

PROJEKT SYGNALIZACJI SWIETLNEJ – CZĘŚĆ RUCHOWA

SPIS TREŚCI:

Część opisowa

1. Identyfikacja i analiza ruchu kołowego	2
2. Sprawdzenie przepustowości skrzyżowania	3
3. Organizacja ruchu na skrzyżowaniu.....	4
4. Lokalizacja sygnalizatorów na skrzyżowaniu	5
5. Zasady sterowania	6
6. Programy sygnalizacji.....	7
6.1. Stan ustalony.....	7
6.2. Stan po wzbudzeniu przez pieszych	7

Załączniki

Dane wyjściowe do obliczeń.

Obliczenia (formularze)

Programy pracy sygnalizacji

1. Identyfikacja i analiza ruchu kołowego

Decyzja Zamawiającego o budowie sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu ul. Traugutta z ulicami: Kasprowiczka i Grabowicką, zapadła w okresie końcowej fazy opracowania projektu organizacji ruchu. Uniemożliwiło to wykonanie pełnych badań ruchu w warunkach zapewniających najwyższą wiarygodność uzyskanych wyników. Możliwość wykonania własnego pomiaru natężenia i struktury ruchu kołowego na tym skrzyżowaniu, wystąpiła 13 listopada 2014 r. Pomiar został wykonany w godzinach 12:30 – 13:30.

Równocześnie poszukiwane były dostępne dane z pomiarów ruchu, które dotyczyły przede wszystkim ul. Traugutta, ponieważ wykonany pomiar wykazał, iż ruch na wlotach tej ulicy, stanowi 85 % sumarycznego ruchu na całym skrzyżowaniu. Najbliższe tym oczekiwaniom były pomiary wykonane przez firmę „INŻKOM”, na skrzyżowaniu ul. Węglowej z ul. Traugutta, oddalonym ok. 800 m na północ od analizowanego skrzyżowania.

Pomiar ten został wykonany w 2007 r. w godzinach szczytu porannego (6:45 – 7:45) oraz szczytu popołudniowego (15:00 – 16:00). Zmierzony wówczas ruch na ul. Traugutta wynosił w szczycie porannym ok. 395 P/h, a w szczycie popołudniowym był o ponad 43 % większy i wynosił ok. 567 P/h. Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania obciążeń na przeciwnych kierunkach ruchu. W szczycie porannym na ul. Traugutta, relacja z północy na południe stanowiła 53 % obciążenia przekroju, a szczycie popołudniowym przewaga tego samego kierunku była mniejsza niż 1 %. Nie wykonano pomiarów w okresie międzyszczytowym.

W prezentacji wyników pomiaru z 2007 r., w niezrozumiały sposób zdefiniowano „kierunek główny”. Nie jest on zgodny z organizacją ruchu funkcjonującą wówczas na skrzyżowaniu ul. Węglowej z ulicami Traugutta i Topolową. Przy czym o ile kierunek główny przyjęty w szczycie porannym dla relacji Węglowa (wlot wschodni) - Traugutta może być uzasadniony największym ruchem w tej relacji, to przyjęty dla szczytu popołudniowego kierunek Topolowa – Traugutta nie ma żadnego uzasadnienia.

W szczycie porannym najmniejszy ruch sumaryczny na skrzyżowaniu Węglowa – Traugutta, zarejestrowano w środkowym kwadransie okresu przyjętego jako szczytowy. Natomiast w odrzuconym pierwszym kwadransie ruch kołowy na kierunku głównym był zdecydowanie większy niż w dwóch ostatnich kwadransach przyjętych do godziny szczytu. W ostatnim odrzuconym kwadransie, ruch na wlocie ul. Traugutta był największy z wszystkich pomierzonych rano. Wielkości ruchu kołowego w poszczególnych kwadransach okresu pomiarowego (6:30 – 8:00), istotnie różniły się między sobą.

W szczycie popołudniowym wykonano pomiary w okresie 14:30 – 16:00, przy czym w ostatnim kwadransie pomiaru ruch na kierunku głównym oraz na wlocie ul. Węglowej był największy z wszystkich pomierzonych, co wskazywało by na konieczność przedłużenia czasu pomiaru poza godzinę 16:00.

Z analizy wyników tego pomiaru wynika, iż ok. 90 % (86,4 – 93,5 %) ruchu kołowego na ul. Traugutta (droga powiatowa nr 4454S), ma związek z ul. Węglową - drogą powiatową nr 4447S, poprzeczną do Traugutta. Zdecydowanie największy związek występuje z kierunkiem przeciwnym niż dojazd do lub z drogi S1. Z kierunku wschodniego pochodzi 55 – 59 % ruchu na ul. Traugutta. Natomiast powiązania z ul. Topolową stanowią 6,5 do 13,6 % ruchu na ul. Traugutta. Pomierzony udział pojazdów ciężkich na ul. Traugutta (samochodów ciężarowych i autobusów), wynosił ok. 2 %. Jedną z przyczyn tak małego udziału pojazdów ciężkich w ruchu,

może być obowiązujący na tej ulicy zakaz ruchu pojazdów o rzeczywistej masie całkowitej ponad 12 t, z wyłączeniem autobusów komunikacji publicznej.

Według pomiaru wykonanego dla potrzeb niniejszego projektu w dniu 13 listopada 2014 r., ruch kołowy na ul. Traugutta na północ od skrzyżowania z ul. Kasprzowicza i ul. Grabowicką, był o 83 % większy niż w szczycie porannym, zmierzony siedem lat wcześniej, a tylko o 27,5 % większy od zmierzonego w 2007 r. w szczycie popołudniowym. Pomiędzy skrzyżowaniem, na którym zostały wykonane pomiary w 2007 r., i skrzyżowaniem, na którym obecnie zaprojektowana została sygnalizacja świetlna, nie powstało nowe skrzyżowanie lub obiekty, które mogłyby generować tak duży przyrost ruchu w okresie na ogół traktowanym jako międzyszczytowy (12:30 – 13:30).

Możliwe jest jednak, że ul. Traugutta należy do tej grupy ulic, na których praktycznie nie występuje wyraźny szczyt poranny, a ruch wzrasta stopniowo aż do szczytu popołudniowego. Prawdopodobieństwo takiego rozkładu natężenia ruchu kołowego w godzinach doby uwierzytelnia fakt, iż według pomiaru z 2007 r., ruch w szczycie popołudniowym był aż o 43 % większy niż w porannym. Na ulicach o typowym rozkładzie wielkości ruchu, to szczyt poranny jest zazwyczaj wyraźnie wyższy niż szczyt popołudniowy, ale trwa znacznie krócej. Nieraz nawet krócej niż godzinę.

2. Sprawdzenie przepustowości skrzyżowania

W związku z opisanymi powyżej problemami, projektant nie dysponował wiarygodnymi danymi, na podstawie których mógłby zweryfikować wykonany pomiar i ustalić wiarygodną wartość natężenia ruchu w godzinach szczytu, co najmniej na głównym kierunku skrzyżowania. W tej sytuacji przeprowadzono dwa niezależne obliczenia określające warunki funkcjonowania sygnalizacji świetlnej zaprojektowanej na skrzyżowaniu:

- 1) sprawdzenie przepustowości dla wielkości i struktury ruchu kołowego, zmierzonej 13 listopada 2014 r. w godz. 12:30 – 13:30;
- 2) sprawdzanie przepustowości dla kolejno zwiększanego obciążenia ruchem z zachowaniem wyjściowej struktury tego ruchu, aż do określenia granicznego obciążenia skrzyżowania ruchem kołowym.

W wyniku obliczeń wykonanych metodą polską obliczania przepustowości (wskazaną przez Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad, jako obowiązkową na drogach krajowych), bardzo dobre parametry uzyskano przy cyklu o długości 45 s:

- 1) dla zmierzonej wielkości i struktury ruchu:
 - a) najwyższy poziom swobody ruchu na wszystkich pasach, wlotach i w efekcie również dla całego skrzyżowania – PSR I;
 - b) uśrednione długości kolejek równe zero na trzech wlotach, jedynie na wlocie południowym „C” – symbolicznie 0,1;
 - c) maksymalne długości kolejek (mniej niż 5 % prawdopodobieństwa zaistnienia):
 - ✓ na wlotach podporządkowanych po 3 pojazdy, co nie powinno powodować żadnych problemów w ruchu,
 - ✓ na kierunku głównym odpowiednio; 7 pojazdów (44 m) na wlocie południowym „C” oraz 5 pojazdów (32 m) na wlocie północnym „A” – co może powodować, że z prawdopodobieństwem mniejszym niż 5 %, ostatni pojazd w kolejce będzie znajdował się poza oficjalną strefą akumulacji, ale nie będzie blokował wyjazdu ze skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej;

- 2) dla dwukrotnie zwiększonych wszystkich potoków ruchu kołowego:
- a) najwyższy poziom swobody ruchu (PSR I) na trzech wlotach oraz PSR II na wlocie południowym „C”, a przez to również na całym skrzyżowaniu PSR II (przy PSR IV odpowiadającym poziomowi nasycenia w metodzie polskiej);
 - b) bardzo niskie uśrednione i maksymalne długości kolejki pojazdów na wlotach podrzędnych (minimalna na wlocie „B” – nadal 0, a na wlocie „D” – 0,3, natomiast kolejki maksymalne odpowiednio 3 i 7 pojazdów);
 - c) największa uśredniona i maksymalna kolejka przy dwukrotnym zwiększeniu ruchu mogą wystąpić na wlocie południowym „C” i osiągnąć długość odpowiednio 6,1 oraz 26 pojazdów.
 - d) na wlocie północnym („A”), krytycznym ze względu na niewielką odległość od poprzedniego skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej (24 – 25 m strefy akumulacji), uśredniona długość kolejki szacowana jest na 0,7 pojazdu, natomiast kolejka maksymalna może osiągnąć sporadycznie długość 14 pojazdów, co odpowiada potrzebnemu odcinkowi akumulacji rzędu 88 m.

Oznacza to, że przy ponad dwukrotnym zwiększeniu ruchu na skrzyżowaniu, może wystąpić konieczność objęcia sterowaniem sygnalizacją świetlną, także wlotu ul. Asnyka, zlokalizowanego na północ od analizowanego skrzyżowania. Wcześniej, w wypadku stwierdzenia problemów z wyjazdem z ul. Asnyka, wskazane byłoby wprowadzenie oznakowania poziomego typu „yellow box” lub jego odpowiednika, przypominającego kierującym o wynikającym z prawa o ruchu drogowym zakazie wjazdu na skrzyżowanie, jeżeli nie ma pewności co do tego, że pojazd będzie w stanie je opuścić.

Możliwość blokowania wyjazdu z wlotu podporządkowanego skrzyżowania zlokalizowanego na północ od analizowanego skrzyżowania z sygnalizacją świetlną, nie oznacza istotnego ograniczenia przepustowości wlotu północnego. Jest to raczej problem wpływu możliwych konfliktów na powstawanie sytuacji zagrażających bezpieczeństwu ruchu pojazdów. Przepustowość wlotu północnego nadal będzie wysoka (PSR I).

3. Organizacja ruchu na skrzyżowaniu

W wyniku decyzji o wybudowaniu sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu ul. Traugutta z ul. Kasprowicza, konieczna była również zmiana niektórych rozwiązań organizacji ruchu, zaprojektowanych wcześniej na tym skrzyżowaniu z maksymalnym uszanowaniem stanu istniejącego. Najistotniejsze zmiany dotyczyły:

- 1) zmiany lokalizacji przejścia dla pieszych przez ul. Traugutta;
- 2) korekty przebiegu ciągu dla ruchu rowerowego w rejonie skrzyżowania.

Obecnie przejście usytuowane jest w poprzek wlotu północnego, co – wobec bezpośredniego sąsiedztwa skrzyżowania z ul. Asnyka – znacznie skraca odcinek akumulacji pomiędzy tymi skrzyżowaniami. Utrzymanie tej sytuacji w przypadku wprowadzenia sygnalizacji świetlnej wpłynęłoby zdecydowanie niekorzystnie na funkcjonowanie i przepustowość skrzyżowania. Jedynym rozwiązaniem mogącym poprawić ten stan jest przeniesienie przejścia na wlot południowy. Wlot północny jako jedyny, nie będzie przecięty przejściem dla pieszych.

Dodatkowo zastosowano odpowiednie usytuowanie sygnalizatora dla ruchu kołowego na wlocie północnym, możliwie jak najbliżej ul. Kasprowicza. Nadto na wlocie tym zaprojektowano sygnalizator pomocniczy. Zabieg ten pozwolił na przysunięcie linii warunkowego zatrzymania P-14 najbliżej tarczy skrzyżowania, jak tylko było możliwe, czyli

usytuowanie jej w odległości 0,5 m od masztu sygnalizatora. Sygnalizator pomocniczy oraz odpowiednia lokalizacja sygnalizatora – powtarzacza umieszczonego nad jezdnią, w miejscu zapewniającym jego najlepszą widoczność dla wszystkich pojazdów nadjeżdżających z kierunku północnego. W efekcie otrzymano odcinek akumulacji na wlocie północnym o długości 24 – 25 m, w miejsce dotychczasowego odcinka o długości ok. 12 m.

Decyzję o takich zmianach podjęto po przeprowadzeniu obserwacji ruchu pieszego, jego tras i natężeniu, a projektant uznał, że zmiany nie wpłyną w istotny sposób na komfort odbywania się tego ruchu. Przy dalszym uszczegółowieniu projektu stwierdzono, że wprowadzone zmiany w zdecydowany sposób poprawią bezpieczeństwo pieszych, nadto pozytywnie wpłyną na warunki ruchu kołowego. Jak wynika z obliczeń przepustowości, takie rozwiązanie zapewni możliwość funkcjonowania zaprojektowanej sygnalizacji świetlnej przez najbliższe lata, bez konieczności instalowania sygnałów świetlnych na ul. Asnyka.

Konieczne okazało się również niewielkie odgięcie ciągu rowerowego. Szcupłość miejsca uniemożliwiała uzyskanie akumulacji dla pojazdów skręcających w lub z ul. Kasprowicza, ale z kolei struktura ruchu, uzyskane rezerwy przepustowości i najmniejsza z możliwych długość cyklu, nie wskazują na konieczność zastosowania na którymkolwiek z wlotów sygnału S-2, zezwalającego na skręt w kierunku wskazanym strzałką.

Odgięcie ciągu rowerowego umożliwiło zastosowanie podwójnych sygnalizatorów (po prawej i lewej stronie), dla rowerzystów. Dobra dostrzegalność i identyfikacja sygnałów dla rowerzystów jest bardzo istotna ze względu na bardzo duże odległości pomiędzy sygnalizacjami dla ruchu rowerowego i prosty przebieg (zachęcający do szybkiej jazdy), zaprojektowanego ciągu rowerowego. Nie bez znaczenia jest też dość duża intensywność ruchu rowerowego.

4. Lokalizacja sygnalizatorów na skrzyżowaniu

Jednym z zasadniczych problemów jest organizacja ruchu na skrzyżowaniu ulic Węglowa – Traugutta. Zgodnie z zasadami organizowania dróg rowerowych, nie powinny one być urywane przed skrzyżowaniem – bez dania rowerzystom możliwości kontynuowania jazdy. Najlepiej więc jeżeli drogi rowerowe są doprowadzane do skrzyżowania, a następnie daje się rowerzystom możliwość przejeżdżania przez jezdnie z wykorzystaniem przejazdów dla rowerzystów i kontynuowania jazdy.

W przypadku skrzyżowania ulic Węglowa – Traugutta brak dostępności terenu uniemożliwia zaprojektowanie takiego rozwiązania. Niemniej jednak rowerzystom należy dać możliwość poruszania się w zgodzie z obowiązującymi przepisami – tym bardziej, że wzdłuż ul. Węglowej zaprojektowano już drogę dla rowerów, a zarząd dróg przystępuje do jej realizacji. W tej sytuacji, po szerokim skonsultowaniu problemu ze specjalistami organizowania ruchu rowerowego, zaproponowano wyznaczenie przejazdów dla rowerzystów na wszystkich wlotach skrzyżowania i doprowadzenie do nich ruchu poprzez drogi dla pieszych i rowerów.

Rozwiązanie to wymaga jednak przebudowy istniejącej sygnalizacji świetlnej (przesunięcia niektórych sygnalizatorów) oraz korekty jej programu pracy. Zakres ten nie wchodzi jednak w zakres aktualizacji dokumentacji ujętej w stosownej umowie pomiędzy Zamawiającym a projektantem, stąd został umieszczony tutaj jako zalecenie.

Projektant, po analizie dokumentacji projektowej budowy drogi dla rowerów na ul. Węglowej, zwraca uwagę na poważną nieprawidłowość w jej usytuowaniu. Dwukierunkowa droga dla rowerów, dla zachowania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa ruchu, powinna być odsunięta od zasadniczej jezdni ulicy co najmniej o 50 cm, zaś pas ten powinien mieć

nawierzchnię zdecydowanie różną od nawierzchni jezdni i od nawierzchni drogi dla rowerów. Na miejscu będzie też zaznaczyć, że wszystkie źródła i wytyczne zalecają, by jezdnia drogi dla rowerów była wykonana z materiałów bitumicznych lub specjalnych. Kostkę brukową dopuszcza się w ostateczności – jednak bezwzględnie bezfazową.

5. Zasady sterowania

Obecne obciążenie skrzyżowania ruchem kołowym rzędu 816 pojazdów rzeczywistych na godzinę, w sytuacji gdy 85 % ruchu kołowego obciąża wloty na kierunku głównym, nie wymaga detekcji pojazdów na kierunku głównym. Nie jest też konieczna detekcja dla ruchu pieszego i rowerowego na tym kierunku, czyli dla ruchu pieszego i rowerowego przekraczającego wloty poprzeczne do kierunku głównego. Czas otwarcia ruchu na kierunku głównym, jaki jest potrzebny dla ruchu kołowego, zapewnia dobre warunki dla równoległego kierunku ruchu pieszego i rowerowego.

Potrzeba taka może zaistnieć wówczas, kiedy wprowadzenie sygnalizacji świetlnej, spowoduje wzrost zainteresowania skrętami w lewo i w prawo na tym skrzyżowaniu. Przy wzroście liczby pojazdów skręcających (zwłaszcza w lewo), względy bezpieczeństwa będą wymagały skrócenia czasu dla pieszych i rowerzystów, a nawet ograniczenia możliwości wyświetlania sygnału zielonego dla tych grup uczestników ruchu drogowego, tylko w wypadku zgłoszenia takiego zapotrzebowania.

Jeżeli chodzi wloty poprzeczne do kierunku głównego, detekcja również nie jest konieczna w sytuacji, kiedy zapewnione są warunki przepustowości dla ruchu poprzecznego lepsze niż dla ruchu głównego. Nie dość tego, wzbudzenie zapotrzebowania na sygnał zielony dla pieszych przekraczających ul. Traugutta, zapewnia poprzecznemu ruchowi kołowemu, dodatkowy czas światła zielonego. Dlatego propozycje lokalizacji tych urządzeń należy obecnie traktować opcjonalnie – jako wyposażenie sygnalizacji świetlnej w dodatkowe urządzenia i możliwości programowe, jeżeli warunki ruchu uzasadnią ich zastosowanie.

Natomiast urządzeniami koniecznymi do zainstalowania od samego początku funkcjonowania sygnalizacji świetlnej, są wyłącznie przyciski dla pieszych, przekraczających ul. Traugutta.

W pierwszym etapie proponuje się zastosowanie najprostszej z możliwych metody sterowania; sygnalizacja akomodacyjna typu wzbudzana przez pieszych. Algorytm sterowania w takim rozwiązaniu jest bardzo prosty:

- 1) W stanie ustalonym – funkcjonuje program sygnalizacji o cyklu 45 sekund, w którym nie przewidziano fazy dla pieszych przekraczających ul. Traugutta.
- 2) Wzbudzenie (zgłoszenie) przez pieszych za pomocą przycisku, potrzeby przekroczenia ul. Traugutta – powoduje przełączenie sygnalizacji na program o cyklu 60 sekund, w którym zapewniona jest wymagana długość sygnału zielonego dla pieszych przekraczających ul. Traugutta

Wprowadzenie na stałe programu o cyklu 60 sekund, spowoduje zbędne nadmiary sygnału zielonego dla ruchu kołowego z wlotów poprzecznych oraz zmniejszenie udziału w cyklu światła zielonego dla kierunku głównego. Przy obecnym obciążeniu ruchem zapewnione są warunki przepustowości dla skrzyżowania; dla kierunku głównego na poziomie swobody ruchu PSR III, a dla kierunku poprzecznego – PSR I. Oznacza to nieracjonalny przydział nadmiaru sygnału zielonego dla kierunku poprzecznego, kosztem pogorszenia warunków ruchu

na kierunku przenoszącym 85 % obciążenia skrzyżowania. Oprócz tego będą już występować sytuacje blokowania wyjazdu z ul. Asnyka.

W sytuacji dwukrotnego zwiększenia ruchu kołowego na skrzyżowaniu, sygnalizacja na kierunku głównym będzie już funkcjonować z przekroczoną przepustowością. PSR IV – stopień obciążenia wlotów 1,6 i 1,7 (jest to stosunek wielkości ruchu do przepustowości wlotu). Natomiast wloty poprzeczne będą miały zapewniony dobry poziom swobody ruchu PSR II – stopień obciążenia wlotów 0,4 i 0,7.

6. Programy sygnalizacji

6.1. Stan ustalony

Jest to program stało-czasowy o długości cyklu 45 s. W tym programie dla kierunku głównego przeznaczono 27 sekund sygnału zielonego, co stanowi 60 % długości cyklu. Dla poprzecznego ruchu kołowego przeznaczono 22 % długości cyklu, czyli 10 sekund światła zielonego. Czas tracony stanowi niespełna 18 % długości cyklu, co świadczy o dużej efektywności programu, zwłaszcza jeżeli uwzględnimy małą długość cyklu.

Efekt taki uzyskano w tym programie, rezygnując z fazy zapewniającej pieszym przekraczanie ul. Traugutta. Przy czym problemem nie jest tylko czas potrzebny do przekroczenia jezdni ul. Traugutta, ale przede wszystkim zapewnienie również możliwości bezpiecznego przekroczenia powierzchni po której odbywa się ruch rowerowy, zanim zostanie wyświetlony sygnał zezwalający rowerzystom wjazd na przejazd dla rowerów. W tym programie nie przewidziano dla pieszych możliwości przekraczania ul. Traugutta.

Program zapewnia bardzo dobre warunki przepustowości dla pojazdów – poziom swobody ruchu jest najwyższy z możliwych na wszystkich wlotach PSR I. Stopień obciążenia wlotów jest niski i wyrównany. Na kierunku głównym 0,3 – 0,4, na kierunku poprzecznym 0,1 – 0,3. Mała długość cyklu powoduje, że nawet przy chwilowo bardzo niekorzystnym dopływie pojazdów do skrzyżowania, nie powinny tworzyć się kolejki, których nie dałoby się rozładować jeszcze w tym samym cyklu.

Także warunki przekraczania przez pieszych oraz przejeżdżania przez rowerzystów ulic poprzecznych są bardzo korzystne. Piesi i rowerzyści mają do dyspozycji 24 s światła zielonego ciągłego i 4 s migającego, czyli łącznie 28 s, co daje ponad 62 % cyklu.

6.2. Stan po wzbudzeniu przez pieszych

Jest to również program stało-czasowy, który realizowany jest po wzbudzeniu przez pieszych, na przyciskach umieszczonych na masztach, na których zlokalizowane są również sygnalizatory umożliwiające pieszym przekraczanie ul. Traugutta. Powtórzenie wzbudzenia powoduje ponowną realizację programu.

Program ten, mimo wydłużenia czasu trwania sygnału zielonego dla ruchu kołowego na kierunku głównym do 33 s, zapewnia pojazdom w tej relacji już nieco mniej bo 55 % udziału w cyklu. Z kolei dla ruchu poprzecznego przeznaczono 16 s, co zapewnia 27 % udziału w cyklu. Czas tracony w cyklu, podobnie jak w programie dla stanu ustalonego, stanowi nieco ponad 18 %.

W efekcie uzyskujemy zmniejszenie o 5 % udziału w cyklu światła zielonego dla kierunku głównego, na którym odbywa się 85 % ruchu z tego skrzyżowania. Równocześnie następuje zwiększenie o 5 % udziału w cyklu światła zielonego dla kierunku poprzecznego, na którym występuje zaledwie 15 % ruchu na skrzyżowaniu.

Nie jest to program, który można by nazwać optymalnym, ale zapewnia pieszym przekraczającym ul. Traugutta 12 s sygnału zielonego ciągłego i 4 s przerywanego, razem 16 s dla pieszych poza czasem ewakuacji. Zastosowano również dodatkowe opóźnienie początku sygnału zielonego dla rowerzystów i pieszych poruszających się wzdłuż ul. Traugutta, co powinno poprawić komfort i bezpieczeństwo pieszych w tej relacji ruchu.

Sporządził:

*mgr inż. Zygmunt Uzdalewicz
Bielsko-Biała, grudzień 2014*

PROJEKT SYGNALIZACJI SWIETLNEJ – CZĘŚĆ RUCHOWA

SPIS TREŚCI:

Część opisowa

1. Identyfikacja i analiza ruchu kołowego	2
2. Sprawdzenie przepustowości skrzyżowania	3
3. Organizacja ruchu na skrzyżowaniu.....	4
4. Lokalizacja sygnalizatorów na skrzyżowaniu	5
5. Zasady sterowania	6
6. Programy sygnalizacji.....	7
6.1. Stan ustalony.....	7
6.2. Stan po wzbudzeniu przez pieszych	7

Załączniki

Dane wyjściowe do obliczeń.

Obliczenia (formularze)

Programy pracy sygnalizacji

1. Identyfikacja i analiza ruchu kołowego

Decyzja Zamawiającego o budowie sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu ul. Traugutta z ulicami: Kasprowiczka i Grabowicką, zapadła w okresie końcowej fazy opracowania projektu organizacji ruchu. Uniemożliwiło to wykonanie pełnych badań ruchu w warunkach zapewniających najwyższą wiarygodność uzyskanych wyników. Możliwość wykonania własnego pomiaru natężenia i struktury ruchu kołowego na tym skrzyżowaniu, wystąpiła 13 listopada 2014 r. Pomiar został wykonany w godzinach 12:30 – 13:30.

Równocześnie poszukiwane były dostępne dane z pomiarów ruchu, które dotyczyły przede wszystkim ul. Traugutta, ponieważ wykonany pomiar wykazał, iż ruch na wlotach tej ulicy, stanowi 85 % sumarycznego ruchu na całym skrzyżowaniu. Najbliższe tym oczekiwaniom były pomiary wykonane przez firmę „INŻKOM”, na skrzyżowaniu ul. Węglowej z ul. Traugutta, oddalonym ok. 800 m na północ od analizowanego skrzyżowania.

Pomiar ten został wykonany w 2007 r. w godzinach szczytu porannego (6:45 – 7:45) oraz szczytu popołudniowego (15:00 – 16:00). Zmierzony wówczas ruch na ul. Traugutta wynosił w szczycie porannym ok. 395 P/h, a w szczycie popołudniowym był o ponad 43 % większy i wynosił ok. 567 P/h. Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania obciążeń na przeciwnych kierunkach ruchu. W szczycie porannym na ul. Traugutta, relacja z północy na południe stanowiła 53 % obciążenia przekroju, a szczycie popołudniowym przewaga tego samego kierunku była mniejsza niż 1 %. Nie wykonano pomiarów w okresie międzyszczytowym.

W prezentacji wyników pomiaru z 2007 r., w niezrozumiały sposób zdefiniowano „kierunek główny”. Nie jest on zgodny z organizacją ruchu funkcjonującą wówczas na skrzyżowaniu ul. Węglowej z ulicami Traugutta i Topolową. Przy czym o ile kierunek główny przyjęty w szczycie porannym dla relacji Węglowa (wlot wschodni) - Traugutta może być uzasadniony największym ruchem w tej relacji, to przyjęty dla szczytu popołudniowego kierunek Topolowa – Traugutta nie ma żadnego uzasadnienia.

W szczycie porannym najmniejszy ruch sumaryczny na skrzyżowaniu Węglowa – Traugutta, zarejestrowano w środkowym kwadransie okresu przyjętego jako szczytowy. Natomiast w odrzuconym pierwszym kwadransie ruch kołowy na kierunku głównym był zdecydowanie większy niż w dwóch ostatnich kwadransach przyjętych do godziny szczytu. W ostatnim odrzuconym kwadransie, ruch na wlocie ul. Traugutta był największy z wszystkich pomierzonych rano. Wielkości ruchu kołowego w poszczególnych kwadransach okresu pomiarowego (6:30 – 8:00), istotnie różniły się między sobą.

W szczycie popołudniowym wykonano pomiary w okresie 14:30 – 16:00, przy czym w ostatnim kwadransie pomiaru ruch na kierunku głównym oraz na wlocie ul. Węglowej był największy z wszystkich pomierzonych, co wskazywało by na konieczność przedłużenia czasu pomiaru poza godzinę 16:00.

Z analizy wyników tego pomiaru wynika, iż ok. 90 % (86,4 – 93,5 %) ruchu kołowego na ul. Traugutta (droga powiatowa nr 4454S), ma związek z ul. Węglową - drogą powiatową nr 4447S, poprzeczną do Traugutta. Zdecydowanie największy związek występuje z kierunkiem przeciwnym niż dojazd do lub z drogi S1. Z kierunku wschodniego pochodzi 55 – 59 % ruchu na ul. Traugutta. Natomiast powiązania z ul. Topolową stanowią 6,5 do 13,6 % ruchu na ul. Traugutta. Pomierzony udział pojazdów ciężkich na ul. Traugutta (samochodów ciężarowych i autobusów), wynosił ok. 2 %. Jedną z przyczyn tak małego udziału pojazdów ciężkich w ruchu,

może być obowiązujący na tej ulicy zakaz ruchu pojazdów o rzeczywistej masie całkowitej ponad 12 t, z wyłączeniem autobusów komunikacji publicznej.

Według pomiaru wykonanego dla potrzeb niniejszego projektu w dniu 13 listopada 2014 r., ruch kołowy na ul. Traugutta na północ od skrzyżowania z ul. Kasprzowicza i ul. Grabowicką, był o 83 % większy niż w szczycie porannym, zmierzony siedem lat wcześniej, a tylko o 27,5 % większy od zmierzonego w 2007 r. w szczycie popołudniowym. Pomiędzy skrzyżowaniem, na którym zostały wykonane pomiary w 2007 r., i skrzyżowaniem, na którym obecnie zaprojektowana została sygnalizacja świetlna, nie powstało nowe skrzyżowanie lub obiekty, które mogłyby generować tak duży przyrost ruchu w okresie na ogół traktowanym jako międzyszczytowy (12:30 – 13:30).

Możliwe jest jednak, że ul. Traugutta należy do tej grupy ulic, na których praktycznie nie występuje wyraźny szczyt poranny, a ruch wzrasta stopniowo aż do szczytu popołudniowego. Prawdopodobieństwo takiego rozkładu natężenia ruchu kołowego w godzinach doby uwierzytelnia fakt, iż według pomiaru z 2007 r., ruch w szczycie popołudniowym był aż o 43 % większy niż w porannym. Na ulicach o typowym rozkładzie wielkości ruchu, to szczyt poranny jest zazwyczaj wyraźnie wyższy niż szczyt popołudniowy, ale trwa znacznie krócej. Nieraz nawet krócej niż godzinę.

2. Sprawdzenie przepustowości skrzyżowania

W związku z opisanymi powyżej problemami, projektant nie dysponował wiarygodnymi danymi, na podstawie których mógłby zweryfikować wykonany pomiar i ustalić wiarygodną wartość natężenia ruchu w godzinach szczytu, co najmniej na głównym kierunku skrzyżowania. W tej sytuacji przeprowadzono dwa niezależne obliczenia określające warunki funkcjonowania sygnalizacji świetlnej zaprojektowanej na skrzyżowaniu:

- 1) sprawdzenie przepustowości dla wielkości i struktury ruchu kołowego, zmierzonej 13 listopada 2014 r. w godz. 12:30 – 13:30;
- 2) sprawdzanie przepustowości dla kolejno zwiększanego obciążenia ruchem z zachowaniem wyjściowej struktury tego ruchu, aż do określenia granicznego obciążenia skrzyżowania ruchem kołowym.

W wyniku obliczeń wykonanych metodą polską obliczania przepustowości (wskazaną przez Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad, jako obowiązkową na drogach krajowych), bardzo dobre parametry uzyskano przy cyklu o długości 45 s:

- 1) dla zmierzonej wielkości i struktury ruchu:
 - a) najwyższy poziom swobody ruchu na wszystkich pasach, wlotach i w efekcie również dla całego skrzyżowania – PSR I;
 - b) uśrednione długości kolejek równe zero na trzech wlotach, jedynie na wlocie południowym „C” – symbolicznie 0,1;
 - c) maksymalne długości kolejek (mniej niż 5 % prawdopodobieństwa zaistnienia):
 - ✓ na wlotach podporządkowanych po 3 pojazdy, co nie powinno powodować żadnych problemów w ruchu,
 - ✓ na kierunku głównym odpowiednio; 7 pojazdów (44 m) na wlocie południowym „C” oraz 5 pojazdów (32 m) na wlocie północnym „A” – co może powodować, że z prawdopodobieństwem mniejszym niż 5 %, ostatni pojazd w kolejce będzie znajdował się poza oficjalną strefą akumulacji, ale nie będzie blokował wyjazdu ze skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej;

- 2) dla dwukrotnie zwiększonych wszystkich potoków ruchu kołowego:
- a) najwyższy poziom swobody ruchu (PSR I) na trzech wlotach oraz PSR II na wlocie południowym „C”, a przez to również na całym skrzyżowaniu PSR II (przy PSR IV odpowiadającym poziomowi nasycenia w metodzie polskiej);
 - b) bardzo niskie uśrednione i maksymalne długości kolejki pojazdów na wlotach podrzędnych (minimalna na wlocie „B” – nadal 0, a na wlocie „D” – 0,3, natomiast kolejki maksymalne odpowiednio 3 i 7 pojazdów);
 - c) największa uśredniona i maksymalna kolejka przy dwukrotnym zwiększeniu ruchu mogą wystąpić na wlocie południowym „C” i osiągnąć długość odpowiednio 6,1 oraz 26 pojazdów.
 - d) na wlocie północnym („A”), krytycznym ze względu na niewielką odległość od poprzedniego skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej (24 – 25 m strefy akumulacji), uśredniona długość kolejki szacowana jest na 0,7 pojazdu, natomiast kolejka maksymalna może osiągnąć sporadycznie długość 14 pojazdów, co odpowiada potrzebnemu odcinkowi akumulacji rzędu 88 m.

Oznacza to, że przy ponad dwukrotnym zwiększeniu ruchu na skrzyżowaniu, może wystąpić konieczność objęcia sterowaniem sygnalizacją świetlną, także wlotu ul. Asnyka, zlokalizowanego na północ od analizowanego skrzyżowania. Wcześniej, w wypadku stwierdzenia problemów z wyjazdem z ul. Asnyka, wskazane byłoby wprowadzenie oznakowania poziomego typu „yellow box” lub jego odpowiednika, przypominającego kierującym o wynikającym z prawa o ruchu drogowym zakazie wjazdu na skrzyżowanie, jeżeli nie ma pewności co do tego, że pojazd będzie w stanie je opuścić.

Możliwość blokowania wyjazdu z wlotu podporządkowanego skrzyżowania zlokalizowanego na północ od analizowanego skrzyżowania z sygnalizacją świetlną, nie oznacza istotnego ograniczenia przepustowości wlotu północnego. Jest to raczej problem wpływu możliwych konfliktów na powstawanie sytuacji zagrażających bezpieczeństwu ruchu pojazdów. Przepustowość wlotu północnego nadal będzie wysoka (PSR I).

3. Organizacja ruchu na skrzyżowaniu

W wyniku decyzji o wybudowaniu sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu ul. Traugutta z ul. Kasprowicza, konieczna była również zmiana niektórych rozwiązań organizacji ruchu, zaprojektowanych wcześniej na tym skrzyżowaniu z maksymalnym uszanowaniem stanu istniejącego. Najistotniejsze zmiany dotyczyły:

- 1) zmiany lokalizacji przejścia dla pieszych przez ul. Traugutta;
- 2) korekty przebiegu ciągu dla ruchu rowerowego w rejonie skrzyżowania.

Obecnie przejście usytuowane jest w poprzek wlotu północnego, co – wobec bezpośredniego sąsiedztwa skrzyżowania z ul. Asnyka – znacznie skraca odcinek akumulacji pomiędzy tymi skrzyżowaniami. Utrzymanie tej sytuacji w przypadku wprowadzenia sygnalizacji świetlnej wpłynęłoby zdecydowanie niekorzystnie na funkcjonowanie i przepustowość skrzyżowania. Jedynym rozwiązaniem mogącym poprawić ten stan jest przeniesienie przejścia na wlot południowy. Wlot północny jako jedyny, nie będzie przecięty przejściem dla pieszych.

Dodatkowo zastosowano odpowiednie usytuowanie sygnalizatora dla ruchu kołowego na wlocie północnym, możliwie jak najbliżej ul. Kasprowicza. Nadto na wlocie tym zaprojektowano sygnalizator pomocniczy. Zabieg ten pozwolił na przysunięcie linii warunkowego zatrzymania P-14 najbliżej tarczy skrzyżowania, jak tylko było możliwe, czyli

usytuowanie jej w odległości 0,5 m od masztu sygnalizatora. Sygnalizator pomocniczy oraz odpowiednia lokalizacja sygnalizatora – powtarzacza umieszczonego nad jezdnią, w miejscu zapewniającym jego najlepszą widoczność dla wszystkich pojazdów nadjeżdżających z kierunku północnego. W efekcie otrzymano odcinek akumulacji na wlocie północnym o długości 24 – 25 m, w miejsce dotychczasowego odcinka o długości ok. 12 m.

Decyzję o takich zmianach podjęto po przeprowadzeniu obserwacji ruchu pieszego, jego tras i natężeniu, a projektant uznał, że zmiany nie wpłyną w istotny sposób na komfort odbywania się tego ruchu. Przy dalszym uszczegółowieniu projektu stwierdzono, że wprowadzone zmiany w zdecydowany sposób poprawią bezpieczeństwo pieszych, nadto pozytywnie wpłyną na warunki ruchu kołowego. Jak wynika z obliczeń przepustowości, takie rozwiązanie zapewni możliwość funkcjonowania zaprojektowanej sygnalizacji świetlnej przez najbliższe lata, bez konieczności instalowania sygnałów świetlnych na ul. Asnyka.

Konieczne okazało się również niewielkie odgięcie ciągu rowerowego. Szcupłość miejsca uniemożliwiała uzyskanie akumulacji dla pojazdów skręcających w lub z ul. Kasprowicza, ale z kolei struktura ruchu, uzyskane rezerwy przepustowości i najmniejsza z możliwych długość cyklu, nie wskazują na konieczność zastosowania na którymkolwiek z wlotów sygnału S-2, zezwalającego na skręt w kierunku wskazanym strzałką.

Odgięcie ciągu rowerowego umożliwiło zastosowanie podwójnych sygnalizatorów (po prawej i lewej stronie), dla rowerzystów. Dobra dostrzegalność i identyfikacja sygnałów dla rowerzystów jest bardzo istotna ze względu na bardzo duże odległości pomiędzy sygnalizacjami dla ruchu rowerowego i prosty przebieg (zachęcający do szybkiej jazdy), zaprojektowanego ciągu rowerowego. Nie bez znaczenia jest też dość duża intensywność ruchu rowerowego.

4. Lokalizacja sygnalizatorów na skrzyżowaniu

Jednym z zasadniczych problemów jest organizacja ruchu na skrzyżowaniu ulic Węglowa – Traugutta. Zgodnie z zasadami organizowania dróg rowerowych, nie powinny one być urywane przed skrzyżowaniem – bez dania rowerzystom możliwości kontynuowania jazdy. Najlepiej więc jeżeli drogi rowerowe są doprowadzane do skrzyżowania, a następnie daje się rowerzystom możliwość przejeżdżania przez jezdnie z wykorzystaniem przejazdów dla rowerzystów i kontynuowania jazdy.

W przypadku skrzyżowania ulic Węglowa – Traugutta brak dostępności terenu uniemożliwia zaprojektowanie takiego rozwiązania. Niemniej jednak rowerzystom należy dać możliwość poruszania się w zgodzie z obowiązującymi przepisami – tym bardziej, że wzdłuż ul. Węglowej zaprojektowano już drogę dla rowerów, a zarząd dróg przystępuje do jej realizacji. W tej sytuacji, po szerokim skonsultowaniu problemu ze specjalistami organizowania ruchu rowerowego, zaproponowano wyznaczenie przejazdów dla rowerzystów na wszystkich wlotach skrzyżowania i doprowadzenie do nich ruchu poprzez drogi dla pieszych i rowerów.

Rozwiązanie to wymaga jednak przebudowy istniejącej sygnalizacji świetlnej (przesunięcia niektórych sygnalizatorów) oraz korekty jej programu pracy. Zakres ten nie wchodzi jednak w zakres aktualizacji dokumentacji ujętej w stosownej umowie pomiędzy Zamawiającym a projektantem, stąd został umieszczony tutaj jako zalecenie.

Projektant, po analizie dokumentacji projektowej budowy drogi dla rowerów na ul. Węglowej, zwraca uwagę na poważną nieprawidłowość w jej usytuowaniu. Dwukierunkowa droga dla rowerów, dla zachowania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa ruchu, powinna być odsunięta od zasadniczej jezdni ulicy co najmniej o 50 cm, zaś pas ten powinien mieć

nawierzchnię zdecydowanie różną od nawierzchni jezdni i od nawierzchni drogi dla rowerów. Na miejscu będzie też zaznaczyć, że wszystkie źródła i wytyczne zalecają, by jezdnia drogi dla rowerów była wykonana z materiałów bitumicznych lub specjalnych. Kostkę brukową dopuszcza się w ostateczności – jednak bezwzględnie bezfazową.

5. Zasady sterowania

Obecne obciążenie skrzyżowania ruchem kołowym rzędu 816 pojazdów rzeczywistych na godzinę, w sytuacji gdy 85 % ruchu kołowego obciąża wloty na kierunku głównym, nie wymaga detekcji pojazdów na kierunku głównym. Nie jest też konieczna detekcja dla ruchu pieszego i rowerowego na tym kierunku, czyli dla ruchu pieszego i rowerowego przekraczającego wloty poprzeczne do kierunku głównego. Czas otwarcia ruchu na kierunku głównym, jaki jest potrzebny dla ruchu kołowego, zapewnia dobre warunki dla równoległego kierunku ruchu pieszego i rowerowego.

Potrzeba taka może zaistnieć wówczas, kiedy wprowadzenie sygnalizacji świetlnej, spowoduje wzrost zainteresowania skrętami w lewo i w prawo na tym skrzyżowaniu. Przy wzroście liczby pojazdów skręcających (zwłaszcza w lewo), względy bezpieczeństwa będą wymagały skrócenia czasu dla pieszych i rowerzystów, a nawet ograniczenia możliwości wyświetlania sygnału zielonego dla tych grup uczestników ruchu drogowego, tylko w wypadku zgłoszenia takiego zapotrzebowania.

Jeżeli chodzi wloty poprzeczne do kierunku głównego, detekcja również nie jest konieczna w sytuacji, kiedy zapewnione są warunki przepustowości dla ruchu poprzecznego lepsze niż dla ruchu głównego. Nie dość tego, wzbudzenie zapotrzebowania na sygnał zielony dla pieszych przekraczających ul. Traugutta, zapewnia poprzecznemu ruchowi kołowemu, dodatkowy czas światła zielonego. Dlatego propozycje lokalizacji tych urządzeń należy obecnie traktować opcjonalnie – jako wyposażenie sygnalizacji świetlnej w dodatkowe urządzenia i możliwości programowe, jeżeli warunki ruchu uzasadnią ich zastosowanie.

Natomiast urządzeniami koniecznymi do zainstalowania od samego początku funkcjonowania sygnalizacji świetlnej, są wyłącznie przyciski dla pieszych, przekraczających ul. Traugutta.

W pierwszym etapie proponuje się zastosowanie najprostszej z możliwych metody sterowania; sygnalizacja akomodacyjna typu wzbudzana przez pieszych. Algorytm sterowania w takim rozwiązaniu jest bardzo prosty:

- 1) W stanie ustalonym – funkcjonuje program sygnalizacji o cyklu 45 sekund, w którym nie przewidziano fazy dla pieszych przekraczających ul. Traugutta.
- 2) Wzbudzenie (zgłoszenie) przez pieszych za pomocą przycisku, potrzeby przekroczenia ul. Traugutta – powoduje przełączenie sygnalizacji na program o cyklu 60 sekund, w którym zapewniona jest wymagana długość sygnału zielonego dla pieszych przekraczających ul. Traugutta

Wprowadzenie na stałe programu o cyklu 60 sekund, spowoduje zbędne nadmiary sygnału zielonego dla ruchu kołowego z wlotów poprzecznych oraz zmniejszenie udziału w cyklu światła zielonego dla kierunku głównego. Przy obecnym obciążeniu ruchem zapewnione są warunki przepustowości dla skrzyżowania; dla kierunku głównego na poziomie swobody ruchu PSR III, a dla kierunku poprzecznego – PSR I. Oznacza to nieracjonalny przydział nadmiaru sygnału zielonego dla kierunku poprzecznego, kosztem pogorszenia warunków ruchu

na kierunku przenoszącym 85 % obciążenia skrzyżowania. Oprócz tego będą już występować sytuacje blokowania wyjazdu z ul. Asnyka.

W sytuacji dwukrotnego zwiększenia ruchu kołowego na skrzyżowaniu, sygnalizacja na kierunku głównym będzie już funkcjonować z przekroczoną przepustowością. PSR IV – stopień obciążenia wlotów 1,6 i 1,7 (jest to stosunek wielkości ruchu do przepustowości wlotu). Natomiast wloty poprzeczne będą miały zapewniony dobry poziom swobody ruchu PSR II – stopień obciążenia wlotów 0,4 i 0,7.

6. Programy sygnalizacji

6.1. Stan ustalony

Jest to program stało-czasowy o długości cyklu 45 s. W tym programie dla kierunku głównego przeznaczono 27 sekund sygnału zielonego, co stanowi 60 % długości cyklu. Dla poprzecznego ruchu kołowego przeznaczono 22 % długości cyklu, czyli 10 sekund światła zielonego. Czas tracony stanowi niespełna 18 % długości cyklu, co świadczy o dużej efektywności programu, zwłaszcza jeżeli uwzględnimy małą długość cyklu.

Efekt taki uzyskano w tym programie, rezygnując z fazy zapewniającej pieszym przekraczanie ul. Traugutta. Przy czym problemem nie jest tylko czas potrzebny do przekroczenia jezdni ul. Traugutta, ale przede wszystkim zapewnienie również możliwości bezpiecznego przekroczenia powierzchni po której odbywa się ruch rowerowy, zanim zostanie wyświetlony sygnał zezwalający rowerzystom wjazd na przejazd dla rowerów. W tym programie nie przewidziano dla pieszych możliwości przekraczania ul. Traugutta.

Program zapewnia bardzo dobre warunki przepustowości dla pojazdów – poziom swobody ruchu jest najwyższy z możliwych na wszystkich wlotach PSR I. Stopień obciążenia wlotów jest niski i wyrównany. Na kierunku głównym 0,3 – 0,4, na kierunku poprzecznym 0,1 – 0,3. Mała długość cyklu powoduje, że nawet przy chwilowo bardzo niekorzystnym dopływie pojazdów do skrzyżowania, nie powinny tworzyć się kolejki, których nie dałoby się rozładować jeszcze w tym samym cyklu.

Także warunki przekraczania przez pieszych oraz przejeżdżania przez rowerzystów ulic poprzecznych są bardzo korzystne. Piesi i rowerzyści mają do dyspozycji 24 s światła zielonego ciągłego i 4 s migającego, czyli łącznie 28 s, co daje ponad 62 % cyklu.

6.2. Stan po wzbudzeniu przez pieszych

Jest to również program stało-czasowy, który realizowany jest po wzbudzeniu przez pieszych, na przyciskach umieszczonych na masztach, na których zlokalizowane są również sygnalizatory umożliwiające pieszym przekraczanie ul. Traugutta. Powtórzenie wzbudzenia powoduje ponowną realizację programu.

Program ten, mimo wydłużenia czasu trwania sygnału zielonego dla ruchu kołowego na kierunku głównym do 33 s, zapewnia pojazdom w tej relacji już nieco mniej bo 55 % udziału w cyklu. Z kolei dla ruchu poprzecznego przeznaczono 16 s, co zapewnia 27 % udziału w cyklu. Czas tracony w cyklu, podobnie jak w programie dla stanu ustalonego, stanowi nieco ponad 18 %.

W efekcie uzyskujemy zmniejszenie o 5 % udziału w cyklu światła zielonego dla kierunku głównego, na którym odbywa się 85 % ruchu z tego skrzyżowania. Równocześnie następuje zwiększenie o 5 % udziału w cyklu światła zielonego dla kierunku poprzecznego, na którym występuje zaledwie 15 % ruchu na skrzyżowaniu.

Nie jest to program, który można by nazwać optymalnym, ale zapewnia pieszym przekraczającym ul. Traugutta 12 s sygnału zielonego ciągłego i 4 s przerywanego, razem 16 s dla pieszych poza czasem ewakuacji. Zastosowano również dodatkowe opóźnienie początku sygnału zielonego dla rowerzystów i pieszych poruszających się wzdłuż ul. Traugutta, co powinno poprawić komfort i bezpieczeństwo pieszych w tej relacji ruchu.

Sporządził:

*mgr inż. Zygmunt Uzdalewicz
Bielsko-Biała, grudzień 2014*

PROJEKT SYGNALIZACJI SWIETLNEJ – CZĘŚĆ RUCHOWA

SPIS TREŚCI:

Część opisowa

1. Identyfikacja i analiza ruchu kołowego	2
2. Sprawdzenie przepustowości skrzyżowania	3
3. Organizacja ruchu na skrzyżowaniu.....	4
4. Lokalizacja sygnalizatorów na skrzyżowaniu	5
5. Zasady sterowania	6
6. Programy sygnalizacji.....	7
6.1. Stan ustalony.....	7
6.2. Stan po wzbudzeniu przez pieszych	7

Załączniki

Dane wyjściowe do obliczeń.

Obliczenia (formularze)

Programy pracy sygnalizacji

1. Identyfikacja i analiza ruchu kołowego

Decyzja Zamawiającego o budowie sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu ul. Traugutta z ulicami: Kasprowiczka i Grabowicką, zapadła w okresie końcowej fazy opracowania projektu organizacji ruchu. Uniemożliwiło to wykonanie pełnych badań ruchu w warunkach zapewniających najwyższą wiarygodność uzyskanych wyników. Możliwość wykonania własnego pomiaru natężenia i struktury ruchu kołowego na tym skrzyżowaniu, wystąpiła 13 listopada 2014 r. Pomiar został wykonany w godzinach 12:30 – 13:30.

Równocześnie poszukiwane były dostępne dane z pomiarów ruchu, które dotyczyły przede wszystkim ul. Traugutta, ponieważ wykonany pomiar wykazał, iż ruch na wlotach tej ulicy, stanowi 85 % sumarycznego ruchu na całym skrzyżowaniu. Najbliższe tym oczekiwaniom były pomiary wykonane przez firmę „INŻKOM”, na skrzyżowaniu ul. Węglowej z ul. Traugutta, oddalonym ok. 800 m na północ od analizowanego skrzyżowania.

Pomiar ten został wykonany w 2007 r. w godzinach szczytu porannego (6:45 – 7:45) oraz szczytu popołudniowego (15:00 – 16:00). Zmierzony wówczas ruch na ul. Traugutta wynosił w szczycie porannym ok. 395 P/h, a w szczycie popołudniowym był o ponad 43 % większy i wynosił ok. 567 P/h. Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania obciążeń na przeciwnych kierunkach ruchu. W szczycie porannym na ul. Traugutta, relacja z północy na południe stanowiła 53 % obciążenia przekroju, a szczycie popołudniowym przewaga tego samego kierunku była mniejsza niż 1 %. Nie wykonano pomiarów w okresie międzyszczytowym.

W prezentacji wyników pomiaru z 2007 r., w niezrozumiały sposób zdefiniowano „kierunek główny”. Nie jest on zgodny z organizacją ruchu funkcjonującą wówczas na skrzyżowaniu ul. Węglowej z ulicami Traugutta i Topolową. Przy czym o ile kierunek główny przyjęty w szczycie porannym dla relacji Węglowa (wlot wschodni) - Traugutta może być uzasadniony największym ruchem w tej relacji, to przyjęty dla szczytu popołudniowego kierunek Topolowa – Traugutta nie ma żadnego uzasadnienia.

W szczycie porannym najmniejszy ruch sumaryczny na skrzyżowaniu Węglowa – Traugutta, zarejestrowano w środkowym kwadransie okresu przyjętego jako szczytowy. Natomiast w odrzuconym pierwszym kwadransie ruch kołowy na kierunku głównym był zdecydowanie większy niż w dwóch ostatnich kwadransach przyjętych do godziny szczytu. W ostatnim odrzuconym kwadransie, ruch na wlocie ul. Traugutta był największy z wszystkich pomierzonych rano. Wielkości ruchu kołowego w poszczególnych kwadransach okresu pomiarowego (6:30 – 8:00), istotnie różniły się między sobą.

W szczycie popołudniowym wykonano pomiary w okresie 14:30 – 16:00, przy czym w ostatnim kwadransie pomiaru ruch na kierunku głównym oraz na wlocie ul. Węglowej był największy z wszystkich pomierzonych, co wskazywało by na konieczność przedłużenia czasu pomiaru poza godzinę 16:00.

Z analizy wyników tego pomiaru wynika, iż ok. 90 % (86,4 – 93,5 %) ruchu kołowego na ul. Traugutta (droga powiatowa nr 4454S), ma związek z ul. Węglową - drogą powiatową nr 4447S, poprzeczną do Traugutta. Zdecydowanie największy związek występuje z kierunkiem przeciwnym niż dojazd do lub z drogi S1. Z kierunku wschodniego pochodzi 55 – 59 % ruchu na ul. Traugutta. Natomiast powiązania z ul. Topolową stanowią 6,5 do 13,6 % ruchu na ul. Traugutta. Pomierzony udział pojazdów ciężkich na ul. Traugutta (samochodów ciężarowych i autobusów), wynosił ok. 2 %. Jedną z przyczyn tak małego udziału pojazdów ciężkich w ruchu,

może być obowiązujący na tej ulicy zakaz ruchu pojazdów o rzeczywistej masie całkowitej ponad 12 t, z wyłączeniem autobusów komunikacji publicznej.

Według pomiaru wykonanego dla potrzeb niniejszego projektu w dniu 13 listopada 2014 r., ruch kołowy na ul. Traugutta na północ od skrzyżowania z ul. Kasprzowicza i ul. Grabowicką, był o 83 % większy niż w szczycie porannym, zmierzony siedem lat wcześniej, a tylko o 27,5 % większy od zmierzonego w 2007 r. w szczycie popołudniowym. Pomiędzy skrzyżowaniem, na którym zostały wykonane pomiary w 2007 r., i skrzyżowaniem, na którym obecnie zaprojektowana została sygnalizacja świetlna, nie powstało nowe skrzyżowanie lub obiekty, które mogłyby generować tak duży przyrost ruchu w okresie na ogół traktowanym jako międzyszczytowy (12:30 – 13:30).

Możliwe jest jednak, że ul. Traugutta należy do tej grupy ulic, na których praktycznie nie występuje wyraźny szczyt poranny, a ruch wzrasta stopniowo aż do szczytu popołudniowego. Prawdopodobieństwo takiego rozkładu natężenia ruchu kołowego w godzinach doby uwierzytelnia fakt, iż według pomiaru z 2007 r., ruch w szczycie popołudniowym był aż o 43 % większy niż w porannym. Na ulicach o typowym rozkładzie wielkości ruchu, to szczyt poranny jest zazwyczaj wyraźnie wyższy niż szczyt popołudniowy, ale trwa znacznie krócej. Nieraz nawet krócej niż godzinę.

2. Sprawdzenie przepustowości skrzyżowania

W związku z opisanymi powyżej problemami, projektant nie dysponował wiarygodnymi danymi, na podstawie których mógłby zweryfikować wykonany pomiar i ustalić wiarygodną wartość natężenia ruchu w godzinach szczytu, co najmniej na głównym kierunku skrzyżowania. W tej sytuacji przeprowadzono dwa niezależne obliczenia określające warunki funkcjonowania sygnalizacji świetlnej zaprojektowanej na skrzyżowaniu:

- 1) sprawdzenie przepustowości dla wielkości i struktury ruchu kołowego, zmierzonej 13 listopada 2014 r. w godz. 12:30 – 13:30;
- 2) sprawdzanie przepustowości dla kolejno zwiększanego obciążenia ruchem z zachowaniem wyjściowej struktury tego ruchu, aż do określenia granicznego obciążenia skrzyżowania ruchem kołowym.

W wyniku obliczeń wykonanych metodą polską obliczania przepustowości (wskazaną przez Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad, jako obowiązkową na drogach krajowych), bardzo dobre parametry uzyskano przy cyklu o długości 45 s:

- 1) dla zmierzonej wielkości i struktury ruchu:
 - a) najwyższy poziom swobody ruchu na wszystkich pasach, wlotach i w efekcie również dla całego skrzyżowania – PSR I;
 - b) uśrednione długości kolejek równe zero na trzech wlotach, jedynie na wlocie południowym „C” – symbolicznie 0,1;
 - c) maksymalne długości kolejek (mniej niż 5 % prawdopodobieństwa zaistnienia):
 - ✓ na wlotach podporządkowanych po 3 pojazdy, co nie powinno powodować żadnych problemów w ruchu,
 - ✓ na kierunku głównym odpowiednio; 7 pojazdów (44 m) na wlocie południowym „C” oraz 5 pojazdów (32 m) na wlocie północnym „A” – co może powodować, że z prawdopodobieństwem mniejszym niż 5 %, ostatni pojazd w kolejce będzie znajdował się poza oficjalną strefą akumulacji, ale nie będzie blokował wyjazdu ze skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej;

- 2) dla dwukrotnie zwiększonych wszystkich potoków ruchu kołowego:
- a) najwyższy poziom swobody ruchu (PSR I) na trzech wlotach oraz PSR II na wlocie południowym „C”, a przez to również na całym skrzyżowaniu PSR II (przy PSR IV odpowiadającym poziomowi nasycenia w metodzie polskiej);
 - b) bardzo niskie uśrednione i maksymalne długości kolejki pojazdów na wlotach podrzędnych (minimalna na wlocie „B” – nadal 0, a na wlocie „D” – 0,3, natomiast kolejki maksymalne odpowiednio 3 i 7 pojazdów);
 - c) największa uśredniona i maksymalna kolejka przy dwukrotnym zwiększeniu ruchu mogą wystąpić na wlocie południowym „C” i osiągnąć długość odpowiednio 6,1 oraz 26 pojazdów.
 - d) na wlocie północnym („A”), krytycznym ze względu na niewielką odległość od poprzedniego skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej (24 – 25 m strefy akumulacji), uśredniona długość kolejki szacowana jest na 0,7 pojazdu, natomiast kolejka maksymalna może osiągnąć sporadycznie długość 14 pojazdów, co odpowiada potrzebnemu odcinkowi akumulacji rzędu 88 m.

Oznacza to, że przy ponad dwukrotnym zwiększeniu ruchu na skrzyżowaniu, może wystąpić konieczność objęcia sterowaniem sygnalizacją świetlną, także wlotu ul. Asnyka, zlokalizowanego na północ od analizowanego skrzyżowania. Wcześniej, w wypadku stwierdzenia problemów z wyjazdem z ul. Asnyka, wskazane byłoby wprowadzenie oznakowania poziomego typu „yellow box” lub jego odpowiednika, przypominającego kierującym o wynikającym z prawa o ruchu drogowym zakazie wjazdu na skrzyżowanie, jeżeli nie ma pewności co do tego, że pojazd będzie w stanie je opuścić.

Możliwość blokowania wyjazdu z wlotu podporządkowanego skrzyżowania zlokalizowanego na północ od analizowanego skrzyżowania z sygnalizacją świetlną, nie oznacza istotnego ograniczenia przepustowości wlotu północnego. Jest to raczej problem wpływu możliwych konfliktów na powstawanie sytuacji zagrażających bezpieczeństwu ruchu pojazdów. Przepustowość wlotu północnego nadal będzie wysoka (PSR I).

3. Organizacja ruchu na skrzyżowaniu

W wyniku decyzji o wybudowaniu sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu ul. Traugutta z ul. Kasprowicza, konieczna była również zmiana niektórych rozwiązań organizacji ruchu, zaprojektowanych wcześniej na tym skrzyżowaniu z maksymalnym uszanowaniem stanu istniejącego. Najistotniejsze zmiany dotyczyły:

- 1) zmiany lokalizacji przejścia dla pieszych przez ul. Traugutta;
- 2) korekty przebiegu ciągu dla ruchu rowerowego w rejonie skrzyżowania.

Obecnie przejście usytuowane jest w poprzek wlotu północnego, co – wobec bezpośredniego sąsiedztwa skrzyżowania z ul. Asnyka – znacznie skraca odcinek akumulacji pomiędzy tymi skrzyżowaniami. Utrzymanie tej sytuacji w przypadku wprowadzenia sygnalizacji świetlnej wpłynęłoby zdecydowanie niekorzystnie na funkcjonowanie i przepustowość skrzyżowania. Jedynym rozwiązaniem mogącym poprawić ten stan jest przeniesienie przejścia na wlot południowy. Wlot północny jako jedyny, nie będzie przecięty przejściem dla pieszych.

Dodatkowo zastosowano odpowiednie usytuowanie sygnalizatora dla ruchu kołowego na wlocie północnym, możliwie jak najbliżej ul. Kasprowicza. Nadto na wlocie tym zaprojektowano sygnalizator pomocniczy. Zabieg ten pozwolił na przysunięcie linii warunkowego zatrzymania P-14 najbliżej tarczy skrzyżowania, jak tylko było możliwe, czyli

usytuowanie jej w odległości 0,5 m od masztu sygnalizatora. Sygnalizator pomocniczy oraz odpowiednia lokalizacja sygnalizatora – powtarzacza umieszczonego nad jezdnią, w miejscu zapewniającym jego najlepszą widoczność dla wszystkich pojazdów nadjeżdżających z kierunku północnego. W efekcie otrzymano odcinek akumulacji na wlocie północnym o długości 24 – 25 m, w miejsce dotychczasowego odcinka o długości ok. 12 m.

Decyzję o takich zmianach podjęto po przeprowadzeniu obserwacji ruchu pieszego, jego tras i natężeniu, a projektant uznał, że zmiany nie wpłyną w istotny sposób na komfort odbywania się tego ruchu. Przy dalszym uszczegółowieniu projektu stwierdzono, że wprowadzone zmiany w zdecydowany sposób poprawią bezpieczeństwo pieszych, nadto pozytywnie wpłyną na warunki ruchu kołowego. Jak wynika z obliczeń przepustowości, takie rozwiązanie zapewni możliwość funkcjonowania zaprojektowanej sygnalizacji świetlnej przez najbliższe lata, bez konieczności instalowania sygnałów świetlnych na ul. Asnyka.

Konieczne okazało się również niewielkie odgięcie ciągu rowerowego. Szczerpłość miejsca uniemożliwiała uzyskanie akumulacji dla pojazdów skręcających w lub z ul. Kasprowicza, ale z kolei struktura ruchu, uzyskane rezerwy przepustowości i najmniejsza z możliwych długość cyklu, nie wskazują na konieczność zastosowania na którymkolwiek z wlotów sygnału S-2, zezwalającego na skręt w kierunku wskazanym strzałką.

Odgięcie ciągu rowerowego umożliwiło zastosowanie podwójnych sygnalizatorów (po prawej i lewej stronie), dla rowerzystów. Dobra dostrzegalność i identyfikacja sygnałów dla rowerzystów jest bardzo istotna ze względu na bardzo duże odległości pomiędzy sygnalizacjami dla ruchu rowerowego i prosty przebieg (zachęcający do szybkiej jazdy), zaprojektowanego ciągu rowerowego. Nie bez znaczenia jest też dość duża intensywność ruchu rowerowego.

4. Lokalizacja sygnalizatorów na skrzyżowaniu

Jednym z zasadniczych problemów jest organizacja ruchu na skrzyżowaniu ulic Węglowa – Traugutta. Zgodnie z zasadami organizowania dróg rowerowych, nie powinny one być urywane przed skrzyżowaniem – bez dania rowerzystom możliwości kontynuowania jazdy. Najlepiej więc jeżeli drogi rowerowe są doprowadzane do skrzyżowania, a następnie daje się rowerzystom możliwość przejeżdżania przez jezdnie z wykorzystaniem przejazdów dla rowerzystów i kontynuowania jazdy.

W przypadku skrzyżowania ulic Węglowa – Traugutta brak dostępności terenu uniemożliwia zaprojektowanie takiego rozwiązania. Niemniej jednak rowerzystom należy dać możliwość poruszania się w zgodzie z obowiązującymi przepisami – tym bardziej, że wzdłuż ul. Węglowej zaprojektowano już drogę dla rowerów, a zarząd dróg przystępuje do jej realizacji. W tej sytuacji, po szerokim skonsultowaniu problemu ze specjalistami organizowania ruchu rowerowego, zaproponowano wyznaczenie przejazdów dla rowerzystów na wszystkich wlotach skrzyżowania i doprowadzenie do nich ruchu poprzez drogi dla pieszych i rowerów.

Rozwiązanie to wymaga jednak przebudowy istniejącej sygnalizacji świetlnej (przesunięcia niektórych sygnalizatorów) oraz korekty jej programu pracy. Zakres ten nie wchodzi jednak w zakres aktualizacji dokumentacji ujętej w stosownej umowie pomiędzy Zamawiającym a projektantem, stąd został umieszczony tutaj jako zalecenie.

Projektant, po analizie dokumentacji projektowej budowy drogi dla rowerów na ul. Węglowej, zwraca uwagę na poważną nieprawidłowość w jej usytuowaniu. Dwukierunkowa droga dla rowerów, dla zachowania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa ruchu, powinna być odsunięta od zasadniczej jezdni ulicy co najmniej o 50 cm, zaś pas ten powinien mieć

nawierzchnię zdecydowanie różną od nawierzchni jezdni i od nawierzchni drogi dla rowerów. Na miejscu będzie też zaznaczyć, że wszystkie źródła i wytyczne zalecają, by jezdnia drogi dla rowerów była wykonana z materiałów bitumicznych lub specjalnych. Kostkę brukową dopuszcza się w ostateczności – jednak bezwzględnie bezfazową.

5. Zasady sterowania

Obecne obciążenie skrzyżowania ruchem kołowym rzędu 816 pojazdów rzeczywistych na godzinę, w sytuacji gdy 85 % ruchu kołowego obciąża wloty na kierunku głównym, nie wymaga detekcji pojazdów na kierunku głównym. Nie jest też konieczna detekcja dla ruchu pieszego i rowerowego na tym kierunku, czyli dla ruchu pieszego i rowerowego przekraczającego wloty poprzeczne do kierunku głównego. Czas otwarcia ruchu na kierunku głównym, jaki jest potrzebny dla ruchu kołowego, zapewnia dobre warunki dla równoległego kierunku ruchu pieszego i rowerowego.

Potrzeba taka może zaistnieć wówczas, kiedy wprowadzenie sygnalizacji świetlnej, spowoduje wzrost zainteresowania skrętami w lewo i w prawo na tym skrzyżowaniu. Przy wzroście liczby pojazdów skręcających (zwłaszcza w lewo), względy bezpieczeństwa będą wymagały skrócenia czasu dla pieszych i rowerzystów, a nawet ograniczenia możliwości wyświetlania sygnału zielonego dla tych grup uczestników ruchu drogowego, tylko w wypadku zgłoszenia takiego zapotrzebowania.

Jeżeli chodzi wloty poprzeczne do kierunku głównego, detekcja również nie jest konieczna w sytuacji, kiedy zapewnione są warunki przepustowości dla ruchu poprzecznego lepsze niż dla ruchu głównego. Nie dość tego, wzbudzenie zapotrzebowania na sygnał zielony dla pieszych przekraczających ul. Traugutta, zapewnia poprzecznemu ruchowi kołowemu, dodatkowy czas światła zielonego. Dlatego propozycje lokalizacji tych urządzeń należy obecnie traktować opcjonalnie – jako wyposażenie sygnalizacji świetlnej w dodatkowe urządzenia i możliwości programowe, jeżeli warunki ruchu uzasadnią ich zastosowanie.

Natomiast urządzeniami koniecznymi do zainstalowania od samego początku funkcjonowania sygnalizacji świetlnej, są wyłącznie przyciski dla pieszych, przekraczających ul. Traugutta.

W pierwszym etapie proponuje się zastosowanie najprostszej z możliwych metody sterowania; sygnalizacja akomodacyjna typu wzbudzana przez pieszych. Algorytm sterowania w takim rozwiązaniu jest bardzo prosty:

- 1) W stanie ustalonym – funkcjonuje program sygnalizacji o cyklu 45 sekund, w którym nie przewidziano fazy dla pieszych przekraczających ul. Traugutta.
- 2) Wzbudzenie (zgłoszenie) przez pieszych za pomocą przycisku, potrzeby przekroczenia ul. Traugutta – powoduje przełączenie sygnalizacji na program o cyklu 60 sekund, w którym zapewniona jest wymagana długość sygnału zielonego dla pieszych przekraczających ul. Traugutta

Wprowadzenie na stałe programu o cyklu 60 sekund, spowoduje zbędne nadmiary sygnału zielonego dla ruchu kołowego z wlotów poprzecznych oraz zmniejszenie udziału w cyklu światła zielonego dla kierunku głównego. Przy obecnym obciążeniu ruchem zapewnione są warunki przepustowości dla skrzyżowania; dla kierunku głównego na poziomie swobody ruchu PSR III, a dla kierunku poprzecznego – PSR I. Oznacza to nieracjonalny przydział nadmiaru sygnału zielonego dla kierunku poprzecznego, kosztem pogorszenia warunków ruchu

na kierunku przenoszącym 85 % obciążenia skrzyżowania. Oprócz tego będą już występować sytuacje blokowania wyjazdu z ul. Asnyka.

W sytuacji dwukrotnego zwiększenia ruchu kołowego na skrzyżowaniu, sygnalizacja na kierunku głównym będzie już funkcjonować z przekroczoną przepustowością. PSR IV – stopień obciążenia wlotów 1,6 i 1,7 (jest to stosunek wielkości ruchu do przepustowości wlotu). Natomiast wloty poprzeczne będą miały zapewniony dobry poziom swobody ruchu PSR II – stopień obciążenia wlotów 0,4 i 0,7.

6. Programy sygnalizacji

6.1. Stan ustalony

Jest to program stało-czasowy o długości cyklu 45 s. W tym programie dla kierunku głównego przeznaczono 27 sekund sygnału zielonego, co stanowi 60 % długości cyklu. Dla poprzecznego ruchu kołowego przeznaczono 22 % długości cyklu, czyli 10 sekund światła zielonego. Czas tracony stanowi niespełna 18 % długości cyklu, co świadczy o dużej efektywności programu, zwłaszcza jeżeli uwzględnimy małą długość cyklu.

Efekt taki uzyskano w tym programie, rezygnując z fazy zapewniającej pieszym przekraczanie ul. Traugutta. Przy czym problemem nie jest tylko czas potrzebny do przekroczenia jezdni ul. Traugutta, ale przede wszystkim zapewnienie również możliwości bezpiecznego przekroczenia powierzchni po której odbywa się ruch rowerowy, zanim zostanie wyświetlony sygnał zezwalający rowerzystom wjazd na przejazd dla rowerów. W tym programie nie przewidziano dla pieszych możliwości przekraczania ul. Traugutta.

Program zapewnia bardzo dobre warunki przepustowości dla pojazdów – poziom swobody ruchu jest najwyższy z możliwych na wszystkich wlotach PSR I. Stopień obciążenia wlotów jest niski i wyrównany. Na kierunku głównym 0,3 – 0,4, na kierunku poprzecznym 0,1 – 0,3. Mała długość cyklu powoduje, że nawet przy chwilowo bardzo niekorzystnym dopływie pojazdów do skrzyżowania, nie powinny tworzyć się kolejki, których nie dałoby się rozładować jeszcze w tym samym cyklu.

Także warunki przekraczania przez pieszych oraz przejeżdżania przez rowerzystów ulic poprzecznych są bardzo korzystne. Piesi i rowerzyści mają do dyspozycji 24 s światła zielonego ciągłego i 4 s migającego, czyli łącznie 28 s, co daje ponad 62 % cyklu.

6.2. Stan po wzbudzeniu przez pieszych

Jest to również program stało-czasowy, który realizowany jest po wzbudzeniu przez pieszych, na przyciskach umieszczonych na masztach, na których zlokalizowane są również sygnalizatory umożliwiające pieszym przekraczanie ul. Traugutta. Powtórzenie wzbudzenia powoduje ponowną realizację programu.

Program ten, mimo wydłużenia czasu trwania sygnału zielonego dla ruchu kołowego na kierunku głównym do 33 s, zapewnia pojazdom w tej relacji już nieco mniej bo 55 % udziału w cyklu. Z kolei dla ruchu poprzecznego przeznaczono 16 s, co zapewnia 27 % udziału w cyklu. Czas tracony w cyklu, podobnie jak w programie dla stanu ustalonego, stanowi nieco ponad 18 %.

W efekcie uzyskujemy zmniejszenie o 5 % udziału w cyklu światła zielonego dla kierunku głównego, na którym odbywa się 85 % ruchu z tego skrzyżowania. Równocześnie następuje zwiększenie o 5 % udziału w cyklu światła zielonego dla kierunku poprzecznego, na którym występuje zaledwie 15 % ruchu na skrzyżowaniu.

Nie jest to program, który można by nazwać optymalnym, ale zapewnia pieszym przekraczającym ul. Traugutta 12 s sygnału zielonego ciągłego i 4 s przerywanego, razem 16 s dla pieszych poza czasem ewakuacji. Zastosowano również dodatkowe opóźnienie początku sygnału zielonego dla rowerzystów i pieszych poruszających się wzdłuż ul. Traugutta, co powinno poprawić komfort i bezpieczeństwo pieszych w tej relacji ruchu.

Sporządził:

*mgr inż. Zygmunt Uzdalewicz
Bielsko-Biała, grudzień 2014*

PROJEKT SYGNALIZACJI SWIETLNEJ – CZĘŚĆ RUCHOWA

SPIS TREŚCI:

Część opisowa

1. Identyfikacja i analiza ruchu kołowego	2
2. Sprawdzenie przepustowości skrzyżowania	3
3. Organizacja ruchu na skrzyżowaniu.....	4
4. Lokalizacja sygnalizatorów na skrzyżowaniu	5
5. Zasady sterowania	6
6. Programy sygnalizacji.....	7
6.1. Stan ustalony.....	7
6.2. Stan po wzbudzeniu przez pieszych	7

Załączniki

Dane wyjściowe do obliczeń.

Obliczenia (formularze)

Programy pracy sygnalizacji

1. Identyfikacja i analiza ruchu kołowego

Decyzja Zamawiającego o budowie sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu ul. Traugutta z ulicami: Kasprowiczka i Grabowicką, zapadła w okresie końcowej fazy opracowania projektu organizacji ruchu. Uniemożliwiło to wykonanie pełnych badań ruchu w warunkach zapewniających najwyższą wiarygodność uzyskanych wyników. Możliwość wykonania własnego pomiaru natężenia i struktury ruchu kołowego na tym skrzyżowaniu, wystąpiła 13 listopada 2014 r. Pomiar został wykonany w godzinach 12:30 – 13:30.

Równocześnie poszukiwane były dostępne dane z pomiarów ruchu, które dotyczyły przede wszystkim ul. Traugutta, ponieważ wykonany pomiar wykazał, iż ruch na wlotach tej ulicy, stanowi 85 % sumarycznego ruchu na całym skrzyżowaniu. Najbliższe tym oczekiwaniom były pomiary wykonane przez firmę „INŻKOM”, na skrzyżowaniu ul. Węglowej z ul. Traugutta, oddalonym ok. 800 m na północ od analizowanego skrzyżowania.

Pomiar ten został wykonany w 2007 r. w godzinach szczytu porannego (6:45 – 7:45) oraz szczytu popołudniowego (15:00 – 16:00). Zmierzony wówczas ruch na ul. Traugutta wynosił w szczycie porannym ok. 395 P/h, a w szczycie popołudniowym był o ponad 43 % większy i wynosił ok. 567 P/h. Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania obciążeń na przeciwnych kierunkach ruchu. W szczycie porannym na ul. Traugutta, relacja z północy na południe stanowiła 53 % obciążenia przekroju, a szczycie popołudniowym przewaga tego samego kierunku była mniejsza niż 1 %. Nie wykonano pomiarów w okresie międzyszczytowym.

W prezentacji wyników pomiaru z 2007 r., w niezrozumiały sposób zdefiniowano „kierunek główny”. Nie jest on zgodny z organizacją ruchu funkcjonującą wówczas na skrzyżowaniu ul. Węglowej z ulicami Traugutta i Topolową. Przy czym o ile kierunek główny przyjęty w szczycie porannym dla relacji Węglowa (wlot wschodni) - Traugutta może być uzasadniony największym ruchem w tej relacji, to przyjęty dla szczytu popołudniowego kierunek Topolowa – Traugutta nie ma żadnego uzasadnienia.

W szczycie porannym najmniejszy ruch sumaryczny na skrzyżowaniu Węglowa – Traugutta, zarejestrowano w środkowym kwadransie okresu przyjętego jako szczytowy. Natomiast w odrzuconym pierwszym kwadransie ruch kołowy na kierunku głównym był zdecydowanie większy niż w dwóch ostatnich kwadransach przyjętych do godziny szczytu. W ostatnim odrzuconym kwadransie, ruch na wlocie ul. Traugutta był największy z wszystkich pomierzonych rano. Wielkości ruchu kołowego w poszczególnych kwadransach okresu pomiarowego (6:30 – 8:00), istotnie różniły się między sobą.

W szczycie popołudniowym wykonano pomiary w okresie 14:30 – 16:00, przy czym w ostatnim kwadransie pomiaru ruch na kierunku głównym oraz na wlocie ul. Węglowej był największy z wszystkich pomierzonych, co wskazywało by na konieczność przedłużenia czasu pomiaru poza godzinę 16:00.

Z analizy wyników tego pomiaru wynika, iż ok. 90 % (86,4 – 93,5 %) ruchu kołowego na ul. Traugutta (droga powiatowa nr 4454S), ma związek z ul. Węglową - drogą powiatową nr 4447S, poprzeczną do Traugutta. Zdecydowanie największy związek występuje z kierunkiem przeciwnym niż dojazd do lub z drogi S1. Z kierunku wschodniego pochodzi 55 – 59 % ruchu na ul. Traugutta. Natomiast powiązania z ul. Topolową stanowią 6,5 do 13,6 % ruchu na ul. Traugutta. Pomierzony udział pojazdów ciężkich na ul. Traugutta (samochodów ciężarowych i autobusów), wynosił ok. 2 %. Jedną z przyczyn tak małego udziału pojazdów ciężkich w ruchu,

może być obowiązujący na tej ulicy zakaz ruchu pojazdów o rzeczywistej masie całkowitej ponad 12 t, z wyłączeniem autobusów komunikacji publicznej.

Według pomiaru wykonanego dla potrzeb niniejszego projektu w dniu 13 listopada 2014 r., ruch kołowy na ul. Traugutta na północ od skrzyżowania z ul. Kasprzowicza i ul. Grabowicką, był o 83 % większy niż w szczycie porannym, zmierzony siedem lat wcześniej, a tylko o 27,5 % większy od zmierzonego w 2007 r. w szczycie popołudniowym. Pomiędzy skrzyżowaniem, na którym zostały wykonane pomiary w 2007 r., i skrzyżowaniem, na którym obecnie zaprojektowana została sygnalizacja świetlna, nie powstało nowe skrzyżowanie lub obiekty, które mogłyby generować tak duży przyrost ruchu w okresie na ogół traktowanym jako międzyszczytowy (12:30 – 13:30).

Możliwe jest jednak, że ul. Traugutta należy do tej grupy ulic, na których praktycznie nie występuje wyraźny szczyt poranny, a ruch wzrasta stopniowo aż do szczytu popołudniowego. Prawdopodobieństwo takiego rozkładu natężenia ruchu kołowego w godzinach doby uwierzytelnia fakt, iż według pomiaru z 2007 r., ruch w szczycie popołudniowym był aż o 43 % większy niż w porannym. Na ulicach o typowym rozkładzie wielkości ruchu, to szczyt poranny jest zazwyczaj wyraźnie wyższy niż szczyt popołudniowy, ale trwa znacznie krócej. Nieraz nawet krócej niż godzinę.

2. Sprawdzenie przepustowości skrzyżowania

W związku z opisanymi powyżej problemami, projektant nie dysponował wiarygodnymi danymi, na podstawie których mógłby zweryfikować wykonany pomiar i ustalić wiarygodną wartość natężenia ruchu w godzinach szczytu, co najmniej na głównym kierunku skrzyżowania. W tej sytuacji przeprowadzono dwa niezależne obliczenia określające warunki funkcjonowania sygnalizacji świetlnej zaprojektowanej na skrzyżowaniu:

- 1) sprawdzenie przepustowości dla wielkości i struktury ruchu kołowego, zmierzonej 13 listopada 2014 r. w godz. 12:30 – 13:30;
- 2) sprawdzanie przepustowości dla kolejno zwiększanego obciążenia ruchem z zachowaniem wyjściowej struktury tego ruchu, aż do określenia granicznego obciążenia skrzyżowania ruchem kołowym.

W wyniku obliczeń wykonanych metodą polską obliczania przepustowości (wskazaną przez Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad, jako obowiązkową na drogach krajowych), bardzo dobre parametry uzyskano przy cyklu o długości 45 s:

- 1) dla zmierzonej wielkości i struktury ruchu:
 - a) najwyższy poziom swobody ruchu na wszystkich pasach, wlotach i w efekcie również dla całego skrzyżowania – PSR I;
 - b) uśrednione długości kolejek równe zero na trzech wlotach, jedynie na wlocie południowym „C” – symbolicznie 0,1;
 - c) maksymalne długości kolejek (mniej niż 5 % prawdopodobieństwa zaistnienia):
 - ✓ na wlotach podporządkowanych po 3 pojazdy, co nie powinno powodować żadnych problemów w ruchu,
 - ✓ na kierunku głównym odpowiednio; 7 pojazdów (44 m) na wlocie południowym „C” oraz 5 pojazdów (32 m) na wlocie północnym „A” – co może powodować, że z prawdopodobieństwem mniejszym niż 5 %, ostatni pojazd w kolejce będzie znajdował się poza oficjalną strefą akumulacji, ale nie będzie blokował wyjazdu ze skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej;

- 2) dla dwukrotnie zwiększonych wszystkich potoków ruchu kołowego:
- a) najwyższy poziom swobody ruchu (PSR I) na trzech wlotach oraz PSR II na wlocie południowym „C”, a przez to również na całym skrzyżowaniu PSR II (przy PSR IV odpowiadającym poziomowi nasycenia w metodzie polskiej);
 - b) bardzo niskie uśrednione i maksymalne długości kolejki pojazdów na wlotach podrzędnych (minimalna na wlocie „B” – nadal 0, a na wlocie „D” – 0,3, natomiast kolejki maksymalne odpowiednio 3 i 7 pojazdów);
 - c) największa uśredniona i maksymalna kolejka przy dwukrotnym zwiększeniu ruchu mogą wystąpić na wlocie południowym „C” i osiągnąć długość odpowiednio 6,1 oraz 26 pojazdów.
 - d) na wlocie północnym („A”), krytycznym ze względu na niewielką odległość od poprzedniego skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej (24 – 25 m strefy akumulacji), uśredniona długość kolejki szacowana jest na 0,7 pojazdu, natomiast kolejka maksymalna może osiągnąć sporadycznie długość 14 pojazdów, co odpowiada potrzebnemu odcinkowi akumulacji rzędu 88 m.

Oznacza to, że przy ponad dwukrotnym zwiększeniu ruchu na skrzyżowaniu, może wystąpić konieczność objęcia sterowaniem sygnalizacją świetlną, także wlotu ul. Asnyka, zlokalizowanego na północ od analizowanego skrzyżowania. Wcześniej, w wypadku stwierdzenia problemów z wyjazdem z ul. Asnyka, wskazane byłoby wprowadzenie oznakowania poziomego typu „yellow box” lub jego odpowiednika, przypominającego kierującym o wynikającym z prawa o ruchu drogowym zakazie wjazdu na skrzyżowanie, jeżeli nie ma pewności co do tego, że pojazd będzie w stanie je opuścić.

Możliwość blokowania wyjazdu z wlotu podporządkowanego skrzyżowania zlokalizowanego na północ od analizowanego skrzyżowania z sygnalizacją świetlną, nie oznacza istotnego ograniczenia przepustowości wlotu północnego. Jest to raczej problem wpływu możliwych konfliktów na powstawanie sytuacji zagrażających bezpieczeństwu ruchu pojazdów. Przepustowość wlotu północnego nadal będzie wysoka (PSR I).

3. Organizacja ruchu na skrzyżowaniu

W wyniku decyzji o wybudowaniu sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu ul. Traugutta z ul. Kasprowicza, konieczna była również zmiana niektórych rozwiązań organizacji ruchu, zaprojektowanych wcześniej na tym skrzyżowaniu z maksymalnym uszanowaniem stanu istniejącego. Najistotniejsze zmiany dotyczyły:

- 1) zmiany lokalizacji przejścia dla pieszych przez ul. Traugutta;
- 2) korekty przebiegu ciągu dla ruchu rowerowego w rejonie skrzyżowania.

Obecnie przejście usytuowane jest w poprzek wlotu północnego, co – wobec bezpośredniego sąsiedztwa skrzyżowania z ul. Asnyka – znacznie skraca odcinek akumulacji pomiędzy tymi skrzyżowaniami. Utrzymanie tej sytuacji w przypadku wprowadzenia sygnalizacji świetlnej wpłynęłoby zdecydowanie niekorzystnie na funkcjonowanie i przepustowość skrzyżowania. Jedynym rozwiązaniem mogącym poprawić ten stan jest przeniesienie przejścia na wlot południowy. Wlot północny jako jedyny, nie będzie przecięty przejściem dla pieszych.

Dodatkowo zastosowano odpowiednie usytuowanie sygnalizatora dla ruchu kołowego na wlocie północnym, możliwie jak najbliżej ul. Kasprowicza. Nadto na wlocie tym zaprojektowano sygnalizator pomocniczy. Zabieg ten pozwolił na przysunięcie linii warunkowego zatrzymania P-14 najbliżej tarczy skrzyżowania, jak tylko było możliwe, czyli

usytuowanie jej w odległości 0,5 m od masztu sygnalizatora. Sygnalizator pomocniczy oraz odpowiednia lokalizacja sygnalizatora – powtarzacza umieszczonego nad jezdnią, w miejscu zapewniającym jego najlepszą widoczność dla wszystkich pojazdów nadjeżdżających z kierunku północnego. W efekcie otrzymano odcinek akumulacji na wlocie północnym o długości 24 – 25 m, w miejsce dotychczasowego odcinka o długości ok. 12 m.

Decyzję o takich zmianach podjęto po przeprowadzeniu obserwacji ruchu pieszego, jego tras i natężeniu, a projektant uznał, że zmiany nie wpłyną w istotny sposób na komfort odbywania się tego ruchu. Przy dalszym uszczegółowieniu projektu stwierdzono, że wprowadzone zmiany w zdecydowany sposób poprawią bezpieczeństwo pieszych, nadto pozytywnie wpłyną na warunki ruchu kołowego. Jak wynika z obliczeń przepustowości, takie rozwiązanie zapewni możliwość funkcjonowania zaprojektowanej sygnalizacji świetlnej przez najbliższe lata, bez konieczności instalowania sygnałów świetlnych na ul. Asnyka.

Konieczne okazało się również niewielkie odgięcie ciągu rowerowego. Szczerpłość miejsca uniemożliwiała uzyskanie akumulacji dla pojazdów skręcających w lub z ul. Kasprowicza, ale z kolei struktura ruchu, uzyskane rezerwy przepustowości i najmniejsza z możliwych długość cyklu, nie wskazują na konieczność zastosowania na którymkolwiek z wlotów sygnału S-2, zezwalającego na skręt w kierunku wskazanym strzałką.

Odgięcie ciągu rowerowego umożliwiło zastosowanie podwójnych sygnalizatorów (po prawej i lewej stronie), dla rowerzystów. Dobra dostrzegalność i identyfikacja sygnałów dla rowerzystów jest bardzo istotna ze względu na bardzo duże odległości pomiędzy sygnalizacjami dla ruchu rowerowego i prosty przebieg (zachęcający do szybkiej jazdy), zaprojektowanego ciągu rowerowego. Nie bez znaczenia jest też dość duża intensywność ruchu rowerowego.

4. Lokalizacja sygnalizatorów na skrzyżowaniu

Jednym z zasadniczych problemów jest organizacja ruchu na skrzyżowaniu ulic Węglowa – Traugutta. Zgodnie z zasadami organizowania dróg rowerowych, nie powinny one być urywane przed skrzyżowaniem – bez dania rowerzystom możliwości kontynuowania jazdy. Najlepiej więc jeżeli drogi rowerowe są doprowadzane do skrzyżowania, a następnie daje się rowerzystom możliwość przejeżdżania przez jezdnie z wykorzystaniem przejazdów dla rowerzystów i kontynuowania jazdy.

W przypadku skrzyżowania ulic Węglowa – Traugutta brak dostępności terenu uniemożliwia zaprojektowanie takiego rozwiązania. Niemniej jednak rowerzystom należy dać możliwość poruszania się w zgodzie z obowiązującymi przepisami – tym bardziej, że wzdłuż ul. Węglowej zaprojektowano już drogę dla rowerów, a zarząd dróg przystępuje do jej realizacji. W tej sytuacji, po szerokim skonsultowaniu problemu ze specjalistami organizowania ruchu rowerowego, zaproponowano wyznaczenie przejazdów dla rowerzystów na wszystkich wlotach skrzyżowania i doprowadzenie do nich ruchu poprzez drogi dla pieszych i rowerów.

Rozwiązanie to wymaga jednak przebudowy istniejącej sygnalizacji świetlnej (przesunięcia niektórych sygnalizatorów) oraz korekty jej programu pracy. Zakres ten nie wchodzi jednak w zakres aktualizacji dokumentacji ujętej w stosownej umowie pomiędzy Zamawiającym a projektantem, stąd został umieszczony tutaj jako zalecenie.

Projektant, po analizie dokumentacji projektowej budowy drogi dla rowerów na ul. Węglowej, zwraca uwagę na poważną nieprawidłowość w jej usytuowaniu. Dwukierunkowa droga dla rowerów, dla zachowania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa ruchu, powinna być odsunięta od zasadniczej jezdni ulicy co najmniej o 50 cm, zaś pas ten powinien mieć

nawierzchnię zdecydowanie różną od nawierzchni jezdni i od nawierzchni drogi dla rowerów. Na miejscu będzie też zaznaczyć, że wszystkie źródła i wytyczne zalecają, by jezdnia drogi dla rowerów była wykonana z materiałów bitumicznych lub specjalnych. Kostkę brukową dopuszcza się w ostateczności – jednak bezwzględnie bezfazową.

5. Zasady sterowania

Obecne obciążenie skrzyżowania ruchem kołowym rzędu 816 pojazdów rzeczywistych na godzinę, w sytuacji gdy 85 % ruchu kołowego obciąża wloty na kierunku głównym, nie wymaga detekcji pojazdów na kierunku głównym. Nie jest też konieczna detekcja dla ruchu pieszego i rowerowego na tym kierunku, czyli dla ruchu pieszego i rowerowego przekraczającego wloty poprzeczne do kierunku głównego. Czas otwarcia ruchu na kierunku głównym, jaki jest potrzebny dla ruchu kołowego, zapewnia dobre warunki dla równoległego kierunku ruchu pieszego i rowerowego.

Potrzeba taka może zaistnieć wówczas, kiedy wprowadzenie sygnalizacji świetlnej, spowoduje wzrost zainteresowania skrętami w lewo i w prawo na tym skrzyżowaniu. Przy wzroście liczby pojazdów skręcających (zwłaszcza w lewo), względy bezpieczeństwa będą wymagały skrócenia czasu dla pieszych i rowerzystów, a nawet ograniczenia możliwości wyświetlania sygnału zielonego dla tych grup uczestników ruchu drogowego, tylko w wypadku zgłoszenia takiego zapotrzebowania.

Jeżeli chodzi wloty poprzeczne do kierunku głównego, detekcja również nie jest konieczna w sytuacji, kiedy zapewnione są warunki przepustowości dla ruchu poprzecznego lepsze niż dla ruchu głównego. Nie dość tego, wzbudzenie zapotrzebowania na sygnał zielony dla pieszych przekraczających ul. Traugutta, zapewnia poprzecznemu ruchowi kołowemu, dodatkowy czas światła zielonego. Dlatego propozycje lokalizacji tych urządzeń należy obecnie traktować opcjonalnie – jako wyposażenie sygnalizacji świetlnej w dodatkowe urządzenia i możliwości programowe, jeżeli warunki ruchu uzasadnią ich zastosowanie.

Natomiast urządzeniami koniecznymi do zainstalowania od samego początku funkcjonowania sygnalizacji świetlnej, są wyłącznie przyciski dla pieszych, przekraczających ul. Traugutta.

W pierwszym etapie proponuje się zastosowanie najprostszej z możliwych metody sterowania; sygnalizacja akomodacyjna typu wzbudzana przez pieszych. Algorytm sterowania w takim rozwiązaniu jest bardzo prosty:

- 1) W stanie ustalonym – funkcjonuje program sygnalizacji o cyklu 45 sekund, w którym nie przewidziano fazy dla pieszych przekraczających ul. Traugutta.
- 2) Wzbudzenie (zgłoszenie) przez pieszych za pomocą przycisku, potrzeby przekroczenia ul. Traugutta – powoduje przełączenie sygnalizacji na program o cyklu 60 sekund, w którym zapewniona jest wymagana długość sygnału zielonego dla pieszych przekraczających ul. Traugutta

Wprowadzenie na stałe programu o cyklu 60 sekund, spowoduje zbędne nadmiary sygnału zielonego dla ruchu kołowego z wlotów poprzecznych oraz zmniejszenie udziału w cyklu światła zielonego dla kierunku głównego. Przy obecnym obciążeniu ruchem zapewnione są warunki przepustowości dla skrzyżowania; dla kierunku głównego na poziomie swobody ruchu PSR III, a dla kierunku poprzecznego – PSR I. Oznacza to nieracjonalny przydział nadmiaru sygnału zielonego dla kierunku poprzecznego, kosztem pogorszenia warunków ruchu

na kierunku przenoszącym 85 % obciążenia skrzyżowania. Oprócz tego będą już występować sytuacje blokowania wyjazdu z ul. Asnyka.

W sytuacji dwukrotnego zwiększenia ruchu kołowego na skrzyżowaniu, sygnalizacja na kierunku głównym będzie już funkcjonować z przekroczoną przepustowością. PSR IV – stopień obciążenia wlotów 1,6 i 1,7 (jest to stosunek wielkości ruchu do przepustowości wlotu). Natomiast wloty poprzeczne będą miały zapewniony dobry poziom swobody ruchu PSR II – stopień obciążenia wlotów 0,4 i 0,7.

6. Programy sygnalizacji

6.1. Stan ustalony

Jest to program stało-czasowy o długości cyklu 45 s. W tym programie dla kierunku głównego przeznaczono 27 sekund sygnału zielonego, co stanowi 60 % długości cyklu. Dla poprzecznego ruchu kołowego przeznaczono 22 % długości cyklu, czyli 10 sekund światła zielonego. Czas tracony stanowi niespełna 18 % długości cyklu, co świadczy o dużej efektywności programu, zwłaszcza jeżeli uwzględnimy małą długość cyklu.

Efekt taki uzyskano w tym programie, rezygnując z fazy zapewniającej pieszym przekraczanie ul. Traugutta. Przy czym problemem nie jest tylko czas potrzebny do przekroczenia jezdni ul. Traugutta, ale przede wszystkim zapewnienie również możliwości bezpiecznego przekroczenia powierzchni po której odbywa się ruch rowerowy, zanim zostanie wyświetlony sygnał zezwalający rowerzystom wjazd na przejazd dla rowerów. W tym programie nie przewidziano dla pieszych możliwości przekraczania ul. Traugutta.

Program zapewnia bardzo dobre warunki przepustowości dla pojazdów – poziom swobody ruchu jest najwyższy z możliwych na wszystkich wlotach PSR I. Stopień obciążenia wlotów jest niski i wyrównany. Na kierunku głównym 0,3 – 0,4, na kierunku poprzecznym 0,1 – 0,3. Mała długość cyklu powoduje, że nawet przy chwilowo bardzo niekorzystnym dopływie pojazdów do skrzyżowania, nie powinny tworzyć się kolejki, których nie dałoby się rozładować jeszcze w tym samym cyklu.

Także warunki przekraczania przez pieszych oraz przejeżdżania przez rowerzystów ulic poprzecznych są bardzo korzystne. Piesi i rowerzyści mają do dyspozycji 24 s światła zielonego ciągłego i 4 s migającego, czyli łącznie 28 s, co daje ponad 62 % cyklu.

6.2. Stan po wzbudzeniu przez pieszych

Jest to również program stało-czasowy, który realizowany jest po wzbudzeniu przez pieszych, na przyciskach umieszczonych na masztach, na których zlokalizowane są również sygnalizatory umożliwiające pieszym przekraczanie ul. Traugutta. Powtórzenie wzbudzenia powoduje ponowną realizację programu.

Program ten, mimo wydłużenia czasu trwania sygnału zielonego dla ruchu kołowego na kierunku głównym do 33 s, zapewnia pojazdom w tej relacji już nieco mniej bo 55 % udziału w cyklu. Z kolei dla ruchu poprzecznego przeznaczono 16 s, co zapewnia 27 % udziału w cyklu. Czas tracony w cyklu, podobnie jak w programie dla stanu ustalonego, stanowi nieco ponad 18 %.

W efekcie uzyskujemy zmniejszenie o 5 % udziału w cyklu światła zielonego dla kierunku głównego, na którym odbywa się 85 % ruchu z tego skrzyżowania. Równocześnie następuje zwiększenie o 5 % udziału w cyklu światła zielonego dla kierunku poprzecznego, na którym występuje zaledwie 15 % ruchu na skrzyżowaniu.

Nie jest to program, który można by nazwać optymalnym, ale zapewnia pieszym przekraczającym ul. Traugutta 12 s sygnału zielonego ciągłego i 4 s przerywanego, razem 16 s dla pieszych poza czasem ewakuacji. Zastosowano również dodatkowe opóźnienie początku sygnału zielonego dla rowerzystów i pieszych poruszających się wzdłuż ul. Traugutta, co powinno poprawić komfort i bezpieczeństwo pieszych w tej relacji ruchu.

Sporządził:

*mgr inż. Zygmunt Uzdalewicz
Bielsko-Biała, grudzień 2014*