



POLITECHNIKA KRAKOWSKA  
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ  
INSTYTUT INŻYNIERII DROGOWEJ I KOLEJOWEJ  
ZAKŁAD SYSTEMÓW  
KOMUNIKACYJNYCH

31-155 KRAKÓW UL. WARSZAWSKA 24

Tel. (12) 628-23-25; Fax: 48-12-628-25-35; email: [l-2@transys.wil.pk.edu.pl](mailto:l-2@transys.wil.pk.edu.pl); [www.zsk.wil.pk.edu.pl](http://www.zsk.wil.pk.edu.pl)



# Opinia w zakresie zmiany warunków bezpieczeństwa ruchu drogowego w rejonie Ronda Reagana po wyznaczeniu dodatkowych naziemnych przejść dla pieszych

Wersja finalna

## Zespół autorski:

mgr inż. Łukasz Franek - kierownik zespołu

dr hab. inż. Stanisław Gaca, Prof. PK

dr hab. inż. Andrzej Szarata, Prof. PK

## Zleceniodawca:

Gmina Wrocław

50-141 Wrocław, pl. Nowy Targ 1-8

**Kraków, czerwiec 2015 r.**



**SPIS TREŚCI:**

<b>1. ZAŁOŻENIA DO OPRACOWANIA OPINII .....</b>	<b>5</b>
<b>2. NATĘŻENIA ORAZ RELACJE RUCHU PIESZYCH .....</b>	<b>9</b>
<b>3. SYMULACJA CZASÓW PRZEJŚĆ ORAZ PROGNOZA RUCHU PIESZEGO PO WYZNACZENIU DODATKOWYCH PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH .....</b>	<b>19</b>
<b>4. IDENTYFIKACJA ZACHOWAŃ NIEBEZPIECZNYCH ZE STRONY PIESZYCH ORAZ KIEROWCÓW .....</b>	<b>23</b>
<b>5. OCENA RYZYKA W RUCHU PIESZYCH PO EWENTUALNYM WYZNACZENIU PLANOWANYCH PRZEJŚĆ NAZIEMNYCH .....</b>	<b>27</b>
<b>6. OCENA KOSZTÓW I KORZYŚCI DLA UŻYTKOWNIKÓW WĘZŁA PRZESIADKOWEGO ZWIĄZANYCH Z WYZNACZENIEM PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH - REKOMENDACJE I ZALECENIE KOŃCOWE .....</b>	<b>35</b>



## 1. Założenia do opracowania opinii

Plac Grunwaldzki (zdj. 1), od roku 2007 oficjalnie nazwany Rondem Reagana, stanowi jeden z najważniejszych węzłów komunikacyjnych Wrocławia. Plac od przebudowy we wspomnianym roku, stanowi skrzyżowanie z wyspą centralną, z pięcioma wlotami – ulicami: Plac Grunwaldzki, Curie-Skłodowskiej oraz Piastowską. Na centralnej wyspie zlokalizowany jest węzeł przesiadkowy transportu zbiorowego ze zorganizowanymi czterema zadaszonymi peronami, do których dostępność jest zapewniona wyłącznie przez podziemne przejście dla pieszych (na kierunku północ - południe).



Zdj.1 Widok z góry na Rondo Reagana we Wrocławiu

Skrzyżowanie jest nietypowe, rozległe i nieintuicyjne, w szczególności dla użytkowników przemieszczających się w tym obszarze pierwszy raz, z drugiej strony zapewnia poprawną integrację przy przesiadkach pasażerom transportu zbiorowego.

W bezpośrednim sąsiedztwie skrzyżowania zlokalizowane jest duże centrum handlowe oraz kampus Politechniki Wrocławskiej i miasteczko akademickie, w głównej mierze determinujące kierunki przemieszczeń oraz strukturę wiekową pieszych.

Przedmiotem opinii nie jest ocena istniejących rozwiązań infrastrukturalnych, a jedynie ocena poziomu ryzyka wystąpienia wypadku z udziałem pieszych, po ewentualnym wyznaczeniu dodatkowych, naziemnych przejść dla pieszych pokazanych na rys. 1.



Rys.1 Poddana ocenie proponowana lokalizacja dodatkowych przejść dla pieszych

Wprowadzenie dodatkowych przejść dla pieszych (rys. 1) może wpłynąć na wybór dróg dojścia do peronów zlokalizowanych na wyspie, a także na natężenia ruchu pieszego na przejściach dla pieszych pomiędzy peronami. Pojawienie się dodatkowych potoków pieszego na proponowanych przejściach oraz zwiększenie natężenia ruchu pieszego na przejściach pomiędzy peronami oznaczać będzie zwiększenie liczby potencjalnych konfliktów „pieszy – pojazd”. W założeniu konflikty te mają być eliminowane przez zastosowanie sygnalizacji świetlnej. Warunkiem jest jednak bezwzględne przestrzeganie sygnałów świetlnych przez pieszych i kierujących pojazdami.

Uwzględniając podane powyżej uwarunkowania, za podstawową przesłankę wydania opinii uznano ocenę ryzyka zdarzeń drogowych po zmianie rozkładu potoków ruchu pieszego w obrębie ocenianego skrzyżowania. Aby taka ocena była możliwa za konieczne uznano:

- pozyskanie danych o natężeniach i rozkładzie ruchu pieszego na skrzyżowaniu i na peronach tramwajowo-autobusowych w stanie istniejącym,
- określenie możliwego rozkładu ruchu pieszego po wprowadzeniu dodatkowych przejść,
- identyfikację ryzykownych zachowań pieszych oraz kierujących pojazdami w stanie istniejącym i ocenę na tej podstawie ryzyka zdarzeń po wprowadzonych zmianach.

Analizę ryzyka przeprowadzono w oparciu o istniejący program podstawowy sygnalizacji sterującej ruchem na skrzyżowaniu, z wpisanymi nowymi fazami dla planowanych przejść dla pieszych.





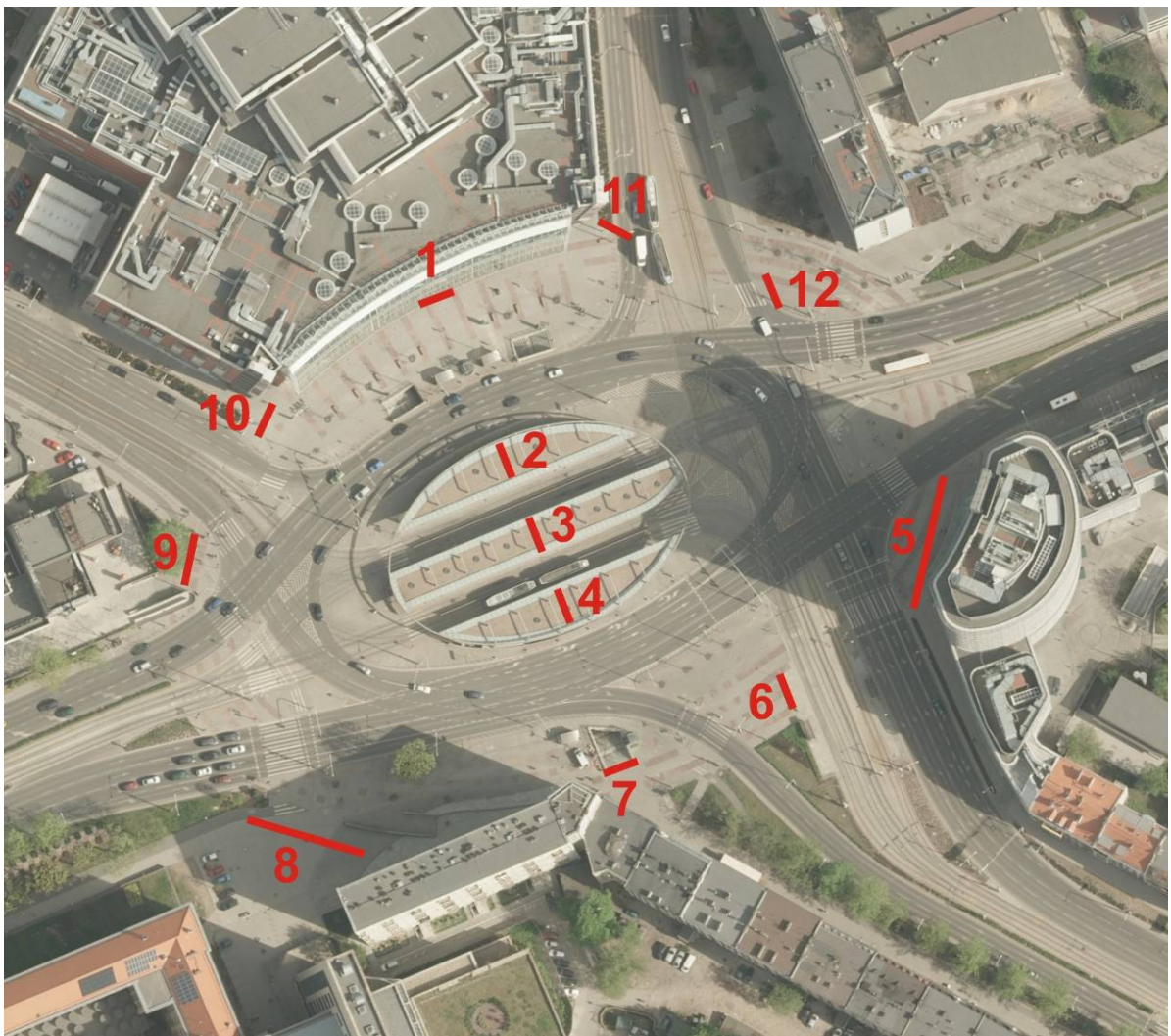


## 2. Natężenia oraz relacje ruchu pieszych

Obszar skrzyżowania poddano obserwacji w celu obliczenia natężeń oraz identyfikacji głównych relacji ruchu pieszego, a także niebezpiecznych zachowań zarówno pieszych jak i kierowców.

Obserwacje zostały wykonane w ciągu jednej doby z wykorzystaniem kamer video w ostatnim dniu roboczym tygodnia (statystycznie dni przedweekendowe cechuje większa liczba wypadków z pieszymi) oraz metodą fizycznego "śledzenia" dróg przejścia losowo wybieranych pieszych przez obserwatorów podążających za tymi pieszymi (małych grup pieszych (2-5 osób) na punkcie zgłoszeń, następnie przejścia za nimi i notowania punktów docelowych. Na podstawie takich obserwacji możliwe było ustalenie tras przemieszczania się pieszych z różnych miejsc w obrębie skrzyżowania. Przedmiotowe obserwacje wykonano w szczycie porannym i popołudniowym.

Wyznaczono dwanaście częściowo zagregowanych punktów zgłoszeń pieszych na skrzyżowaniu (rys. 2), dla których przeprowadzono badania, analizy i prognozy. Punkty 2, 3, 4 oraz 6 należy interpretować jako źródła ruchu pieszych wysiadających z pojazdów transportu zbiorowego i przemieszczających się do innych punktów skrzyżowania (bez pasażerów przesiadających się w ramach węzła).



Rys.2 Uwzględnione w analizach punkty zgłoszeń pieszych na skrzyżowaniu

Dla analiz natężenia ruchu dokonano wyboru godziny szczytu pomiędzy 15:00-16:00, z uwagi na częściej występujące podróże fakultatywne w szczycie popołudniowym (np. zakupy w centrum handlowym) oraz możliwość identyfikacji zarówno przemieszczeń pieszych związanych z nauką jak i zakupami (obecność Uczelni oraz centrum handlowego w bezpośrednim sąsiedztwie skrzyżowania).

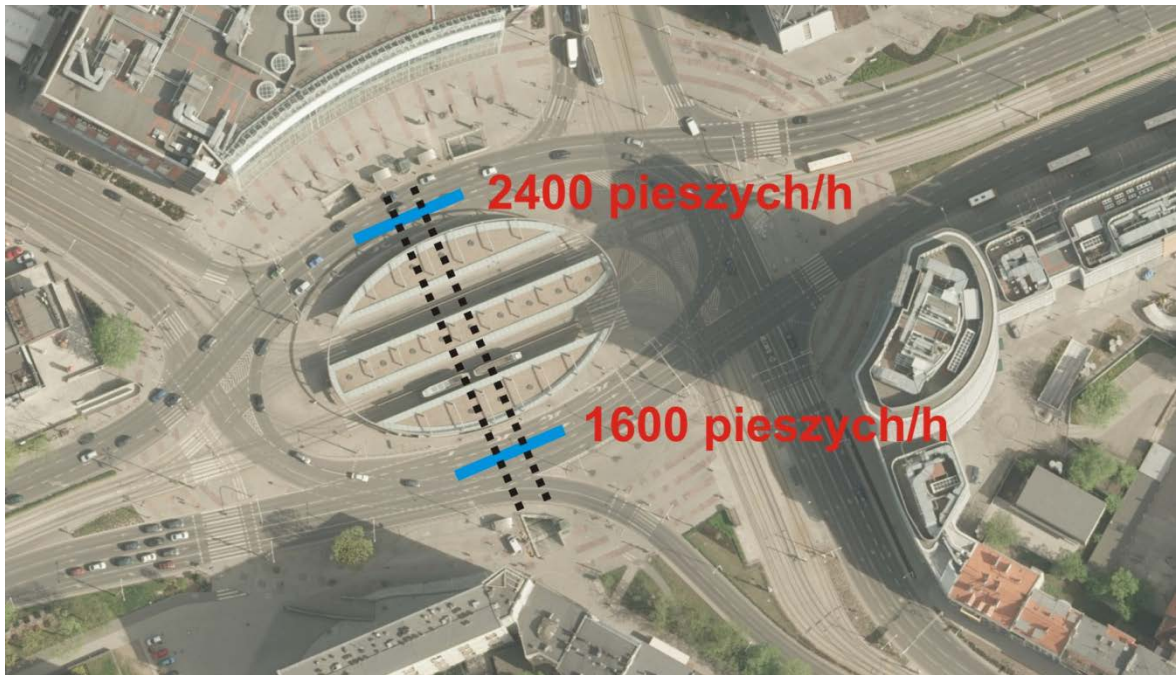
W wybranej godzinie szczytu popołudniowego (15:00-16:00), nie licząc pasażerów wyłącznie przesiadających się pomiędzy pojazdami transportu zbiorowego, zaobserwowano niemal 5500 pieszych oraz 315 rowerzystów przemieszczających się przez skrzyżowanie (tab. 1). W zdecydowanej większości piesi przemieszczali się tunelem, gdzie w najbardziej obciążonym przekroju pomiędzy peronem pierwszym oraz wyjściem na plac przed centrum handlowym przeszło w godzinie szczytu 2400 osób (rys. 3).

Z windy po stronie północnej skrzyżowania skorzystało w obu kierunkach 70 pieszych, po stronie południowej 47, na peronie pierwszym 19, natomiast na peronie czwartym 17. Winda na peronie drugim była nieczynna.

Tab. 1 Liczba pieszych i rowerzystów zgłaszających się na poszczególnych punktach pomiarowych Ronda Reagana w godzinie szczytu południowego

<b>Punkt</b>	<b>Pieszych</b>	<b>Rowerzystów</b>
1	604	-
2	342	-
3	477	-
4	356	-
5	441	91
6	103	-
7	649	49
8	840	50
9	670	70
10	200	4
11	173	14
12	567	37
<b>SUMA</b>	<b>5422</b>	<b>315</b>

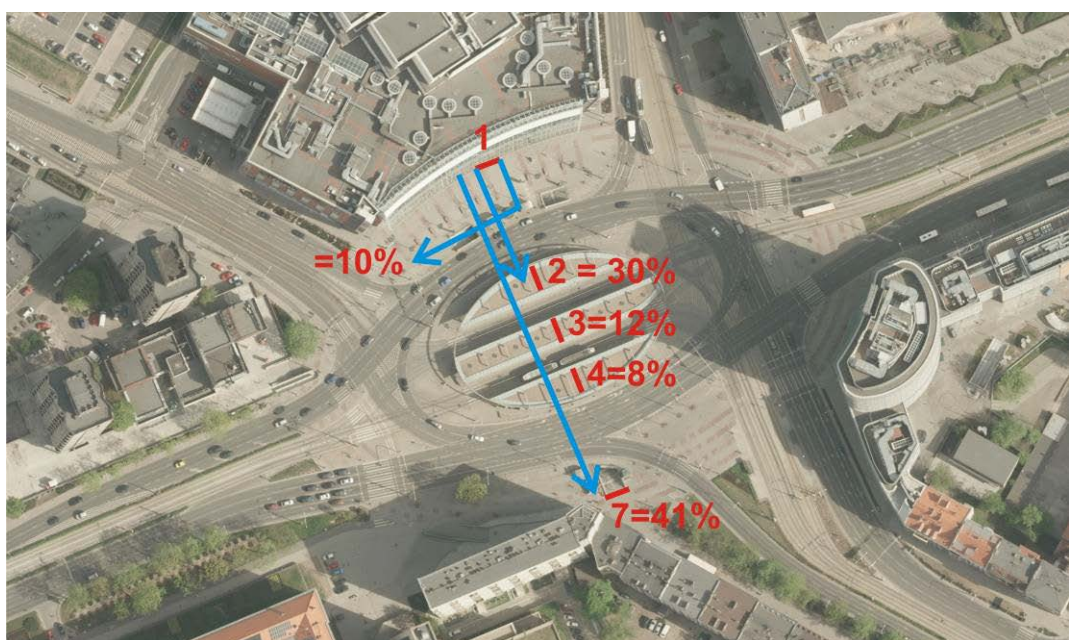




Rys.3 Potoki pieszych w przekroju tunelu, w godzinie szczytu popołudniowego

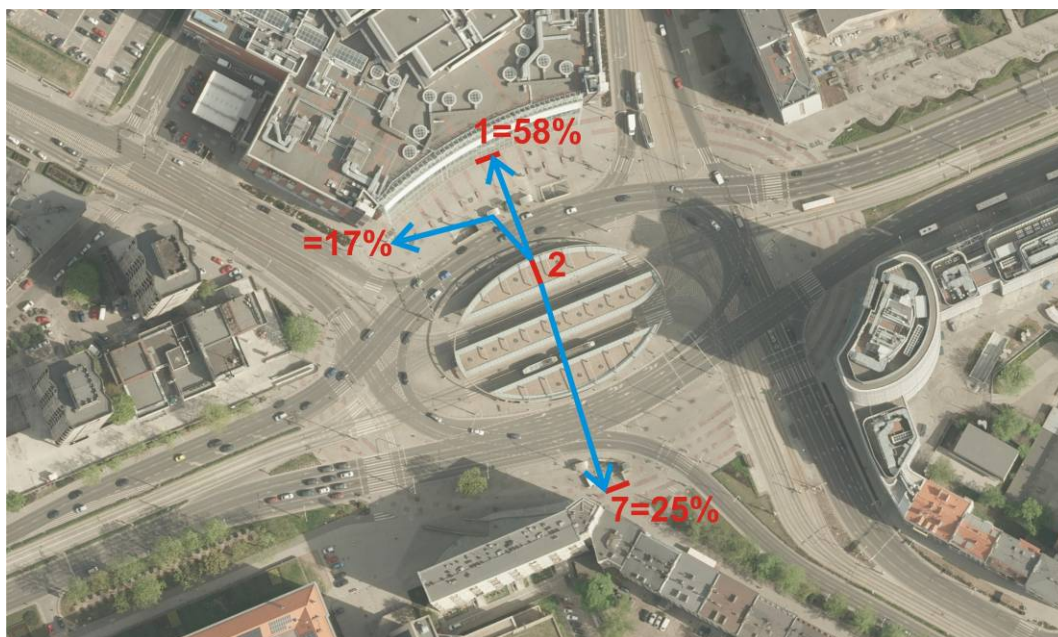
Metodą "podążania za pieszym" wyznaczono dla poszczególnych punktów zgłoszeń główne relacje przemieszczeń pieszych. Wyrażone procentowo relacje z każdego punktu pomiarowego zostały oszacowane na podstawie obserwacji losowo wybieranych pieszych. Liczebność prób w tych obserwacjach wynosiła 400 pieszych, ale z uwagi na duże zmienności potoków, wyniki przedmiotowych ocen należy traktować z dużą ostrożnością. Niemniej jednak pozwalają one na szacunkowe określenie podstawowych kierunków przemieszczeń pieszych, których przybliżenie jest konieczne w dalszych analizach i prognozach.

Oszacowania rozkładu ruchu poszczególnych relacji zostały pokazane na rysunkach 4 do 16.

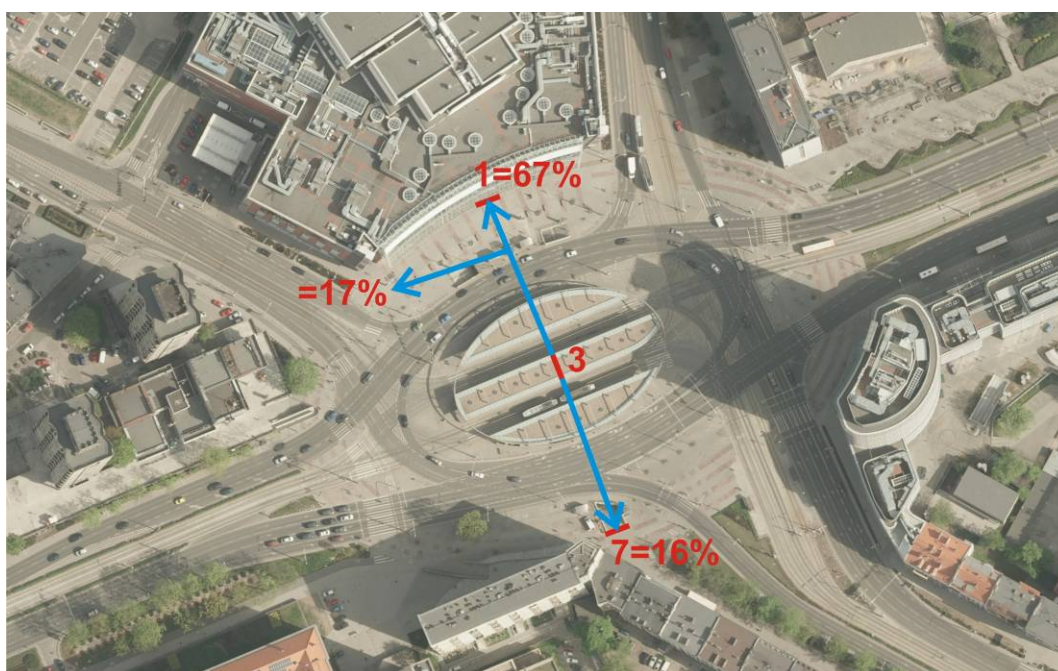


Rys.4 Oszacowanie rozkładu relacji ruchu pieszego z punktu 1



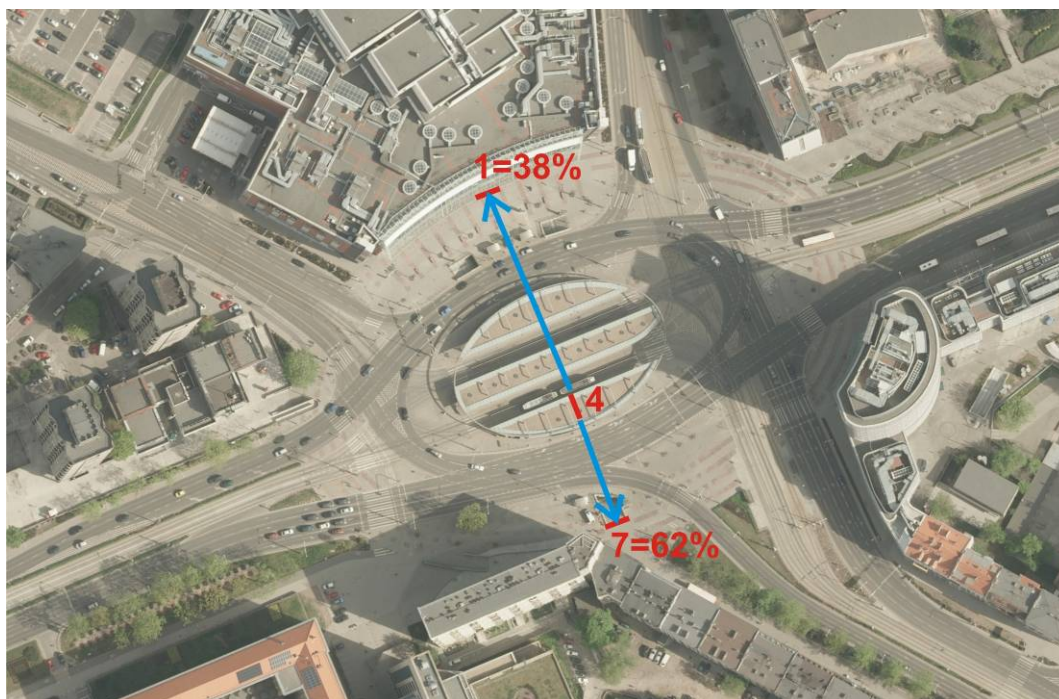


Rys.5 Oszacowanie rozkładu relacji ruchu pieszego z punktu 2

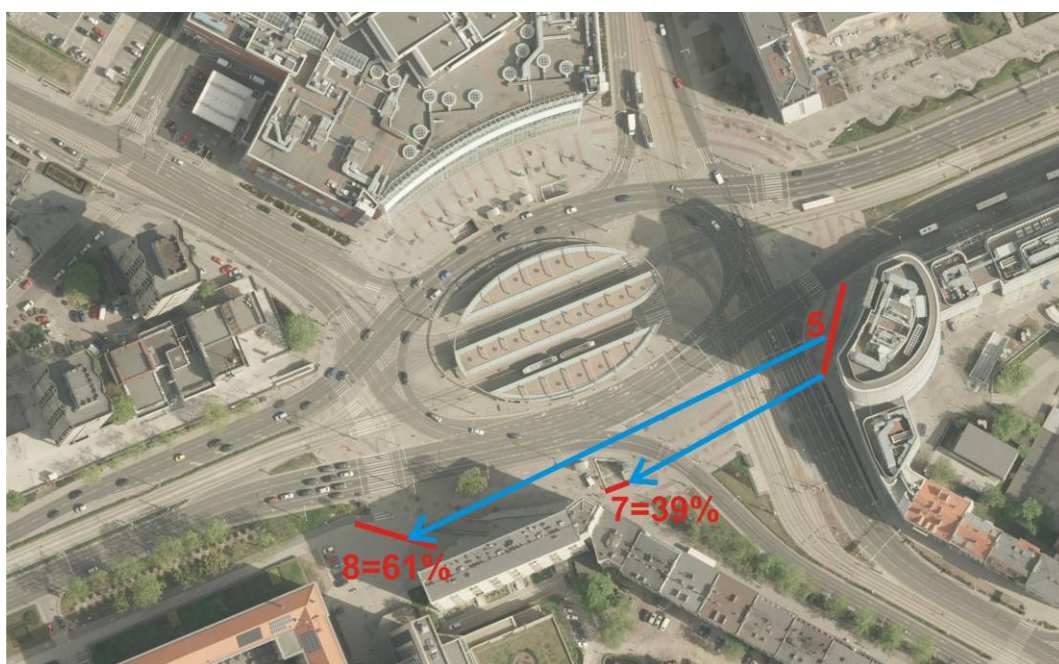


Rys.6 Oszacowanie rozkładu relacji ruchu pieszego z punktu 3



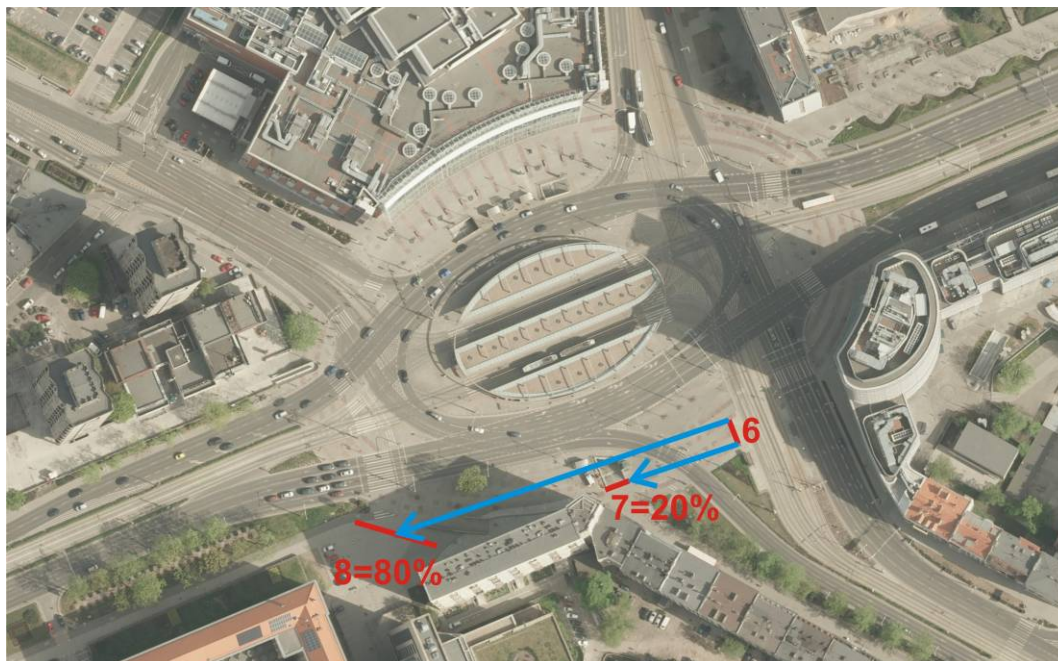


Rys.7 Oszacowanie rozkładu relacji ruchu pieszego z punktu 4



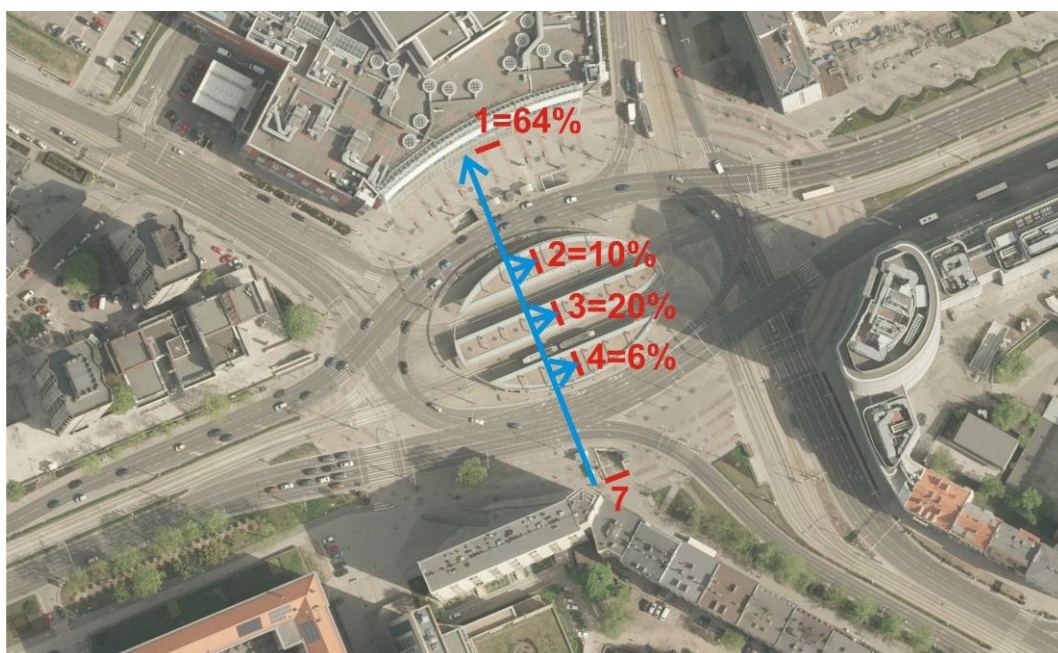
Rys.8 Oszacowanie rozkładu relacji ruchu pieszego z punktu 5





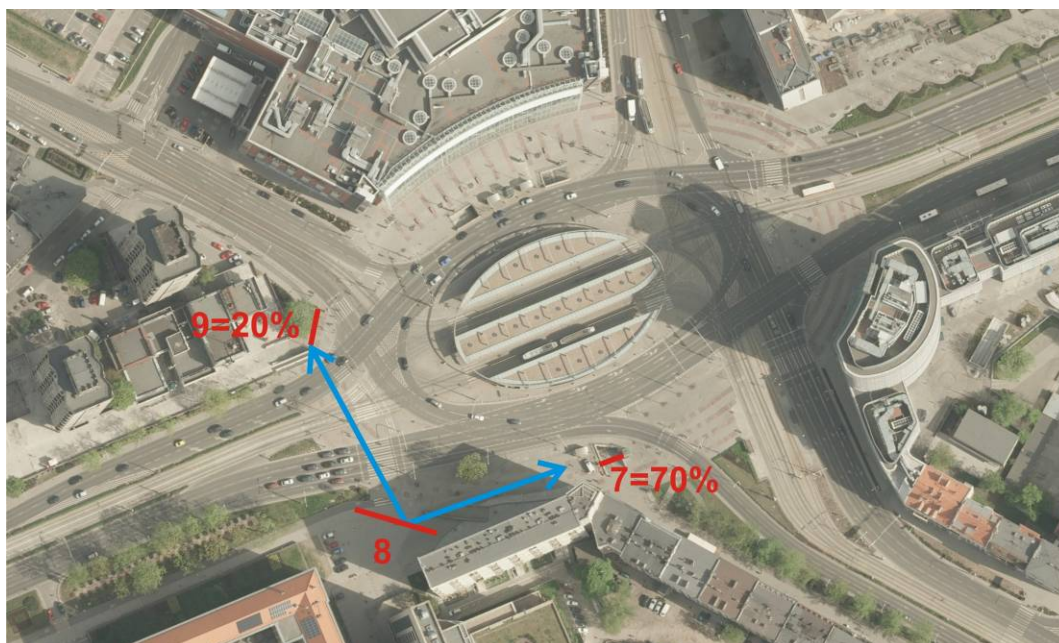
Rys.9 Oszacowanie rozkładu relacji ruchu pieszego z punktu 6

W przypadku punktów 5 oraz 6 występuje odwrócenie proporcji pomiędzy szczytem porannym i południowym (na rysunkach stan dla szczytu porannego).

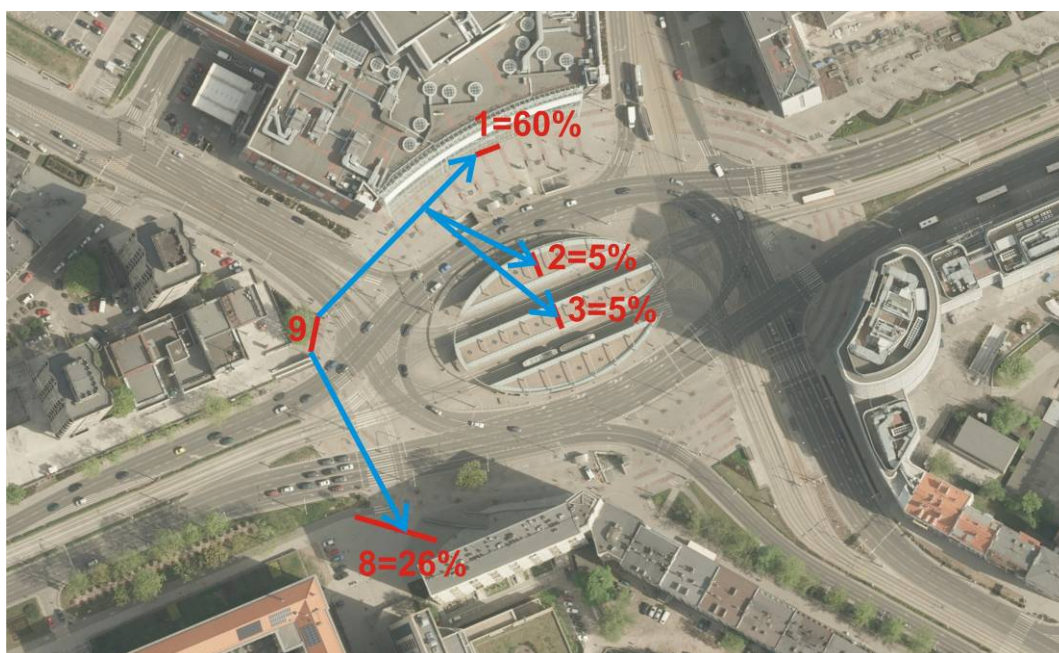


Rys.10 Oszacowanie rozkładu relacji ruchu pieszego z punktu 7



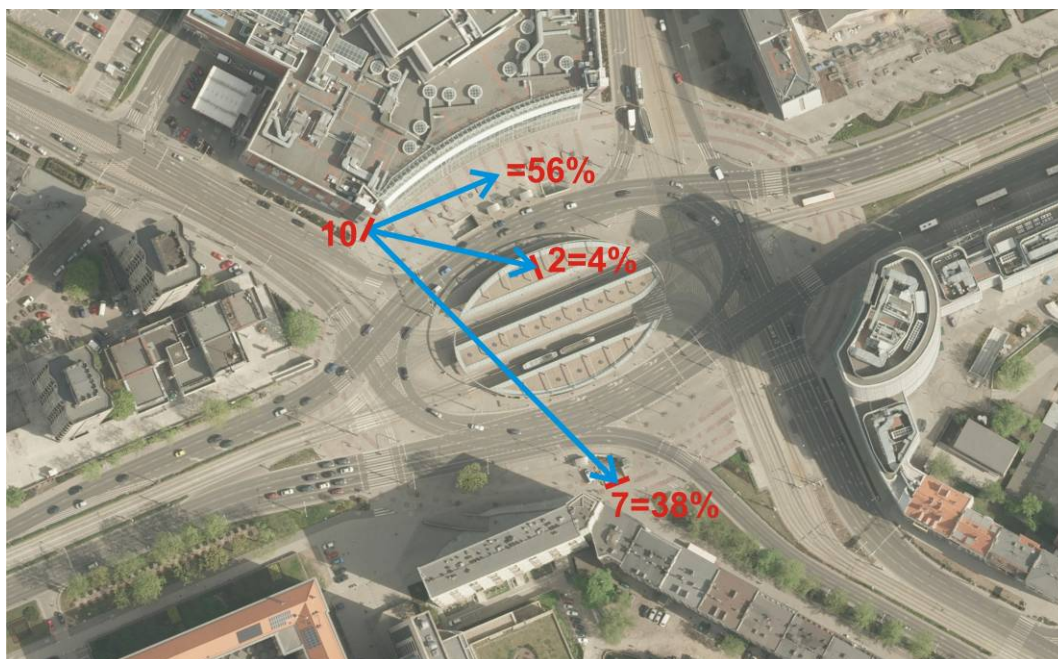


Rys.11 Oszacowanie rozkładu relacji ruchu pieszego z punktu 8

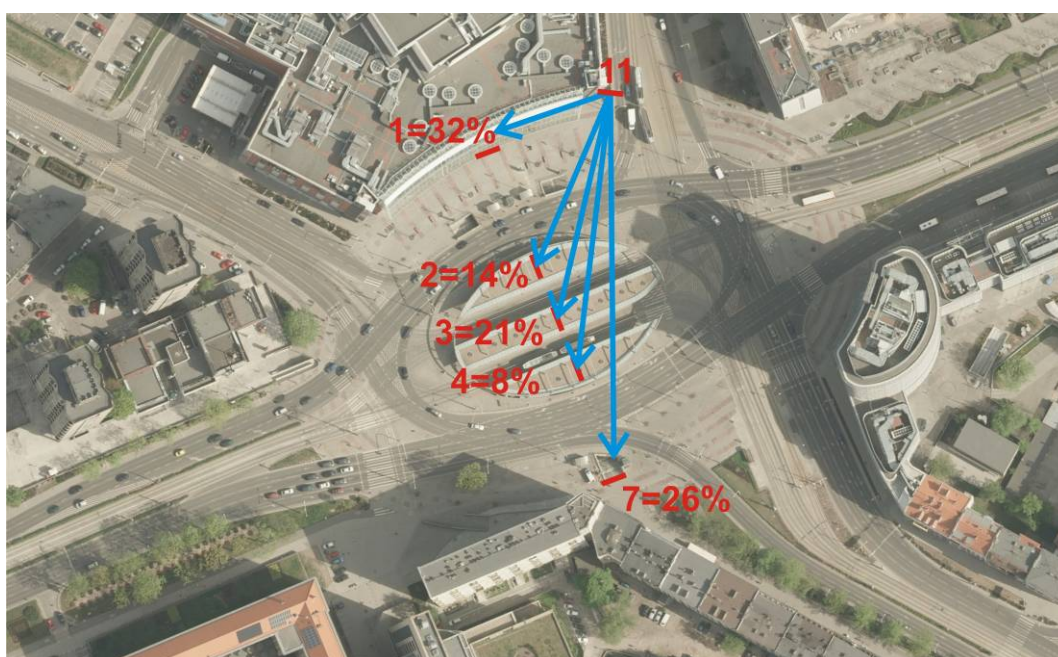


Rys.12 Oszacowanie rozkładu relacji ruchu pieszego z punktu 9



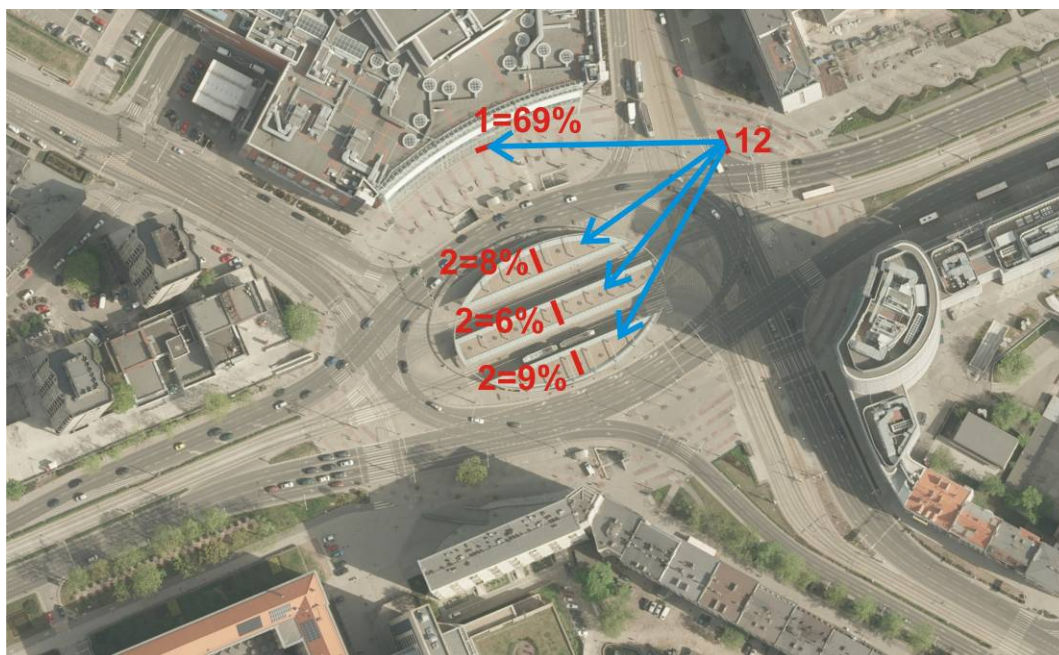


Rys.13 Oszacowanie rozkładu relacji ruchu pieszego z punktu 10



Rys.14 Oszacowanie rozkładu relacji ruchu pieszego z punktu 11

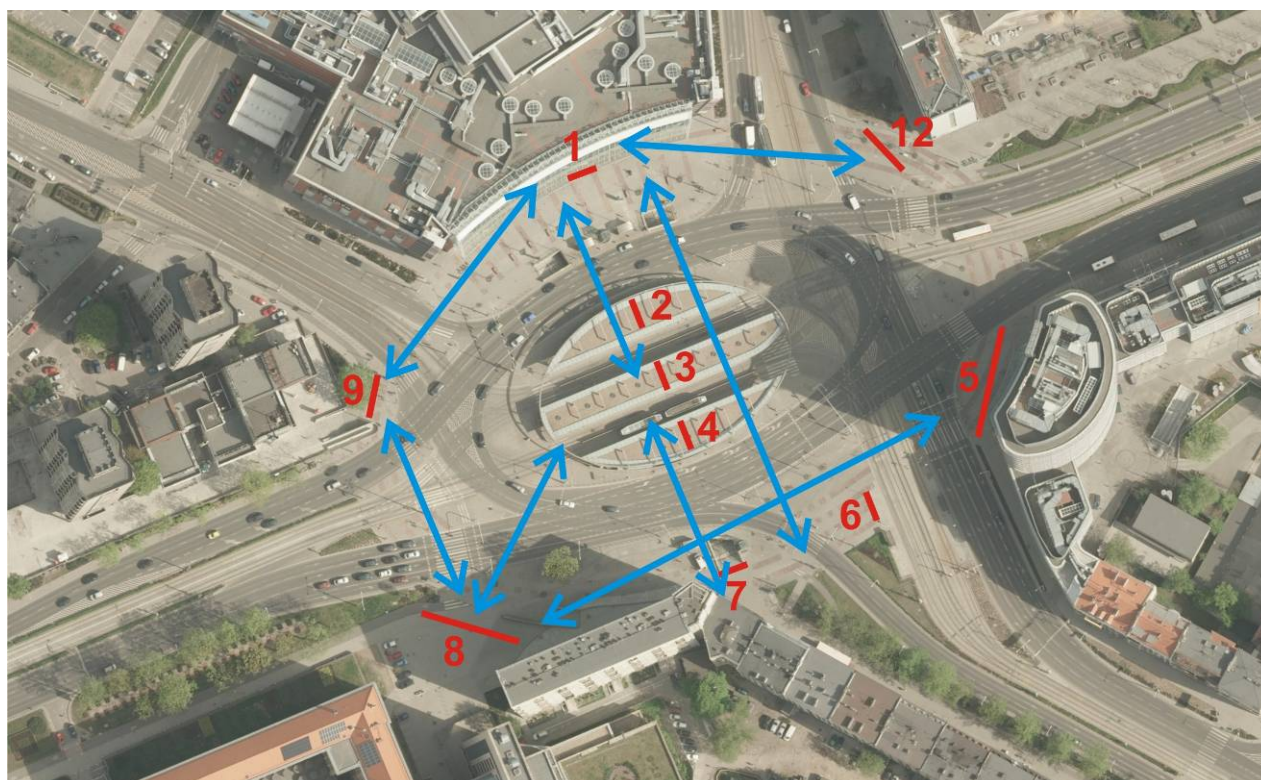




Rys.15 Oszacowanie rozkładu relacji ruchu pieszego z punktu 12

Podsumowując wyniki pomiarów ruchu pieszego stwierdzono, że największe potoki pieszych (rys. 16) występują pomiędzy relacjami:

- 1 <> 7
- 1 <> 2 | 3 | 4
- 1 <> 9
- 1 <> 12
- 4 <> 7
- 5 | 6 <> 8
- 7 | 8 <> 2 | 3 | 4
- 8 <> 9



Rys.16 Relacje o największych natężeniach ruchu pieszego na Rondzie Reagana



### **3. Symulacja czasów przejść oraz prognoza ruchu pieszego po wyznaczeniu dodatkowych przejść dla pieszych**

W celu określenia strat i korzyści czasowych wynikających z wyznaczenia naziemnych przejść dla pieszych, wykonano pomiary czasu przejść pomiędzy wybranymi, najbardziej obciążonymi relacjami. Pomiary wykonano za pomocą ręcznej rejestracji czasu przejścia osoby bez ograniczeń ruchowych (sprawnej fizycznie, bez wózka lub walizki) w spokojnym tempie.

Wybrane relacje dotyczą czasów przejść pomiędzy centrum handlowym oraz peronami transportu zbiorowego i południowo-wschodnim wyjściem z tunelu. Bezwzględne wartości czasów zestawiono w tabeli 2, z rozróżnieniem na poziom 0 oraz -1 centrum handlowego w ujęciu wariantowym *min/max*, gdzie wartość minimalna występuje przy skrajnie optymistycznym scenariuszu konfiguracji sygnałów zielonych zapewniających płynne przejście, natomiast maksymalna przy skrajnie pesymistycznym scenariuszu oznaczającym zatrzymania pieszych na sygnalizacji świetlnej.

Kolorem zielonym w tabeli 2 wskazano oszacowane korzyści czasowe, uzyskane dzięki wyznaczeniu przejść dla pieszych.

Poniższe symulacje odnoszą się do przedstawionego przez Zamawiającego programu podstawowego sygnalizacji na skrzyżowaniu, po dodaniu faz dla nowych przejść.

Tab. 2 Orientacyjne czasy przejść „przed” i „po” wyznaczeniu przejść dla pieszych (s)

		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Galeria poziom -1 poziom 0	relacje 1 przed 1	2		3		4		6		7	
		40	40	55	55	70	70	135	225	90	90
		60	60	75	75	90	90	155	245	110	110
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Galeria poziom -1 poziom 0	relacje 1 po 1	2		3		4		6		7	
		40	40	55	55	70	70	135	225	90	90
		35	125	55	145	60	150	125	255	210	330
		100*		210*							

		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
przed	relacje 2	6		7		9		10		12	
		105	205	70	70	100	180	80	80	150	230
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
po	relacje 2	6		7		9		10		12	
		50	150	115	145	50	160	30	120	145	225

		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
przed	relacje 3	6		7		9		10		12	
		90	190	55	55	115	195	95	95	165	245
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
po	relacje 3	6		7		9		10		12	
		45	115	110	140	80	190	60	170	170	250

		min	max	min	max
przed	relacje 4	6		7	
		95	195	60	60
		min	max	min	max
po	relacje 4	6		7	
		30	110	50	190

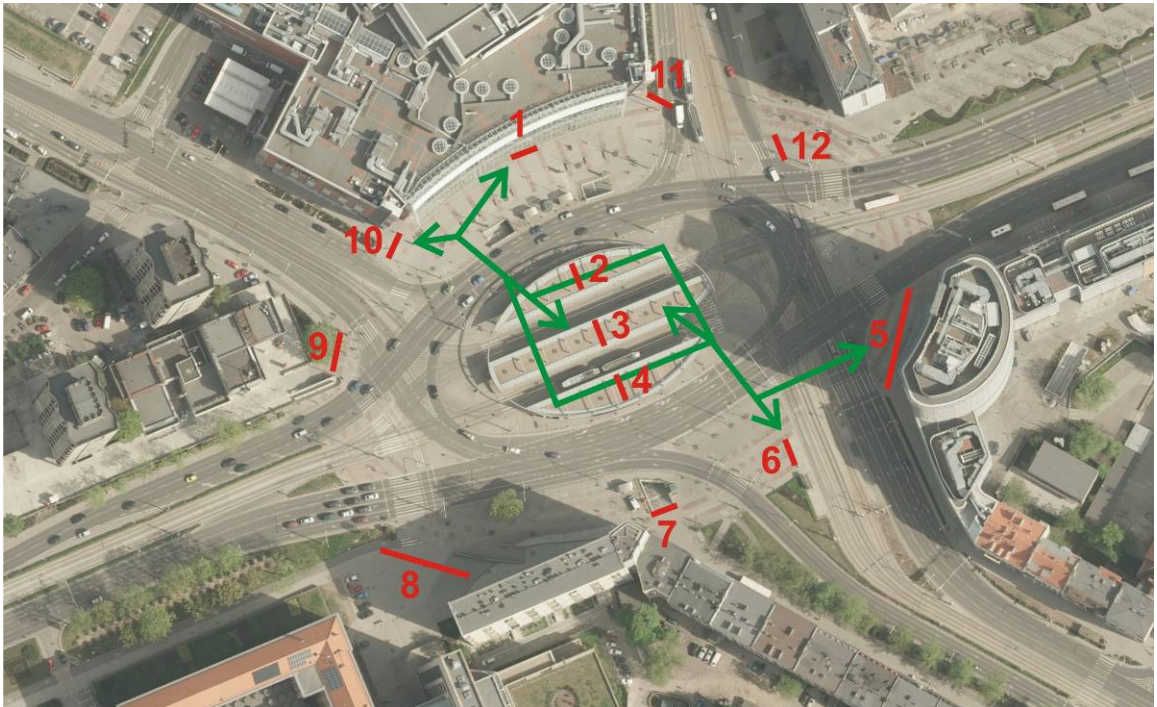
\* trasa przez peron 4 i nowe przejście dla pieszych

Zysk dla pieszych (po wyznaczeniu dodatkowych przejść) wyrażony przez oszacowane czasy przejść pomiędzy różnymi analizowanymi punktami, występuje głównie w przypadku przemieszczeń z wlotów zewnętrznych #1, #7, #9 oraz #10 na perony wyspy centralnej #2 | 3 | 4 oraz pomiędzy peronami wyspy i peronami wlotu #6 (rys. 17).

W przypadku silnej relacji pomiędzy centrum handlowym i przystankami zysk czasowy występuje wyłącznie w wariancie optymistycznym (poza dojściem do peronu na wyspie południowej (relacja 6).

Praktycznie nie występuje zysk czasowy w relacjach ruchu pieszego pomiędzy wlotami skrzyżowania, co wynika głównie z planowanej lokalizacji przejść dla pieszych i załamania trasy ruchu pieszego na wyspie centralnej.





Rys.17 Relacje, na których wystąpią korzyści czasowe po wyznaczeniu naziemnych przejść dla pieszych

Należy wziąć pod uwagę fakt, iż większość pieszych, wybierając drogę przejścia, jako uciążliwą przeszkodę traktuje konieczność pokonania schodów. Te dodatkowe uciążliwości mogą być uwzględniane w prowadzonych analizach przez dodanie tzw. „kary czasowej”, której wartość zależy od cech charakteru, sprawności fizycznej, wieku i chwilowych uwarunkowań pieszych (np.: aktualnie wyświetlanego sygnału lub pogody) i może wynosić od 15 sekund do nawet 2-3 krotności rzeczywistego czasu przejścia. Z drugiej jednak strony przejście podziemne gwarantuje stały, możliwy do przewidzenia, czas dojścia.

Przyjmując powyższe wyniki oszacowań potencjalnych czasów przejść pomiędzy różnymi punktami w obrębie analizowanego skrzyżowania oraz wyniki pomiaru natężeń ruchu pieszych i zidentyfikowane relacje przemieszczeń pieszych, ustalono, że z przejścia dla pieszych od strony centrum handlowego, w godzinie szczytu popołudniowego może korzystać około **1500-2000 pieszych** w obu kierunkach (przy założeniu, że z przejść naziemnych skorzysta około 70% pieszych przemieszczających się pomiędzy peronami na wyspie centralnej, a centrum handlowym). Wartość ta może być mocno zawyżona, ponieważ jest ściśle związana z celem podróży w samym centrum handlowym, a to jest niemożliwe do określenia bez dodatkowych badań ankietowych.

Z przejścia dla pieszych od strony południowo-wschodniej, w godzinie szczytu popołudniowego może korzystać **około 500-700 pieszych** w obu kierunkach.

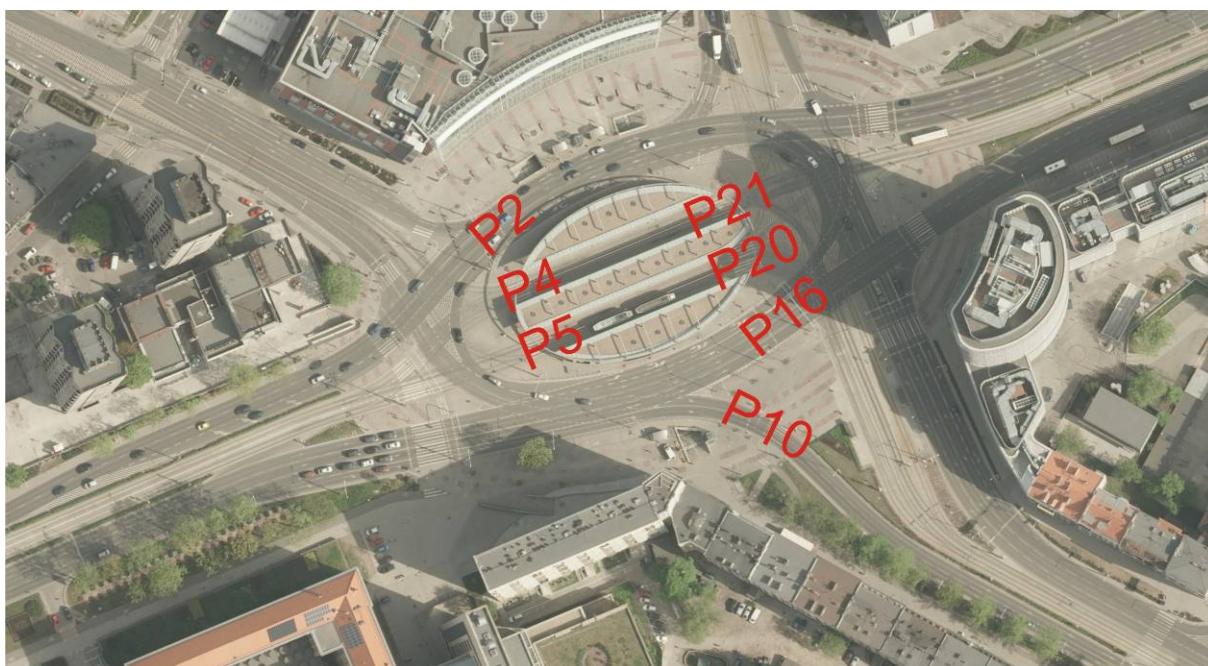




## 4. Identyfikacja zachowań niebezpiecznych ze strony pieszych oraz kierowców

Na podstawie dobowego zapisu video wykonano obserwacje niebezpiecznych zachowań ze strony pieszych oraz kierowców, obejmujące przechodzenie w niedozwolonym miejscu lub przechodzenie przy nadawanym czerwonym sygnale dla pieszych na wyspie centralnej.

Dla lepszej identyfikacji przejść nadano im własną numerację, bazując na zakodowanej w programie (rys. 18).



Rys.18 Kody nadane poszczególnym przejściom (P2 oraz P16 - planowane)

W miejscu planowanego przejścia dla pieszych przez jezdnię północną (P2), pomiędzy placem przed centrum handlowym, a peronem 1 zlokalizowanym na wyspie centralnej w ciągu doby zarejestrowano 17 nieprzepisowych przekroczeń jezdni, z których:

- 13 odbyło się w sytuacji nadawanego sygnału czerwonego dla pojazdów,
- 4 zachowania miały charakter konfliktu, gdzie piesi przebiegali przed przejeżdżającym pojazdem.

W miejscu planowanego przejścia przez jezdnię południową (P16), pomiędzy peronem 4, a wyspą dzielącą jezdnie ulicy Curie-Skłodowskiej, w ciągu doby zarejestrowano 42 nieprzepisowe przejścia przez jezdnię południową. Wszystkie z tych przejść zdarzyły się w czasie nadawanego sygnału czerwonego dla pojazdów (brak konfliktów pieszych łamiących przepisy z ruchem pojazdów).

Zaobserwowano wyraźne zwiększenie się liczby nieprzepisowych zachowań pieszych pomiędzy godziną 21 i godzinami oznaczającymi koniec kursowania komunikacji miejskiej. Dla przykładu średnio w ciągu dnia w miejscu planowanego przejścia przez jezdnię północną (P2)

identyfikowano średnio jedno nieprzepisowe przejście na godzinę, podczas gdy w godzinie 21 - 22, zidentyfikowano cztery przejścia nieprzepisowe.

Z powyższego zestawienia wynika, iż przejść nieprzepisowych po stronie południowej jest niemal 2,5 krotnie więcej, niż po stronie północnej, pomimo iż natężenie ruchu jest co najmniej dwukrotnie niższe. Prawdopodobnie taka sytuacja wynika z trzech powodów:

- braku bezpośredniego dostępu do tunelu z wyspy południowej w pasie dzielącym jezdnie ulicy Curie-Skłodowskiej, gdzie zlokalizowany jest jedyny poza wyspą centralną przystanek tramwajowy,
- występujących na tych relacjach przemieszczeń pieszych związanych z przesiadką pomiędzy pojazdami transportu zbiorowego, które wymuszają reżim czasowy przejścia.
- krótkiego sygnału zielonego (20s) dla pieszych na przejściu pomiędzy wyspą południową, a wejściem do tunelu.

Nieprzepisowe zachowania pieszych na przejściach wewnątrz wyspy centralnej, łączące perony przystankowe, z uwagi na skalę zjawiska ujęto godzinowo.

W godzinie szczytu popołudniowego przez istniejące przejście dla pieszych pomiędzy peronem 1 oraz peronem 2 (P4) zaobserwowano 285 pieszych, z których 154 przeszło przy nadawanym dla pieszych sygnale czerwonym.

Pomiędzy peronem 3 i peronem 4 (P5) zaobserwowano 74 pieszych, z czego 22 osoby przeszły niezgodnie z przepisami.

Na przejściu dla pieszych pomiędzy peronem 1 oraz 2 (P21) od strony południowo-wschodniej obserwacja wykazała 219 pieszych, z czego 141 przeszło przy nadawanym sygnale czerwonym.

Przez przejście pomiędzy peronem 3 i 4 (P20), przeszło 127 osób, z czego 61 przy nadawanym dla pieszych sygnale czerwonym.

Obserwacje pozwalają na oszacowanie udziału wejść nieprzepisowych na przejścia dla pieszych na poziomie:

- 50% dla przejścia P4 (pomiędzy peronami 1 i 2),
- 30% dla przejścia P5 (pomiędzy peronami 3 i 4),
- 50% dla przejścia P20 (pomiędzy peronami 3 i 4),
- 60% dla przejścia P21 (pomiędzy peronami 1 i 2),

Prędkości samochodów w obszarze planowanych przejść dla pieszych należy rozróżnić na dwie sytuacje:

- ruch zwarty od momentu rozpoczęcia nadawania sygnału zielonego do ostatniego pojazdu w grupie,
- dojazdy pojedyncze pod koniec fazy zielonej.

W pierwszym przypadku występujące prędkości nie przekraczają 50km/h, co wynika głównie z poziomu swobody ruchu uniemożliwiającego jazdę z wyższą prędkością, na dodatek w godzinach szczytów komunikacyjnych w obszarze planowanego przejścia północnego tworzy się zator, redukujący skutecznie prędkość pojazdów.

W przypadku dojazdów pojedynczych (czasami dwa lub trzy pojazdy) maksymalne prędkości samochodów zarówno w rejonie planowanego przejścia północnego jak i południowego wynoszą około 70km/h, a więc znacznie bardziej niebezpieczne dla pieszych. Statystycznie zdarzają się raz na dwa-trzy cykle (poza godzinami szczytu).

Nie zidentyfikowano wjazdów przy bardzo wysokich prędkościach, co wynika prawdopodobnie z łukowej trajektorii przejazdu przez skrzyżowanie, uniemożliwiającej rozwijanie ekstremalnie wysokich prędkości.

W trakcie obserwacji nie zanotowano wjazdu przy wyraźnie nadawanym sygnale czerwonym, zdarzały się wjazdy na pograniczu czasu żółtego i czerwonego, jednak ewakuacja nastąpiła przed wejściem pieszych na przejście.



## 5. Ocena ryzyka w ruchu pieszych po ewentualnym wyznaczeniu planowanych przejść naziemnych

Ryzyko związane z funkcjonowaniem systemu transportowego należy interpretować jako iloczyn prawdopodobieństwa oraz skutków zdarzenia. W przypadku zdarzeń rzadkich (na Rondzie Reagana zanotowano od momentu przebudowy tylko jedno potrącenie piesze [2]), określenie obu parametrów jest niezwykle trudne, stąd konieczność wykorzystania techniki konfliktów, a nawet oparcia badań na zachowaniach niebezpiecznych, przy czym wynik zostaje zazwyczaj określony jakościowo.

Na podstawie dostępnych danych dla analizowanego poligonu badawczego możliwe jest wyłącznie określenie, czy ryzyko wypadku z udziałem pieszych po wyznaczeniu dodatkowych przejść dla pieszych wzrośnie, zmaleje czy też nie ulegnie zmianie.

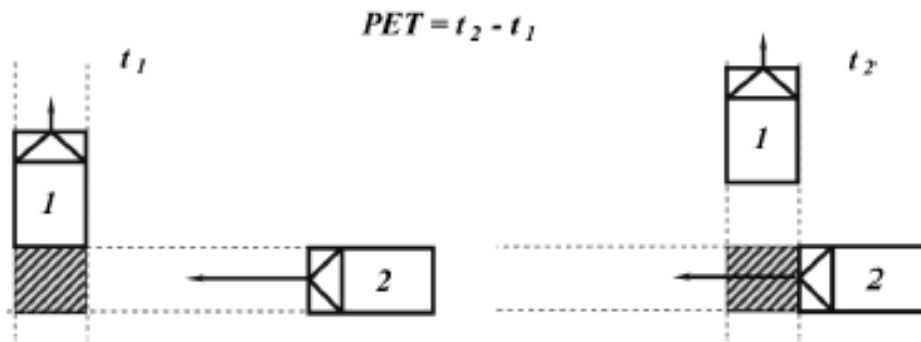
Planowana lokalizacja przejść oraz wpisanie faz sygnalizacji na tych przejściach w istniejący program nie powinny istotnie wpłynąć na bezpieczeństwo pieszych przy przekraczaniu zarówno jezdni północnej jak i południowej skrzyżowania. To stwierdzenie jest uprawnione przy założeniu przestrzegania sygnałów świetlnych przez pieszych i kierujących pojazdami. Ze względu na duże natężenia ruchu pojazdów oraz szerokie przejścia z reguły nie obserwuje się na takich przejściach przechodzenia pieszych w czasie sygnału czerwonego. Zmiana poziomu ryzyka związana jest bardziej z zachowaniami pieszych w kontekście ruchu pojazdów transportu zbiorowego na wyspie centralnej i przede wszystkim skłonności do niebezpiecznych zachowań ze strony pieszych, którzy widząc wjeżdżający tramwaj lub autobus, mogą próbować dobiegać na przystanek aby wsiąść do danego pojazdu, pomimo wyświetlanego sygnału czerwonego.

Dobieganie przez jezdnię północną od strony placu przed centrum handlowym na perony zlokalizowane na wyspie centralnej nie powinno występować często, ponieważ zarówno w szczycie ruchu, jak i poza szczytem w ciągu dnia, w trakcie niemal całego sygnału czerwonego dla pieszych w obszarze planowanego nowego przejścia odbywa się ciągły poprzeczny ruch pojazdów, a dodatkowo jezdnia z czterema pasami ruchu posiada szerokość 14m, co skutecznie zniechęca pieszych do podejmowania ryzykownych wejść na jezdnię. Podobna sytuacja występuje w obszarze planowanego przejścia dla pieszych po stronie południowej (jezdnia jest jeszcze szersza, ok.15m), choć w tym przypadku należy pamiętać o znacznie wyższym udziale przejść nieprzepisowych, wynikających między innymi z realizowanych przez pieszych przesiadek pomiędzy pojazdami transportu zbiorowego.

Obserwacje dobowe obszaru gdzie planowane jest nowe przejście dla pieszych po stronie północnej wykazały 17 nieprzepisowych przekroczeń jezdni północnej. Bez względu na liczbę takich zachowań nie oddaje jednak skali zagrożenia wynikającej z konfliktów.

Jednym ze wskaźników związanych z techniką konfliktów ruchowych, służących kwantyfikacji potencjalnego prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku jest wskaźnik oznaczony symbolem PET (post encroachment time), który określa czas jaki minął od momentu gdy pieszy opuszcza obszar kolizyjny na jezdni lub torowisku do czasu nadjechania w ten obszar pojazdu (Rys. 19).

### Post-Encroachment Time and Gap Time



Rys.19 Zasada obliczenia czasu PET dla oszacowania poziomu ryzyka [Saunier]

Zarejestrowane w ciągu dobowej obserwacji czasy PET dla zidentyfikowanych zachowań niebezpiecznych nie dotyczą w ogóle 13 przypadków, ponieważ piesi wykorzystywali moment nadawania sygnału czerwonego dla samochodów, a więc nie wystąpiło zagrożenie.

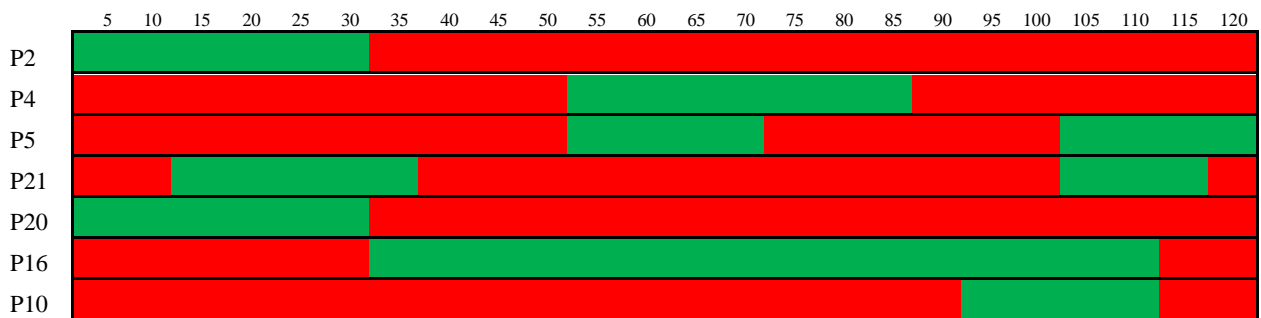
W trzech przypadkach czasy wyniosły 1 sekundę, a w jednym przypadku 5 sekund.  $PET=1$ sek i mniejsze należy interpretować jako realne zagrożenie wystąpieniem potrącenia, na przykład w sytuacji potknięcia się pieszego.

Liczba nieprzepisowych zachowań pieszych powiązana ze wskaźnikiem PET potwierdza brak wyraźnie zwiększonego ryzyka dla planowanych nowych przejść naziemnych. Będzie ono na podobnym poziomie do pozostałych istniejących przejść, a nawet mniejsze niż na przykład na przejściu P10, gdzie liczba wejść nieprzepisowych jest wyższa.

Odmienna sytuacja dotyczy przejść dla pieszych zlokalizowanych na wyspie centralnej, które łączą perony. W tym przypadku analiza poszczególnych faz sygnalizacji sterującej ruchem wskazuje na szereg problemów i potencjalny wzrost ryzyka wystąpienia wypadku, w sytuacji pojawienia się dodatkowych pieszych z wyznaczonego nowego przejścia dla pieszych.

Część programu z fazami sygnalizacji dla pieszych pokazano na rysunku 20.





Rys.20 Program podstawowy sygnalizacji dla pieszych po wyznaczeniu dodatkowych przejść naziemnych

Podstawowym problemem jest brak koordynacji sygnału zielonego pomiędzy planowaną sygnalizacją na nowym przejściu dla pieszych P2 oraz istniejącymi sygnalizacjami P4 i P5. Piesi, którzy przejdą na peron pierwszy wyspy centralnej będą zmuszeni czekać od 20 do nawet 35 sekund na sygnał zielony umożliwiający dotarcie do pozostałych peronów. Jak wynika z badań [4] od 10 do 60% pieszych łamie przepisy i dobiega do pojazdu transportu zbiorowego, w sytuacji jego wjazdu na przystanek.

Piesi, którzy zauważą wjeżdżający tramwaj lub autobus na pas ruchu przy peronie czwartym, będą skłonni dobiegać na czerwonym świetle, tym bardziej, że sygnał zielony dla tej relacji, umożliwi wjazd pojazdu transportu zbiorowego i wyjazd zanim pieszy jest w stanie osiągnąć peron zgodnie z przepisami. To oznacza, że można przyjąć około 30% pieszych, którzy będą przebiegać przez przejście P4 oraz P5 na sygnale czerwonym. Szacunkowo może to być nawet kilkanaście osób na godzinę (30% z 70 zmierzających z centrum handlowego oraz wlotu 9 i 10). Należy zwrócić również uwagę na ograniczoną widoczność na nadjeżdżający z tyłu względem pieszego tramwaj lub autobus, co również zwiększa ryzyko.

Nieco lepsza sytuacja ma miejsce w przypadku przejścia P4 gdzie sygnał zielony rozpoczyna się zaraz po zamknięciu sygnału zielonego dla wjeżdżających pojazdów transportu zbiorowego i istnieje rezerwa czasowa 18 sekund na dojdzie do tramwaju lub autobusu zatrzymującego się przy peronie 2, przed jego odjazdem z przystanku. Można zatem założyć, iż skala zjawiska nieprzepisowego dobiegania będzie w tym przypadku mniejsza.

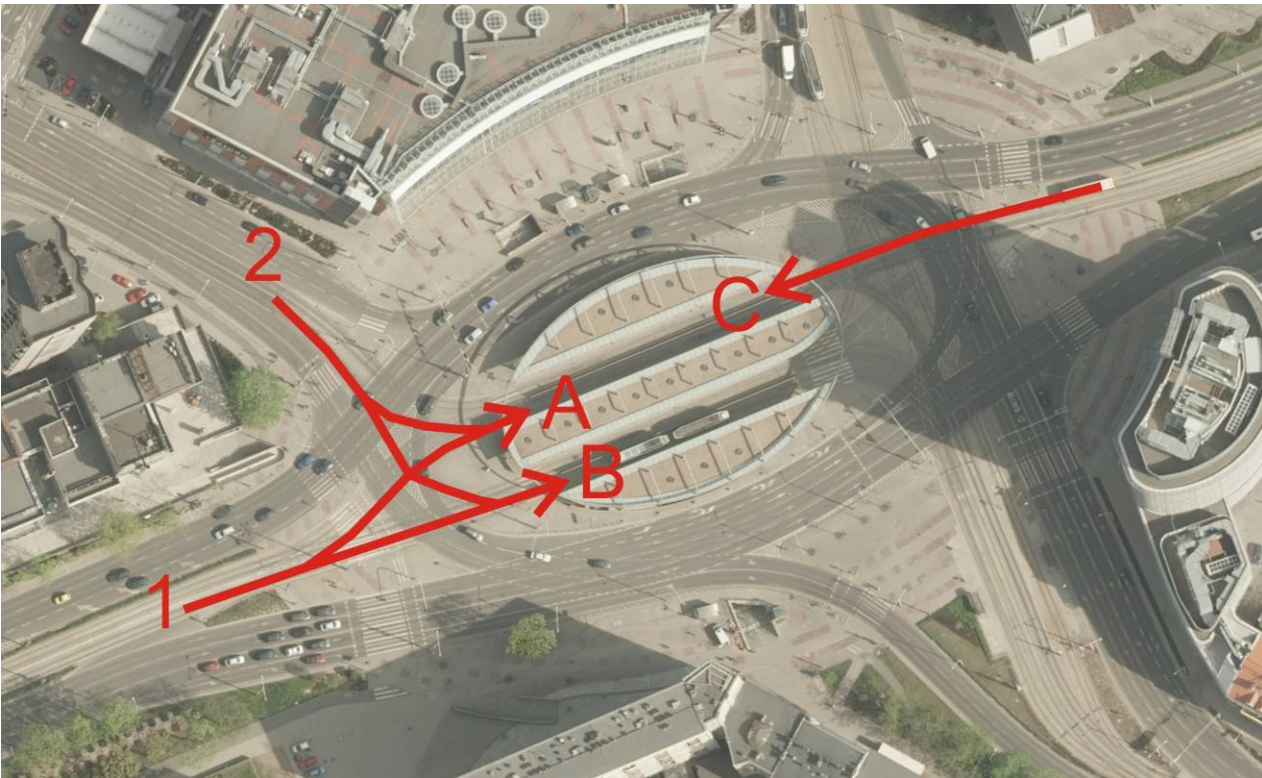
W przypadku przejść P20 oraz P21, jak można zauważyć na rysunku 20, sygnał zielony również nie jest dobrze skoordynowany z sygnałem na planowanym nowym przejściu dla pieszych przez jezdnię południową, jednak w tym przypadku zależy to od momentu zgłoszenia się pieszego w trakcie wyświetlania sygnału zielonego. Jeżeli zgłosi się na początku nadawania sygnału zielonego na przejściu P16, będzie zmuszony oczekiwać ponad 70 sekund na sygnał



zielony przejścia P20 oraz P21, natomiast jeżeli zgłosi się pod koniec, oczekiwanie będzie znacznie krótsze - około 10 sekund. Ryzyko wejścia na sygnale czerwonym na przejściu P20 zwiększy druga faza z sygnałem zielonym na przejściu P-21, którą pieszy zauważy oczekując przed przejściem P20.

W celu pełnego oszacowania ryzyka, oprócz określenia prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia po wyznaczeniu nowych naziemnych przejść dla pieszych, niezbędne jest oszacowanie potencjalnych skutków tych zdarzeń, które są ściśle związane z modelem energetycznym, bazującym na energii kinetycznej. W przypadku zderzenia ciężkiego pojazdu jakim jest tramwaj lub autobus z lekkim ciałem człowieka i niską prędkością przemieszczającego się człowieka, decydującym parametrem w ocenie skutków zderzenia jest prędkość pojazdu. Niezbędna jest zatem znajomość prędkości pojazdów, w miejscu występujących zachowań niebezpiecznych (przekraczania jezdni lub torowiska na czerwonym świetle).

Poddając analizie przejścia dla pieszych zlokalizowane pomiędzy peronami na wyspie centralnej, wytypowano kolizyjne z pieszymi kierunki wjazdu pojazdów transportu zbiorowego, przedstawione na rysunku 21. Nie są brane pod uwagę kierunki wyjazdowe, z uwagi na fakt, iż zawsze pojazdy ruszają po wymianie pasażerów, a więc ich prędkość na przejściu dla pieszych jest minimalna.



Rys.21 Kolizyjne wjazdy pojazdów transportu zbiorowego na wyspę centralną

Pozostałe kierunki wjazdowe nie zostały poddane analizie ze względu na niską prędkość zidentyfikowaną podczas pomiarów próbnych.

W wyniku pomiarów oszacowano prędkości pojazdów transportu zbiorowego wjeżdżających na wyspę centralną (tabl. 3).

Tab. 3 Średnie prędkości wjazdu pojazdów transportu zbiorowego na perony wyspy centralnej (próba n=30)

Wjazd	Vśr [km/h]	Vśr [m/s]	Kwartyl 3 [km/h]
<b>1A</b>	29	8,1	30
<b>1B</b>	22	6,0	25
<b>2A</b>	21	5,9	22
<b>2B</b>	24	6,6	30
<b>C</b>	29	8,0	30

Badania własne [1] wykazały wpływ prędkości wjazdu pojazdów transportu zbiorowego na przystanek, na ciężkość wypadków z udziałem pieszych. Wstępnie ustalono, że aby ograniczyć obrażenia ciężkie i śmiertelne, prędkość tramwaju lub autobusu w strefie poprzedzającej miejsce potencjalnego konfliktu z pieszymi nie powinna przekraczać 5 m/s, a więc około 20km/h.

Przy 30km/h, zgodnie z normą krajową [3], droga hamowania dla tramwaju wyprodukowanego po 2005 roku przy hamowaniu nagłym powinna wynosić 11,5m, jednak znaczna część tramwajów operujących przez skrzyżowanie jest starsza, co oznacza, że opóźnienie przy hamowaniu należy przyjąć około 2m/s<sup>2</sup>, a długość drogi hamowania około 20m.

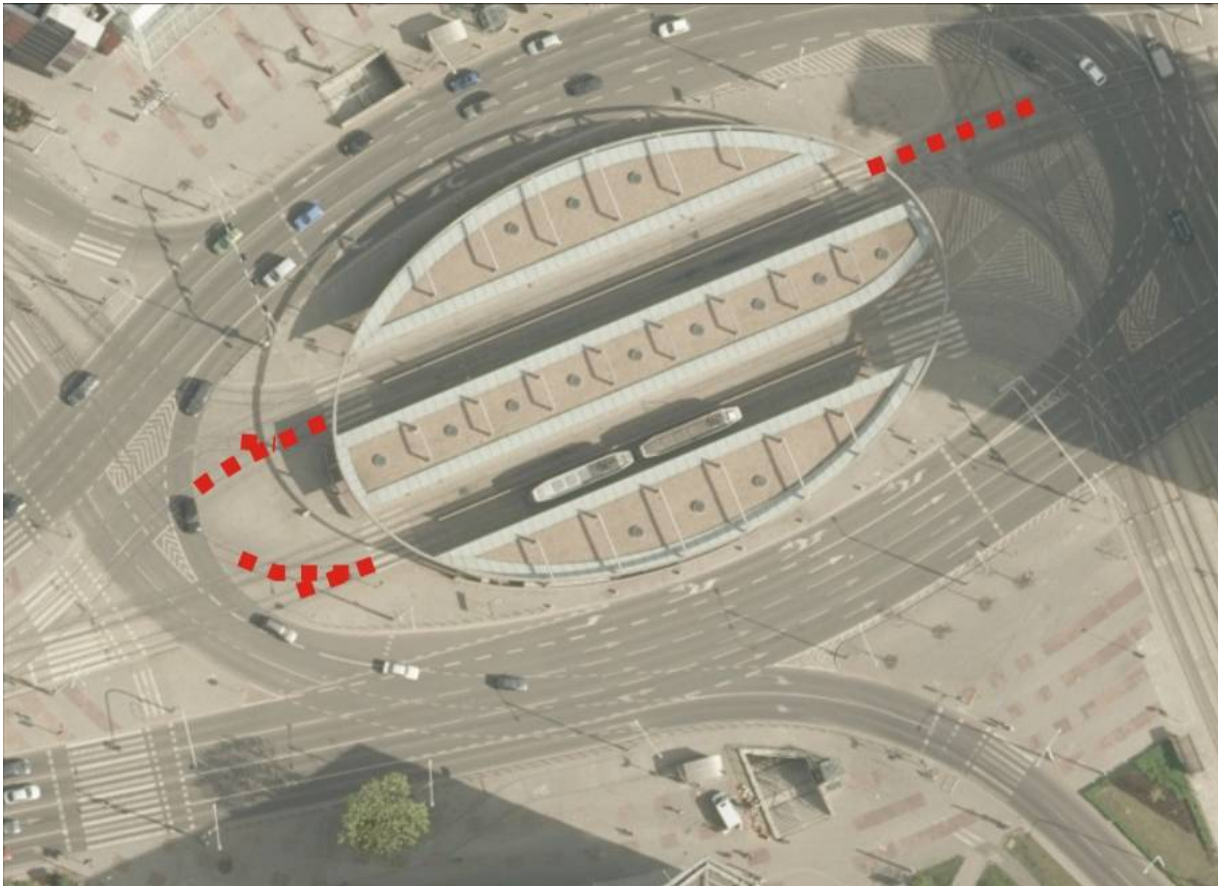
Symulację długości drogi hamowania przy pomierzonych prędkościach (bez uwzględnienia czasu reakcji motorniczego) na poszczególnych wlotach przedstawiono w tabeli 4.

Tab. 4 Szacunkowa długość drogi hamowania tramwaju na poszczególnych wjazdach - oszacowanie na podstawie pomierzonego trzeciego kwartyla prędkości (opóźnienie 2m/s<sup>2</sup>)

Wjazd	d [m]
<b>1A</b>	17,4
<b>1B</b>	12,1
<b>2A</b>	8,1
<b>2B</b>	17,4
<b>C</b>	17,4

Do powyższych wartości należy doliczyć od 7 do 10 metrów "drogi reakcji" wynikającej z czasu reakcji motorniczego.

Graniczne odległości od obszarów kolizyjnych, dla których przy obecnych prędkościach możliwe jest uniknięcie wypadku z udziałem tramwaju przedstawiono na rysunku 22.



Rys.22 Drogi hamowania tramwaju przy obecnych prędkościach (trzeci kwartyl)

Obecne prędkości wjazdu tramwajów i autobusów na wyspę centralną wskazują na możliwość wystąpienia poważnych skutków dla pieszych w przypadku ewentualnego zdarzenia z udziałem pieszych.

Jak można zauważyć na rysunku 22, przy obecnych prędkościach, w trzech czwartych przypadków motorniczy po wjechaniu na wyspę centralną nie będzie miał możliwości wyhamowania pojazdu przed pieszym, który w tym momencie wtargnie na przejście, jeśli nie zauważy nadjeżdżającego pojazdu i nie wykona manewru uniku.

Taka sytuacja jest prawdopodobna między innymi przez występującą ograniczoną widoczność pieszego na nadjeżdżający pojazd transportu zbiorowego z kierunku ulicy Curie-Skłodowskiej i wjeżdżający na perony 2 lub 4, przez przejścia P4 oraz P5. Pieszy, próbując dobiegać do tramwaju lub autobusu, który skupi swoją uwagę na pojazdach stojących przy peronach oraz wjeżdżających od strony Mostu Grunwaldzkiego, może nie zauważyć pojazdu nadjeżdżającego "z za pleców" od strony ulicy Curie-Skłodowskiej, którego kierujący z kolei może pomylić kierunek dobiegania (np. sądząc, iż pieszy biegnie tylko na peron 3, podczas gdy w rzeczywistości, będzie biegł na peron 4).

Uwzględniając opisane analizy potencjalnych konfliktów oraz prognozowane zmiany natężeń i relacji ruchu pieszego, można przypuszczać, że po wyznaczeniu nowych przejść naziemnych (P2 oraz P16):

- **wzrośnie prawdopodobieństwo** wystąpienia wypadku z udziałem pieszych na wszystkich istniejących przejściach zlokalizowanych na wyspie (P4, P5, P20 oraz P21), głównie z uwagi na już zidentyfikowane nieprzepisowe zachowania, które

mogą się zwiększyć proporcjonalnie do rosnącego natężenia ruchu pieszego związanego z planowanymi przejściami,

- przy założeniu braku działań prewencyjnych, **ryzyko wystąpienia wypadku ciężkiego może istotnie wzrosnąć na przejściu P5**, gdzie kumulują się czynniki zwiększające ryzyko (ograniczona widoczność i brak koordynacji faz sygnału zielonego dla pieszych zwiększające prawdopodobieństwo nieprzepisowych zachowań pieszych oraz znaczne prędkości pojazdów transportu zbiorowego wpływające na skutki potencjalnego wypadku),
- ryzyko dla pozostałych istniejących przejść może ulec zwiększeniu, jednak nie w tak istotnym stopniu jak na przejściu P5, głównie dzięki niższym prędkościom pojazdów transportu zbiorowego (mniejsze skutki potencjalnego zdarzenia z udziałem pieszych).

Podsumowując ryzyko dla obu planowanych przejść, na podstawie jego składowych czyli prawdopodobieństwa oraz potencjalnych skutków można wskazać, iż niższy poziom wzrostu należy przypisać dla przejścia do strony południowej, głównie ze względu na niższe prędkości wjazdowe pojazdów transportu zbiorowego od strony wlotu ulicy Curie-Skłodowskiej i lepiej skoordynowaną fazę z sygnałem zielonym dla pieszych na przejściu P21 pomiędzy peronami 1 oraz 2, z planowaną fazą na przejściu P16.

Z dużym prawdopodobieństwem wystąpią nieprzepisowe wejścia pieszych na sygnale czerwonym na przejściu P20, jednak ryzyko nie wzrośnie istotnie dzięki prędkości wjazdowej pojazdów transportu zbiorowego nie przekraczającej 20km/h.

Po stronie północnej planowane przejście dla pieszych może wygenerować większe ryzyko, w szczególności dla przejścia P5.



## 6. Ocena kosztów i korzyści dla użytkowników węzła przesiadkowego związanych z wyznaczeniem przejść dla pieszych - rekomendacje i zalecenie końcowe

Prognozowane potoki piesze na planowanych przejściach naziemnych wskazują na możliwe korzyści polegające na skróceniu czasu przejść przez osoby użytkujące węzeł komunikacyjny. Podstawową zaletą projektowanego rozwiązania jest istotne zwiększenie dostępności do przystanków transportu zbiorowego zlokalizowanych na wyspie centralnej skrzyżowania, w szczególności dla osób z ograniczonymi możliwościami poruszania się (niepełnosprawnych ruchowo, z dużym bagażem lub wózkem dziecięcym).

Jednocześnie wpisanie nowych faz w sygnalizacji świetlnej na dodatkowych przejściach w istniejący program sygnalizacji nie powinno spowodować dodatkowych strat dla pozostałych uczestników ruchu. To ostatnie założenie należy zweryfikować wprowadzając zmiany sygnalizacji w trybie testowym (pilotaż). Precyzyjne modelowanie zmian sygnalizacji na tak złożonych węzłach utrudnia duża liczba zmiennych oraz powiązań pomiędzy skrzyżowaniami nie objętymi zakresem niniejszej opinii. Nie mniej jednak przeprowadzone obserwacje dają podstawę do założenia możliwości poprawy ustawień sygnalizacji dla pieszych bez istotnych utrudnień komunikacyjnych.

W celu porównania kosztów i korzyści z ekonomicznego punktu widzenia, możliwe jest zestawienie iloczynu przewidywanej liczby użytkowników korzystających z nowych przejść, zaoszczędzonego czasu oraz średniego wynagrodzenia za godzinę we Wrocławiu z kosztem realizacji nowej organizacji ruchu.

Dla przejścia północnego wartości wynoszą odpowiednio:

- szacowane potoki pieszych  $Q_p=21875/\text{dobę}$  ( $1750*12,5$ ),
- oszczędność czasu  $T=20\text{s}$  (średnia z wszystkich relacji, gdzie występują korzyści),
- średnie wynagrodzenie za godzinę pracy we Wrocławiu = 27 PLN

Dla przejścia południowego:

- szacowane potoki pieszych  $Q_p=7500/\text{dobę}$  ( $600*12,5$ ),
- oszczędność czasu  $T=55\text{s}$  (średnia z wszystkich relacji, gdzie występują korzyści),
- średnie wynagrodzenie za godzinę pracy we Wrocławiu = 27 PLN

Kalkulacje przedstawiają się następująco:

$$Z_{\text{płn}} = 21875 * 20 * 13,5\text{PLN} = 1640 \text{ PLN/dobę} \quad (*300 \text{ dni roboczych}) \\ = 492 \text{ tys. PLN}$$

$$Z_{\text{płd}} = 7500 * 50 * 13,5\text{PLN} = 1546,88 \text{ PLN/h} \quad (*300 \text{ dni roboczych}) = 422 \text{ tys. PLN}$$

Przyjęto połowę stawki godzinowej ze względu na wysoki udział studentów w ruchu pieszym.



Założone zyski czasu dla przejścia północnego mogą być bardzo optymistyczne, z uwagi na silne zróżnicowanie wobec momentu zgłoszenia się pieszego oraz wymóg wprowadzenia korekty w sygnalizacji świetlnej. Jednak z drugiej strony w przypadku przemieszczeń po schodach występują subiektywne kary czasowe, również nie uwzględnione w kalkulacji.

Należy podkreślić, że korekta programu sygnalizacji może oznaczać również straty czasu dla pasażerów transportu zbiorowego, a ich dokładne oszacowanie wymaga dodatkowej analizy możliwości integracji programów na sąsiednich skrzyżowaniach i optymalizacji zgłoszeń tramwajów i autobusów.

Koszty postawienia sygnalizatorów, malowania zebry oraz konfiguracji systemu sterowania nie powinien przekroczyć 100-150tys. PLN, zatem zwrot inwestycji w zyskach społecznych (rozproszonych) nastąpi po około dwóch miesiącach.

Przeprowadzona obserwacja relacji ruchu pieszego na skrzyżowaniu nie wskazuje na możliwość istotnie częstego wykorzystywania przejść naziemnych w przemieszczeniach pomiędzy wlotami skrzyżowania. Z dużym prawdopodobieństwem można przyjąć, że większość pieszych wciąż będzie przechodzić przejściem podziemnym. Jest to związane z planowaną lokalizacją dodatkowych przejść dla pieszych (na przekątnej skrzyżowania, co oznacza wydłużenie drogi przejścia pomiędzy wlotami) oraz z fazami sygnalizacji świetlnej.

Większość pieszych wykorzystujących nowe przejścia naziemne będzie przemieszczała się do i z peronów transportu zbiorowego i w tym przypadku obawy o zwiększone ryzyko wypadków tylko częściowo zostały potwierdzone.

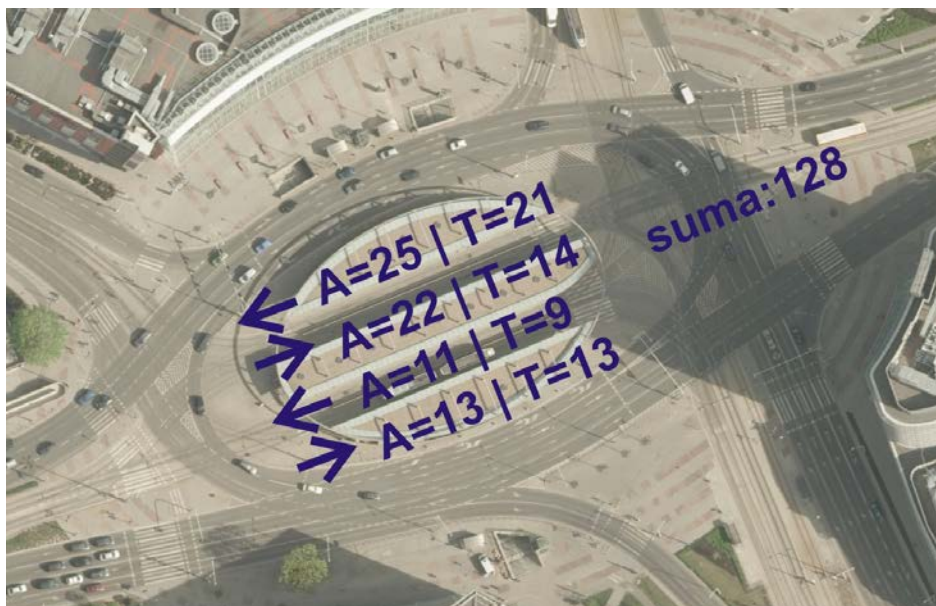
**Zwiększone ryzyko**, przy założeniu zaproponowanego programu sygnalizacji, występuje w przypadku przejść dla pieszych łączących perony na wyspie centralnej od strony zachodniej. Opisany w rozdziale piątym problem braku koordynacji faz sygnału zielonego dla pieszych na planowanych przejściach przez jezdnie oraz istniejących przejściach łączących perony, w powiązaniu z prędkością wjeżdżających pojazdów transportu zbiorowego, zwiększa ryzyko wystąpienia wypadku. Oszacowano, że natężenie ruchu pieszego na przejściu P5 może się podwoić (z obecnych 70 do około 140 pieszych na godzinę).

Z uwagi na fakt, iż korzyści płynące z wyznaczenia przejścia dla pieszych dzięki skróceniu czasów przechodzenia są istotne dla pieszych, **rekomenduje się**:

- **sprawdzenie możliwości przygotowania korekty programu sygnalizacji poprzez lepszą koordynację faz wyświetlania sygnałów zielonych dla pieszych między planowanym oraz istniejącymi przejściami. Koordynacja ta powinna umożliwiać wygodne dojście do wjeżdżającego na peron tramwaju lub autobusu bez konieczności łamania przepisów,**
- **redukcję długości faz z sygnałem czerwonym na przejściach dla pieszych łączących perony wyspy centralnej, dostosowując je do rzeczywistego ruchu pojazdów transportu zbiorowego,**
- **wprowadzenie ograniczenia prędkości wjeżdżających pojazdów transportu zbiorowego do 20km/h.**

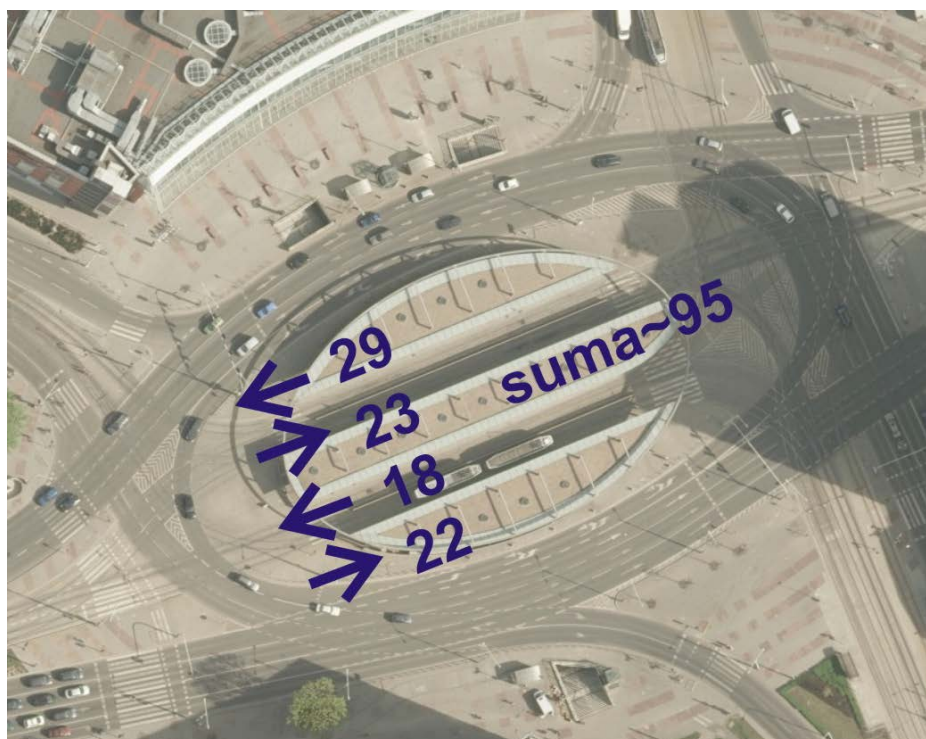


Propozycja redukcji długości faz sygnału czerwonego dla pieszych wynika z przeprowadzonej analizy rzeczywistej zajętości wlotów na wyspę centralną. W godzinie szczytu popołudniowego zidentyfikowano 128 autobusów i tramwajów wjeżdżających oraz wyjeżdżających z pasów ruchu na wyspie centralnej (rys. 23).



Rys.23 Wjazdy i wyjazdy pojazdów transportu zbiorowego na pasach ruchu zlokalizowanych na wyspie centralnej

Z uwagi na fakt, iż autobusy i tramwaje często wjeżdżają lub opuszczają wyspę grupowo rzeczywista liczba wjazdów i wyjazdów wynosi około 100 (rys. 24).



Rys.24 Zagregowane wjazdy i wyjazdy pojazdów transportu zbiorowego na pasach ruchu zlokalizowanych na wyspie centralnej

Symulacja (przy upraszczających założeniach) szacunkowego wykorzystania sygnałów zielonych dla transportu zbiorowego, wymuszających długość sygnału czerwonego dla pieszych, potwierdza dysproporcję pomiędzy czasem przydzielanym i wykorzystywanym, co z dużym prawdopodobieństwem wpływa na znaczną liczbę nieprzepisowych zachowań pieszych (wkraczają na przejście przy braku dojeżdżających pojazdów). Wyniki obliczeń wykorzystania faz ruchu dla pojazdów transportu zbiorowego przedstawiono w tabeli 5.

Tab. 4 Porównanie długości sygnałów czerwonych dla pieszych z czasem występowania pojazdów transportu zbiorowego

wg programu 1 cykl (s)		wg programu / h (s)		wg programu / h (min)		
	zielone	czerwone	zielone	czerwone	zielone	czerwone
P4	35	85	1050	2550	18	43
P5	44	76	1320	2280	22	38

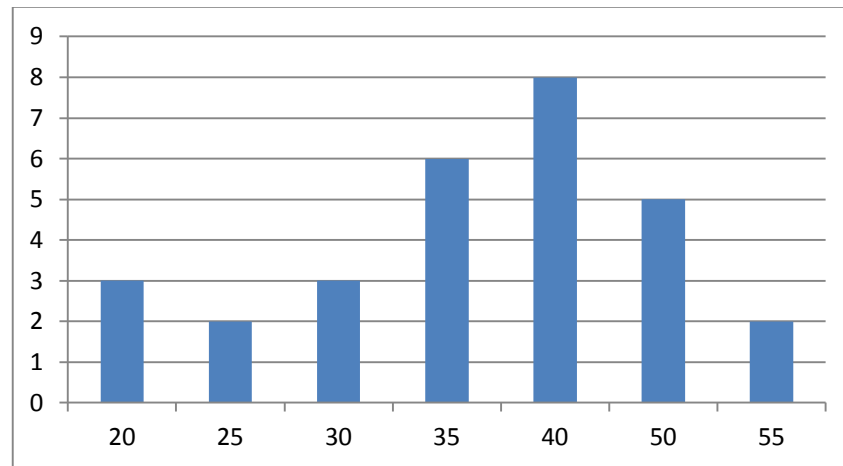
liczba wjazdów		wjazdy 1 cykl (s)		wjazdy 1 cykl (s)	
		zielone	czerwone	zielone	czerwone
P4	55		1100	42	18
P5	40		800	47	13

1 wjazd = wzbudzenie czerwonego sygnału na 20 sek

Długość sygnału czerwonego dla pieszych jest w przypadku przejścia P4 dwukrotnie dłuższa od rzeczywistej potrzeby wynikającej z wjazdu autobusu lub tramwaju. W przypadku przejścia P5 długość ta jest niemal trzykrotnie dłuższa, co może sprzyjać nieprzepisowemu zachowaniu pieszych i wchodzeniu na przejście przy nadawanym dla pieszych sygnale czerwonym.

Przykładowo sygnał zielony na planowanym przejściu dla pieszych po stronie północnej został wpisany w sekundy 119-32 cyklu, natomiast istniejący sygnał zielony na przejściach dla pieszych pomiędzy peronami występuje obecnie od 50 sekundy cyklu, co jak zostało wcześniej opisane oznacza konieczność oczekiwania przez pieszego zmierzającego na perony 2-4 od około 5 do nawet 35 sekund, w konsekwencji generując nieprzepisowe zachowania. Rozpoczęcie nadawania sygnału zielonego na przejściach P4 i P5 przez jezdnie transportu zbiorowego związane jest bezpośrednio z zakończeniem fazy dla tramwajów i autobusów wjeżdżających i wyjeżdżających z wyspy centralnej, przede wszystkim przez sygnalizatory BT8 oraz BT12, w relacji Curie-Skłodowskiej - wyspa centralna, które wyznaczone jest w 35 oraz 37 sekundzie cyklu. Doliczenie czasów ewakuacji i wynikających z nich minimalnych czasów międzyzielonych powoduje, iż otwarcie sygnału zielonego na przejściach P4 oraz P5 możliwe jest dopiero w 50 sekundzie.

Symulacja rzeczywistej zajętości sygnału zielonego dla fazy obejmującej sygnalizację BT8 i BT12 kolidującej z wydłużeniem sygnału zielonego dla pieszych, wykazała rezerwy czasowe teoretycznie możliwe do wykorzystania. Dla godziny szczytu popołudniowego sprawdzono zajętość fazy w ciągu 29 cykli (rys. 25).



Rys.25 Histogram rzeczywistej zajętości czasów zielonych i międzyzielonych dla pojazdów transportu zbiorowego przejeżdżających przez przejścia P4 oraz P5 (29 cykli - pierwsze 60 sekund) [s]

Jak wynika z obserwacji trzeci kwartyl długości czasów nie przekracza 40 sekund, uwzględniając w tym czasy międzyzielone. Ostatnie pojazdy wykorzystujące sygnał zielony nadawany na sygnalizatorach BT8 oraz BT12 wjeżdżają po łuku z wlotu ulicy Curie-Skłodowskiej, jednak w zależności od zgłoszenia na początku fazy (w 19 sekundzie) lub na końcu (w 37 sekundzie) kończą ewakuację odpowiednio około 33 lub 50 sekundy.

Zatem teoretycznie istnieje możliwość redukcji sygnału zielonego BT12 o co najmniej 10 sekund, a w przypadku integracji zgłoszeń z sygnalizacją na sąsiednich skrzyżowaniach (Curie-Skłodowskiej/Reja oraz Wyszyńskiego/Szczytnicka) nawet o 15 sekund, przy prawdopodobnie niedużej ingerencji w obsługę transportu zbiorowego. To oznaczałoby możliwość rozpoczęcia sygnału zielonego na przejściach P4 oraz P5 od 10 do 15 sekund wcześniej, co przy jednoczesnym rozpoczęciu sygnału zielonego na sygnalizatorze BT23 dla pojazdów transportu zbiorowego opuszczających wyspę z peronu czwartego o około 10 do 15 sekund później zagwarantowałoby możliwość dojścia pieszym zgodnie z przepisami.

### **Takie działanie powinno zredukować ryzyko do poziomu akceptowalnego.**

Powyższe symulacje należy poddać weryfikacji w ramach dodatkowych analiz przez specjalistów od sygnalizacji świetlnej.

**Z uwagi na znaczną niepewność w zakresie strat dla transportu zbiorowego wynikających z korekty sygnalizacji świetlnej, optymalnym rozwiązaniem może być przygotowanie i przeprowadzenie pilotażu proponowanych zmian, jeszcze przed kosztownym wyznaczeniem przejść dla pieszych. Pozwoli to na ocenę skutków i podjęcie decyzji w zakresie ostatecznych rozwiązań, w oparciu o rzeczywiste zachowania uczestników ruchu. Warunkiem dla pilotażu powinna być próba koordynacji zgłoszeń pojazdów transportu zbiorowego, wynikająca z ewentualnych korekt w programach na sąsiednich skrzyżowaniach, a także ewentualne reakcje korygujące, jeżeli zajdzie taka potrzeba.**

Pozytywne wnioski z pilotażu będą stanowiły silny argument za wyznaczeniem przejść (lub jednego przejścia), jednocześnie negatywne będą podstawą do rezygnacji lub dalszej dyskusji – np. po zmianie technologicznej w zakresie zastosowanych urządzeń i rozwiązań transportowych oraz sterujących.

Rekomendacje dotyczące wprowadzenia ograniczenia prędkości do 20km/h na obszarze przejść dla pieszych P4 oraz P5 teoretycznie mogą wydawać się sprzeczne z wnioskami dotyczącymi korekty długości sygnałów zielonych.

Policzone prędkości wjazdów tramwajów i autobusów z wlotu ulicy Curie-Skłodowskiej na wyspę centralną wynoszą dla trzeciego kwartyla 22km/h (na jezdnię przy peronie 2 oraz 30km/h na jezdnię przy peronie 4. Zarówno w pierwszym jak i w drugim przypadku zidentyfikowano wjazdy z prędkościami 20km/h, przy czym dla wjazdów na jezdnię przy peronie 4 była to połowa wyników. Można zatem wnioskować, iż możliwy jest wjazd przy obecnej długości fazy z prędkością 20km/h bez zakłócania cyklu, a konieczne jest jedynie ograniczenie eliminujące wjazdy z większą prędkością.

Zalecana w rozporządzeniu prędkość ewakuacji 10m/s (ok. 36km/h) została zatem prawdopodobnie zredukowana na skrzyżowaniu z uwagi na występowanie łuków (stąd aż 13 sekund czasu międzyzielonego). **Niezbędne są w tym zakresie dodatkowe analizy, ale obserwacje wykazały prawdopodobnie na brak sprzeczności pomiędzy rekomendowaną korektą długości sygnałów zielonych oraz zalecaną prędkością wjazdu pojazdów transportu zbiorowego na wyspę centralną.**

### **Bibliografia**

- [1] Badania własne, niepublikowane, zrealizowane w ramach grantu DS Politechniki Krakowskiej dla pracy doktorskiej, dla obszaru Krakowa,
- [2] Dane SEWIK przekazane przez Zamawiającego
- [3] Rozporządzenia Ministra Infrastruktury nr 343 z dnia 28 stycznia 2011r. oraz 344 z dnia 2 marca 2011r.
- [4] Rychlewski J., Kruszyna M., Influence of approaching tram on behaviour of pedestrians in signalized crosswalks in Poland, Accident Analysis and Prevention 55/2013