

Przelotowość ruchowa ronda [E/h]		1284			
Wartości strumieni ewentualnie konfliktowych [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		B=619	B=925	B=951	B=759
		C=875	C=357	C=259	C=958
		A=384	A=337	A=360	A=203
Właściwa przelotowość ruchowa		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		nie osiągnięta	nie osiągnięta	nie osiągnięta	nie osiągnięta
Ocena przelotowości za pomocą nomogramów Bovy'ego	gęstość ruchu możliwego na rondzie [E/h]	wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		1180	1300	1200	1300
	rzeczywista przelotowość ruchowa [E/h]	980	1100	1000	1100
Zdolność realizacji przelotowości C_{wjazd} [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		384	337	360	203
Konfliktowość ronda [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		1003	1262	1311	962

Tablica 3

Wyniki badań przelotowości ruchowej małego ronda ulic Nałkowskiej, Sikorskiego, Kuźaja, Artura w Radzionkowie

Przelotowość ruchowa ronda [E/h]		2990			
Wartości strumieni ewentualnie konfliktowych [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		B=513	B=458	B=753	B=159
		C=269	C=659	C=486	C=365
		A=793	A=653	A=445	A=1099
Właściwa przelotowość ruchowa		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		osiągnięta	osiągnięta	nie osiągnięta	osiągnięta
Ocena przelotowości za pomocą nomogramów Bovy'ego	gęstość ruchu możliwego na rondzie [E/h]	wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		800	910	1110	520
	rzeczywista przelotowość ruchowa [E/h]	600	710	910	320
Zdolność realizacji przelotowości C_{wjazd} [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		793	653	445	1099
Konfliktowość ronda [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		1306	1111	1198	1258

Badania przelotowości polegały na zliczaniu natężenia ruchu na wlotach małych rond wyrażonego liczbą pojazdów na godzinę. Badania przeprowadzono w losowo wybranych dniach w miesiącach marcu, kwietniu, maju, czerwcu i sierpniu 2004 r. Na podstawie otrzymanych wyników dokonano analizy podstawowych parametrów charakteryzujących przelotowość małych rond. Parametry te zestawiono w tablicach 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Tablica 4

Wyniki badań przelotowości ruchowej małego ronda w Piekarach Śląskich (I)

Przelotowość ruchowa ronda [E/h]		2779			
Wartości strumieni ewentualnie konfliktowych [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		B=159	B=456	B=836	B=611
		C=356	C=284	C=761	C=439
Właściwa przelotowość ruchowa		A=1103	A=842	A=224	A=610
		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		osiągnięta	osiągnięta	nie osiągnięta	nie osiągnięta
Ocena przelotowości za pomocą nomogramów Bovy'ego	gęstość ruchu możliwego na rondzie [E/h]	wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
	rzeczywista przelotowość ruchowa [E/h]	510	750	1300	980
		310	550	1100	780
Zdolność realizacji przelotowości C_{wjazd} [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
Konfliktowość ronda [E/h]		1103	842	224	610
		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		1262	1298	1060	1221

Tablica 5

Wyniki badań przelotowości ruchowej małego ronda w Piekarach Śląskich (II)

Przelotowość ruchowa ronda [E/h]		2248			
Wartości strumieni ewentualnie konfliktowych [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		B=359	B=568	B=743	B=625
		C=621	C=954	C=672	C=189
Właściwa przelotowość ruchowa		A=771	A=395	A=361	A=721
		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		osiągnięta	nie osiągnięta	nie osiągnięta	osiągnięta
Ocena przelotowości za pomocą nomogramów Bovy'ego	gęstość ruchu możliwego na rondzie [E/h]	wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
	rzeczywista przelotowość ruchowa [E/h]	830	1150	1200	890
		630	950	1000	690
Zdolność realizacji przelotowości C_{wjazd} [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
Konfliktowość ronda [E/h]		771	395	361	721
		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		1130	963	1104	1346

Tablica 6

Wyniki badań przelotowości ruchowej małego ronda w Czeladzi

Przelotowość ruchowa ronda [E/h]		1200			
Wartości strumieni ewentualnie konfliktowych [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		B=758	B=819	B=698	B=825
		C=617	C=923	C=675	C=709
Właściwa przelotowość ruchowa		A=374	A=160	A=405	A=261
		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		nie osiągnięta	nie osiągnięta	nie osiągnięta	nie osiągnięta
Ocena przelotowości za pomocą nomogramów Bovy'ego	gęstość ruchu możliwego na rondzie [E/h]	wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		1200	1390	1180	1300
	rzeczywista przelotowość ruchowa [E/h]	1000	1190	980	1100
Zdolność realizacji przelotowości C_{wjazd} [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		374	160	405	261
Konfliktowość ronda [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		1133	980	1104	1087

Tablica 7

Wyniki badań przelotowości ruchowej małego ronda w Świerklańcu

Przelotowość ruchowa ronda [E/h]		2903			
Wartości strumieni ewentualnie konfliktowych [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		B=412	B=182	B=657	B=352
		C=396	C=976	C=489	C=651
Właściwa przelotowość ruchowa		A=830	A=770	A=539	A=763
		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		osiągnięta	osiągnięta	nie osiągnięta	osiągnięta
Ocena przelotowości za pomocą nomogramów Bovy'ego	gęstość ruchu możliwego na rondzie [E/h]	wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		790	820	1000	830
	rzeczywista przelotowość ruchowa [E/h]	590	620	800	630
Zdolność realizacji przelotowości C_{wjazd} [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		830	770	539	763
Konfliktowość ronda [E/h]		wlot 1	wlot 2	wlot 3	wlot 4
		1242	952	1196	1115

7. ANALIZA WYNIKÓW I PODSUMOWANIE

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że dla wszystkich badanych małych rond suma całego nadjeżdżającego potoku pojazdów jest mniejsza niż 25 000 P/24h, czyli skrzyżowania typu małe rondo w zupełności zaspokajają wymagania związane

z przepustowością. Właściwa przelotowość ruchowa została osiągnięta tylko na tych wlotach, które charakteryzowały się małym natężeniem ruchu. Na wlotach, przy których ruch na jezdni ronda przy danym wlocie był wyższy niż panujące na wlocie natężenie ruchu, właściwa przelotowość ruchowa nie została osiągnięta. Obliczona dla wszystkich małych rond zdolność zapewnienia przelotowości ma wartość przybliżoną do wartości odczytanych z nomogramów Bovy'ego przebiegu ruchu samochodowego na rondzie jednopasowym. Obliczone wartości konfliktowości są we wszystkich przypadkach mniejsze od maksymalnych, co zapewnia sprawne funkcjonowanie w okresach szczytowego ruchu na małych rondach.

Literatura

1. Streszczenie polskich seminariów bezpieczeństwa ruchu drogowego (1997-1999), cz. II: Struktura i projektowanie dróg w Polsce. Sugestie wynikające z praktyki holenderskiej.
2. May A.: Traffic Flow Fundamentals, Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey 1990.
3. Tanner J.C.: The capacity of an uncontrolled intersection. *Biometrika* 54 (3-4), 1967.
4. Bartoszewski J.: Węzły drogowe i uliczne. WKŁ, Warszawa 1970.
5. Brilon W., Stuwe B.: Capacity and design of traffic circles in Germany. *Transportation Research Record* 1398, 61 - 67, 1990.
6. Troutbeck R. J.: Capacity and design of traffic circles in Australia. *Transportation Research Record* 1398, 68 - 74, 1990.

Recenzent: Dr hab. inż. Romuald Szopa, prof. Politechniki Częstochowskiej