

BOJAR Piotr¹
 MUŚLEWSKI Łukasz¹
 WOROPAY Maciej²

Analiza czynników wymuszających i ocena ryzyka w komunikacji tramwajowej

Ryzyko, zdarzenie niepożądane

Streszczenie

Systemy transportowe są systemami socjotechnicznymi typu Człowiek – Obiekt Techniczny – Otoczenie $\langle C - OT - O \rangle$. W systemach tych zagrożenia mogą być stwarzane przez: człowieka C, obiekt techniczny OT oraz przez oddziaływanie otoczenia O na obiekt techniczny i ludzi znajdujących się w systemie oraz w jego otoczeniu. W pracy podjęto próbę identyfikacji czynników wymuszających zmiany poziomu bezpieczeństwa realizowanych przewozów w zakładzie komunikacji tramwajowej.

ANALYSIS OF COERCIVE FACTORS AND EVALUATE OF RISK IN A TRAM-CARS SYSTEM

Abstract

Transport systems are example of social engineering systems of type $\langle M - TO - E \rangle$, Man - Technical Object - Environment, in which a threats can be created by: put man in system (operator, passenger, finding people oneself in of system), technical object, as well as through influence of onto technical object and finding people in structure of system. In this work was identify a coercive factors which entail change in a level of safety working a transport system.

1. WSTĘP

Środkiem transportu służącym do przewozu osób w miastach między innymi jest tramwaj, to jest lekki pojazd szynowy. Jego nazwa pochodzi od angielskich słów tram - tramwaj, tram way – linia tramwajowa. Należy do grupy transportu szynowego naziemnego. Jest to pojazd mechaniczny, posiadający silnik elektryczny prądu stałego. Porusza się po torowisku wydzielonym lub wbudowanym, który stanowi integralną część drogi. Wymaga przystosowania infrastruktury drogowej, w skład której wchodzi:

- torowiska tramwajowe,
- sieć energetyczna,
- podstacje energetyczne.

Tramwaje charakteryzują się większą zdolnością przewozową niż autobusy, to znaczy są w stanie przewieźć więcej pasażerów. Poruszają się jako wagony pojedyncze, łączone w składy, to jest wagon motorowy i doczepny lub dwa wagony doczepne albo przegubowe. Poruszając się po torowisku wydzielonym, omijają korki, co gwarantuje płynny przejazd. Pas, po którym poruszają się jest węższy niż jezdnia dla pojazdów samochodowych. Czas eksploatacji tramwaju jest trzy lub cztery razy dłuższy niż autobusu. Jest pojazdem tańszym w użytkowaniu, nie wpływa na środowisko, ponieważ praktycznie nie emituje zanieczyszczeń. Do wad zaliczyć należy wysoki koszt nowego pojazdu, kosztowną inwestycję budowy sieci energetycznej i torowiska tramwajowego. W przypadku awarii, wypadku, kolizji zostaje wstrzymany ruch innych tramwajów jeżdżących po tej samej linii. Ograniczona możliwość zmian układów linii tramwajowych.

2. OCENA RYZYKA NA STANOWISKU PRACY MOTORNICZEGO TRAMWAJU

Ryzyko należy rozumieć jako prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń i wielkość szkód oraz strat, będących następstwem tych zdarzeń [1, 2, 5]. W literaturze przedmiotu występuje wiele metod oceny ryzyka niemniej jednak w dużych systemach transportowych są opracowywane metody oceny uwzględniające specyfikę danego przedsiębiorstwa. W pracy poddano analizie metodę oceny ryzyka wykorzystywaną w analizowanym obiekcie badań jakim jest zakład komunikacji Tramwajowej przedstawiono tabele oceny ryzyka oraz uciążliwości jakie występują na stanowisku motorniczego tramwaju i kierowcy autobusu komunikacji miejskiej.

Ocenę ryzyka na stanowisku motorniczego przedstawiono w tabeli 1 [3]. Opisano w niej czynności jakie są wykonywane na stanowisku pracy, rodzaje zagrożeń, skutki do jakich może dojść w trakcie pracy na stanowisku motorniczego tramwaju, środki zapobiegawcze oraz prawdopodobieństwo wystąpienia następstw zagrożeń i ich ciężkość.

¹Wydział Inżynierii Mechanicznej UTP Bydgoszcz, Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz

²ITWL Warszawa ul. Księcia Bolesława 6, 01-494, tel.: +48 668 846 228

Tab.1. Ocena ryzyka na stanowisku motorniczy tramwaju komunikacji miejskiej

Czynności wykonywane przez pracowników na stanowiskach pracy	Rodzaj zagrożenia	Skutki jakie mogą zaistnieć
Prowadzenie tramwaju na liniach komunikacji miejskiej	kolizje, wypadki, wykolejenia N-1	stłuczenia, złamania, utrata życia
	przeżycia psychiczne wywołane sytuacją w ruchu drogowym lub w kontakcie z pasażerem N-2	szok nerwowy
	pobicie przez pasażera lub inne osoby N-3	stłuczenia, złamania
Prowadzenie tramwaju na terenie obiektu i wprowadzanie go na stanowiska przeglądowo-naprawcze	kolizja pojazdów, najechanie na innych pracowników N-4	urazy ciała
Poruszanie się bez obciążeń: wsiadanie i wysiadanie z tramwaju, przejścia do dyżurek ruchu, oględziny zewnętrzne wozu, poruszanie się po obiekcie, halach przeglądowo-naprawczych, przystankach na liniach komunikacji miejskiej	poślizgnięcia, potknięcia i upadki, wpadnięcie do kanałów, najechanie przez inne pojazdy N-5	potłuczenia, urazy kończyn
Ręczne przestawianie zwrotnic w torowiskach na terenie obiektu i na trasach komunikacyjnych	poślizgnięcia, potknięcia i upadki, najechanie przez inne pojazdy, zagrożenie życia N-6	potłuczenia, urazy kończyn, zgony
Automatyczne przestawianie zwrotnic tramwajowych	Wykolejenia N-7	stłuczenia, złamania, szok nerwowy
Wykonywanie przełączeń w szafie z instalacją elektryczną wozu tramwajowego	porażenie prądem elektrycznym N-8	porażenia, poparzenia
Mechaniczne łączenie wagonów tramwajowych przy jazdach awaryjnych i przygotowanie ich do holowania	urazy ciała N-9	stłuczenia, złamania

Tab.2. Ocena ryzyka na stanowisku motorniczy tramwaju komunikacji miejskiej – cd

Środki stosowane w celu przeciwdziałania istniejącemu zagrożeniu	Prawdopodobieństwo wystąpienia następstw zagrożeń
	Ciężkość następstw
szkolenie bhp i zawodowe	prawdopodobne
	duża
szkolenie bhp i zawodowe	prawdopodobne
	mała
współpraca z Policją i Strażą Miejską	mało prawdopodobne
	średnia
szkolenia bhp i zawodowe, zapewnienie naprowadzającego	mało prawdopodobne
	średnia
szkolenia bhp, znakowanie miejsc niebezpiecznych, bieżące usuwanie nierówności, usuwanie z dróg stanowisk substancji poślizgowych (olej, smar, lód, śnieg, woda itp.)	prawdopodobne
	Mała
szkolenie bhp i zawodowe, zapewnić: równą nawierzchnię w okolicy zwrotnicy, sprawne działanie instalacji automatycznego przesuwania zwrotnic	prawdopodobne
	średnia
szkolenie zawodowe, zapewnienie sprawnego działania automatycznego przesuwania zwrotnic	prawdopodobne
	średnia
szkolenie bhp i zawodowe, zapewnić dobry stan techniczny pantografów i instalacji służącej do ich odłączania od sieci trakcyjnej (ściągania)	mało prawdopodobne
	mała
szkolenie bhp i zawodowe	mało prawdopodobne
	średnia

Tab.2. Analiza uciążliwości występujących na stanowisku pracy motorniczy tramwaju komunikacji miejskiej (U)

Prace uciążliwe	Rodzaj uciążliwości	Środki stosowane w celu wyeliminowania uciążliwości	Prawdopodobieństwo wystąpienia następstw uciążliwości
			Ciężkość następstw
Prowadzenie tramwaju na liniach komunikacji miejskiej	Pozycja wymuszona – siedząca (występowanie schorzeń układu kostnego, trawiennego, urologicznego) U- 1	Stosowanie przerw, żeby zmienić pozycję ciała, w przerwach w prowadzeniu wozu wykonywanie prostych ruchów gimnastycznych, stosowanie ergonomicznych foteli dla motorniczych	prawdopodobne średnia
	Obciążenia psychonerwowe U- 2	Szkolenie bhp, stosowanie dłuższych przerw między kursowych	mało prawdopodobne mała

Analizę uciążliwości na jakie narażony jest motorniczy tramwaju przedstawia tabela 2 [3]. Wymieniono w niej rodzaj uciążliwości, środki zapobiegawcze oraz prawdopodobieństwo wystąpienia uciążliwości i ciężkość następstw. W tabeli 3. zebrano czynniki niebezpieczne, uciążliwe i szkodliwe [3]. Oszacowano ryzyko w skali trójstopniowej. Przedstawiono rodzaje zagrożenia, cechy zagrożenia, skutki ryzyka oraz opisano środki przeciwdziałające istniejącemu zagrożeniu.

Tab. 3. Informacja o ryzyku zawodowym na stanowisku motorniczy tramwaju komunikacji miejskiej

Rodzaj zagrożenia	Oszacowanie ryzyka w skali trójstopniowej	Rodzaj zagrożeń				Cechy ryzyka				Skutki ryzyka				Środki przeciwdziałające istniejącemu zagrożeniu			
		Wypadkowe	Chorobowe	Stale	Okresowe	Śmierć	Kalectwo	Okresowa niezdolność do pracy	Choroba zawodowa	Stosowanie środków ochrony indywidualnej	Przeгляд stanu technicznego maszyn, urządzeń, narzędzi itp.	Przestrzeżenie wymogów instrukcji obsługi i bhp	Szkolenie zawodowe i bhp	Mechanizacji transportu, stosowanie zabezpieczeń	Właściwa koordynacja prac, właściwe oświetlenie i inne		
Czynniki niebezpieczne - N																	
N-1	3	x			x	x	x	x						x			
N- 2	1		x	x				x						x			
N- 3	1	x			x			x							x		
N- 4	1	x			x			x						x	x		
N- 5	1	x			x			x						x	x		
N- 6	2	x			x	x	x	x		x				x	x		
N- 7	2	x			x			x		x				x			
N- 8	1	x			x			x		x				x			
N- 9	1	x			x			x						x			
Czynniki uciążliwe - U																	
U – 1	2		x	x					x							x	
U – 2	1		x	x				x						x		x	
Czynniki szkodliwe																	
Chemiczne																	
Fizyczne	1		x		x				x		x			x			
Hałas																	

3. BADANIA BEZPIECZEŃSTWA

W poniższej pracy zostały przeanalizowane zdarzenia drogowe to jest wypadki, wykolejenia, kolizje, jakie miały miejsce w Bydgoszczy z udziałem pojazdów Miejskich Zakładach Komunikacyjnych Spółka z o.o. w Bydgoszczy w 2009 roku. Nie wzięto pod uwagę dewastacji, ani stanu technicznego pojazdów. Badaniu poddano zdarzenia drogowe w jakich uczestniczyły autobusy i tramwaje. Mając na uwadze odmienność wyżej wymienionych pojazdów analizę przeprowadzono oddzielnie dla każdej z grup.

Dane zostały zebrane podczas analizy raportów o wypadku, kolizji, awarii w ruchu Służby Nadzoru Ruchu, które były sporządzane przez pracownika działu Nadzoru Ruchu, upoważnionego do reprezentowania właściciela pojazdu, to jest MZK Sp. z o.o. w Bydgoszczy, przy zdarzeniach drogowych. Wzór raportu Załącznik 1. Wyniki zostały zaprezentowane graficznie za pomocą wykresów.

Tab.4. Zestawienie taboru tramwajowego w MZK Spółka z o.o. w Bydgoszczy

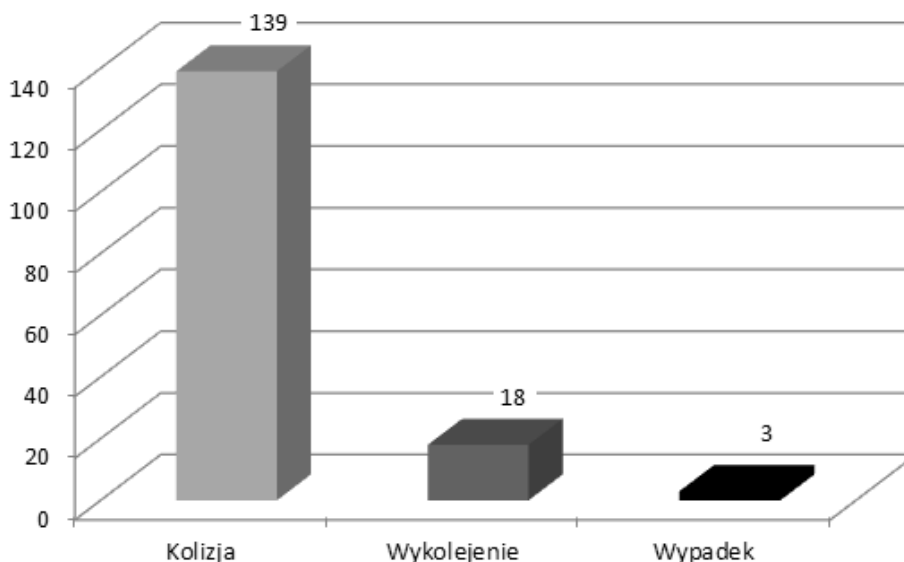
Marka i typ tramwaju	Rok produkcji						Ogółem
	1898	1960	1977 - 1990	1980	2003*	2008	
Herbrand	1						1
5ND		1					1
Konstal 5N		1					1
Konstal 805Na			115				115
Konstal 805NM				1			1
Konstal 805NMD					1		1
Pesa 122N						2	2
Ogółem	1	2	115	1	1	2	122

*n - kompleksowa modernizacja

W tabeli 4. zaprezentowano stan taboru tramwajowego, z której wynika, że 94% pojazdów szynowych Spółka zakupiła między 1977, a 1990 rokiem. W 2003 firma Pesa Bydgoszcz SA dokonała modernizacji jednego tramwaju, a w 2008 roku wychodząc naprzeciw osób starszych i niepełnosprawnych MZK Spółka z o.o. w Bydgoszczy zakupiła dwie sztuki niskopodłogowych pojazdów typ Pesa 122N. Poza tym Spółka posiada jeden tramwaj wyprodukowany w 1898 roku, który wykorzystywany jest w okresie letnim jako atrakcja turystyczna oraz dwa tramwaje wyprodukowane w 1960 roku. W okresie wakacyjnym jeden z nich wykorzystywany jest do przejazdów promujących miasto i Spółkę, drugi do przejazdów technicznych, na wypadek awarii tramwajów jeżdżących na liniach komunikacyjnych, uniemożliwiających samodzielne zjechanie do zajezdni.

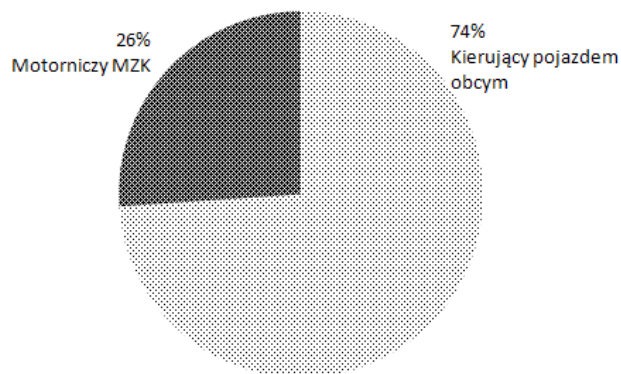
4. WYNIKI ZREALIZOWANYCH BADAŃ

W 2009 roku pojazdy szynowe uczestniczyły w 160 zdarzeniach drogowych, z których najczęstszym były kolizje i stanowiły 139 przypadków, 18 przypadków na wykolejenia, natomiast pozostałe 3 to wypadki. Rodzaje zdarzeń dotyczące tramwajów przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Rodzaje zdarzeń w 2009 roku z udziałem tramwajów

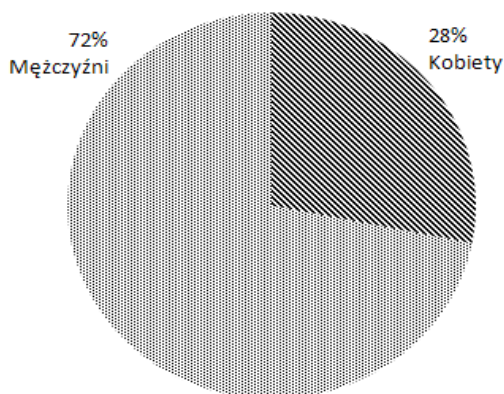
Na rysunku 1. zaprezentowano liczbę zaistniałych zdarzeń niepożądanych wg typu zdarzenia z udziałem pojazdów szynowych. Wśród wszystkich zaistniałych zdarzeń największą grupę stanowią kolizje 87 % i są najczęściej występującym zjawiskiem, następną grupę stanowiącą 11% to wykolejenia, a pozostałe 2% to wypadki.



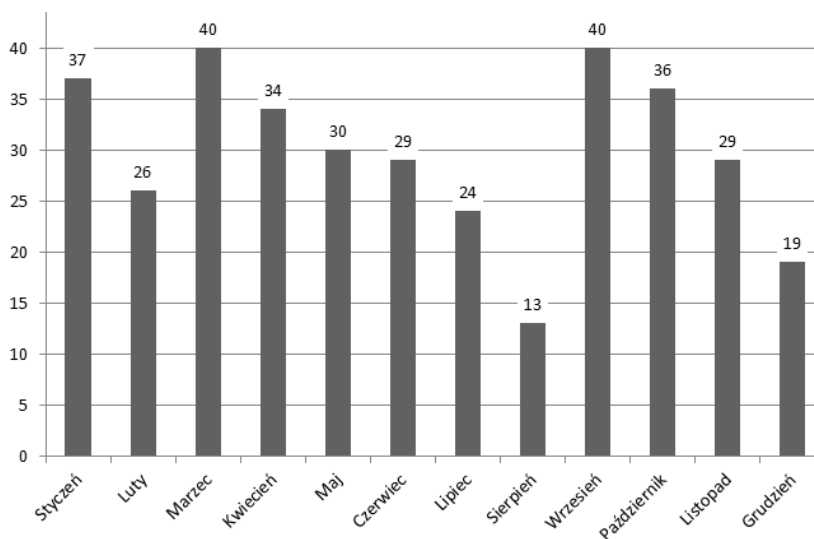
Rys.2 Procentowy udział zdarzeń wg sprawcy zdarzenia

Rysunek 2 zawiera informację o osobach, którym przyznano winę za spowodowanie zdarzenia drogowego. Z grupy 160 przypadków pod uwagę wzięto tylko kolizje i wypadki, pomijając wykolejenia, które są w pewnym sensie niezależne od czynnika ludzkiego. Z rysunku 2 wynika, że na 142 sytuacje niebezpieczne winę za 37 ponosi motorniczy tramwaju, a w 105 przypadkach winą obarczono tak zwany pojazd obcy. Wśród zdarzeń drogowych, w których uczestniczyły autobusy, na 337 sytuacji niebezpiecznych winę w 148 przypadkach przypisano pracownikom MZK, a w 189 osobom trzecim.

Na stanowisku motorniczy tramwaju pracują zarówno kobiety jak i mężczyźni. Na rys 3 przedstawiono % udział zdarzeń w grupie motorniczych z podziałem na kobiety i mężczyzn. Jak wynika z zaprezentowanego diagramu, na 160 zdarzeń drogowych, w 115 przypadkach pojazd prowadzili panowie, a w 45 panie.

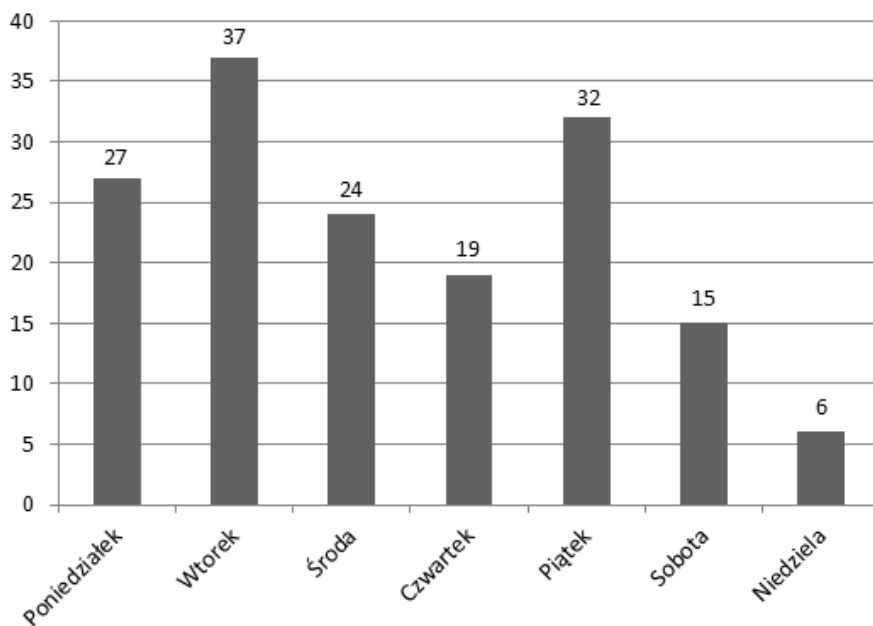


Rys. 3 Procentowy udział zdarzeń wg grupy motorniczych



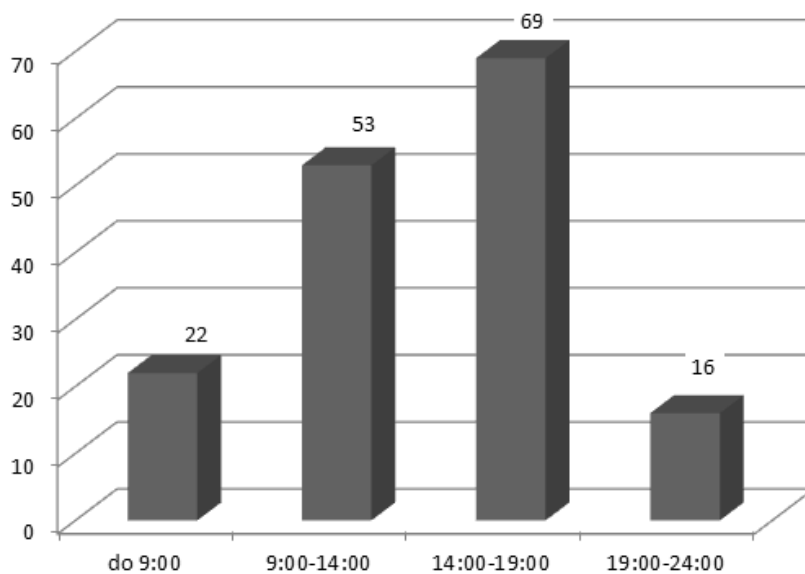
Rys.4 Liczba zdarzeń w poszczególnych miesiącach 2009 roku z uczestnictwem tramwajów.

Na rysunku 5 przedstawiono liczbę zdarzeń niepożądanych z udziałem tramwajów wg dni tygodnia. Okazuje się, że wtorek był dniem najbardziej obfitym w analizowane fakty.



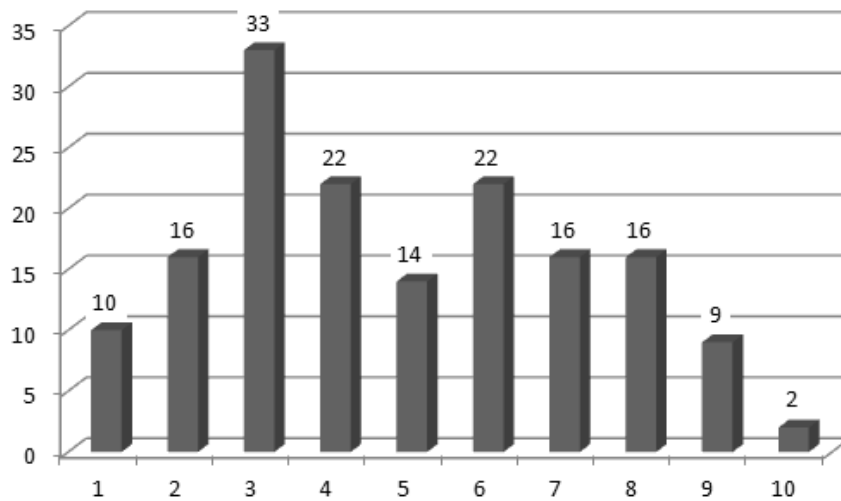
Rys.5 Liczba zdarzeń z udziałem tramwajów, uwzględniająca dzień tygodnia w 2009 roku.

Pojazdy MZK na linie komunikacyjne wyjeżdżają z zajezdni około godziny 4 rano, a zjeżdżają około godziny 24. Aby przeanalizować, w której godzinie dochodzi najczęściej do zdarzeń drogowych, podzielono dobę na cztery okresy. Na rys 6 przedstawiono liczbę zdarzeń z wyszczególnieniem godzin, w których do nich dochodziło.



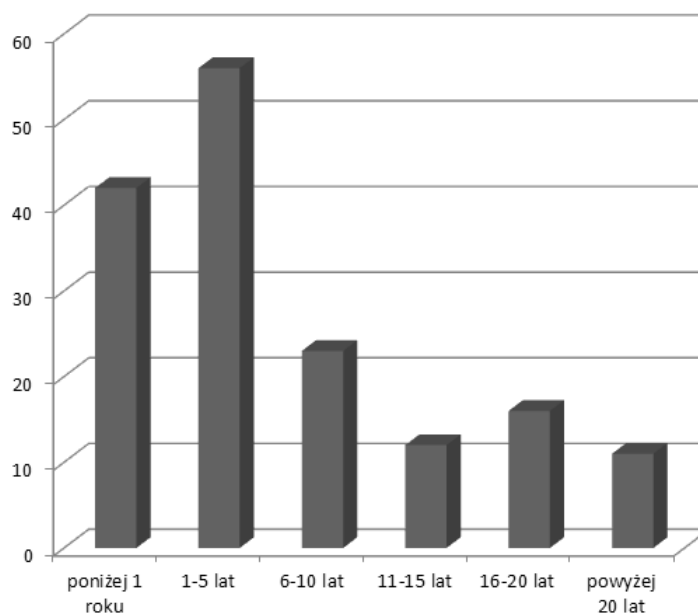
Rys.6 Liczba zdarzeń z wyszczególnieniem godzin w których doszło do zdarzenia udziałem tramwaju

„Do kierowców zatrudnionych w transporcie drogowym mogą być stosowane rozkłady czasu pracy, w których jest dopuszczalne przedłużenie wymiaru czasu pracy do 10 godzin na dobę [4]. Tak więc czas pracy kierowcy i motorniczego może wynosić maksymalnie 10 godzin. Poniższe rysunki przedstawiają liczbę zdarzeń z uwzględnieniem kolejnej godziny pracy.



Rys. 7 Liczba zdarzeń z uwzględnieniem kolejnej godziny pracy motorniczych tramwajów

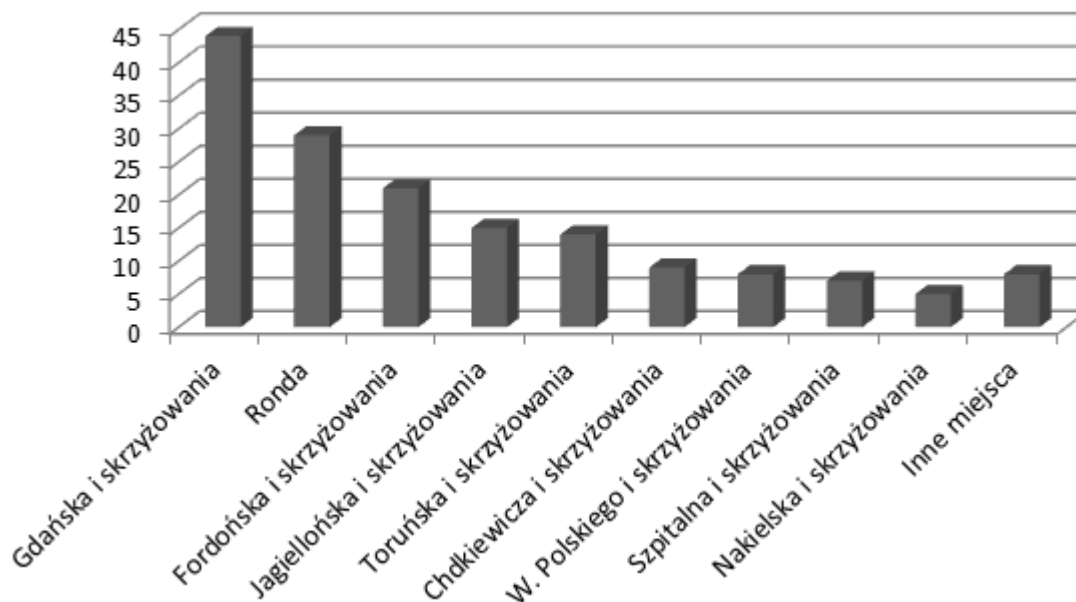
Z rysunku 7. wynika, że najczęściej dochodziło do nich w trzeciej godzinie pracy, wynika to ze obniżenia uwagi przez motorniczych, w dwóch pierwszych godzinach realizacji zadania transportowego pracują z maksymalnie wyteżoną uwagą po czym następuje odprężenie organizmu i w tym czasie dochodzi do największej liczby zdarzeń. W pozostałych godzinach pracy zdarzenia zachodzą w sposób losowy. Na rys 8 przedstawiono liczbę zdarzeń w 2009 roku, uwzględniając staż pracy. W analizowanym systemie transportowym staż pracy na stanowisku motorniczy tramwaju zawiera się w przedziale od kilku miesięcy do 35 lat. Na potrzeby analizy podzielono lata pracy na sześć okresów. Grupą dominującą wśród motorniczych jaki są pracownicy, których lata pracy na danym stanowisku mieszczą się w przedziale 1-5 lat.



Rys 8. Liczba zdarzeń z udziałem motorniczych w zależności od stażu pracy

Rysunki 7.21. obrazują miejsca zdarzeń drogowych, do których doszło w Bydgoszczy w 2009 roku. Na potrzeby niniejszej pracy, po przeanalizowaniu raportów spisanych przez pracowników MZK wybrano miejsca, w których do sytuacji niebezpiecznych, z udziałem tramwajów i autobusów dochodziło najczęściej. Wśród pojazdów szynowych przeważnie do kolizji dochodziło na ulicy Gdańskiej, następnie na wszystkich bydgoskich rondach, przez które przejeżdżały tramwaje. Na wspomnienie zasługuje ulica Fordońska, ulica Jagiellońska i ulica Toruńska. Głównymi przyczynami kolizji ze strony motorniczych było: najechanie na tył pojazdu oraz nie zachowanie ostrożności podczas omijania. Przyczynami zdarzeń niepożądanych, spowodowanych z winy kierujących pojazdami obcymi było: nie ustąpienie pierwszeństwa, jak również zajechanie drogi.

Do zdarzeń niepożądanych z udziałem autobusów najczęściej dochodziło na zajezdni. Kolejne miejsca to według kolejności: bydgoskie rondo, ulica Fordońska, ulica Grunwaldzka, ulica Dworcowa i inne. Przyczynami kolizji z winy kierującego autobusem było: najechanie na tył pojazdu oraz przekroczenie osi jezdni. Z winy kierujących pojazdami obcymi było: zajechanie drogi, nie ustąpienie pierwszeństwa, a także nie zastosowanie się do sygnalizacji świetlnej.



Rys.9 Miejsca zajścia zdarzeń niepożądanych, w których uczestniczyły tramwaje

5. WNIOSKI

Tramwaje brały udział w 139 kolizjach, 18 wykolejeniach i 3 wypadkach. Analizując sprawcę zdarzenia drogowego pominięto wykolejenia, ponieważ są one w pewnym sensie niezależne od człowieka. Na 142 zdarzenia drogowo, w 105 jako sprawcę uznano kierującego pojazdem obcym, co stanowi około 73% wszystkich przypadków, motorniczego uznano winnym w 37 sytuacjach. W grupie zawodowej motorniczy tramwaju pracują zarówno kobiety jak i mężczyźni. Panowie brali udział w 115, a panie w 45 zdarzeniach drogowych.

Tramwaje poruszają się po torowiskach wydzielonych lub wbudowanych w jezdnię, dlatego też natężenie ruchu nie jest czynnikiem decydującym o liczbie zdarzeń drogowych. Przeprowadzone badania wykazały, że miesiącami, w których najczęściej dochodziło do analizowanych sytuacji były: listopad, czerwiec i lipiec. W przypadku listopada można przypuszczać, że na bezpieczeństwo ruchu drogowego duże znaczenie mają warunki pogodowe. Ograniczona widoczność, marznąca mżawka, śliskie tory powodują, że droga hamowania pojazdu szynowego znacznie się wydłuża. Po przeanalizowaniu raportów sporządzonych przez pracowników Nadzoru Ruchu należy stwierdzić, że w większości przypadków bezpośrednią przyczyną kolizji było nie zachowanie szczególnej ostrożności, zarówno przez pracowników MZK jak i kierujących pojazdami obcymi.

Aby przeanalizować, w której godzinie doby dochodziło najczęściej do zdarzeń drogowych, podzielono ją na cztery okresy. Godziny, w których najczęściej dochodziło do zdarzeń przypadają, zarówno w tramwajach jak i autobusach na szczyt poranny i popołudniowy. Są to godziny wzmożonego ruchu, w których uczestnicy ruchu drogowego powinni zachować szczególną ostrożność.

Kolejnemu badaniu poddano wpływ stażu pracy na liczbę zdarzeń drogowych, z którego wynika, że wśród motorniczych i kierowców dominującym przedziałem są pracownicy, którzy przepracowali od jednego roku do pięciu lat. Należy wnioskować, że doświadczenie zawodowe jest istotnym elementem poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Bydgoszcz jest miastem o skomplikowanej infrastrukturze drogowej. Brak obwodnic powoduje, że ruch tranzytowy łączy się z ruchem miejskim. Nieznajomość przepisów ruchu drogowego, nieczytelne oznakowania skrzyżowań są częstą przyczyną kolizji i wypadków. Z przeprowadzonej analizy wynika, że największa liczba zdarzeń w przypadku tramwajów miała miejsce w ciągu ulicy Gdańskiej, gdzie główną przyczyną było nie zachowanie ostrożności przy włączaniu się do ruchu z miejsca parkowania i nie ustąpienie pierwszeństwa przejazdu pojazdowi szynowemu. Kolejnym miejscem, w którym dochodziło do dużej ilości kolizji były skrzyżowania o ruchu okrężnym, potocznie zwane rondo, szczególnie Rondo Jagiellonów i Rondo Bernardyńskie.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bizon - Górecka J. Ocena ryzyka zawodowego w wybranym systemie produkcyjnym metodą FMEA. Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno - Rolniczej w Bydgoszczy, Bydgoszcz 1996
- [2] Suchodolski S. Pojęcie i miary bezpieczeństwa w piśmiennictwie światowym. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, Zeszyt 2 (102) Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa. Warszawa 1995.
- [3] Materiały wewnętrzne MZK Sp. z o.o. w Bydgoszczy
- [4] Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. *O czasie pracy kierowców*. (Dz. U. z 2004 r., nr 92, poz. 879 z późn. zm.). Art. 15. ust. 1.
- [5] Woropay M., Knopik L., Landowski B.: Modelowanie procesów eksploatacji w systemie transportowym. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2001