

Elżbieta DUDA

ETAPY MODERNIZACJI SKRZYŻOWANIA CZĘŚCIOWO SKANALIZOWANEGO NA MAŁE RONDO ORAZ WYNIKI OBLICZEŃ PRZEPUSTOWOŚCI PRZED I PO WPROWADZENIU ZMIAN W ORGANIZACJI RUCHU

Streszczenie. W opracowaniu zaprezentowano kolejne etapy modernizacji skrzyżowania wraz z wynikami obliczania przepustowości przed i po modernizacji ze skrzyżowania czterowłotowego częściowo skanalizowanego, na małe trójwłotowe rondo o średnicy zewnętrznej 26 m, nieprzejezdną wyspą środkową, jednopasowych wlotach i jednopasowej jezdni wokół wyspy środkowej ronda. Celem wprowadzonych zmian w organizacji ruchu było polepszenie panujących warunków ruchowo – drogowych, takich jak zwiększenie przepustowości, w tym płynności ruchu, jak i bezpieczeństwa ruchu drogowego w obrębie skrzyżowania.

THE STAGES OF CROSSROAD MODERNIZATION ON SMALL ROUNDABOUT AND CALCULATIONS RESULTS OF CAPACITY BEFORE AND AFTER CHANGES IN TRAFFIC ORGANIZATION

Summary. The elaboration presents the succesives of crossroad modernization stages with the calculation results of capacity before and after modernization from crossroad with four partly canalized inlets, to small roundabout with three inlets and external diameter 26 m. The central island of roundabout will be impassable. Every inlet with one roadway and one roadway around central island of roundabout. The destination of changes in traffic road organization is make for improvement present traffic road condition, like traffic fluency and larger capacity in all the inlets of roundabout and better safety on traffic road an all crossroad.

1. WPROWADZENIE

Jednym z najbardziej widocznych dziś problemów występujących na skrzyżowaniach drogowych związanych ze stale wzrastającym natężeniem ruchu jest niewystarczająca przepustowość wlotów podporządkowanych na większości z obserwowanych skrzyżowań. Podczas wizji na rozpatrywanym skrzyżowaniu i pomiarów natężenia ruchu zaobserwowano następujące problemy ruchowe:

- Tworzenie się kolejek pojazdów lewoskrętnych na wlocie 2 (patrz rys. 1) w okresie szczytowego ruchu. W czasie tworzenia się kolejki pojazdów utrudniony jest ruch, gdyż w skrajnych przypadkach kolejka sięga około 50 – 60 metrów od wlotu.

W odległości 80 m od wlotu 2 zlokalizowany jest przystanek komunikacji autobusowej. Z uwagi na brak zatoki autobusy zatrzymujące się na przystanku zwąężają przekrój jezdni i wraz z kolejką lewoskrętów blokują ulicę. W obszarze przystanku autobusowego zarówno samochody zbliżające się do wlotu skrzyżowania, jak i autobusy zatrzymujące się na przystanku są dla siebie przeszkodą i stwarzają sytuacje niebezpieczne.

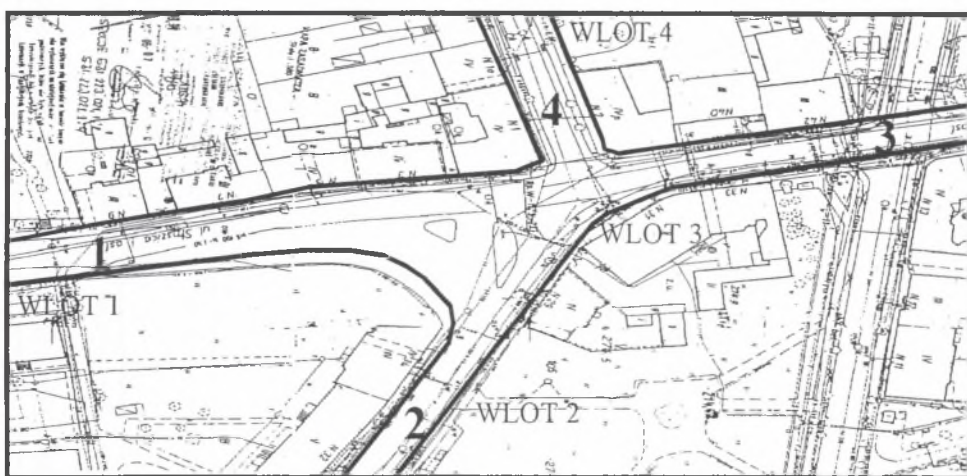
- Pojazdy lewoskrętne z wlotu 3 z uwagi na wspólny pas z relacją na wprost blokują możliwość wykonywania tej relacji. Szczególnie jest to widoczne, gdy za samochodem chcącym wykonać manewr skrętu w lewo znajdują się samochody ciężarowe.
- Utrudniony wyjazd z wlotu 4 z uwagi na złą widoczność spowodowaną zwartą zabudową. Takie sytuacje prowadzą do dużych strat czasu podróży, jakie ponoszą użytkownicy dróg.

Niewystarczająca przepustowość, jak i inne wyżej wymienione niedogodności w ruchu pojazdów poparte przeprowadzonymi badaniami natężenia i obliczeniami przepustowości wlotów podporządkowanych stanowiły podstawę do podjęcia decyzji o modernizacji i zmianie organizacji ruchu.

2. TOK POSTĘPOWANIA

2.1. Inwentaryzacja stanu istniejącego

Na skrzyżowaniu tym przecinają się dwa najbardziej ruchliwe ciągi uliczne w mieście, trasa dojazdowa z Siemianowic Śląskich do DK 1 (Bielsko Biała – Częstochowa – Łódź – Toruń - Gdańsk) jest to główna ulica Siemianowic, oraz dojazd do DK 94. Zlokalizowane jest ono w centrum miasta w obszarze zwartej zabudowy. W jego otoczeniu dominują obszary o miejskich sposobach zagospodarowania terenu. Aktualnie jest ono rozległe i zajmuje dużą powierzchnię terenu. Skrzyżowanie to, ze względu na wzajemne wysokościowe usytuowanie krzyżujących się ulic, jest skrzyżowaniem jednopoziomowym. Pod względem schematu geometrycznego jest to skrzyżowanie czterewlotowe skośne o lekko przesuniętych wlotach. W dalszym opisie i obliczeniach posłużono się numeracją poszczególnych wlotów jak na rys. 1.



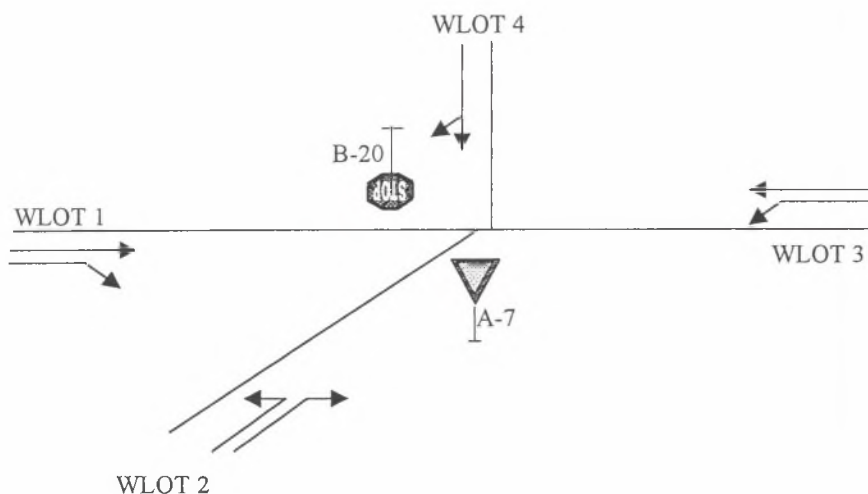
Rys. 1. Szkic oznaczenia wlotów

Fig. 1. The sketch of inlets

2.2. Organizacja ruchu

Aktualnie skrzyżowanie działa na zasadzie pierwszeństwa przejazdu dla wlotu 1 i wlotu 3, co przedstawia rys. 2.

- *Wlot 1* - ma wydzielony pas ruchu do jazdy na wprost oraz wydzielony pas ruchu dla prawoskrętów.
- *Wlot 2* - jest wlotem skanalizowanym (wysepki w krawężnikach). Jest podporządkowany znakiem A-7 – „Ustąp pierwszeństwa przejazdu”.
- *Wlot 3* - dopuszczalna jest jazda na wprost i w lewo, obydwie relacje korzystają ze wspólnego pasa ruchu.
- *Wlot 4* - jest podporządkowany znakiem B-20 – „STOP”. Na wlocie nie jest możliwa relacja lewoskrętu.

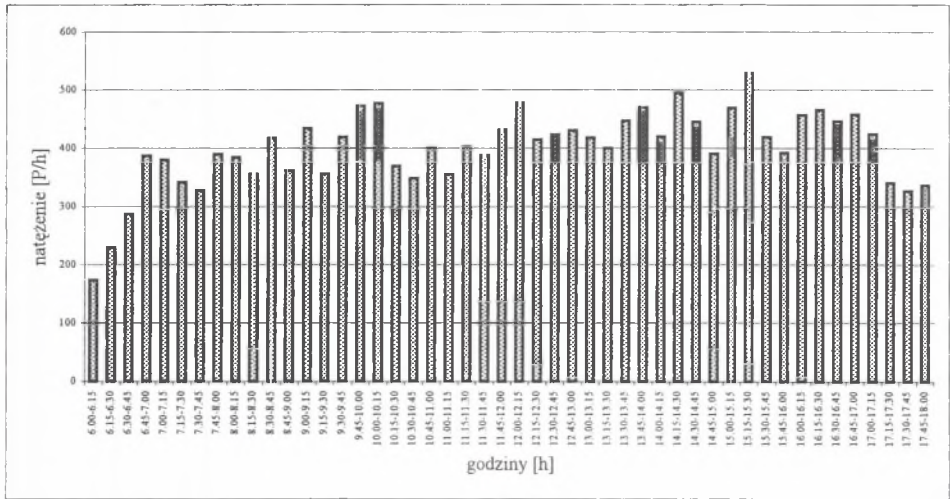


Rys.2. Schemat organizacji ruchu

Fig.2. The diagram of traffic organization

2.3. Pomiary natężenia ruchu

W celu uzyskania informacji o rzeczywistej sytuacji ruchowej na skrzyżowaniu wykonano metodą ręcznych notowań dwa dwunastogodzinne pomiary natężenia ruchu, w okresie pomiarowym od 6.00 – 18.00. Przeprowadzone badania posłużyły do: określenia wielkości natężenia ruchu na poszczególnych wlotach oraz na całym skrzyżowaniu, określenia struktury kierunkowej i rodzajowej ruchu, wyznaczenia godziny szczytu dla całego skrzyżowania oraz dla poszczególnych wlotów, określenia natężenia ruchu w godzinie szczytu, obliczenia przepustowości wlotów podporządkowanych i oceny warunków ruchu oraz wyznaczenia prognozy ruchowej. Dla wyznaczonej godziny szczytu, która na analizowanym skrzyżowaniu przypada w godzinach przedpołudniowych, sporządzono wykres wahań natężenia ruchu na skrzyżowaniu (rys.3).



Rys. 3. Wykres wahań natężenia ruchu dla skrzyżowania

Fig. 3. The graph for crossroad movement hesitate

2.4. Przepustowość skrzyżowania w stanie istniejącym

Przepustowość czterowłotowego skrzyżowania obliczono korzystając z metody obliczania przepustowości skrzyżowań drogowych działających na zasadzie podporządkowania ruchu znakami „Ustąp pierwszeństwa przejazdu” i „Stop”, zgodnie z [11]. Do obliczeń przyjęto wielkości natężenia ruchu dla wyznaczonej godziny szczytu.

Przeliczenia natężeń ruchu relacji Q_{rd} wyrażonych w pojazdach rzeczywistych na natężenia w pojazdach umownych Q_{rd}^E dokonano według wzoru [11]:

$$Q_{rd}^E = \frac{Q_{rd}}{f_{cs}} \quad (1)$$

gdzie:

Q_{rd} – natężenie ruchu relacji dławiących [E/h],

f_{cs} – współczynnik korygujący uwzględniający wpływ pochyleń podłużnych wlotu na linii 30 m od linii zatrzymań i struktury rodzajowej ruchu.

Następnie w celu wyznaczenia z odpowiednich wykresów [11] przepustowości wyjściowych dla poszczególnych relacji wyznaczono natężenia relacji nadrzędnych dla danych relacji podporządkowanych i przyjęto graniczne odstępy czasowe.

Przepustowość relacji, korzystającej z jednego pasa ruchu w odniesieniu do rzeczywistych warunków geometryczno – ruchowych, obliczono ze wzoru [11]:

$$C_r = C_{or} \cdot f_d \cdot f_p \cdot f_w \quad [E/h] \quad (2)$$

gdzie:

C_r – przepustowość relacji korzystającej z jednego pasa ruchu [E/h],

C_{or} – przepustowość wyjściowa relacji [E/h],

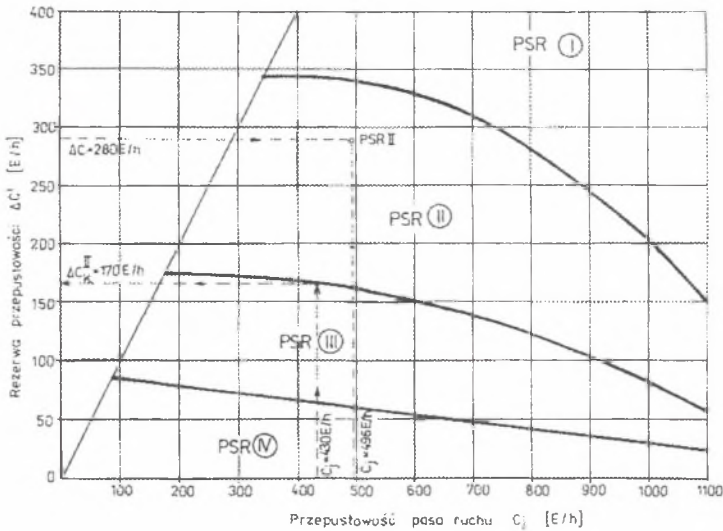
f_d – współczynnik korygujący uwzględniający wpływ dławienia ruchu na wlocie,

f_p – współczynnik korygujący uwzględniający wpływ szerokości pasa ruchu, typ wlotu i natężenie ruchu pieszego,

f_w – współczynnik korygujący uwzględniający wpływ widoczności.

Na skrzyżowaniu tym relacje podporządkowane to relacje z wlotu 2 oraz z wlotu 4. Na wlocie 4 rezerwa przepustowości pasa ruchu wynosi 490 [E/h], co odpowiada I PSR (rys. 4). Średnia strata czasu przypadająca na pojazd wynosi 0 – 10 [s/P].

Na wlocie 2 przepustowość pasa ruchu równa jest przepustowości relacji i wynosi odpowiednio dla relacji prawoskrętnej $C_{2P} = 770$ [E/h], i lewoskrętnej $C_{2L} = 234$ [E/h]. Rezerwa przepustowości prawoskrętu wynosi 428 [E/h], co odpowiada I PSR, natomiast wyczerpana jest przepustowość lewoskrętu $\Delta C_{2L} = C_{2L} - Q_{2L} = 234 - 311 = - 77$ E/h \Rightarrow przepustowość wyczerpana.



Rys. 4. Wykres do wyznaczania wartości krytycznej rezerwy przepustowości i poziomów swobody ruchu

Fig. 4. The diagram to value calculation of critical capacities reserve and movement levels liberty

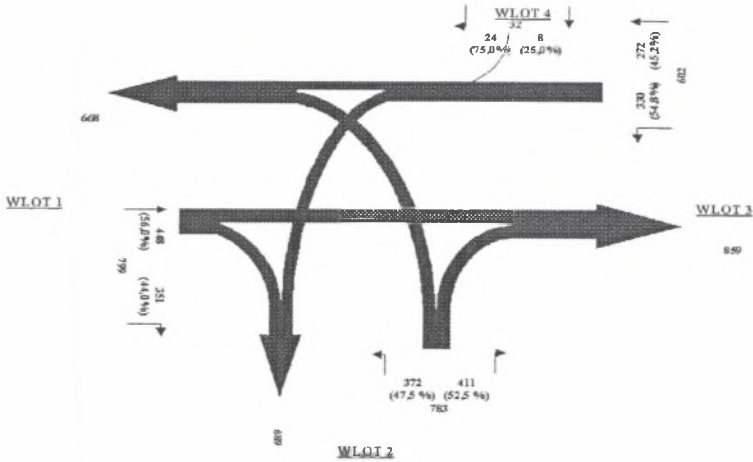
Analiza przepustowości skrzyżowania wykazała, że wyczerpana jest przepustowość lewoskrętu z wlotu 2. Potwierdzają to tworzące się w godzinie szczytu kolejki pojazdów na wlocie, oczekujących na możliwość włączenia się do ruchu.

Rozpatrując całe skrzyżowanie, można stwierdzić, że cechuje się ono dużymi natężeniami ruchu wszystkich relacji na wlotach oprócz wlotu 4. Relacjami dominującymi na skrzyżowaniu są: relacja jazdy na wprost z wlotu 1, relacja lewoskrętu z wlotu 2, relacja lewoskrętu z wlotu 3.

2.5. Prognoza ruchu

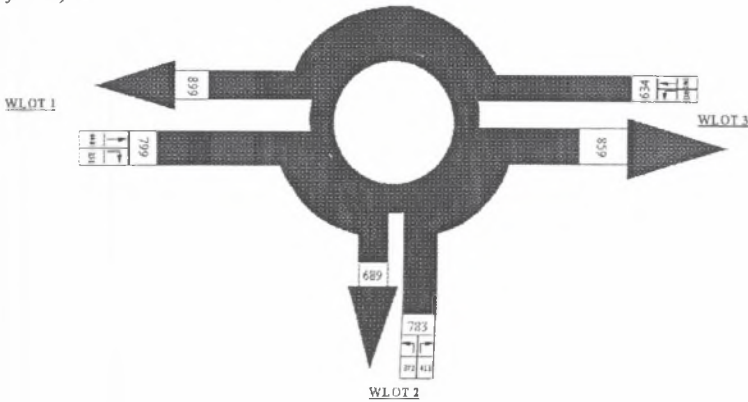
Obliczono prognozę ruchu dla skrzyżowania na 10 lat, korzystając z metody stałej stopy wzrostu, która zakłada stały wzrost ruchu w ciągu kolejnych lat. Wielkości ruchowe po prognozie na 10 lat przedstawiono na kartogramach ruchu dla skrzyżowania i dla małego ronda.

Pomiary struktury rodzajowej wykazały, że na skrzyżowaniu zdecydowaną przewagę mają samochody osobowe. Porównując udział samochodów ciężarowych i autobusów na wszystkich wlotach, okazuje się, że jest on największy dla wlotu 3 oraz wlotu 1.



Rys. 5. Kartogram ruchu w P/h dla prognozy
Fig. 5. The movement route in V/h for prognosis

Wielkości ruchowe po prognozie na 10 lat dla małego ronda przedstawiono na kartogramie ruchu (rys. 6).



Rys.6. Kartogram prognozy dla ronda w P/h
Fig.6. The prognosis route for roundabout in V/h

2.6. Obliczenia przepustowości projektowanego małego ronda

W pierwszym etapie obliczeń wyznaczono odległości pomiędzy punktami kolizji dla potoków wjeżdżającego i wyjeżdżającego z wlotu z potokiem ruchu na jezdni ronda oraz przeliczono natężenia ruchu dla każdego wlotu ronda z P/h na E/h, zgodnie ze wzorem [2]:

$$Q_{wIE} = Q_{SOD} \cdot E_{SOD} + Q_{SC} + E_{SC} + Q_{SCP} \cdot E_{SCP} + Q_A \cdot E_A + Q_{AP} \cdot E_{AP} + Q_{R/M} \cdot E_{R/M} \quad [E/h] \quad (3)$$

gdzie:

Q_{wIE} – natężenie potoku ruchu w [E/h],

Q_{SOD} – natężenie samochodów osobowych i dostawczych w [P/h],

Q_{SC} – natężenie samochodów ciężarowych w [P/h],

Q_{SCP} – natężenie samochodów ciężarowych z przyczepami, samochodów ciężarowych z naczepami w [P/h],

Q_A – natężenie autobusów w [P/h],

Q_{AP} – natężenie autobusów przegubowych w [P/h],

$Q_{R/M}$ – natężenie motocykli i rowerów w [P/h],

E_{SOD} , E_{SC} , E_{SCP} , E_A , E_{AP} , $E_{R/M}$ – współczynniki przeliczeniowe na pojazdy umowne, odpowiednio do poszczególnych rodzajów pojazdów (patrz tablica 1).

Tablica 1

Współczynniki przeliczeniowe na pojazdy umowne dla wyróżnionych rodzajów pojazdów [2]

Rodzaj pojazdu	Oznaczenie	Wartość współczynnika przeliczeniowego				
		Pochylenie wlotu i [%]				
		+4%	+2%	0	-2%	-4%
Samochody osobowe, samochody dostawcze	E_{SOD}	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8
Samochody ciężarowe, autobusy	E_{SC}	3,0	2,0	1,5	1,2	1,0
Samochody ciężarowe z przyczepami, samochody ciężarowe z naczepami, autobusy przegubowe	E_{SCP}	6,0	3,0	2,0	1,5	1,2
Motocykle, rowery	$E_{M/R}$	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
Struktura typowa	E_n	1,7	1,4	1,1	1,0	0,9

Następnie obliczono natężenia ruchu na jezdni ronda Q_{Rwl} w E/h przy każdym z wlotów oraz obliczono przepustowość wlotów ronda zgodnie ze wzorami:

$$C_{wl} = C_{owl} + \alpha + \beta_{wl} \quad [E/h] \quad (4)$$

$$C_{owl} = 1550 \cdot \exp(-0,00084 \cdot \frac{Q_{Rwl}}{LP_{Rwl}}) + 208 \cdot LP_{wl} + 48 \cdot LP_{Rwl} \quad (5)$$

$$\alpha = 60 \cdot D_{ZN} - 7,38 \cdot D_{ZN}^2 + 0,152 \cdot D_{ZN}^3 \quad (6)$$

$$\beta_{wl} = -99,2 \cdot b_{wl} + 4,37 \cdot b_{wl}^2 - 0,0477 \cdot b_{wl}^3 \quad (7)$$

$$D_{ZN} = \frac{D_z}{N} \quad (8)$$

gdzie:

C_{owl} - wyjściowa przepustowość wlotu wl [E/h],

α - poprawka zależna od zewnętrznej średnicy ronda i liczby wlotów,

β_{wl} - poprawka zależna od odległości b_{wl} pomiędzy punktami kolizji na wlocie wl,

Q_{Rwl} - natężenie ruchu na jezdni ronda przy wlocie wl, [E/h],

LP_{wl} - liczba pasów ruchu na wlocie wl,

LP_{Rwl} - liczba pasów ruchu na jezdni ronda przy wlocie wl,

D_{ZN} - średnica ronda,

N - liczba wlotów na rondzie ($N = 3 \div 6$),

b_{wl} - odległość pomiędzy punktami kolizji dla potoków: wjeżdżającego i wyjeżdżającego z wlotu wl z potokiem ruchu na jezdni ronda [m],

Kolejnym etapem była ocena warunków ruchu na wlotach ronda. Rezerwy przepustowości na każdym z wlotów obliczono wg wzoru:

$$\Delta C_{wl} = C_{wl} - Q_{wl} \quad [E/h] \quad (9)$$

gdzie:

ΔC_{wl} - rezerwa przepustowości na wlocie wl [E/h],

C_{wl} - przepustowość wlotu wl [E/h],

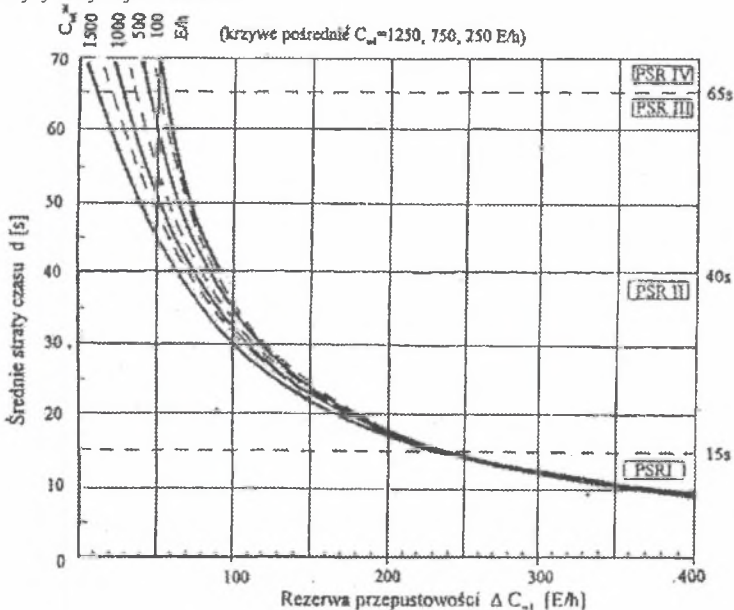
Q_{wl} - natężenie ruchu na wlocie wl wyrażone w jednostkach umownych [E/h].

I tak dla wlotu 1, przy natężeniu ruchu na wlocie równym 914 [E/h], przepustowości wlotu równej 957 [E/h], rezerwa przepustowości wlotu wynosi 43 [E/h]. Przybliżone średnie straty czasu na wlocie wynoszą 58 [s], co z kolei odpowiada III PSR (poziomowi swobody ruchu) (rys. 7).

Dla wlotu 2, przy natężeniu ruchu na wlocie równym 791 [E/h], przepustowości wlotu równej 792 [E/h], rezerwa przepustowości wlotu wynosi 1 [E/h]. Przybliżone średnie straty czasu na wlocie wynoszą 70 [s], co z kolei odpowiada IV PSR (rys. 7).

Dla wlotu 3, przy natężeniu ruchu na wlocie równym 625 [E/h], przepustowości wlotu równej 914 [E/h], rezerwa przepustowości wlotu wynosi 289 [E/h]. Przybliżone średnie straty czasu na wlocie wynoszą 13 [s], co z kolei odpowiada I PSR (rys. 7).

Wlotem krytycznym jest wlot 2.

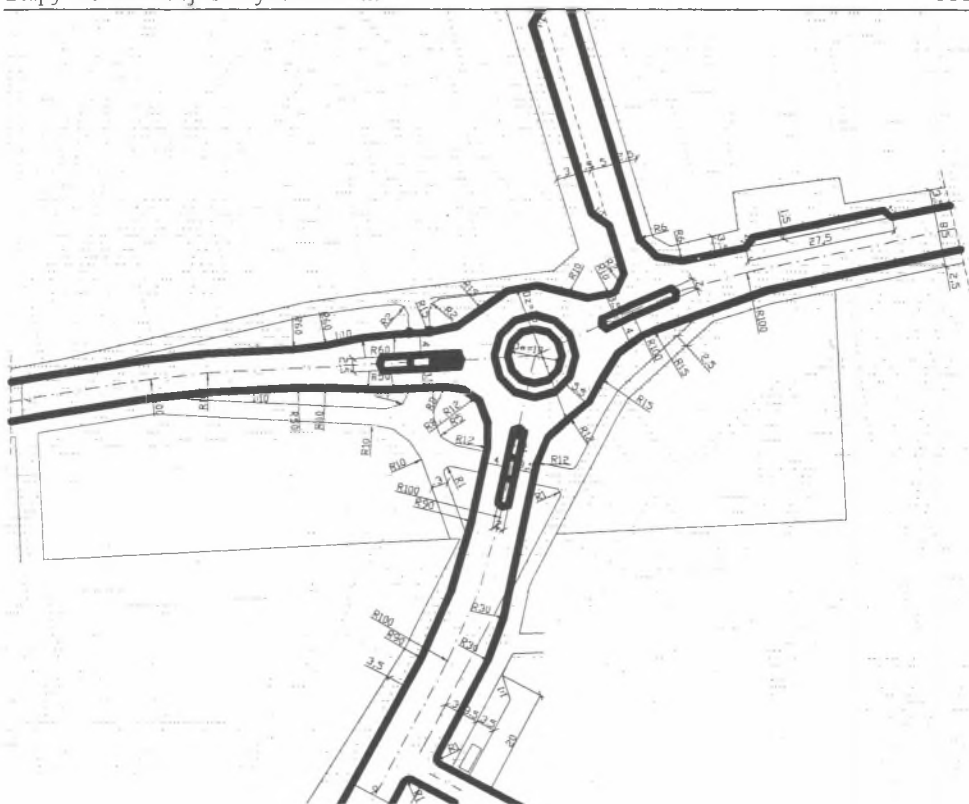


Rys.7. Wykres do określania średnich strat czasu na wlocie [2]

Fig.7. The diagram to average of defining losses of time on inlet [2]

Przepustowość maksymalną ronda wyznaczono przeprowadzając iteracyjny tok obliczeń typu I - służący do obliczenia przepustowości maksymalnej ronda, zgodnie z [2], zakładając i korygując w obliczeniach wyjściową wartość natężenia ruchu na jezdni ronda. W celu obliczenia przepustowości rzeczywistej przy istniejących proporcjach natężeń ruchu przeprowadzono procedurę iteracyjną typu II, zgodnie z [2].

Ponieważ sama przepustowość nie może być podstawą do projektowania, jak też nie można, posługując się tylko przepustowością, oceniać dopasowania danego skrzyżowania do istniejących potrzeb ruchowych, dlatego powyższe obliczenia przepustowości poparto opracowaniem geometrycznym, dobierając odpowiednie wartości z norm i wytycznych, co przedstawiono na rys. 8.



Rys 8. Geometria małego ronda – stan projektowany
 Fig 8. The geometry of small roundabout – projected state

3. WNIOSKI

Przedstawiona koncepcja modernizacji czterowłotowego skrzyżowania ulic na małe, trójwłotowe rondo o średnicy zewnętrznej 26 m, jednopasowych wlotach i jednopasowej jezdni ronda daje lepsze warunki ruchowo - geometryczne niż obecnie istniejące rozwiązanie.

Pod względem ruchowym nowa koncepcja zapewni przepustowość i dobre warunki ruchu na wszystkich wlotach skrzyżowania.

Przy założeniu przyjętego do prognozy równomiernego wzrostu natężeń ruchu na wlotach ronda można liczyć na dobre jego funkcjonowanie w okresie najbliższych 10 lat. Wlotem krytycznym jest wlot 2.

Literatura

1. Datka S, Suchorzewski W, Tracz M: Inżynieria ruchu. WKiŁ, Warszawa 1999.
2. Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych – części I, II. GDDP, Warszawa 2001.
3. Rozporządzenie MTiGM z dnia 2. 03. 1999 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. DzU Nr 43, pozycja 430 z 1999.
4. Rozporządzenie MTiGM z dnia 21. 06. 1999 w sprawie znaków i sygnałów drogowych. DzU Nr 58, poz. 622 z 1999.
5. Instrukcja projektowania małych rond. Politechnika Krakowska – GDDP, Warszawa 1996.
6. Instrukcja o znakach drogowych pionowych. Monitor Polski, załącznik do numeru 16, poz. 120 z dn. 9. 03. 1994.
7. Instrukcja o znakach drogowych poziomych. Monitor Polski, załącznik do numeru 8, poz. 61 z dnia 1. 03. 1991.
8. Katalog szczegółów drogowych ulic, placów i parków miejskich. Warszawa, CTBK 1987.
9. Stypułkowski B: Drogi kołowe i węzły drogowe. PWN, Warszawa 1979.
10. Wytyczne Projektowania Ulic – WPU. Warszawa – GDDP 1992.
11. Instrukcja obliczania przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej. Politechnika Krakowska – GDDP, Warszawa 1988.
12. Witkowski J: Pieszy w ruchu drogowym. WKiŁ, Warszawa 1978.
13. Duda E: Koncepcja modernizacji czterowłotowego skrzyżowania ulic Świerczewskiego, Staszica, Damrota w Siemianowicach Śląskich. Praca dyplomowa magisterska, Instytut Transportu Politechniki Śląskiej, Katowice, czerwiec 2002.

Recenzent: Dr hab. Tomasz Ambroziak, prof. Pol. Warszawskiej

Abstract

Presented conception of crossroad modernization to small roundabout with diameter external 26 m, with one roadway inlet and one roadway around the roundabout gives better traffic and geometrical conditions than present solution.

The new conception in relation to traffic will assure capacity and better condition of movement on all inlets of crossroad.

To assume accepted prognosis the larger equal traffic on all inlets of roundabout we can calculate for good working of roundabout for next 10 years. The inlet number 2 is the critical inlet.