



PRZEMYSŁAW NOWAK

STRABAG Infrastruktura
Południe Sp. z o. o.
przemyslaw.nowak02@
strabag.com

Analiza usprawnienia ruchu w centrum miasta na przykładzie Bochni

Na przestrzeni lat nastąpiła duża zmiana w urbanistyce miast. Obecnie wiele polskich miast lokowanych w XII wieku zmagają się z problemem średniowiecznego układu rynku. Wytoczony on był na planie czworokąta. Był przestrzenią wymiany handlowej i miejscem, gdzie zbiegały się główne drogi prowadzące do miasta. Obecnie funkcje rynku zmieniły się na funkcję głównie rekreacyjną. Większość miast Małopolski ma zbliżony układ przestrzenny, m.in. Bochnia, Olkusz, Brzesko, Nowy Targ, Limanowa, Niepołomice, Wadowice, w których charakterystyczny jest rynek miasta, najczęściej kwadratowy. Wokół rynku wytyczona jest w miarę regularna sieć ulic. Z każdego rogu placu wybiegają dwie ulice prostopadłe do siebie. Uliczki przyległe do rynku są wąskie, a zabudowa przy nich ciasna, często o charakterze zabytkowym. Istotnym problemem tych miast jest degradacja historycznych placów rynkowych do celów komunikacyjnych. Lokalne programy rewitalizacyjne mają na celu m.in. wprowadzenie działań porządkujących układ komunikacyjny w centrum. Przedstawione działania przestrzenne w programach rewitalizacyjnych miast, podejmowane z różną intensywnością, mają wspólne cele, tj. dbałość o historyczny charakter, estetykę, ochronę zabytków, oraz działania porządkujące układ komunikacyjny. Ze sposobów organizacji ruchu w podobnych miejscowościach jak Bochnia wynika, iż jedną z zastosowanych zmian jest wyprowadzenie głównych dróg jak najdalej od centrum. W następnej kolejności wprowadzony jest ruch jednokierunkowy na uliczkach przy rynku. Mają miejsce również rozwiązania polegające na przeznaczeniu niektórych ulic wyłącznie do ruchu pieszego. Wprowadzone są też ograniczenia dotyczące parkowania lub całkowita jego eliminacja z rynku.

Stan istniejący w Bochni

Funkcjonujący układ drogowy prowadzi ruch północ–południe przez rynek Bochni. W godzinach szczytu dochodzi do znacznego wzrostu natężenia ruchu na ulicach wlotowych do centrum, które nie są w stanie ze względu na swoją geometrię przenieść tak dużych potoków ruchu. Kolejnym powodem zwiększonego ruchu w centrum jest fakt, iż znajduje się tam duża liczba obiektów o charakterze usługowym i administracyjnym. Głównymi wlotami do ścisłego centrum miasta są ulice:

- ul. Kazimierza Wielkiego – obsługująca część zachodnią, która jest fragmentem drogi wojewódzkiej nr 965,
- ul. Trudna – przedłużenie ulicy Brzeskiej łączącej układ miejski z drogi krajowej nr 4,

- ul. Regis – główna ulica od strony północnej, przedłużenie ulicy Konstytucji 3 Maja,
- ul. Floris – wprowadzająca ruch z osiedli oraz zlokalizowanych na wschodzie Bochni mniejszych miejscowości.

W centrum miasta oprócz głównych ulic dwukierunkowych funkcjonuje również układ ulic jednokierunkowych. Ma to za zadanie usprawnić ruch w centrum oraz ułatwić parkowanie. Jednak praktyka pokazała, że takie rozwiązanie nie jest wystarczające.

Analizy ruchu na skrzyżowaniach

Skrzyżowanie nr 1 ul. Kazimierza Wielkiego – ul. Kościuszki – ul. Rynek

Na pierwszym omawianym skrzyżowaniu ul. Kazimierza Wielkiego przechodząca w ul. Kościuszki krzyżuje się z ul. Rynek. Z głównych ulic dozwolona jest jazda na wprost lub wykonanie skrętu na jednokierunkową ul. Rynek. Lokalizację skrzyżowania oraz organizację ruchu przedstawiają rys. 1 i rys. 2.

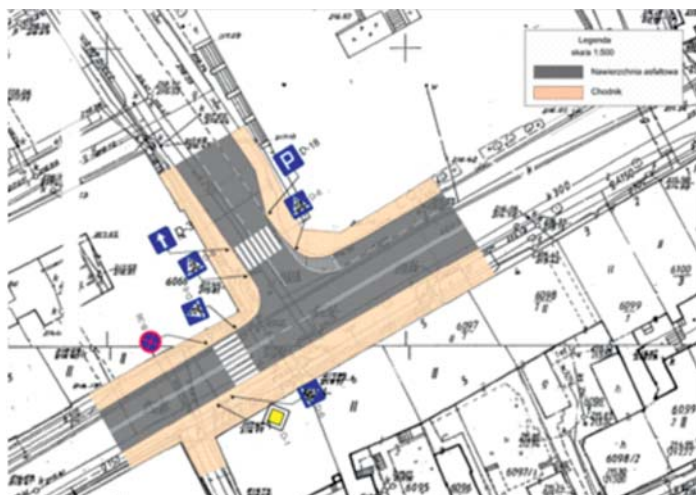
Pomiary natężeń ruchu na powyższym skrzyżowaniu wykonano dwukrotnie. W czasie obu dni pomiarowych zaobserwowano podobny rozkład natężeń na skrzyżowaniu. W szczytach natężenie na skrzyżowaniu wynosi ok. 290 E/15 min. Zaobserwowano również, że poranny szczytowy kwadrans przypada na 7:45–8:00, a popołudniowy na 16:30–16:45. Na rys. 3 przedstawiono zmienność natężenia ruchu na skrzyżowaniu z podziałem na poszczególne relacje w interwałach godzinowych co 15 minut. Na podstawie analizy z pomiarów określić można godziny szczytu porannego i popołudniowego przypadające na godziny 7:15–8:15 oraz 15:45–16:45. Natężenie w godzinach szczytu wynosi ok. 1100 E/h.

Wlot A określa pojazdy jadące od ul. Kazimierza Wielkiego na wprost w ul. Kościuszki i w lewo w ul. Rynek, a wlot B określa pojazdy jadące od ul. Kościuszki na wprost w ul. Kazimierza Wielkiego i w prawo w ul. Rynek. Na podstawie wykresu zaobserwować można, że na skrzyżowaniu dominuje relacja na wprost z ul. Kazimierza Wielkiego. Występuje również duże natężenie w relacji lewoskrętnej. Ruch ten powoduje blokowanie skrzyżowania przy dużym natężeniu relacji na wprost na ul. Kościuszki. Dodatkowym elementem, który wpływa na blokowanie skrzyżowania, jest duże oraz zróżnicowane natężenie pieszych, co pokazuje rys. 4.

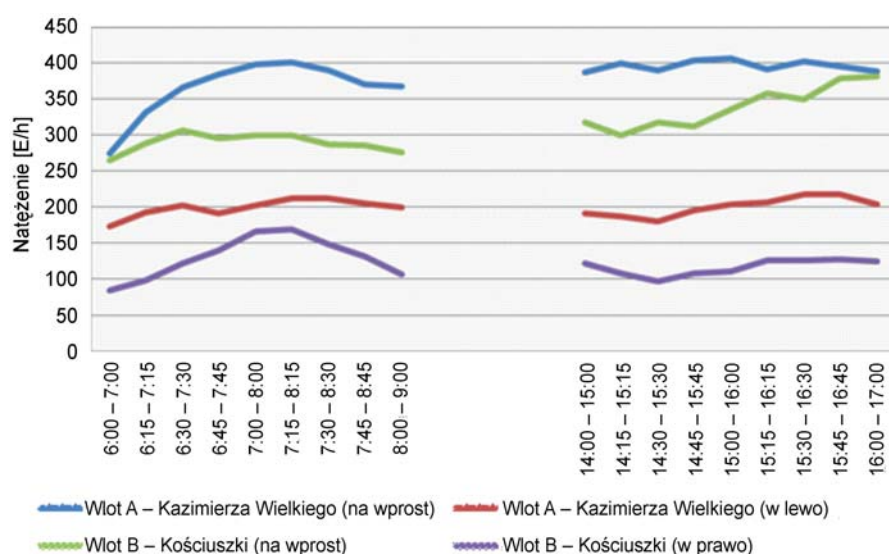
Wykres powyżej pokazuje, jak duża istnieje różnica pomiędzy przejściem nr 1 i 2. Od godzin porannych natężenie pieszych na obu przejściach rośnie, inaczej jest w godzinach



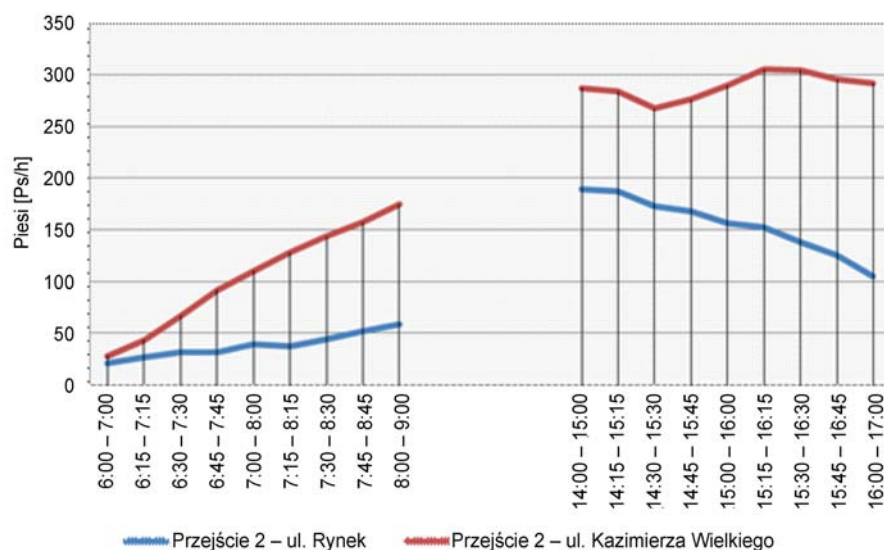
Rys. 1. Lokalizacja skrzyżowania nr 1
Źródło: mapy.google.pl



Rys. 2. Organizacja ruchu na skrzyżowaniu nr 1
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 3. Zmienność natężenia ruchu na skrzyżowaniu z podziałem na poszczególne relacje
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 4. Zmienność natężenia ruchu pieszego na skrzyżowaniu Kazimierza Wielkiego – Rynek
Źródło: Opracowanie własne

popołudniowych. Największy ruch pieszycy w ciągu doby przypada na godzinę 14:00 – 15:00. Takie tendencje utrzymują się na obydwu przejściach dla pieszych. Największe natężenie pieszych na przejściu nr 2 wyniosło 290 osób/h. W tym samym czasie z przejścia nr 1 skorzystało 190 osób/h.

Obliczenie przepustowości skrzyżowania nr 1

Do obliczeń posłużyły średnie wartości natężeń poszczególnych relacji przeliczone na pojazdy umowne na godzinę, uwzględniając udział pojazdów ciężkich i ruch pieszych. Na podstawie tego została obliczona przepustowość wyjściowa, która wynosi 734 E/h. Z obliczeń wynika, iż stopień wykorzystania przepustowości wlotu Kazimierza Wielkiego wynosi 67%. Strata czasu wynosi 11 s/poj., co zgodnie z instrukcją *Metoda obliczania przepustowości* zostało sklasyfikowane jako warunki bardzo dobre. Miarodajna długość kolejki wynosi 6 pojazdów. Z obserwacji skrzyżowania wynika, że długość kolejki jest większa od długości uzyskanej z obliczeń. Na tej podstawie dokonano kalibracji współczynników służących do obliczeń przepustowości. Po poprawce średnia strata czasu wynosi 16 s/poj., a długość kolejki wzrosła do 8 pojazdów. Według instrukcji *Metoda obliczania przepustowości* poziom swobody ruchu zaliczono do drugiego stanu opisanego jako warunki dobre. Wyniki te potwierdzają zaobserwowaną sytuację. W obecnych warunkach stopień wykorzystania przepustowości wynosi 73%. Zbiórce wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie wyników z obliczeń przepustowości

Natężenie ruchu Q [P/h]	Przepustowość C [P/h]	Stopień wykorzystania przepustowości ρ [%]	Straty czasu d [s/P]	Kolejka miarodajna Km [P]	PSR
593	808	73,4	16,3	8	II

Źródło: Opracowanie własne

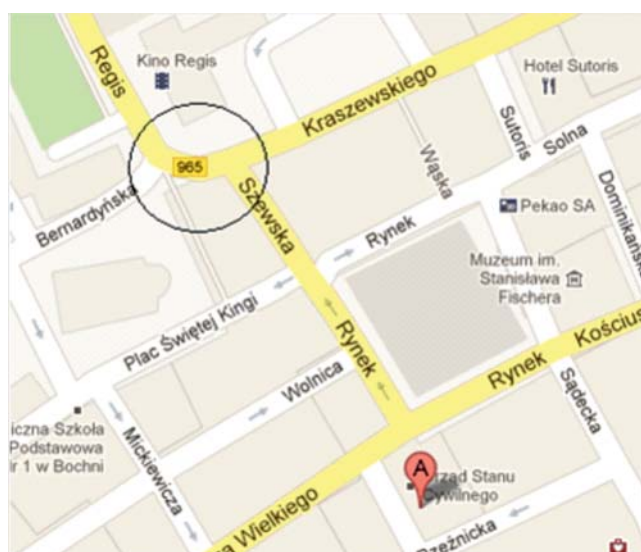
Prognoza ruchu na skrzyżowaniu nr 1

W celu określenia możliwości dalszego funkcjonowania skrzyżowania przy rosnącym ruchu, przeprowadzono prognozę natężenia ruchu z procentowym wzrostem 3%/rok, zgodnie z wzrostem PKB. Założono również wzrost ruchu pieszego w obrębie tego skrzyżowania, który do roku 2026 wzrośnie o 20%. Prognoza obejmuje zmiany 10 lat wprzód. Zbiorcze wyniki przedstawiono w tabelicy nr 2. Jest zasadą, iż przy modernizacji skrzyżowania prognozę natężenia ruchu ustala się na 10 lat od momentu przebudowy. Z obliczeń przepustowości wynika, że długość kolejki na dominującym wlocie A przy obecnej organizacji ruchu będzie w roku prognozy wynosiła 99 pojazdów ze stratą czasu 541,4 s/poj. Według instrukcji *Metoda obliczania przepustowości poziom swobody ruchu* zakwalifikowany będzie do warunków niekorzystnych. Stopień wykorzystania przepustowości będzie przekroczony o 25%.

Tabela 2. Zestawienie wyników z obliczeń przepustowości prognozowanej

Natężenie ruchu Q [P/h]	Przepustowość C [P/h]	Stopień wykorzystania przepustowości ρ [%]	Straty czasu d [s/P]	Kolejka miarodajna Km [P]	PSR
845	674	125,3	541,4	99	IV

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 5. Lokalizacja skrzyżowania nr 2

Źródło: mapy.google.pl



Rys. 6. Organizacja ruchu na skrzyżowaniu nr 2

Źródło: Opracowanie własne

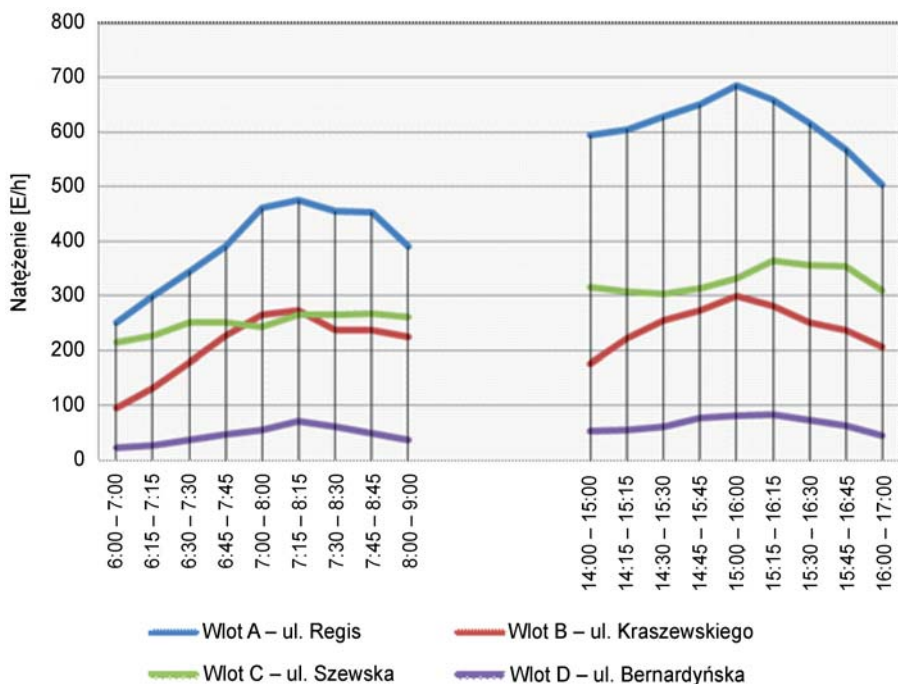
Skrzyżowanie nr 2 ul. Szewska – ul. Kraszewskiego – ul. Regis – ul. Bernardyńska

Drugie omawiane skrzyżowanie ma skomplikowaną geometrię. Jest to skrzyżowanie o przesuniętych wlotach z nieregularną wysepką i nieużywaną powierzchnią, którą kierowcy przeznaczili na parkowanie. Lokalizację skrzyżowania z organizacją ruchu przedstawiają rys. 5 oraz rys. 6.

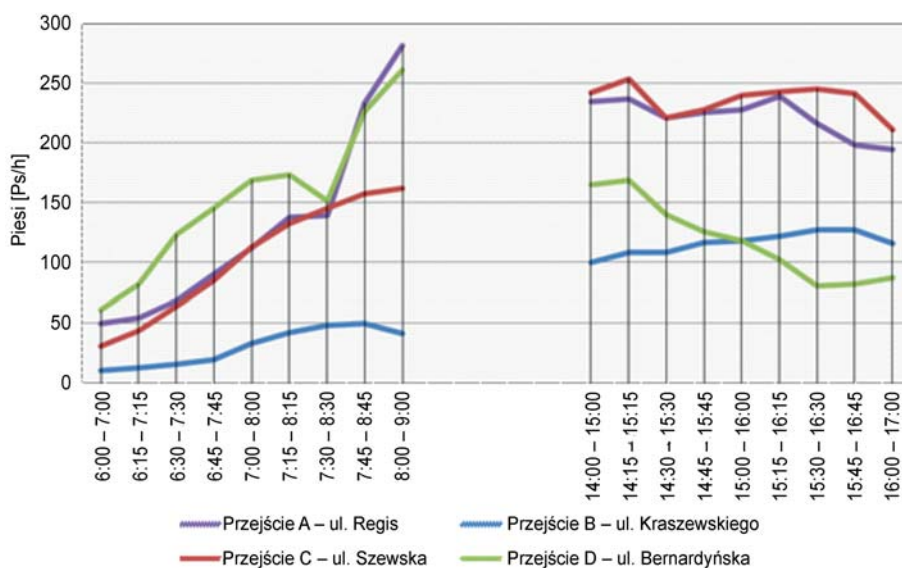
Podobnie jak na poprzednim skrzyżowaniu, w obu dniach pomiarowych zaobserwowano podobny rozkład natężeń. Kwadrans szczytu porannego to 7:45–8:00, a popołudniowego 15:15–15:30. Wnioski te są zbliżone w obu dniach pomiarowych. W szczytach natężenie wynosi ok. 350 E/15 min. Na rysunku poniżej (rys. 7) przedstawiono zmienność intensywności ruchu na każdym z wlotów. Ze względu na znaczną liczbę relacji oraz czytelności wykresu zrezygnowano z przedstawiania każdej z relacji z osobna, jednakże analizę przepustowości wykonano zgodnie z wymaganiami *Metody obliczania przepustowości* uwzględniając wszystkie relacje w interwałach 15 min.

Wlot A określa pojazdy jadące od ul. Regis, wlot B – Kraszewskiego, wlot C – Szewskiej, wlot D – Bernardyńskiej. Widać zdecydowaną przewagę wlotu A nad pozostałymi. Najmniejsze natężenie występuje na wlocie D, czyli ul. Bernardyńskiej. W szczycie jest ono 7 razy mniejsze od natężenie na wlocie A, czyli ul. Regis. Na rys. 8 przedstawiono również natężenia ruchu pieszego na przejściach przez jezdnię.

Od godzin porannych natężenie pieszych na przejściach rośnie. Największy ruch pieszych w ciągu doby przypada na godziny południowe. Z obserwacji wynika, że jest to rejon dużej liczby wycieczek dzieci z przedszkola, które zjeżdżają do parku znajdującego się przy ul. Regis. W godzinach 7:30–8:30 występuje gwałtowny skok na wykresie dotyczący natężenia na przejściu znajdującym się na ul. Bernardyńskiej oraz ul. Regis. Z obserwacji wynika, że powodem tego jest Msza Święta odbywająca się o godzinie 8:00 w Bazylice Św. Mikołaja.



Rys. 7. Porównanie zmienności ruchu na wlotach skrzyżowania nr 2
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 8. Zmienność natężenia ruchu pieszych na przejściach w obrębie skrzyżowania nr 2
Źródło: Opracowanie własne

Tabela 3. Zestawienie wyników z obliczeń przepustowości

	Natężenie ruchu Q [P/h]	Przepustowość C [P/h]	Stopień wykorzystania przepustowości ρ [%]	Straty czasu d [s/P]	Kolejka miarodajna Km [P]	PSR
Wlot C	331	482	68,6	24	6,1	II
Pas B	502	964	52,1	6,6	3,2	I
Wlot D	94	328	28,6	15,0	1,2	II

Źródło: Opracowanie własne

Obliczenie przepustowości skrzyżowania nr 2

W celu uproszczenia skrzyżowanie o przesuniętych wlotach potraktowano jako dwa oddzielne skrzyżowania. Przyjęto dwa skrzyżowania typu „T”: Szewska – Kraszewskiego oraz Bernardyńska – Regis. Uproszczenie takie było możliwe, ponieważ oba skrzyżowania nie blokują się nawzajem i ruch na nich odbywa się niezależnie od siebie. Przepustowość wyjściowa na skrzyżowaniu Szewska – Kraszewskiego wynosi 700 E/h w przypadku relacji w lewo i 434 E/h w przypadku relacji w prawo. Z obliczeń wynika, iż stopień wykorzystania przepustowości wynosi 83%. Strata czasu wynosi 11 s/poj. i zgodnie z instrukcją *Metody obliczania przepustowości* zostały sklasyfikowane jako warunki bardzo dobre. Miarodajna długość kolejki wynosi 6 pojazdów. Na skrzyżowaniu Bernardyńska – Regis wyniki te przedstawiają się następująco: przepustowość wyjściowa wynosi 588 E/h w przypadku relacji z wlotu B na wprost, 275 E/h w przypadku relacji z wlotu C w lewo oraz 571 E/h z wlotu C w prawo. Z obliczeń dotyczących tej części skrzyżowania wynika, że stopień wykorzystania przepustowości wynosi 33%. Strata czasu wynosi 6 s/poj., a miarodajna długość kolejki to 3 pojazdy.

Prognoza ruchu na skrzyżowaniu nr 2

Poniżej przedstawiono tabelę dotyczącą prognozy 12-letniej zmiany natężenia ruchu na skrzyżowaniu Szewska – Kraszewskiego – Regis – Bernardyńska. Tabela powstała na podstawie przyjętego 3% wzrostu ruchu w roku, zgodnie z PKB. Wyniki te pokazują wzrost liczby pojazdów o 598. Dane te nie uwzględniają zmiany obecnej organizacji ruchu.

Dokonano także obliczeń prognozowanej przepustowości na 2026 r. Wyniki prognozy wyglądają następująco: na pierwszej części skrzyżowania dotyczącej ul. Szewska – Kraszewskiego prognozowana miarodajna długość kolejki wynosi 77,7 pojazdów natomiast strata czasu to 875,5 s/poj., na drugiej części skrzyżowania obejmującej ul. Regis – Bernardyńską – Kraszewskiego średnia strata czasu na wlocie z ul. Kraszewskiego to 46,4 s/poj., a długość kolejki to 20 pojazdów natomiast na wlocie z ulicy Bernardyńskiej średnia strata czasu wyniesie 52 s/poj., a długość kolejki to 5 poj.

Z analizy wyników obliczeń przepustowości dla prognozy na rok 2026 wynika, że na tym skrzyżowaniu niezbędna jest przebudowa, gdyż za kilka lat to skrzyżowanie przestanie funkcjonować poprawnie.

Tabela 4. Zestawienie wyników z obliczeń przepustowości prognozowanej

	Natężenie ruchu Q [P/h]	Przepustowość C [P/h]	Stopień wykorzystania przepustowości ρ [%]	Straty czasu d [s/P]	Kolejka miarodajna Km [P]	PSR
Wlot C	472	335	141	875,5	77,7	IV
Pas B	716	784	91,3	46,4	20	III
Wlot D	134	205	65,4	52,9	5	II

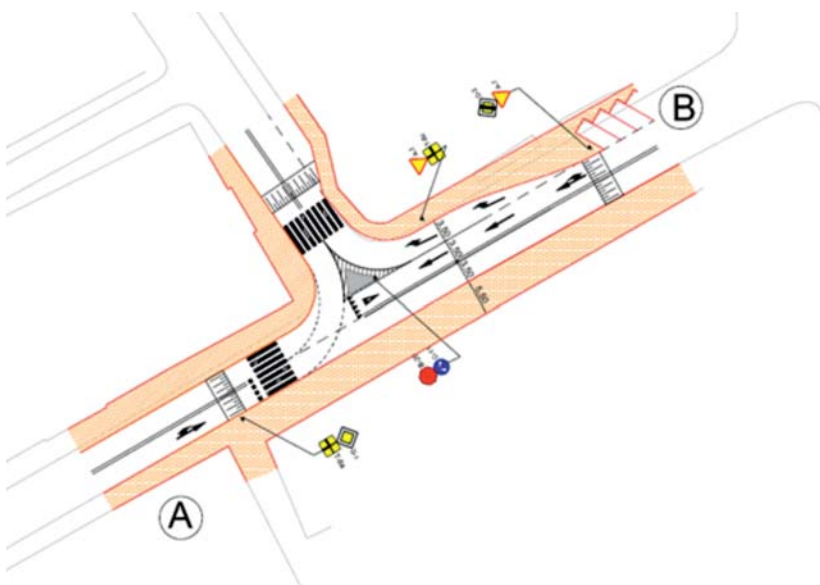
Źródło: Opracowanie własne

Warianty zmiany organizacji ruchu

Poniżej przedstawiono warianty zmiany organizacji ruchu na dwóch newralgicznych skrzyżowaniach w centrum Bochni.

Skrzyżowanie nr 1 – wariant I – ze zmianą pierwszeństwa i prawoskrętem

W wariantcie I zaproponowano zmianę pierwszeństwa przejazdu z relacji na wprost w relację lewoskrętną z ul. Kazimierza Wielkiego na ul. Rynek. Oprócz tego wprowadzono także pas do skrętu w prawo z wlotu od ul. Kościuszki. Rozwiązanie takie przyjęto kosztem kilku miejsc postojowych zlokalizowanych w pobliżu skrzyżowania. Sytuacja ta poprawiła także widoczność na skrzyżowaniu. W celu poprawy dostrzegalności skrzyżowania wprowadzono wysepkę brukowaną, a także powierzchnię wyłączoną z ruchu oznakowaniem poziomym. Niewątpliwą wadą tego rozwiązania jest problem bezpieczeństwa ruchu drogowego. Relacja podporządkowana na ul. Kazimierza Wielkiego musi być odpowiednio i wyraźnie oznakowana. Istnieje możliwość że kierowcy przejeżdżający z dużą prędkością przez ul. Kazimierza Wielkiego mogą nie zidentyfikować w porę tego nietypowego rozwiązania i jadąc prosto spowodować wymuszenie pierwszeństwa lub kolizji. Sposobem na poprawę czytelności tego skrzyżowania jest ograniczenie prędkości.



Rys. 9. Wariant I na skrzyżowaniu nr 1

Źródło: Opracowanie własne

Można to osiągnąć poprzez wyniesienie tarczy skrzyżowania o ok 10 cm ponad drogę i wybrukowanie tego obszaru. Zmusi to kierowców do zwolnienia, dzięki czemu będą mieć więcej czasu na odczytanie organizacji ruchu na skrzyżowaniu, oraz zmniejszy skutki ewentualnych kolizji. Kolejnym newralgicznym punktem jest ul. Rynek. Pojazdy skręcające w lewo dzięki skanalizowaniu wylotu zajmują lewy pas, a pojazdy skręcające w prawo, prawy pas. Samochody z prawego pasa chcące kierować się w ul. Szewską muszą zająć miejsce na lewym pasie. Wymaga to wykorzystania luk w potoku pojazdów lewego pasa. Pojazdy z lewego pasa mają również ograniczony dostęp do miejsc parkingowych znajdujących się przy prawej krawędzi jezdni. Mała prędkość poruszających się samochodów ułatwi przetasowania obu potoków ruchu, jednak mimo tego nadal jest to miejsce predestynowane do częstych kolizji.

Wyniki obliczenia przepustowości dla wariantu I prezentuje tabela 5. Przepustowość została obliczona dla relacji podporządkowanej BW. Jak wynika z tabeli zastosowany wariant wprowadza bardzo dobre warunki ruchu (PSR I) jedynie w momencie oddania inwestycji. W dziesięć lat od zakończenia inwestycji stopień wykorzystania przepustowości sięgnie 88%. Kolejka miarodajna wynosząca 15 pojazdów przekracza długość dodatkowego pasa do skrętu w prawo, co będzie prowadzić do chwilowego uniemożliwienia wjazdu na dodatkowy pas pojazdów skręcających w prawo. Można byłoby temu przeciwdziałać wydłużając dodatkowy pas, lecz odbywałoby się to kosztem kolejnych miejsc parkingowych.

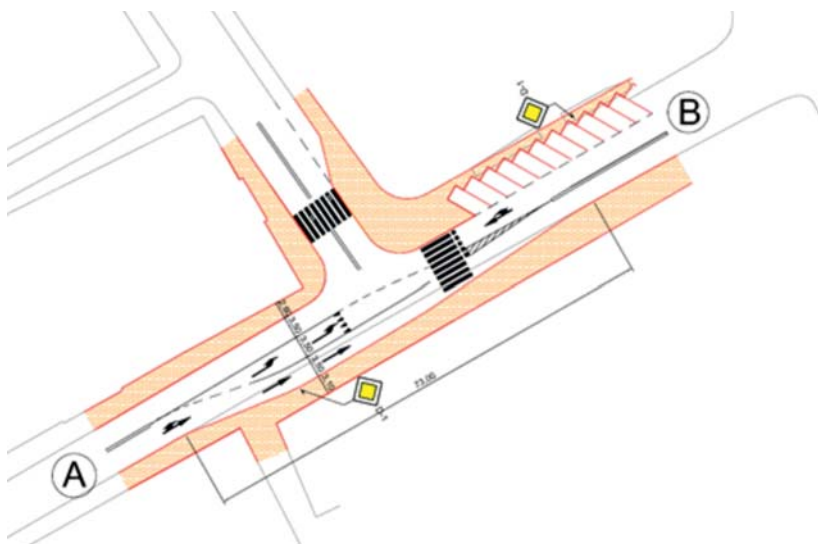
Tabela 5. Wyniki obliczeń przepustowości podporządkowanego pasa relacji na wprost dla wariantu I

Rok	Natężenie ruchu Q [P/h]	Przepustowość C [P/h]	Stopień wykorzystania przepustowości ρ [%]	Straty czasu d [s/P]	Kolejka miarodajna Km [P]	PSR
2016	385	669	58,0	12,0	4	I
2026	518	590	88,0	46,8	15,2	III

Źródło: Opracowanie własne

Skrzyżowanie nr 1 – wariant II – z dodatkowym pasem do skrętu w lewo

W wariantcie II pozostawiono obecny układ pierwszeństwa. Na krótkim odcinku poszerzono jezdnię ul. Kazimierza Wielkiego w celu wprowadzenia dodatkowego pasa do skrętu w lewo. Poszerzenie wykonano na długości 73 metrów kosztem chodnika po południowej stronie ulicy. Chodnik zwężono do 3,10 m. Dodatkowy pas do skrętu w lewo szeroki na 3,5 m i długi na 16 m umożliwia oczekiwanie na skręt 3 pojazdów bez hamowania ruchu na wprost. Sprawne funkcjonowanie tego rozwiązania warunkuje kolejka pojazdów skręcających w lewo nie przekraczająca 3 pojazdów. Warunek ten może być spełniony przy natężeniu zbliżonym do obecnego lub przy wzroście natężenia tylko w godzinach poza szczytem. Przesunięto także przejście dla pieszych z wlotu A na B. Głównym ciągiem pieszym w tym rejonie



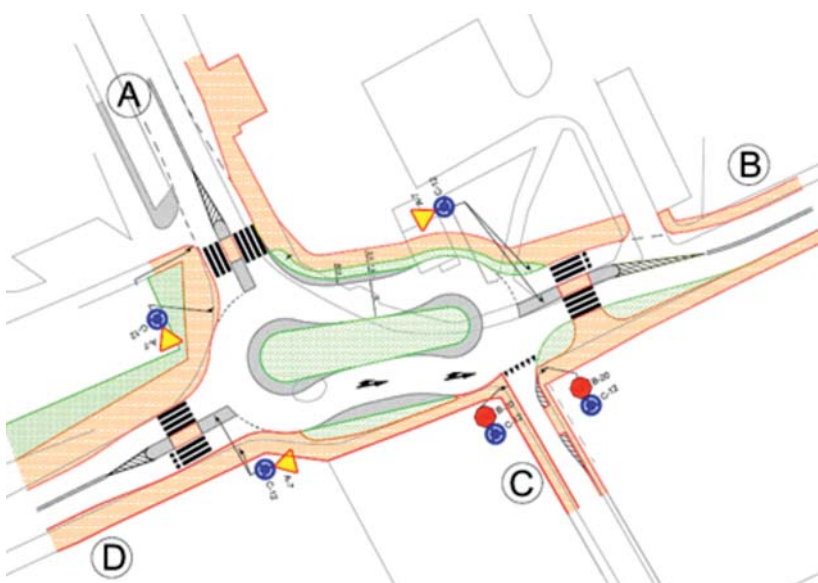
Rys. 10. Wariant II na skrzyżowaniu nr 1
Źródło: Opracowanie własne

jest ul. Kazimierza Wielkiego i lewa strona ul. Rynek. Przesunięcie przejścia dla pieszych wymusi wydłużenie drogi pieszych i może spowodować częstsze przekraczanie jezdni w niedozwolonym miejscu. Zapobiec temu można stawiając barierki uniemożliwiające przechodzenie pieszych.

Tabela 6. Wyniki obliczeń przepustowości lewoskrętu dla wariantu II

Rok	Natężenie ruchu Q [P/h]	Przepustowość C [P/h]	Stopień wykorzystania przepustowości ρ [%]	Straty czasu d [s/P]	Kolejka miarodajna Km [P]	PSR
2016	232	464	50,0	15,2	3	II
2026	312	364	85,6	64,3	12	IV

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 11. Wariant I dla skrzyżowania nr 2
Źródło: Opracowanie własne

Wyniki obliczenia przepustowości w przypadku wariantu II prezentuje tabela 6. Przepustowość została obliczona do relacji AL. Jak wynika z tabeli, zastosowany wariant wprowadza dobre warunki ruchu w momencie oddania inwestycji. Prognoza na 2026 r. pokazuje, że miarodajna kolejka będzie wynosiła 12 pojazdów, a stopień wykorzystania przepustowości będzie równy 85,6%. Warunki ruchu zostaną sklasyfikowane jako niekorzystne. Duża liczba pojazdów oczekujących na lewoskręcie spowoduje blokowanie przejazdu pojazdów relacji na wprost ul. Kazimierza Wielkiego. W godzinach szczytu skrzyżowanie nie będzie funkcjonować poprawnie, jednak w pozostałym okresie rozwiązanie to usprawni ruch na tym skrzyżowaniu.

Skrzyżowanie nr 2 – wariant I – rondo w kształcie osemki

Drugie omawiane skrzyżowanie o rozsuniętych wlotach pozwoliło na zastosowanie w jednym z wariantów ronda. Z racji na rozsuniecie wlotów skrzyżowania również rondo przybrało nietypowy kształt. Stworzenie tego wariantu wymaga dużej powierzchni, w związku z tym zajęta została część skweru przy ul. Kraszewskiego – Regis wraz z obiektem, w którym zlokalizowana jest kwiaciarnia. Przesunięciu w kierunku północnym uległ także pomnik znajdujący się na „szlaku solnym”. Likwidacji wymaga parking wzdłuż ul. Bernardyńskiej zlokalizowany przy prawej krawędzi jezdni. Zlikwidowane zostało przejście dla pieszych przez ul. Kraszewskiego zlokalizowane po lewej stronie wlotu ul. Szewskiej. W związku z tym, aby umożliwić pieszym ruch w relacji ul. Szewska – ul. Regis wprowadzono przejście przez ul. Szewską z chodnika po lewej stronie ulicy do podcienia po jej prawej stronie. Wymaga to otwarcia wejścia do podcienia w miejscu przejścia. Niekorzystna jest różnica poziomów jezdni i posadzki podcienia, jak ograniczenie widoczności

pieszych wychodzących z podcienia. Dla umożliwienia właściwego postrzegania pieszych przez kierowców, jak też pojazdów przez pieszych, zaproponowano zwężenie jezdni w miejscu przejścia i wybudowanie przylegającej do podcienia wyspy dla pieszych. Konieczne jest połączenie obu poziomów stopniami, które zostaną zlokalizowane poza pasem jezdni wewnątrz podcienia.

W celach bezpieczeństwa, poprawy przejezdności oraz estetyki wprowadzono na dłuższym boku ronda zieleni oddzielającą jezdnię od chodnika. Wyspa centralna jest powierzchnią zieloną wypiętrzoną 50 cm ponad jezdnię ronda. To rozwiązanie poprawia czytelność skrzyżowania i nie zakłóca widoczności na wlotach ronda.

Jednym z warunków poprawnego zaprojektowania ronda jest zapewnienie przejezdności na wszystkich relacjach. W tym celu wykorzystano program komputerowy AutoTURN. Analiza otrzymanych wyników potwierdza możliwość przejazdu, ale tylko dzięki wybrukowaniu zewnętrznej części dłuższego boku ronda. Pojazd przejeź-

Tabela 7. Wyniki obliczeń przepustowości dla wariantu I w roku oddania skrzyżowania do eksploatacji (2016 r.)

Włot	Natężenie ruchu Q [P/h]	Przepustowość C [P/h]	Stopień wykorzystania przepustowości ρ [%]	Kolejka miarodajna Km [P]	Straty czasu d [s/P]	PSR
A	731	1011	72	8	12,1	I
B	309	854	36	2	5,2	I
C	351	736	48	3	8,3	I
D	100	699	14	1	4,6	I

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 8. Wyniki obliczeń przepustowości dla wariantu I w 10 lat po oddaniu do eksploatacji (2026 r.)

Włot	Natężenie ruchu Q [P/h]	Przepustowość C [P/h]	Stopień wykorzystania przepustowości ρ [%]	Kolejka miarodajna Km [P]	Straty czasu d [s/P]	PSR
A	982	966	102	42	114,8	IV
B	415	795	52	3	8,4	I
C	472	644	73	8	20,9	II
D	134	631	21	1	5,9	I

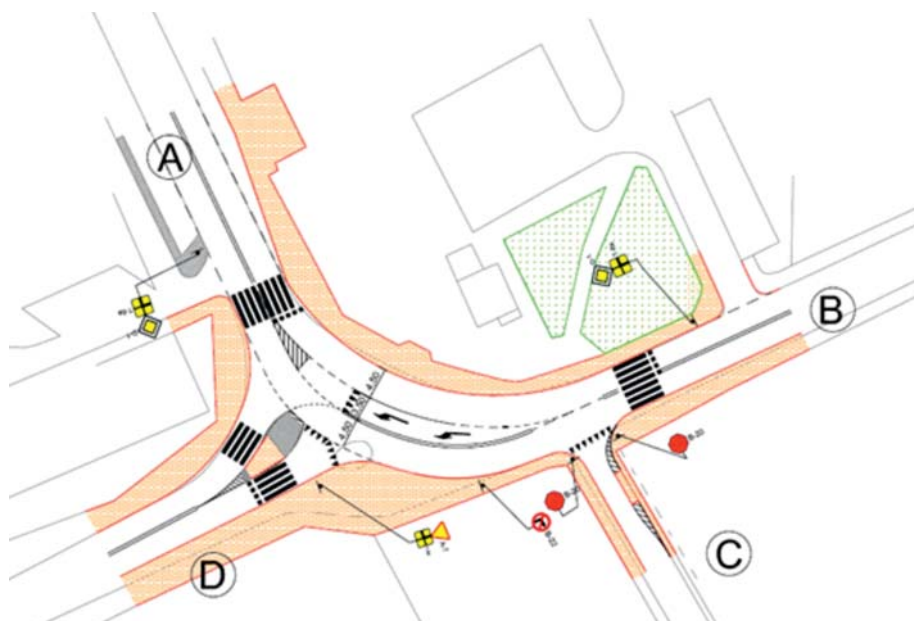
Źródło: Opracowanie własne

dając przez tę część może odpowiednio poprawić kierunek przygotowując się do wykonania manewru skrętu w lewo. Wybrukowanie tego obszaru i wykrzywienie toru jazdy dla samochodów osobowych jest konieczne z uwagi na wymuszenie na kierowcach ograniczenia prędkości podczas przejazdu przez rondo. W analizowanym wariantie zdecydowano się zaprojektować również trawnik, oddzielający jezdnię od chodnika wzdłuż dłuższego boku ronda. Zabieg taki ma służyć powiększeniu obszaru, nad którym będzie przemieszczał się nawis przedni autobusu. Oddzielenie chodnika od projektowanej jezdni ronda pasem zieleni poprawi bezpieczeństwo pieszych i pozytywnie wpłynie na estetykę tego rozwiązania. Wadą tego rozwiązania jest niewątpliwie ukształtowanie wysokościowe terenu. Włot z ul. Kraszewskiego jest usytuowany na znacznym wzniesieniu, co jest niekorzystne, gdyż utrudnia pojazdom włączenie się do ruchu na rondzie. Również obszar, na którym obecnie znajduje się budynek kwaciarni, jest położony około metra poniżej krawędzi chodnika. Przebudowa tego skrzyżowania na rondo wymagałaby dużych prac ziemnych i znacznej ingerencji w obecny kształt tego miejsca. Wyniki obliczenia przepustowości w przypadku wariantu I prezentują tabela 7. oraz tabela 8. Przepustowość została obliczona dla poszczególnych wlotów.

Jak wynika z tabeli, zastosowany wariant wprowadza bardzo dobre warunki ruchu w momencie oddania inwestycji. Prognoza na 2026 r. pokazuje, że wlot z ul. Regis wyczerpie swoją przepustowość i kolejka na nim będzie wynosiła aż 42 pojazdy. Warunki ruchu zostaną na nim zaklasyfikowane jako niekorzystne (PSR IV). Prognoza określa warunki ruchu na wlocie z ul. Szewskiej, gdzie kolejka będzie wynosiła 8 pojazdów, jako dobre (PSR II). Pozostałe wloty w 10 lat po oddaniu inwestycji do użytkowania nadal będą posiadać bardzo dobre warunki ruchu (PSR I).

Skrzyżowanie nr 2 – wariant II – wprowadzenie pasa do skrętu w lewo

W wariantcie II wprowadzono pas do skrętu w lewo z ul. Kraszewskiego w ul. Bernardyńską. Włot ul. Bernardyńskiej został poszerzony, a pasy dla przeciwnych kierunków rozdzielone wyspą azylu dla pieszych. Włot z ul. Szewskiej, jak i cała ulica, został zwężony kosztem chodnika po jego lewej stronie. Chodnik został poszerzony z 1,30 m do 2,20 m, dzięki czemu duża liczba pieszych będzie miała ułatwioną możliwość poruszania się wzdłuż ul. Szewskiej. Zlikwidowane zostało przejście dla pieszych przez ul. Kraszewskiego, zlokalizowane po lewej stronie wlotu ulicy Szewskiej. W związku z tym, aby umożliwić pieszym ruch w relacji ul. Szewska – ul. Regis, wprowadzono analogicznie jak w wariantcie I przejście przez ul. Szewską z chodnika po lewej stronie ulicy do podcienia po jej prawej stronie. Wymaga to otwarcia wejścia do podcienia w miejscu przejścia, budowy wyspy dla pieszych, która poprawi widoczność, oraz połączenia poziomów pomiędzy jezdnią a posadzką podcienia stopniami. Zlikwidowane zostaną miejsca parkingowe zlokalizowane obecnie wzdłuż ul. Bernardyńskiej pomiędzy wyspą a prawą krawędzią jezdni. Zmusi to kierowców do parkowania na parkingach zlokalizowanych przy ul. Regis lub Kraszewskiego.



Rys. 12. Wariant II dla skrzyżowania nr 2
Źródło: Opracowanie własne

Wyniki obliczenia przepustowości dla wariantu II prezentują tabela 9, tabela 10 oraz tabela 11. Wprowadzenie tego rozwiązania wpływa na poprawę przepustowości na relacji BL, a również całego wlotu B. Wariant ten nie rozwiązuje problemów przepustowości wlotu C z ul. Szewskiej i wlotu D z ul. Bernardyńskiej. Jak wynika z tabeli, zastosowany wariant wprowadza dobre warunki ruchu. Prognoza na 2026 r. pokazuje, że miarodajna kolejka będzie wynosiła 4 pojazdy, a stopień wykorzystania przepustowości sięgnie zaledwie 55%. W godzinach szczytu kolejka pojazdów ustawionych na lewoskręcie może chwilowo wpływać na ruch samochodowy odbywający się na relacji Kraszewskiego–Regis. Pomimo to, skrzyżowanie w 10-letniej prognozie nadal będzie poprawnie funkcjonować. Bez wydzielenia na skrzyżowaniu dodatkowego pasu dla pojazdów skręcających w lewo w ul. Bernardyńską w 2026 r. długość kolejki miarodajnej wynosiłaby 20 pojazdów, przepustowość zostałaby wykorzystana w 91% a warunki ruchu zostałyby zaklasyfikowane jako przeciętne (PSR III).

Tabela 9. Wyniki obliczeń przepustowości dla wariantu II w roku oddania skrzyżowania do eksploatacji i po 10 latach na ulicy Szewskiej

Rok	Natężenie ruchu Q [P/h]	Przepustowość C [P/h]	Stopień wykorzystania przepustowości ρ [%]	Straty czasu d [s/P]	Kolejka miarodajna Km [P]	PSR
2016	351	458	76,6	33,9	9	IV
2026	472	335	141	875,5	77	IV

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 10. Wyniki obliczeń przepustowości dla wariantu II w roku oddania skrzyżowania do eksploatacji i po 10 latach na lewoskręcie z ulicy Kraszewskiego

Rok	Natężenie ruchu Q [P/h]	Przepustowość C [P/h]	Stopień wykorzystania przepustowości ρ [%]	Straty czasu d [s/P]	Kolejka miarodajna Km [P]	PSR
2016	160	541	29,6	8,4	2	I
2026	216	391	55,3	20,7	4	II

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 11. Wyniki obliczeń przepustowości dla wariantu II w roku oddania skrzyżowania do eksploatacji i po 10 latach na ulicy Bernardyńskiej

Rok	Natężenie ruchu Q [P/h]	Przepustowość C [P/h]	Stopień wykorzystania przepustowości ρ [%]	Straty czasu d [s/P]	Kolejka miarodajna Km [P]	PSR
2016	100	307	32,5	17,3	2	II
2026	134	206	65,2	52,9	5	IV

Źródło: Opracowanie własne

To rozwiązanie wpłynie pozytywnie tylko na ruch w ciągu ulic głównych, tj. Kraszewskiego–Regis. Przepustowość na wlocie z ul. Szewskiej, tak samo jak i z ul. Bernardyńskiej nie zostanie zwiększona. Przez to w perspektywie najbliższych lat staną się one niefunkcjonalne. Wprowadzenie tego wariantu byłoby zasadne w sytuacji wyłączenia z ruchu samochodowego ul. Szewskiej lub zmniejszania natężenia ruchu na niej. Przekserowanie pojazdów jadących z ul. Kazimierza Wielkiego w kierunku Limanowej z ciągu ulic Kazimierza Wielkiego – Rynek – Szewska – Regis na trasę Kazimierza Wielkiego – Kościuszki – Plac Pułaskiego – Plac Gazaris – Kraszewskiego – Regis pomogłoby zmniejszyć lub zlikwidować natężenie pojazdów na wlocie ul. Szewskiej.

Porównanie wariantów oraz wybór koncepcji organizacji ruchu

Porównanie wariantów zostało przeprowadzone poprzez zastosowanie skali oceniającej wpływ zaproponowanego wariantu na aspekty komunikacji miasta oraz efektywność.

Tabela 12. Porównanie wariantów na skrzyżowaniu Kazimierza Wielkiego–Rynek

Lp.	Kryterium	Wariant I	Wariant II
		Skrzyżowanie z prawoskrętem i zmianą pierwszeństwa	Skrzyżowanie z wydzielonym pasem do lewoskrętu
I	FUNKCJONALNE	32	36
1	Przepustowość skrzyżowania	****	***
2	Warunki ruchu (PSR)	**	*
3	Zapewnienie wszystkich relacji	*****	*****
4	Płynność ruchu	***	**
5	Dostosowanie do prognozowanych relacji	*****	****
6	Bezpieczeństwo	**	****
7	Stopień bezkolizyjności	***	****
8	Dogodność przejść dla pieszych	**	****
9	Warunki widoczności	****	*****
10	Czytelność dla kierowców	**	****
II	PRZESTRZENNE	7	7
11	Zajętość terenu	***	***
12	Dostosowanie geometrii skrzyżowania do terenu	****	****
III	ŚRODOWISKOWE	12	10
13	Redukcja prędkości	****	***
14	Emisja spalin	***	**
15	Oddziaływanie hałasu	***	**
16	Psychologiczne odczucie standardu przez kierujących	**	***

Lp.	Kryterium	Wariant I	Wariant II
		Skrzyżowanie z prawoskrętem i zmianą pierwszeństwa	Skrzyżowanie z wydzielonym pasem do lewoskrętu
IV	INNE	12	12
17	Zachowanie granic	***	***
18	Estetyka	****	***
19	Unowocześnienie infrastruktury	***	***
20	Koszty budowy	**	***
V	SUMA	63	65

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 13. Porównanie wariantów na skrzyżowaniu Szewska – Kraszewskiego – Regis – Bernardyńska

Lp.	Kryterium	Wariant I	Wariant II
		Skrzyżowanie typu rondo	Skrzyżowanie z wydzielonym pasem do lewoskrętu
I	FUNKCJONALNE	40	30
1	Przepustowość skrzyżowania	****	**
2	Warunki ruchu (PSR)	***	*
3	Zapewnienie wszystkich relacji	*****	****
4	Płynność ruchu	****	**
5	Dostosowanie do prognozowanych relacji	***	***
6	Bezpieczeństwo	*****	***
7	Stopień bezkolizyjności	*****	***
8	Dogodność przejść dla pieszych	***	***
9	Warunki widoczności	****	****
10	Czytelność dla kierowców	****	*****
II	PRZESTRZENNE	4	8
11	Zajętość terenu	**	****
12	Dostosowanie geometrii skrzyżowania do terenu	**	****
III	ŚRODOWISKOWE	11	11
13	Redukcja prędkości	****	**
14	Emisja spalin	****	***
15	Oddziaływanie hałasu	****	***
16	Psychologiczne odczucie standardu przez kierujących	***	***
IV	INNE	12	14
17	Zachowanie granic	**	****
18	Estetyka	****	***
19	Unowocześnienie infrastruktury	****	***
20	Koszty budowy	**	****
V	SUMA	66	69

Źródło: Opracowanie własne

Propozycja zmian organizacji ruchu złączeniem wariantów – wyłączenie ul. Szewskiej z ruchu samochodowego

Poniżej przedstawiono propozycję organizacji ruchu w centrum Bochni z wykorzystaniem przedstawionych wariantów dotyczących skrzyżowań. Propozycja ta oparta jest wyłącznie na obserwacjach ruchu pojazdów, dokonanych podczas pomiarów natężenia ruchu na skrzyżowaniach nr 1 i 2.

Jednym z wariantów dotyczących zmian na ulicach przyległych do rynku jest wyłączenie ul. Szewskiej z ruchu samochodowego. Z analiz przepustowości skrzyżowania nr 2 wynika, że przy istniejącej organizacji ruchu jedynym rozwiązaniem zwiększającym płynność poruszania się pojazdów na ulicy Szewskiej jest wybudowanie ronda. Ze względu na wysokie koszty rozwiązania oraz znaczną ingerencję w istniejący układ, wariant ten może być niezrealizowany. Zasadne stanie się wyłączenie ulicy Szewskiej z ruchu samochodowego i realizacja wariantu nr II. Rozwiązanie to zmieni przebieg drogi wojewódzkiej 965 na ulice Kazimierza Wielkiego – Kościuszki – Plac Pułaskiego – Kraszewskiego – Regis. Przewiduje się, że będzie to skutkowało zmniejszeniem o około połowę natężenia ruchu pojazdów skręcających na skrzyżowaniu nr 1 w ul. Rynek, gdyż z obserwacji wynika, że większość pojazdów skręcających kierowała się na ul. Szewską, a następnie Regis. Przy zmniejszonym natężeniu relacji skrajnych na skrzyżowaniu nr 1 korzystniejsze wydaje się zastosowanie wariantu II, tj. wydzielenie lewoskrętu na ul. Kazimierza Wielkiego. Wariant tamten został oceniony jako rozwiązanie o mniejszej przepustowości, ale o znacznie większym poziomie bezpieczeństwa i czytelności. Zasadne jest również założenie, że potok pojazdów pojawi się na wlocie ul. Kraszewskiego. Struktura rodzajowa tego potoku bardzo dobrze wpisuje się w rozwiązanie wariantu II na skrzyżowaniu nr 2, ponieważ zdecydowana większość podróży odbywać się będzie po drodze nadrzędnej.

Wyłączając ul. Szewską z ruchu samochodowego należy rozważyć również organizację ruchu na ulicach przyległych do Rynku. Wzorując się na przykładzie Niepołomicz zdecydowano na pozostawienie ul. Rynek jednokierunkowej. Stanowiłaby ona obwiednie rynku, a od skrzyżowania z ul. Plac Św. Kingi byłaby dodatkowo ograniczona znakiem D-40 „strefa zamieszkania”. Aby ograniczyć ruch wokół rynku wyłącznie do celów postojowych zdecydowano wprowadzić zakaz wjazdu w ul. Solną i nakaz skrętu w prawo na skrzyżowaniu z ul. Rynek – Kościuszki. Wskazane byłoby zagospodarowanie północnej i wschodniej jezdni ul. Rynek jako trakt pieszo – jezdny. Zaleca się wykonanie nawierzchni kamiennej imitującej płytę rynku oraz ustawieniu obiektów małej architektury, co wskazywałoby jednoznacznie na główną funkcję rekreacyjną. Należałoby również wyłączyć z ruchu odcinek ul. Solnej pomiędzy ulicami Rynek a Sutoris i przeznaczyć go jako traktu pieszego. Ograniczenie to nie dotyczyłoby taksówek, które przy wschodniej pierzei rynku mają swoje miejsca postojowe. Dookoła rynku wyznaczono by prostopadłe miejsca parkingowe usytuowane przy placu. Przy szerokości jezdni manewrowej wynoszącej 5 m, prostopadłe parkowanie jest najbardziej efektywne i pozwala na długości



Rys. 13. Zaproponowana zmiana organizacji ruchu na ulicach centrum Bochni
 Źródło: Opracowanie własne

100 m parkingu usytuować 43 stanowiska postojowe o szerokość 2,3 m każde. Możliwe jest zagospodarowanie 55 m północnej strony rynku oraz 45 m wschodniej. Po zachodniej oraz południowej stronie rynku zalecane jest wprowadzenie miejsc postojowych usytuowanych pod kątem 60 stopni do krawędzi jezdni. Zmniejsza to efektywność wykorzystania powierzchni, ale za to ułatwia wykonanie manewru parkowania, co jest bardzo ważne z uwagi na intensywność ruchu na ulicy Kazimierza Wielkiego i zachodniej pierzei rynku. Oszacowano liczbę miejsc parkingowych na 60, licząc średnio 15 na każdy bok placu.

Zamknięcie dla ruchu ul. Plac Św. Kingi między ul. Bernardyńską a Białą korzystnie wpływa na obszar w bezpośrednim sąsiedztwie zabytkowej Bazyliki, a nie ma negatywnego oddziaływania na organizację ruchu w centrum, gdyż jest to mało znacząca ulica w sieci miejskiej. W tym miejscu również można stworzyć trakt pieszy. Pozostałe ulice przy rynku pozostałyby w obecnym układzie.

Wnioski

Pomiary oraz obliczenia przeprowadzone w dwóch neralgicznych punktach rynku Bochni, jakimi są skrzyżowania Kazimierza Wielkiego – Rynek oraz Szewska – Kraszewskiego – Regis – Bernardyńska, wskazują, na podstawie instrukcji *Metody obliczania przepustowości*, że stan natężenia ruchu mieści się w granicach określanych jako „dobre warunki ruchu”. Można by zatem uznać, że obecna organizacja ruchu jest wystarczająca. Przy ocenie należy jednak zwrócić uwagę na fakt, iż pomiary obejmowały tylko cztery dni robocze. Konieczne staje się więc branie pod uwagę również innych źródeł, np. opinii mieszkańców – stałych użytkowników tych ulic, którzy w inny sposób postrzegają warunki panujące na ulicach centrum Bochni. Z roku na rok w Polsce przybywa nowych pojazdów, co prowadzi do wzmożenia ruchu. Obliczone prognozowane natężenie na rok 2026 pokazuje, iż obecne rozwiązanie nie będzie w sta-

nie przenieść tak dużych potoków ruchu. Zaproponowane zmiany pozwalają na rozwiązanie tego problemu. W celu wprowadzenia efektywnego rozwiązania, należy połączyć omawiane warianty ze zmianą ruchu na ulicach w obrębie całego rynku. Nadrzędna staje się konieczność wprowadzenia działań porządkujących układ komunikacyjny w centrum. W tym celu zaproponowano zmianę przebiegu drogi wojewódzkiej 965 na ul. Kazimierza Wielkiego – Kościuszki – Plac Pułaskiego – Kraszewskiego – Regis. Całkowite wyłączenie z ruchu samochodowego zaproponowano na ulicach Szewskiej, Plac Św. Kingi oraz ul. Solną między Rynkiem a Sutoris. Na północnej i wschodniej pierzei rynku zaproponowano budowę traktu pieszo-jezdnego z wydzielonymi miejscami parkingowymi.

Rozwiązanie to połączyło wariant II na skrzyżowaniu Kazimierza Wielkiego – Rynek, tj. lewoskręt z ul. Kazimierza Wielkiego, z wariantem II na skrzyżowaniu Szewska – Kraszewskiego – Regis – Bernardyńska, tj. wydzielenie pasa do skrętu w lewo w ul. Bernardyńską. W ocenie indywidualnej, oba te warianty zostały uznane jako gorsze, jednak ich połączenie wraz z zaproponowaną organizacją ruchu w centrum Bochni będzie skutkowało uzyskaniem optymalnej przepustowości i bezpieczeństwa sieci ulic.

Bibliografia

- [1] Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych „Wytyczne projektowania ulic”, Warszawa 1992
- [2] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad „Metoda obliczania przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej”, Warszawa 2004
- [3] Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych „Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych”, Warszawa 2001
- [4] Dz.U. Nr 43 z dn. 14.V.1999 r. poz. 430. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dn. 2.III.1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie
- [5] Dz.U. Nr 220 z dnia 23.12.2003 r., poz. 2181. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dn. 2.07.2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach
- [6] Gaca S., Tracz M., Suchorzewski W.; „Inżynieria ruchu drogowego”, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności Warszawa 2008
- [7] Tracz M., (Ed) „Pomiary i badania ruchu”, Biblioteka Drogownictwa, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności Warszawa 1984
- [8] Praca dyplomowa magisterska R. Smęda „Projekt koncepcyjny uspokojenia ruchu w mieście Bochni”, Politechnika Krakowska, Kraków 2012
- [9] <http://wikipedia.pl>
- [10] <http://www.bochnia.pl>
- [11] <http://www.muzeum.bochnia.pl>
- [12] <http://www.bochnianin.pl>
- [13] <http://www.mapy.google.pl>
- [14] http://www.salinacracoviensis.pl/61,224,Bochenski_Rynek.htm