

SABINA MATEJA

inż. Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12,
80-233 Gdańsk, e-mail:
sabinamateja06@gmail.com

JOANNA WACHNICKA

dr inż. Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12,
80-233 Gdańsk, e-mail:
joanna.wachnicka@pg.edu.pl

Zagrożenia bezpieczeństwa ruchu na przejazdach przez torowisko tramwajowe obok jezdni oraz środki poprawy¹

Streszczenie: Artykuł przedstawia analizę konfliktów ruchowych oraz badań ankietowych jako narzędzia do poprawy bezpieczeństwa na skrzyżowaniach ulic z torowiskiem zlokalizowanym obok jezdni. Jego głównym zamierzeniem jest wyróżnienie roli badań konfliktów oraz opinii użytkowników na tego typu skrzyżowaniach w celu identyfikacji występujących problemów. Przybliżono problemy wynikające z lokalizacji infrastruktury torowej po jednej stronie drogi. Dokonano analizy konfliktów ruchu kołowego i pieszego z ruchem tramwajowym wraz z podaniem najczęstszych przyczyn powstawania sytuacji konfliktowych. Przeprowadzono identyfikację problemów, wpływających na występowanie konfliktów. Pod uwagę wzięto zarówno geometrię układu drogowego, organizację ruchu, jak i zachowania użytkowników drogi. Przedstawiono również przykłady badań konfliktów wykonanych na skrzyżowaniach z torowiskiem usytuowanym obok jezdni. Zwrócono uwagę na badania skierowane do użytkowników drogi, mogących wyrazić opinie na temat korzystania z infrastruktury drogowej. W ostatniej części zaprezentowano przykłady rozwiązań dla zidentyfikowanych problemów, mających na celu poprawę warunków ruchu na danych skrzyżowaniach.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, konflikt, tramwaj, skrzyżowanie.

Wprowadzenie

Wzrost stopnia motoryzacji oraz nieustanny rozwój ruchu kołowego w znacznym stopniu wpływają na warunki panujące na drogach. Rosnące natężenia oraz zwiększające się potrzeby generują kolejne pojazdy w sieci transportowej. Skumulowanie różnych środków transportu prywatnego i publicznego na ograniczonym obszarze drogi powoduje występowanie sytuacji konfliktowych między uczestnikami ruchu. Zachowanie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa oraz wykorzystywanie rozwiązań minimalizujących liczbę punktów kolizyjnych jest niezwykle ważne w fazie projektowania elementów infrastruktury drogowej. Metody analizy opierają się w dużej mierze na danych historycznych o zdarzeniach drogowych, odnotowanych w poszczególnych miejscach. Bazowanie wyłącznie na zaistniałych już incydentach ma liczne niedoskonałości, takie jak brak dokładności zebranych danych czy niewystarczająca ilość informacji na temat poszczególnych zdarzeń, których również może być zbyt mało, by zaobserwować jakieś zależności. W ciągu ostatnich lat badania bezpieczeństwa skierowano na zapobieganie występowania skutków sytuacji konfliktowych. Ciągła kontrola ochrony użytkowników dróg oraz działania podnoszące poziom bezpieczeństwa ograniczają

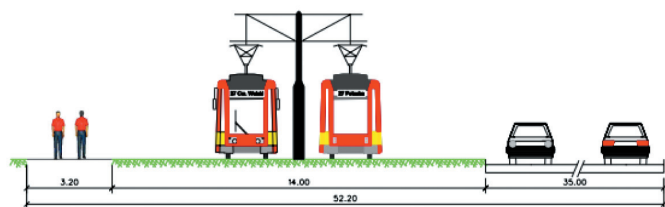
ryzyko występowania zdarzeń drogowych o tym samym charakterze na przedziale kolejnych lat w danej lokalizacji. Analizując konflikty z ruchem tramwajowym, należy dodatkowo zwrócić uwagę na konsekwencje, jakie są z nimi związane. W związku z drogą hamowania taboru oraz jego gabarytami skutki zdarzeń drogowych z udziałem tramwaju są kilkukrotnie poważniejsze niż w przypadku pojazdów kołowych. Ponadto wystąpienie incydentu na obszarze torowiska powoduje natychmiastowe zatrzymanie ruchu tramwajowego w jednym kierunku, a w przypadku ruchu jednotorowego na całym odcinku. Ważnym elementem analizy bezpieczeństwa jest nie tylko przeprowadzenie pomiarów wielkości ruchu na danym skrzyżowaniu, ale również uzyskanie opinii użytkowników dróg, którzy mają bezpośrednią styczność z infrastrukturą oraz organizacją ruchu. W artykule przedstawione zostaną zagrożenia bezpieczeństwa ruchu na skrzyżowaniach z torowiskiem usytuowanym obok jezdni oraz przykłady środków poprawy warunków w lokalizacjach konfliktowych. Przedstawione wyniki analiz pochodzą z pracy dyplomowej autorki [1].

Struktura konfliktów

Infrastruktura torowa, po której odbywa się ruch tramwajowy, składa się z torowiska, sieci trakcyjnej, systemów sterowania, przystanków pasażerskich oraz innych obiektów budowlanych. Torowiskiem tramwajowym nazywamy pas terenu, po którym przebiega konstrukcja torów tramwajowych wraz z urządzeniami i obiektami umożliwiającymi ich eksploatację [2]. Położenie torowiska w przekroju drogi powinno być dostosowane do istniejących warunków ruchu. Wyróżnić można takie lokalizacje jak: torowisko między jezdniami, torowisko obok jezdni czy torowisko niezależne. W tym artykule skupiono się wyłącznie na liniach tramwajowych, których tabor porusza się po infrastrukturze poprowadzonej obok jezdni, ze względu na liczbę konfliktów i warunki ruchu pojazdów korzystających z dróg podporządkowanych, przecinających trajektorie ruchu pojazdów szynowych.

Torowisko tramwajowe zlokalizowane obok jezdni znajduje się w granicach drogi publicznej, jednak odseparowane jest od obszaru, po którym poruszają się pojazdy kołowe. Bariery między ruchem szynowym a pozostałymi użytkownikami drogi tworzone są głównie przez pasy zieleni oraz krawężniki (rys. 1). Możliwe jest poprowadzenie dwutorowej infrastruktury po jednej stronie drogi lub rozdzielenie kierunków ruchu tramwajowego po obu stronach poprzez infrastrukturę jednotorową [3].

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2019. Wkład autorów w publikację: S. Mateja 70%, J. Wachnicka 30%.



Rys. 1. Przekrój poprzeczny drogi z dwutorową linią tramwajową obok jezdni
Źródło: [4]

Konflikty z taborem poruszającym się na tak usytuowanym torowisku występują głównie na skrzyżowaniach dróg podporządkowanych z infrastrukturą torową. Najczęstszymi uczestnikami zdarzeń w grupie kołowej są pojazdy włączające się lub wyłączające z ruchu drogi nadrzędnej. Natomiast konflikty z ruchem pieszym zlokalizowane są w okolicy dojeżdżać do przystanków pasażerskich oraz na wyznaczonych przejściach przez torowisko.

Konflikt tramwaj–pojazd

Konflikty między taborem tramwajowym a pojazdem kołowym występują zazwyczaj w obrębie krzyżowania się torowiska z torem ruchu pojazdu. Wynika to głównie z faktu, że większość dróg szynowych jest fizycznie oddzielona od jezdni. Skutkiem konfliktu może być wystąpienie zdarzenia drogowego z udziałem tych dwóch grup pojazdów, w konsekwencji poszkodowanymi są zazwyczaj kierujący oraz pasażerowie samochodów, a w przypadku poważniejszego incydentu również pasażerowie transportu publicznego [5].

Najczęstsze przyczyny zdarzeń drogowych z winy kierującego pojazdem:

- brak poszanowania sygnalizacji świetlnej, oznakowania pionowego lub poziomego;
- nieudzielenie pierwszeństwa przejazdu;
- niedozwolone manewry (w prawo lub w lewo);
- rozproszenie uwagi, wynikające z rozmowy z pasażerem lub korzystania ze sprzętu elektronicznego (np. telefonu komórkowego);
- niedostateczna widoczność;
- brak świadomości występowania ruchu tramwajowego na skrzyżowaniu;
- niewłaściwe parkowanie [6].

Według danych z raportu opublikowanego przez Komendę Główną Policji w 2017 roku doszło do 23 262 wypadków w terenie zabudowanym, co stanowi 71% wszystkich zdarzeń (tab. 1). Przejazdy tramwajowe, które głównym miejscem występowania konfliktów tramwaj pojazd, znajdują się na 9. miejscu w klasyfikacji miejsc arzeń drogowych w 2017 r. (tab. 2). Odnotowano tam 0 wypadków, co stanowi blisko 1% z wszystkich wypadków w terenie zabudowanym [7]. Oczywiście, aby szczegółowo odnieść się do danych statystycznych, należałoby zeanalizować odnotowane zdarzenia w stosunku do długości sieci drogowej i tramwajowej. Wymaga to jednak szerszych studiów i dużej pracy, gdyż należałoby wykonać samodzielnie pomiary sieci tramwajowych w poszczególnych

Tabela 1

Wypadki drogowe w obszarze zabudowanym i niezabudowanym						
Obszar	Wypadki		Zabici		Ranni	
	ogółem	%	ogółem	%	ogółem	%
zabudowany	23 262	71	1 238	43,7	27 014	68,4
niezabudowany	9 498	29	1 593	56,3	12 452	31,6
Ogółem	32 760	100	2 831	100	39 466	100

Źródło: [7]

Tabela 2

Wypadki drogowe z 2017 r. wraz ze skutkami wg miejsca występowania						
Miejsce zdarzenia	Wypadki		Zabici		Ranni	
	Ogółem	%	Ogółem	%	Ogółem	%
Jezdnia	24198	73,9	2198	77,6	30306	76,8
Przejście dla pieszych	4322	13,2	267	9,4	4309	10,9
Pobocze	967	3	150	5,3	1155	2,9
Skarpa, rów	695	2,1	100	3,5	865	2,2
Chodnik, droga dla pieszych	589	1,8	22	0,8	628	1,6
Wyjazd z posesji, pola	283	0,9	12	0,4	328	0,8
Parking, plac, MOP	257	0,8	7	0,2	270	0,7
Przystanek komunikacji publicznej	170	0,5	8	0,3	177	0,4
Przejazd tramwajowy, torowisko	170	0,5	11	0,4	220	0,6
Droga dla rowerów, przejazd, służa	803	2,5	8	0,3	821	2,1
Most, wiadukt, estakada, tunel	100	0,3	7	0,2	130	0,3
Przejazd kolejowy – niestrzeżony	43	0,1	19	0,7	49	0,1
Przejazd kolejowy – strzeżony	14	0	6	0,2	26	0,1
Pas dzielący jezdnię	34	0,1	4	0,1	33	0,1
Przewiązka na drogach dwujezdniowych	20	0,1	1	0	20	0,1
Roboty drogowe, oznakowanie tymczasowe	95	0,3	11	0,4	129	0,3

Źródło: [7]

miastach. Obecnie takie dane nie są zbierane w jednym miejscu. Tabele 1 i 2 mają na celu jedynie pomóc w pokazaniu, że przejazdy tramwajowe to miejsca, gdzie nie zdarza się może tak dużo wypadków, jak na przykład na przejściach dla pieszych, ale warto się nimi zająć w kontekście brd. Jak zostanie przedstawione w dalszej części artykułu, konieczne jest indywidualne podejście do tematu przejazdów tramwajowych. Pozwoli to na wybór najefektywniejszych środków poprawy brd w tych miejscach.

Główną przyczyną występowania zdarzeń drogowych na przejeździe tramwajowym jest nieustąpienie pierwszeństwa przyjazdu [7]. Czynnikiem oddziałującym na takie zachowania kierowców może być dużo. Na skrzyżowaniach z torowiskiem tramwajowym wpływ na bezpieczeństwo ma geometria, odległość torowiska od jezdni, widoczność, program sygnalizacji świetlnej czy oznakowanie drogowe.

Konflikt tramwaj–pieszy

Konflikty między taborem tramwajowym a pieszym najczęściej mają miejsce na wyznaczonych przejściach dla pieszych lub na peronach przystankowych. Występują sytuacje, kiedy na skutek konfliktu dochodzi do wypadku, gdy piesi przechodzą w miejscach niewyznaczonych, jednak takie zachowanie dopuszczalne jest tylko przy torowisku niewyodrębnionym z jezdni. W przypadku torowisk

wyodrębnionych z jezdni, przejście przez torowisko dozwolone jest wyłącznie na miejscach do tego wyznaczonych. Niezastosowanie się do tych praw o ruchu drogowym powoduje, że odpowiedzialność za spowodowanie sytuacji niebezpiecznej jest wyłącznie po stronie pieszego. Zdarzenia drogowe, których uczestnikami są piesi, zazwyczaj niosą za sobą bardzo groźne skutki, co wynika z gabarytów, masy, prędkości pojazdu szynowego oraz braku jakiegokolwiek ochrony ze strony człowieka.

Najczęstsze przyczyny wypadków z winy pieszych w obszarze przystanków pasażerskich oraz przejść przez torowisko:

- pośpiech, spowodowany zbliżającym się pojazdem komunikacji miejskiej;
- brak poszanowania sygnalizacji świetlnej;
- rozproszenie wynikające z korzystania ze sprzętu elektronicznego (np. telefonu komórkowego);
- skłonność do wybierania najkrótszej trasy po niewyznaczonych ścieżkach (przez torowisko);
- nagromadzenie pasażerów w godzinach szczytowych na ograniczonym obszarze przystanku;
- ograniczenie widoczności drugiego toru przez stojący tramwaj;
- brak uwagi (niezauważenie nadjeżdżającego tramwaju z drugiego kierunku) [4].

Najczęściej występującym rodzajem zdarzenia drogowego z udziałem pieszych jest „najechnięcie na pieszego”. Według danych z raportu opublikowanego przez Komendę Główną Policji i przedstawionych w tabeli 3 w 2017 roku doszło do 10 wypadków tego typu z winy motorniczego lub kierowcy trolejbusów.

Tabela 3

Wypadki drogowe typu „najechnięcie na pieszego” z 2017 r. ze sprawcami wypadków wg pojazdu			
Pojazd	Wypadki	Zabici	Ranni
Samochód osobowy	4388	268	4367
Samochód ciężarowy o DMC do 3,5 t	225	38	193
Pojazd nieustalony	225	8	218
Rower	165	-	154
Samochód ciężarowy o DMC powyżej 3,5 t	78	30	53
Motorower	30	1	29
Motorcykl	51	7	51
Autobus komunikacji miejskiej	45	4	42
Autobus inny	14	2	12
Ciągnik rolniczy	4	1	3
Tramwaj, trolejbus	10	-	10
Czterokołowiec	3	1	2
Inny pojazd	10	1	10

Źródło: [7]

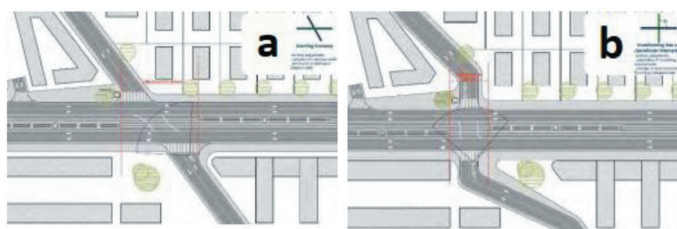
Identyfikacja problemów

Elementy projektowe

Wzglądnięcie poziomu bezpieczeństwa poszczególnych uczestników ruchu jest bardzo ważne w fazie projektowania. W tym celu przy tworzeniu koncepcji budowy infrastruktury tramwajowej należy wziąć pod uwagę trzy główne aspekty:

- widoczność między tramwajami a innymi uczestnikami ruchu,
- percepcja systemu oraz przekazywanie informacji użytkownikom drogi,
- ochrona i zabezpieczenia [8].

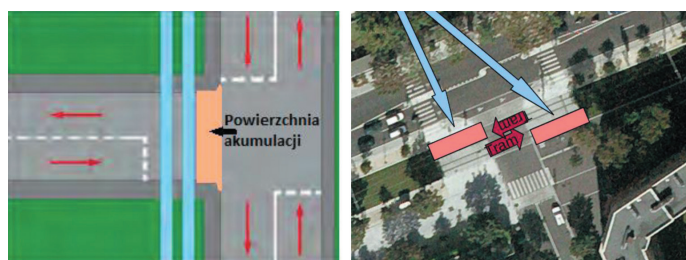
Pierwszy z nich składa się z zachowania odpowiedniej przestrzeni widoczności. Gęsta zabudowa, geometria drogi czy przydrożna zieleń są podstawowymi czynnikami wpływającymi na ograniczenie widoczności kierowców. Ważnym elementem oddziaływającym na występowanie konfliktów jest geometria skrzyżowań. Układ dróg zbliżających się do skrzyżowania oraz kąt, pod którym droga przecina się z torowiskiem tramwajowym, jest głównym elementem, który oddziałuje na warunki ruchu oraz decyzje podejmowane przez kierowców. Najbezpieczniejsza oraz najbardziej komfortowa sytuacja w przypadku przecinania się drogi z dwutorową infrastrukturą torową jest wtedy, kiedy kąt między torowiskiem a drogą przecinającą torowisko wynosi 90° (rys. 2b). Pozwala to na ocenę sytuacji na torowisku w obu kierunkach (zauważenie taboru z większej odległości) oraz ustąpienie pierwszeństwa w momencie jego przejazdu. Odpowiedni kąt między drogą a torowiskiem powinien być szczególnie uwzględniany wtedy, gdzie torowisko znajduje się na łuku poziomym i jego widoczność może być ograniczona [8].



Rys. 2. Skrzyżowanie dróg przed przebudową (a) oraz po przebudowie do wlotów prostopadłych (b). Źródło: [6]

Warto zwrócić uwagę na wydzielenie dodatkowego pasa ruchu lub odpowiedniej powierzchni akumulacji – stosowane w przypadku, gdy pojazdy z drogi głównej, wykonując manewr skrętu, krzyżują się z równoległą biegnącą infrastrukturą torową (rys. 3a). Umożliwia to ustawienie się pojazdów prostopadle do torowiska, ułatwiając tym samym ocenę sytuacji na torowisku. Wpływ na widoczność, ale również na skutki możliwych konfliktów ma lokalizacja elementów infrastruktury torowej. Ustawienie stałej i sztywnej przeszkody bezpośrednio przy skrzyżowaniu może skutkować znacznym zwiększeniem konsekwencji ewentualnego zdarzenia drogowego na danym przecięciu dróg. Dlatego też ważnym elementem jest wyznaczenie obszarów wolnych od przeszkód w obrębie skrzyżowań (rys. 3b). Długość takich stref pozbawionych stałych elementów zależy od odległości zatrzymania tramwaju oraz jego dopuszczalnej prędkości [6].

Kolejne dwa aspekty odnoszą się głównie do sterowania ruchem, informowania użytkowników drogi czy rozdzielania trajektorii poszczególnych grup od siebie. Środki wyko-



Rys. 3. Wyznaczenie powierzchni akumulacji (a – z lewej) [6] oraz powierzchni wolnej od przeszkód w obrębie skrzyżowania (b – z prawej)

Źródło: [9]

rzystywane do kierowania ruchem to przepisy, znaki drogowe pionowe i poziome, sygnalizacja świetlna czy nadzór i kontrola ruchu. Wybór odpowiedniej metody w fazie projektowania do prowadzenia ruchu na skrzyżowaniu zależy głównie od wielkości natężeń w danym miejscu oraz od indywidualnych uwarunkowań terenowych [9]. Na skrzyżowaniach o niewielkim natężeniu najczęściej stosowane są oznakowania poziome i pionowe, których głównym zadaniem jest regulowanie i prowadzenie ruchu, a także ostrzeżenie i informowanie odbiorców. Sygnalizacja świetlna wykorzystywana jest na większych skrzyżowaniach oraz w przypadkach, gdy inna metoda prowadzenia ruchu byłaby niewystarczająca do zachowania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa. Zadaniem sygnalizacji świetlnej jest segregacja kolidujących ze sobą potoków ruchu w czasie.

W przypadku pojazdów samochodowych problemem jest zastosowanie niedostatecznej liczby środków sterowania ruchem na przejazdach. Kontrolowanie ruchu na skrzyżowaniach z torowiskiem tramwajowym jedynie poprzez oznakowanie pionowe jest często niewystarczające. Duża liczba przejazdów przez infrastrukturę torową czy niezapewnienie odpowiednich warunków widoczności i bezpieczeństwa powodują występowanie kolizji, najczęściej zderzeń bocznych pojazdów. W związku z tym ważnym elementem w organizacji ruchu jest informowanie oraz zwrócenie uwagi użytkowników dróg na występujący ruch szynowy w obrębie skrzyżowania. Ponadto, jeśli istnieje taka możliwość, to również odseparowanie ruchu kołowego od tramwajowego. Rozdzielenie możliwości przemieszczania się poszczególnych uczestników drogi w czasie eliminuje prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia drogowego. W tym celu wykorzystane mogą zostać takie środki jak: oznakowania poziome i pionowe oraz sygnalizacja świetlna. Ograniczenie możliwości wykonywania pewnych manewrów poprzez wykorzystanie oznakowania pionowego czy zastosowanie sygnalizacji świetlnej pozwolą na zmniejszenie liczby punktów kolizyjnych (rys. 4a). Natomiast nakowanie poziome stosowane jest w celu przekazania informacji o występowaniu ruchu tramwajowego oraz zwiększenia ostrożności użytkowników drogi. Efektywnymi rozwiązaniami są elementy wpływające na zmysł wzroku, jak przykład wyodrębnienie powierzchni torowiska. Zastosowanie takich środków, jak wykończenie nawierzchni infrastruktury torowej w odróżniającym się materiale, kolorze lub fakturze czy oznaczenie drogi zasięgu pojazdu wywołuje zatrzymanie się kierowcy przed obszarem skrajni



Rys. 4. Przykład ograniczenia manewru skrętu w lewo w Porto (a – z lewej) oraz wyznaczenia obszaru torowiska kolorem zielonym w Zurichu (b – z prawej)

Źródło: [6]

tramwaju (rys. 4b). Wyklucza się wobec tego błędy wynikające z niezauważenia ruchu pojazdu szynowego. Zwrócenie uwagi kierowcy na występujący w danym obszarze ruch tramwajowy spowoduje zwiększenie jego ostrożności, a tym samym ogranicza się wypadki spowodowane nieustąpieniem pierwszeństwa przejazdu.

W przypadku ruchu pieszego zdarzenia drogowe z udziałem taboru tramwajowego wynikają głównie z braku ostrożności i uwagi ze strony zarówno pieszych, jak i motorniczych. Jednak pierwsza z tych grup jest częstszym sprawcą konfliktów, ale także i poszkodowanym. Ze względu na groźne skutki wynikające ze zdarzeń drogowych z udziałem pieszych i tramwaju niezwykle ważnym aspektem jest zapobieganie im oraz eliminacja ryzyka ich wystąpienia. W tym celu stosowane są środki wymuszające na pieszych zatrzymanie się lub zwrócenie uwagi na nadjeżdżający pojazd szynowy. Najczęściej wykorzystywane są barierki ochronne lub wygradzenia, które odseparowują ruch pieszy od ruchu tramwajowego czy ograniczają liczbę punktów kolizyjnych (rys. 5b). Stosowane są również takie środki jak przejście Z-crossing. Przebudowa geometryczna przejścia powoduje, że piesi kierowani są w stronę nadjeżdżającego tramwaju, co powoduje zwiększenie ich uwagi i świadomości (rys. 5a).



Rys. 5. Przykład geometrii przejścia „Z-crossing” (a – z lewej) oraz zastosowania barierki ochronnej przy przejściu przez torowisko (b – z prawej)

Źródło: [7]

Badania konfliktów

W celu wytypowania miejsc do analizy konfliktów w pierwszym kroku wykonano analizę historyczną danych o zdarzeniach drogowych występujących na danym obszarze. Umożliwiła ona wyznaczenie lokalizacji miejsc niebezpiecznych, gdzie wypadki z udziałem tramwaju powtarzają się, co może być podstawą do przeprowadzenia szczegółowej analizy konfliktów. Środkami pozwalającymi na dokładne badania warunków ruchu na danym skrzyżowaniu jest rejestracja sytuacji ruchowej za pomocą kamer wideo. Ocena



poziomu bezpieczeństwa oraz badania występowania konfliktów mogą zostać przeprowadzone za pomocą różnych środków. Poprzez szczegółową analizę materiałów wideo można zidentyfikować problemy wpływające na liczbę sytuacji konfliktowych.

Przykładem takich badań może być analiza warunków ruchu przeprowadzona na skrzyżowaniu ulic Kartuska – Ciasna w Gdańsku. Pomiary wykonane zostały w październiku 2018 roku i obejmowały całodobową rejestrację sytuacji ruchowych przy wykorzystaniu zainstalowanych kamer wideo (rys. 6). Następnie na podstawie analizy zebranego materiału wyodrębniono problemy, które w konsekwencji mogą prowadzić do występowania potencjalnych sytuacji konfliktowych w obrębie danego skrzyżowania.

Odnotowane problemy:

- brak widoczności – przecięcie trajektorii pojazdów drogowych z szynowym pod niewłaściwym kątem, mniejszym niż 90° ,
- brak powierzchni akumulacji – pojazdy skręcające w prawo utrudniają ruch na drodze głównej,
- nieodpowiednia lokalizacja przejścia dla pieszych – pojazdy ustępujące pierwszeństwa pieszym zatrzymują się na obszarze torowiska,
- brak wyznaczonego przejazdu rowerowego – nieuporządkowany ruch rowerowy,
- brak wygrodzeń przy przejściu – przechodzenie pieszych w miejscach niedozwolonych.

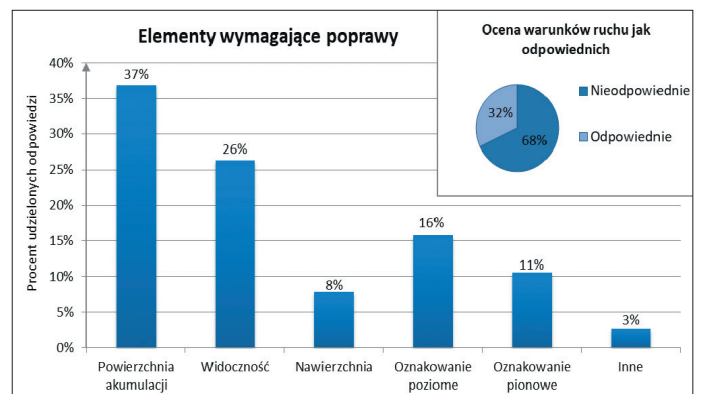
Powyższe problemy mogą skutkować wystąpieniem potencjalnych sytuacji konfliktowych. Nieodpowiednia geometria skrzyżowania oraz niewłaściwa lokalizacja przejścia dla pieszych mogą doprowadzić do wymuszenia nagłego hamowania tramwaju, w sytuacji, gdy podczas przejazdu na obszarze torowiska znajduje się pojazd samochodowy. Ponadto brak powierzchni akumulacji powoduje, że pojazdy, skręcające w drogę podporządkowaną, zatrzymują się na jezdni drogi głównej w celu ustąpienia pierwszeństwa przejazdu tramwajom, co może spowodować nagłe hamowanie pojazdów samochodowych znajdujących się za pojazdem skręcającym. Nieuporządkowany ruch rowerowy oraz brak wygrodzeń przy przejściach dla pieszych może skutkować koniecznością nagłego hamowania w sytuacji wtargnięcia pieszego lub rowerzysty pod nadjeżdżający pojazd szynowy.

Metodą identyfikacji problemów w obszarze skrzyżowań oraz zebrania informacji na temat subiektywnie odczuwalnych zagrożeń przez użytkowników dróg mogą być badania ankietowe. Wykonane mogą zostać na dołnej grupie użytkowników drogi, a tematyka badania

wybierana jest przez osoby przeprowadzające badanie. Głównym celem badania jest identyfikacja problemów występujących na danym obszarze oraz subiektywna ocena poziomu bezpieczeństwa przez uczestników ruchu. Tematem badania mogą być elementy rozpraszające użytkowników drogi, ocena zastosowanej organizacji ruchu, zachowania poszczególnych grup oraz innych występujących problemów.

Metodę tę zastosowano w ubiegłym roku w jednej z gdańskich szkół średnich. Ankietowana grupa liczyła 110 osób, w przedziale wiekowym 15–19 lat. Pytania dotyczyły bezpieczeństwa w obrębie przystanku tramwajowego oraz przejścia przez wjazd prowadzący na teren szkoły. Wśród ankietowanych byli również kierowcy, wybierający indywidualne środki transportu (głównie samochód osobowy) oraz korzystający z wjazdu drogi wewnętrznej, prowadzącej na teren placówki. Dlatego też, dla tych osób ułożono dodatkową część pytań, dotyczących bezpieczeństwa w obrębie wyjazdu z drogi wewnętrznej oraz przejazdu przez torowisko tramwajowe.

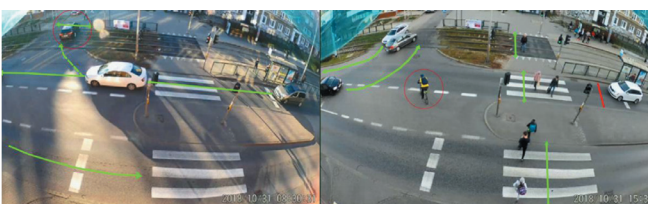
Najważniejszą częścią badania była ocena poziomu bezpieczeństwa oraz wskazanie elementów wymagających poprawy na danym obszarze. W przypadku przejścia przez torowisko 37% ankietowanych uznało poziom bezpieczeństwa za niewystarczający. Najczęściej wskazywanymi elementami wymagającymi poprawy była niewłaściwa sygnalizacja. Zwrócono również uwagę na wysoki poziom nieuwagi pieszych. Natomiast w przypadku przejazdu przez torowisko 68% ankietowanych uznało poziom bezpieczeństwa za odpowiedni, a jako elementy wymagające poprawy wskazali zbyt małą powierzchnię akumulacji oraz widoczność (rys. 7).



Rys. 7. Dane uzyskane na temat przejazdu przez torowisko podczas badania ankietowego

Przykłady rozwiązań

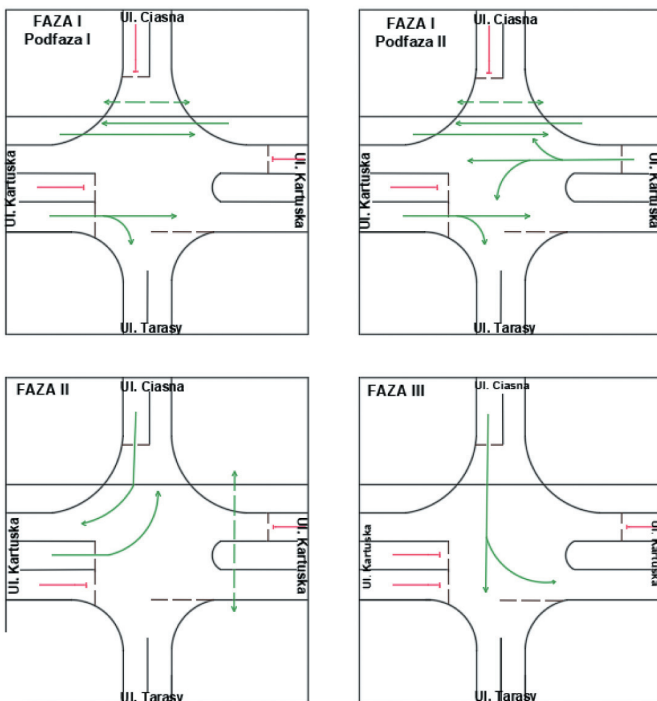
Rozwiązania problemów występujących na skrzyżowaniach z torowiskiem obok jezdni mogą być różne. Muszą być dostosowane do geometrii dróg, natężenia ruchu oraz elementów znajdujących się w najbliższym otoczeniu. Zastosowanie odpowiednich środków ma na celu eliminację najczęściej występujących problemów ruchowych. Zaproponowane poniżej rozwiązania dotyczą odseparowania ruchu kołowego od tramwajowego, poprawy widoczności czy bezpieczeństwa pieszych.



6. Przykłady sytuacji konfliktowych odnotowanych podczas badania

Separacja ruchu

Rozwiązaniem problemu zbyt dużej liczby punktów kolizyjnych oraz wysokiego poziomu ryzyka wystąpienia zdarzenia drogowego jest separacja ruchu szynowego od ruchu drogowego. Środkiem wykorzystywanym do uzyskania tego efektu jest odpowiedni podział programu sygnalizacji świetlnej. Polega on na podzieleniu fazy, w której dopuszczony jest ruch szynowy i kołowy na dwie podfazy. Takie rozwiązanie zaproponowano na skrzyżowaniu ulic Kartuska – Ciasna – Tarasy w Gdańsku (rys. 8). Drogą nadrzędną jest ulica Kartuska, natomiast pozostałe są drogami podrzędnymi. Przeprojektowanie programu polega na podzieleniu fazy I, w której dopuszczony jest ruch na drodze nadrzędnej, torowisku tramwajowym oraz przejściu dla pieszych na drodze podporządkowanej, na dwie podfazy. W pierwszej z nich dopuszczony byłby ruch tramwajowy na przejściu przez ulicę Ciasną oraz na wlocie drogi nadrzędnej, której trajektoria ruchu pojazdów nie przecina się z torowiskiem. Natomiast w drugiej podfazie włączony zostanie ruch na drugim wlocie drogi nadrzędnej (ulicy Kartuskiej), której pojazdy mają możliwość skrętu w prawo (w ulicę Ciasną). Pierwsza z podfaz powinna mieć długość do 10 s tak, aby tramwaje stojące przed sygnalizatorami ruszyły i przejechały przez skrzyżowanie, zanim dojadą pojazdy skręcające w prawo. Zastosowanie takiego rozwiązania nie powinno wpłynąć negatywnie na przepustowość skrzyżowania, a pozwoli na uporządkowanie i zmniejszenie liczby konfliktów taboru tramwajowego z pojazdami.

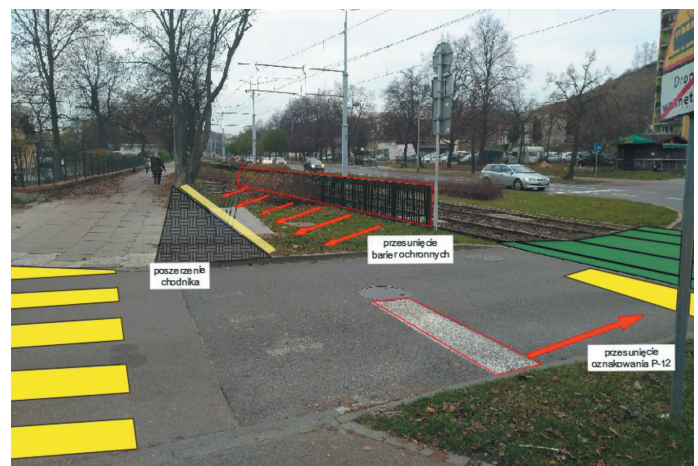


8. Zaprojektowany rozkład faz sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu

prawa widoczności

Elementem wymagającym szczególnej uwagi jest widoczność oraz działania na rzecz poprawy. Środki wykorzystywane do tego mogą być różne, w zależności od indywidualnej sytuacji na skrzyżowaniu. Najbardziej inwazyjnym

działaniem jest zmiana geometrii skrzyżowania – dążenie do uzyskania kąta 90° między krzyżującymi się drogami. Przy występującym ruchu tramwajowym, przecinającym jeden z wlotów, ważne jest zachowanie odpowiedniej powierzchni akumulacji tak, aby pojazd skręcający mógł zatrzymać się prostopadle do torowiska. Pozwala to na zwiększenie widoczności kierowcy pojazdu kołowego. Inną metodą poprawy warunków ruchu, jednak bez konieczności zmiany geometrii skrzyżowania, jest eliminacja elementów stałych, ograniczających pole widoczności. Obiektami utrudniającymi dostrzeżenie nadjeżdżającego pojazdu mogą być przydrożne drzewa, elementy infrastruktury drogowej czy banery reklamowe. Przykładem rozwiązania problemu z widocznością może być propozycja zmian na wyjeździe drogi wewnętrznej przy VIII LO w Gdańsku (rys. 9). Elementami ograniczającym były barierki ochronne, oddzielające ciąg pieszki od torowiska. Na danym terenie znajdował się również pas zieleni, zlokalizowany między chodnikiem a barierkami. Kierujący pojazdami w czasie wyjazdu z drogi wewnętrznej, przejeżdżając przez torowisko, nie mieli możliwości zauważenia pojazdu szynowego z wystarczającej odległości, co powodowało częste wymuszenia pierwszeństwa przejazdu. Dlatego też, na obszarze kilkudziesięciu metrów od wjazdu zaprojektowano przesunięcie barierki do krawędzi chodnika. Ponadto zaproponowano przesunięcie oznakowania poziomego P-12 do krawędzi torowiska, co również umożliwi zwiększenie powierzchni widoczności blisko dwukrotnie.

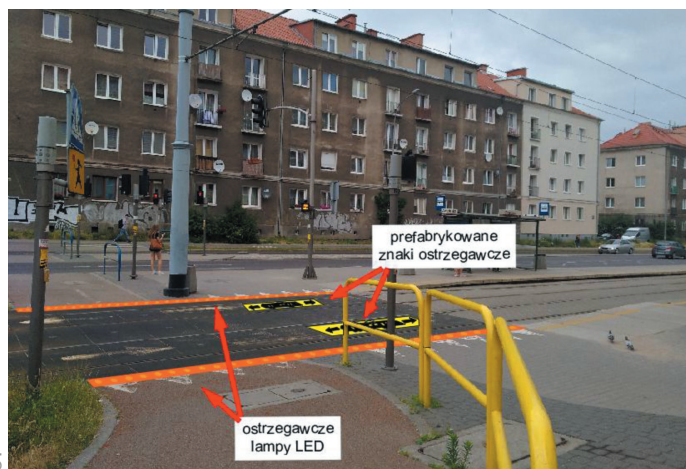


Rys. 9. Schematyczne przedstawienie zaprojektowanych zmian na wyjeździe z drogi wewnętrznej

Poprawa bezpieczeństwa pieszych

Metody poprawy bezpieczeństwa pieszych koncentrują się przede wszystkim na zwracaniu uwagi pieszych na możliwe niebezpieczeństwo i wyegzekwowaniu zachowania zwiększonej ostrożności. Jednym ze środków przyciągających wzrok pieszych może być zastosowanie na torowisku w miejscu przejścia dla pieszych prefabrykowanych, termoplastycznych znaków ostrzegawczych. Jaskrawe kolory elementów na infrastrukturze szynowej informują o występującym ruchu tramwajowym. Innym elementem sterującym ruchem na przejściu dla pieszych jest sygnalizacja

wzbudzona „Uwaga tramwaj”. Przy braku ruchu szynowego sygnalizacja jest wyłączona, zezwalając tym samym na swobodny ruch pieszy, natomiast w przypadku zbliżania się taboru tramwajowego nadaje ona sygnał świetlny i dźwiękowy, ostrzegający o niebezpieczeństwie. Nowoczesnym rozwiązaniem jest zastosowanie ostrzegawczych lamp LED, zsynchronizowanych z sygnalizacją wzbudzoną. Lampy LED zamontowane zostaną na granicy chodnika i torowiska; wyświetlają one sygnał pomarańczowy migający w sytuacji zbliżania się taboru szynowego. W przypadku, gdy nie nadjeżdża tramwaj, lampy są wyłączone, nie emitując żadnego sygnału. Elementy te są rozszerzeniem sygnalizacji wzbudzonej zastosowanej obecnie na przejściu dla pieszych, mającej na celu zwiększenie uwagi przechodzących. Opisane rozwiązanie zaproponowano w celu poprawy bezpieczeństwa przy przystanku „Zakopiańska” w Gdańsku, zlokalizowanym w sąsiedztwie dwóch placówek edukacyjnych (rys. 10). Rozwiązanie ma na celu poprawę bezpieczeństwa osób korzystających z urządzeń mobilnych, takich jak telefon komórkowy, podczas przechodzenia przez przejście dla pieszych. Nie ma jednak jednoznacznych badań potwierdzających skuteczność tego środka bezpieczeństwa. Ze względu na brak potwierdzenia naukowego oraz duży koszt jest on dotychczas niechętnie stosowany przez jednostki odpowiadające za bezpieczeństwo.



Rys. 10. Schemat rozwiązań poprawy bezpieczeństwa w obrębie przejścia dla pieszych

Podsumowanie

Utrzymanie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa na skrzyżowaniach ruchu tramwajowego z drogami czy ciągami pieszo-rowerowymi jest niezwykle ważne, nie tylko ze względu na ochronę użytkowników dróg, ale także na funkcjonowanie całego ruchu miejskiego. Zapobieganie zdarzeniom drogowym z udziałem tramwaju jest priorytetem z racji na wielkość i powagę konsekwencji wynikających w momencie kolizji. Tabor szynowy ze względu na baryty i długość drogi hamowania może spowodować kilkukrotnie poważniejsze skutki niż w przypadku kolizji dwóch pojazdów osobowych. Torowisko tramwajowe zlokalizowane po jednej stronie drogi powoduje występowanie większej liczby konfliktów z pojazdami poruszającymi się drogami podporządkowanych i wewnętrznych. Manewr

włączania się do ruchu z ulic podporządkowanych i wewnętrznych jest utrudniony, szczególnie w miejscach, gdzie nie jest wyznaczona powierzchnia akumulacji, występuje problem ograniczonej widoczności lub nie funkcjonuje sterowanie za pomocą sygnalizacji świetlnej. Odpowiednie usytuowanie elementów infrastruktury drogowej i szynowej w obrębie skrzyżowań zmniejsza skutki kolizji dwóch pojazdów. Ponadto elementy organizacji i zarządzania, takie jak oznakowanie drogowe czy sygnalizacja świetlna, wpływają na odpowiednią segregację potoków ruchu, a co za tym idzie na liczbę zdarzeń drogowych. Warto zwrócić także uwagę na drogi hamowania pojazdów, które zależą nie tylko od prędkości, ale również czasu reakcji kierowcy czy stanu nawierzchni. Pojazdy szynowe potrzebują blisko dwukrotnie dłuższej drogi hamowania, co powoduje zmniejszenie szans na uniknięcie kolizji w sytuacji niebezpiecznej. Przeprowadzenie samej analizy potencjalnych konfliktów poprzez obserwacje sytuacji ruchowej na skrzyżowaniu często jest niekompletne ze względu na zmieniające się warunki ruchu czy występowanie sytuacji losowych. Dlatego też warto przed wykonaniem działań poprawiających bezpieczeństwo uwzględnić opinie użytkowników drogi. Przeprowadzenie badań ankietowych pozwoli uzyskać subiektywne opinie na temat panujących warunków, co może korzystnie wpłynąć na dobór odpowiednich środków czy metod. Czynnikiem ludzki jest główną przyczyną wywołującą konflikty między uczestnikami ruchu. Pośpiech, rozproszenie uwagi czy brak zachowania ostrożności wywołują u uczestników ruchu niewłaściwe reakcje, takie jak niedozwolone manewry czy brak poszanowania przepisów ruchu drogowego. W związku z tym niezwykle ważne jest podejmowanie działań mających na celu zmniejszenie liczby punktów kolizyjnych oraz podniesienie świadomości i czujności użytkowników dróg. Przy podejmowaniu decyzji o opracowaniu i wprowadzeniu środków mających podnieść poziom bezpieczeństwa należy uwzględnić nie tylko ruch na drogach, ale także lokalizację skrzyżowania.

Literatura

1. Mateja S., *Koncepcja poprawy bezpieczeństwa ruchu na skrzyżowaniach ulic z linią tramwajową na ul. Kartuskiej w Gdańsku*, Praca dyplomowa, Politechnika Gdańska, 2018.
2. *Torowiska tramwajowe*, „Gospodarka Komunalna”, 1992, nr 12.
3. Bujak N., Grulkowski S., Zariczny J., *Aspekty bezpieczeństwa w projektowaniu i budowie infrastruktury tramwajowej*, „Archiwum Inżynierii Lądowej”, 2017, nr 25.
4. Modernizacja trasy tramwajowej na trasie W-Z od pętli Cm. Wolski do Dworca Wileńskiego, Stowarzyszenie Integracji Stołecznej Komunikacji, strona internetowa [dostęp 15.12.2018].
5. Ostrowski K., *Bezpieczeństwo ruchu na przejazdach tramwajowych*, „Logistyka”, 2014, nr 2.
6. Fontaine L., Inturri G., *Operation and safety of tramways in interaction with public spaces*, COST Action TU1103, September, 2014.
7. *Wypadki 2017*, Komenda Główna Policji, 2018.
8. Fontaine L., Novales M., Bertrand D., Teixeira M., *Safety and Operation of Tramways in Interaction with Public Space*, „Transportation. Research Procedia”, 2016, vol. 14.
9. *Tram accidents analysis – france menetrix*, Laetitia STRMTG, French Guided Transport Technical Service, 2003.