



MICHALINA
KOŁODZIEJCZAK¹

Politechnika Śląska²
michko327@student.polsl.pl



ANNA OLMA

Politechnika Śląska
aolma@polsl.pl
ORCID: 0000-0003-4731-0623

Analiza ruchu drogowego wraz z koncepcją przebudowy skrzyżowania drogi DK78 z łącznicą węzła Zabrze Północ w Zabrzu

Na oddanym ok. 10 lat temu jednopasowym rondzie średnim – skrzyżowaniu DK 78 z łącznicą węzła drogowego autostrady A1 w Zabrzu od lat występują niekorzystne warunki ruchu w ciągu dnia, w godzinach szczytu tworzą się znacznej długości kolejki na wszystkich wlotach ronda, a straty czasu sięgają nawet kilku minut. Kolejki często zajmują całą długość łącznicy, aż do pasa wyłączenia z autostrady A-1. Kolejki w ciągu DK 78 blokują sąsiednie skrzyżowanie DK 78 z DK 94 (jednopasowe średnie rondo), odległe o 400 m, na którym również powstają kolejki blokujące przedmiotowe skrzyżowanie.

Wjazd na rondo często odbywa się dzięki kulturze i uprzejmości kierujących.

W celu określenia występujących warunków ruchu wykonano badania ruchu drogowego i określono przepustowość ronda, poziom swobody ruchu na wlotach oraz przedstawiono propozycję geometrii ronda – rondo turbinowe – zapewniającą korzystniejsze warunki ruchu.

Lokalizacja

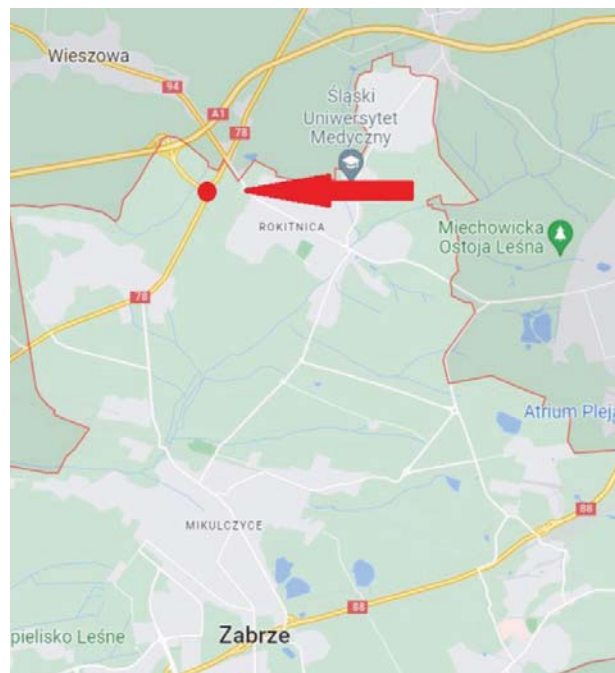
Skrzyżowanie DK 78 z łącznicą węzła drogowego autostrady A1 w Zabrzu znajduje się w północnej części miasta Zabrze, na granicy Zabrze, Bytomia oraz Wieszowej. Lokalizację skrzyżowania przedstawia rysunek 1, a przyjęte kierunki na skrzyżowaniu i nazewnictwo wlotów przedstawia rysunek 2.

Opis stanu istniejącego

Skrzyżowanie DK 78 z łącznicą węzła drogowego Zabrze Północ jest trój-

¹ Opiekun naukowy: Dr inż. Anna Olma

² Artykuł w ramach pracy dyplomowej poziomu inżynierskiego



Rys. 1. Lokalizacja badanego skrzyżowania na tle Zabrze [7] (wg <https://www.google.com/maps/place/Zabrze/@50.363045,18.7648615,12.78z>)



Rys. 2. Ortofotomapa z naniesionymi nazwami dróg oraz wlotów (wg <http://emapa.katowice.eu/> [8])

Rys. 3. Widok na wlot DK 78 od strony Zabrze (opracowanie własne)



Rys. 4. Widok na wlot DK 78 od strony Tarnowskich Gór (opracowanie własne)



Rys. 5. Widok na wlot autostrady A1 (opracowanie własne)

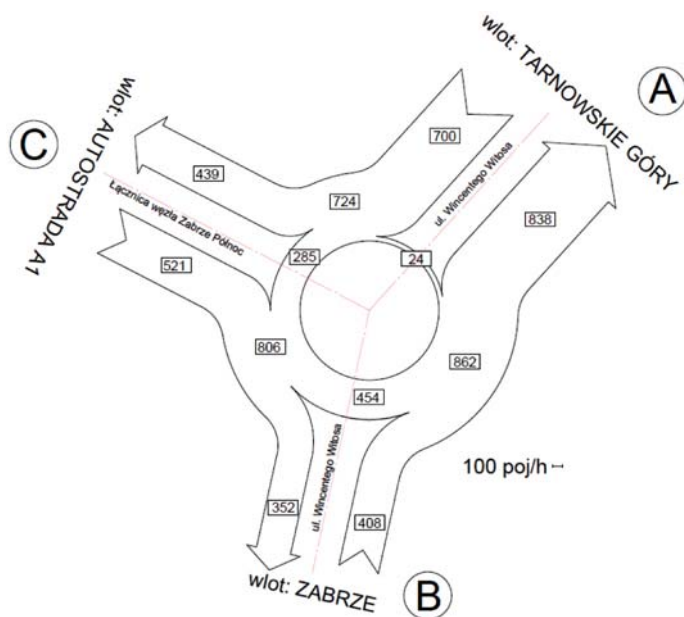


wlotowym, jednopasowym średnim rondem o średnicy zewnętrznej 45,00 m [4], [5]. Jeźdźnia ronda o szerokości 5,10 m ograniczona jest krawężnikami. Wyspa środkowa o średnicy 32,80 m, wyniesiona krawężnikiem 12 cm ponad jezdnię, obsiana jest trawą. Pierścień przejezdny ronda szerokości 1,00 m wykonany jest z szarej kostki betonowej i ograniczony krawężnikiem betonowym ułożonym na płask. Wszystkie wloty są jednopasowe z wydłużonymi wyspami trójkątnymi. Na wlocie węzła Zabrze Północ (na końcu łącznicy wyjazdowej) znajduje się zatoka postojowa oddzielona pasem dzielącym bocznym. Na wlocie tym występuje przejście dla pieszych, jako element ciągu pieszego prowadzący ruch do zatoki postojowej przy łącznicy wyjazdowej z A1, jednak ruch pieszych w obszarze skrzyżowania jest znikomy. Po wschodniej stronie DK 78 znajdują się ogródki działkowe, po zachodniej tereny uprawne. W ciągu DK 78, w odległości 400 m w kierunku Tarnowskich Gór występuje czterowlotowe, jednopasowe rondo średnie – skrzyżowanie dróg DK 78 i DK 94.

Ruch drogowy

Pomiary ruchu drogowego wykonano w dniu roboczym w marcu 2022 r., w dniu słonecznym i przy suchej nawierzchni jezdni. Pomiary wykonano

metodą notacji rejestrując strukturę kierunkową i rodzajową pojazdów wjeżdżających na jezdnię ronda, tj. mierząc natężenie obsłużone (wg *Pomiary i badania ruchu drogowego* [1]). Natężenie w godzinie szczytu popołudniowego wyniosło $N_{skrz.} = 1629$ P/h. Najbardziej obciążony wlot to wlot od Tarnowskich Gór (wlot A), natomiast najmniej obciążony to wlot od strony Zabrze (wlot B). Graficzną interpretację natężeń ruchu i struktury kierunkowej w godzinie szczytu w roku 2022 przedstawiono na rysunku 6. W godzinie szczytu i poza nią udział samochodów ciężarowych bez przyczep stanowi ok. 10%, ciężarowych z przyczepami do 23%, a autobusów do 3%.



Rys. 6. Kartogram ruchu istniejącego skrzyżowania – ronda – na rok 2022 (źródło własne)

Oszacowano natężenia miarodajne, jako natężenie w godzinie szczytu w roku prognozy 2032 wg wzoru (1):

$$N_{2032}^i = N^i \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right)^n \quad [P/h] \quad (1)$$

gdzie:

N_{2032}^i – prognozowane natężenie ruchu w 2032 r. danej relacji [P/h]

N^i – natężenie ruchu w pomierzonej godzinie szczytu danej relacji [P/h]

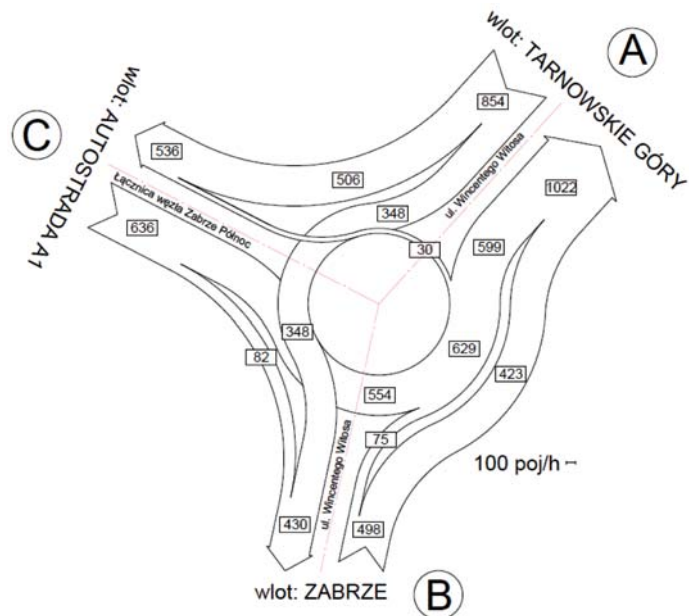
P – roczny wskaźnik wzrostu ruchu [%]

n – horyzont czasowy – liczba prognozowanych lat – przyjęto $n = 10$ lat

Przyjęto 2% roczny wskaźnik wzrostu ruchu oraz założenie, że procentowa struktura rodzajowa i kierunkowa w godzinie szczytu w roku prognozy będzie taka, jak w dniu pomiaru.

Na podstawie prognozowanych natężeń w godzinie szczytu, struktury rodzajowej i kierunkowej wyznaczonych z pomiarów ruchu, a także kilkuletnich, systematycznych obserwacji ruchu w dniach roboczych, wynikających z uczestnictwa autorki w ruchu drogowym jako pasażerki, zaproponowano rozwiązanie w formie ronda turbinowego z wydzielonymi pasami prowadzącymi ruch poza jezdnię ronda [2], [4].

Na rysunku 7 przedstawiono kartogram prognozowanych natężeń ruchu na rok 2032 uwzględniający geometrię ronda turbinowego. Założono, że na dodatkowym, wydzielonym pasie prowadzonym poza jezdnię ronda – pas do jazdy na wprost z wlotu od strony Zabrze – poruszać się będzie 90% natężenia w kierunku Tarnowskich Gór, a pozostałe 10% będzie przejeżdżać przez jezdnię ronda.



Rys. 7. Kartogram ruchu projektowanego skrzyżowania – ronda turbinowego – na rok 2032 (źródło własne)

Obliczenia przepustowości wykonano zgodnie z instrukcją *Metoda obliczania przepustowości rond* [3] dla stanu istniejącego – ronda średniego oraz stanu projektowanego – ronda turbinowego z obciążeniem panującym w roku 2022 oraz prognozowanym na 2032 r. – tabela 1. Ze względu na brak instrukcji obliczania przepustowości rond turbinowych, przepustowość projektowanego rozwiązania wyznaczono dobierając odpowiedni wzór do schematu i organizacji ruchu na danym wlocie – przyjęto wzory dla ronda jednopasowego. Ponadto, obliczono przepustowość i rezerwę przepustowości pasów włączeń jezdni prowadzonych poza jezdnię ronda – tabela 2.

Obliczenia przepustowości ronda wykazały, że w stanie istniejącym na wszystkich wlotach ronda jednopasowego średniego występuje I PSR – poziom swobody ruchu – warunki ruchu bardzo dobre. Straty czasu wynoszą do 15 s/P, występują duże rezerwy przepustowości, a kolejki pojazdów sięgają zaledwie do 44 m – tabela 1.

Wyniki obliczeń przepustowości i oceny warunków ruchu są rozbieżne ze stanem faktycznym. W trakcie pomiarów, jak i w stałych obserwacjach, występowały kolejki pojazdów o długości ok. 400 m na wlocie od autostrady, jak i od strony Zabrze, blokując sąsiednie skrzyżowanie, a czas oczekiwania na wjazd na rondo wynosił nawet do 2–3 minut. Z wyników obliczeń przepustowości ronda średniego na każdym wlocie uzyskuje się I poziom swobody ruchu. W celu uzyskania zbliżonych wyników do stanu występującego na rondzie, uwzględniano różne wartości granicznych odstępów czasu t_g

Tabela 1. Porównanie PSR, przepustowości i mierników oceny warunków ruchu skrzyżowania (źródło własne)

	Stan istniejący – rondo średnie – rok 2022			Stan projektowany – rondo turbinowe – rok 2022			Stan projektowany – rondo turbinowe – rok 2032		
	Wlot A	Wlot B	Wlot C	Wlot A	Wlot B	Wlot C	Wlot A	Wlot B	Wlot C
C_{mwl}	1061	779	799	1061	779	799	1056	719	760
ΔC_{mwl}	361	371	278	776	717	345	708	642	206
d_{wl}	9	9	12	3	4	10	4	4	17
PSR	I	I	I	I	I	I	I	I	II
K_{mwl}	6	4	6	1	1	4	2	1	8
L_k	41	27	44	7	7	29	14	7	59

gdzie:

C_{mwl} – przepustowość możliwa wlotu ronda [P/h]
 ΔC_{mwl} – rezerwa przepustowości możliwej ronda [P/h]
 d_{wl} – strata czasu [s/P]

PSR – poziom swobody ruchu
 K_{mwl} – miarodajna długość kolejki na wlocie [m]
 L_k – długość kolejki [m]

i odstępów między pojazdami wjeżdżającymi z kolejki na wlotach t_f . Przyjmowane dla różnych wartości granicznych odstępów nie wpływały znacząco na uzyskiwane wartości mierników oceny warunków ruchu. Na wartość przepustowości w godzinach szczytu istotnie wpływa struktura rodzajowa, tj. znaczny udział samochodów ciężarowych bez przyczep i ciężarowych z przyczepami. Obliczone długości kolejek L_k są znacznie krótsze niż oszacowane długości kolejki obserwowane w trakcie pomiarów.

Wykonano obliczenia przepustowości i ocenę warunków ruchu proponowanego rozwiązania przedstawionego (rys. 10) i opisanego w kolejnej części artykułu. Na projektowanym rondzie turbinowym na wszystkich wlotach uzyskuje się I poziom swobody ruchu, a długość kolejki L_k osiągać może wartość prawie 6 razy mniejszą niż obliczone długości na rondzie średnim. Projektowane rozwiązanie daje znacznie większe rezerwy przepustowości ΔC_{mwl} . Z obliczeń wynika, że w stanie projektowanym na rok 2032, podobnie jak w stanie istniejącym, na wlocie od strony autostrady – wlot C, na którym występowały największe straty czasu, warunki będą dobre – przewiduje się występowanie II PSR. Na wlotach w ciągu DK 78 przewiduje się występowanie bardzo dobrych warunków ruchu, przy założeniu, iż wloty ronda będą dwupasowe. Rezerwy przepustowości włączeń pasów ruchu prowadzonych poza jezdnię ronda są bardzo duże i przewiduje się występowanie I poziomu swobody ruchu, tj. bardzo dobrych warunków ruchu – tabela 2.

W celu zbadania i określenia faktycznych warunków ruchu w stanie istniejącym i projektowanym rozwiązaniu wykonano symulację ruchu w programie PTV VISSIM. Tworząc symulację uwzględniona

Tabela 2. Przepustowości i ocena warunków ruchu na włączeniach pasów ruchu poza jezdnię ronda – rok 2032 (źródło własne)

Wylot / (relacja)	C_{nwIP}	ΔC_{mwIP}	PSR
A (B => A)	820	397	I
B (C => B)	850	768	I

gdzie:

C_{nwIP} – przepustowość możliwa wlotu ronda [P/h]
 ΔC_{mwIP} – rezerwa przepustowości możliwej ronda [P/h]
 PSR – poziom swobody ruchu

została geometria istniejącego skrzyżowania, natężenie w godzinie szczytu, struktura rodzajowa i kierunkowa ruchu wraz z prędkościami pojazdów osobowych i ciężarowych tak, by jak najbardziej odwzorować istniejące warunki ruchu. Wprowadzono organizację ruchu jak na rondzie [5], dzięki której pojazdy dojeżdżające do ronda ustępowały pierwszeństwa tym, które się na nim znajdowały. Mimo lepszego odwzorowania rzeczywistej sytuacji – widoczne kolejki pojazdów na wlotach, symulacja nadal nie jest w pełni zgodna z stanem istniejącym obserwowanym w trakcie pomiarów



Rys. 8. Zrzut ekranu z programu PTV VISSIM dla symulacji ruchu na rondzie istniejącym w roku 2022



Rys. 9. Zrzut ekranu z programu PTV Vissim dla symulacji ruchu na rondzie projektowanym w roku 2022

- Średnica zewnętrzna ronda – 45,00 m
- Średnica wyspy środkowej (przed przekształceniem) – 32,80 m
- Szerokość jezdni ronda – 5,10 m
- Szerokość pierścienia ronda – 1,00 m
- Szerokość jezdni prowadzonej poza jezdnią ronda dla prawoskrętów – 5,00 m
- Szerokość separatorów na rondzie – 0,60 m
- Szerokość jezdni wlotu – 5,00 m
- Szerokość jezdni wylotu – 5,00 lub 4,80 m
- Promień wyokrąglenia krawędzi jezdni na

i w systematycznych obserwacjach ruchu. Zrzut ekranu symulacji w programie PTV VISSIM na istniejącym rondzie [6] z obciążeniem natężeniami z 2022 roku przedstawiono na rysunku 8.

Na zamodelowanym rondzie turbinowym przeprowadzono symulację ruchu w programie PTV VISSIM z obciążeniem występującym w roku 2022 oraz w roku prognozy 2032. Zrzut ekranu modelu z obciążeniem ruchem z roku 2022 przedstawiono na rysunku 9.

Nieścisłość pomiędzy wynikami symulacji ruchu, a istniejącymi warunkami ruchu wynika prawdopodobnie z nieuwzględniania w nich oddalonego o około 400 m ronda (w kierunku miasta Tarnowskie Góry – skrzyżowania DK 78 z DK 94) oraz rzeczywistego zachowania kierowców i dynamiki jazdy pojazdów ciężarowych. Mimo że otrzymane wyniki nie pokrywają się z sytuacją faktyczną, zauważyć można, że zaprojektowane rondo turbinowe zapewnia lepsze warunki w stosunku do obecnie panujących.

Koncepcja przebudowy skrzyżowania

W artykule przedstawiono zmianę geometrii skrzyżowania drogi DK 78 z łącznicą węzła Zabrze Północ, w celu poprawy warunków ruchu. Na podstawie obserwacji i analizy uzyskanych z pomiarów wartości natężeń ruchu w godzinie szczytu przyjęto rozwiązanie, które charakteryzuje się poprawą warunków ruchu na skrzyżowaniu. Zaprojektowano rondo turbinowe, z trzema wydzielonymi pasami prowadzącymi ruch poza jezdnią ronda, tj. dla relacji skrętu w prawo z wlotu od strony Tarnowskich Gór i Autostrady A1 oraz do jazdy na wprost od strony Zabrze. Wprowadzono dwupasowe wloty i wyloty, co wiązać się będzie z przebudową odcinka DK 78 pomiędzy rondami i przebudową sąsiedniego ronda.

Zaprojektowane rondo charakteryzują następujące parametry [4, 5, 6]:

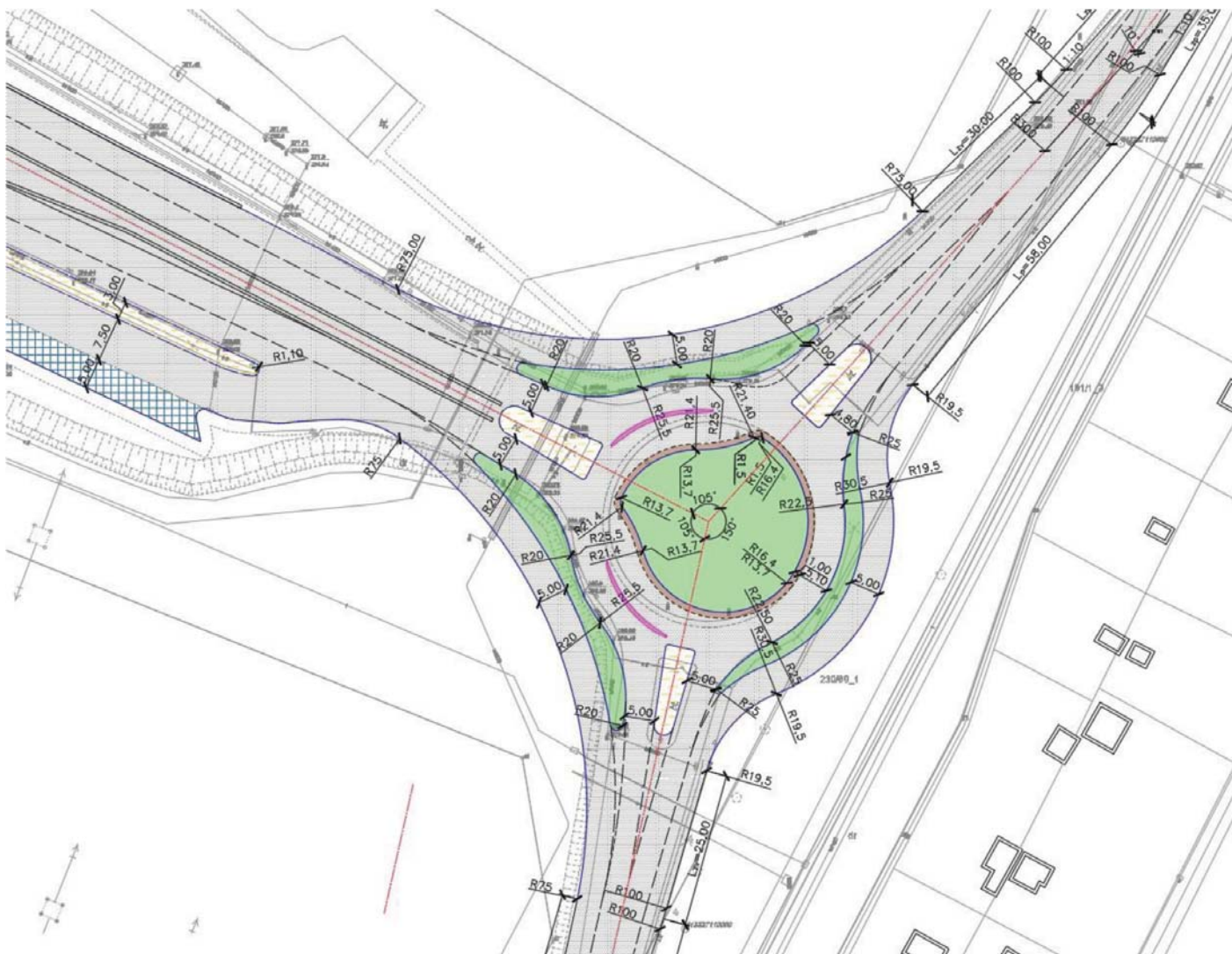
wlocie i wylocie – 20,00 i 25,00 m

Geometrię projektowanego ronda przedstawiono na rysunku nr 10.

Projektowane rozwiązanie zachowuje dotychczasowe kąty przecięcia osi dróg i nieznacznie przekracza granice pasa drogowego. Wloty ronda skanalizowano wyspami trójkątnymi, natomiast wydzielone pasy odseparowano od jezdni ronda za pomocą wysp o nieregularnym kształcie o maksymalnej szerokości 5,00 m. Wyspę środkową, a także wyspy oddzielające relacje skrętne poza rondem projektuje się jako wyspy w krawężnikach pokryte roślinnością niską. Wyspy trójkątne na wlocie ronda zostały skrócone i wypełnione nawierzchnią z kostki granitowej. Pasy ruchu na rondzie oddzielone zostały za pomocą separatorów z elementami odblaskowymi. Likwiduje się chodnik po zachodniej stronie jezdni oraz przejście dla pieszych, związane jest to z brakiem ruchu pieszych, co potwierdzają obserwacje i pomiary ruchu. Na zaprojektowanym rondzie możliwość zawracania jest wyłącznie z wlotu autostrady. Ze względu na niewielką liczbę pojazdów skręcających w lewo na wlocie z kierunku Zabrze nie zaprojektowano elementu turbiny ronda. Dominująca relacja na wprost prowadzona jest jezdnią ronda i jezdnią poza jezdnią ronda – *bypassem*, eliminując tym możliwe kolizje boczne pojazdów ciężarowych przez wyspę oddzielającą *bypass* od jezdni ronda.

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie obserwacji oraz pomiarów ruchu w miejsce istniejącego jednopasowego ronda, skrzyżowania DK 78 z łącznicą węzła drogowego Zabrze Północ zaprojektowano rondo turbinowe. Rozwiązanie takie wg obliczeń przepustowości wykonanych zgodnie z instrukcją *Metoda obliczania przepustowości rond* ma zapewnić dobre i bardzo dobre warunki ruchu – I PSR, w perspektywie co najmniej 10 lat. Dodatkowe pasy prowadzone poza jezdnią główną znac-



Rys. 10. Geometria projektowanego skrzyżowania – rondo turbinowe

nie odciążąłyby ruch pojazdów na rondzie, wskutek czego zwiększyłyby przepustowość skrzyżowania. Takie rozwiązanie poza zwiększeniem przepustowości ronda, poprawi warunki ruchu na co najmniej dobre. Zmniejszą się średnie straty czasu i długość kolejek na wlotach ronda, co wpłynie pozytywnie na otoczenie – zmniejszy się poziom hałasu i emisja spalin. Wadą zaproponowanego rozwiązania jest brak możliwości zawracania na rondzie oraz w przypadku wjechania na pas wydzielony poza jezdnią główną – przymus jazdy w konkretnym kierunku.

Na podstawie obliczeń przepustowości i oceny warunków ruchu i porównaniu do faktycznych warunków ruchu stwierdza się, że instrukcja *Metoda obliczania przepustowości rond* przy dużym udziale samochodów ciężarowych nie pozwala na właściwą estymację wartości mierników oceny warunków ruchu. W przypadku takich różnic właściwe jest wykorzystanie programów do symulacji ruchu, w celu sprawdzenia poprawności projektowanych geometrii skrzyżowań i sprawdzenia warunków ruchu.

Bibliografia

- [1] Praca zbiorowa pod redakcją Tracza M. (1984): *Pomiary i badania ruchu drogowego*, WKiŁ
- [2] Ostrowski K. WRD-31-3 Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Konsultacje nowego systemu wymagań technicznych w drogownictwie
- [3] Tracz M., Chodur J. (2004): *Metoda obliczania przepustowości rond*, GDDKiA
- [4] Tracz M., Chodur J., Gaca S. (2001): *Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Część II: Ronda*, GDDP
- [5] Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 23 grudnia 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. 2016 poz. 124)
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach (Dz.U. 2003 nr 220 poz. 2181 z późn. zm.)
- [7] [strona internetowa] <http://www.google.mapa.com.pl/> (2022)
- [8] [strona internetowa] <http://emapa.katowice.eu/> (2022)