

Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu

mgr inż. Agnieszka Kupiec

Model oceny ryzyka wystąpienia strat
spowodowanych niesprawnością pojazdu
ciężarowego

Promotor:

dr hab. inż. Krzysztof Bińczak, prof. PP

Poznań 2022

Spis treści

Streszczenie	4
Abstract	5
Wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń	6
1. Studium problemu.....	7
1.1. Wprowadzenie	7
1.2. Geneza i definicja ryzyka.....	14
1.3. Cel i zakres pracy	26
1.4. Charakterystyka elementów systemu bezpieczeństwa w przewozie towarów	27
1.4.1. Schemat systemu.....	27
1.4.2. Obowiązki dot. organów kontrolujących podczas kontroli drogowej	28
2. Model oceny ryzyka w przewozie drogowym.....	32
2.1. Metody oceny ryzyka stosowane w modelach.....	32
2.2. Warunki początkowe	36
2.2.1. Bariery ochronne.....	37
2.2.2. Zdarzenia inicjujące.....	37
2.2.3. Założenia wstępne.....	39
2.3. Model - schemat działania	40
2.4. Opis matematyczny poszczególnych scenariuszy	45
2.5. Metody pozyskiwania danych niezbędnych do działania modelu.....	46
2.5.1. Kierowca zauważa usterkę (A).....	48
2.5.2. Kierowca zgłasza usterkę (B)	56
2.5.3. Dyspozytor podejmuje działanie (C).....	57
2.5.4. Diagnosta podczas OBT zauważa usterkę (D)	58
2.5.5. Mechanik podczas przeglądu zauważa usterkę (E).....	66
2.5.6. Pojazd zatrzymano do kontroli przez ITD (F).....	70
2.5.7. ITD podczas kontroli wykrywa usterkę (G).....	72
2.5.8. Pojazd zatrzymany do kontroli przez Policję (H).....	77
2.5.9. Policja podczas kontroli wykrywa usterkę (I)	83
2.6. Działanie modelu na wybranym przykładzie.....	90
2.7. Ocena wpływu poszczególnych barier na wybrane aspekty procesu transportowego.....	96
2.7.1. Ocena oddziaływania bariery A	97

2.7.2.	Ocena oddziaływania bariery D	99
2.7.3.	Ocena oddziaływania bariery E	101
2.7.4.	Ocena oddziaływania bariery F	103
2.7.5.	Ocena oddziaływania bariery H.....	105
2.7.6.	Ocena wpływu poszczególnych barier - podsumowanie	107
3.	Podsumowanie	108
3.1.	Odniesienie do celu i tez pracy	108
3.2.	Wnioski.....	109
3.3.	Propozycje dalszych badań.....	110
4.	Literatura	111
5.	Spis rysunków	121
6.	Spis tabel	123
7.	Załączniki	124

Streszczenie

Modelowanie ryzyka w drogowym przewozie towarów jest zagadnieniem szerokim i zarazem trudnym do zrealizowania. Powiązanie niesprawności pojazdu ciężarowego ze stratami finansowymi, jakie mogą powstać w założonym okresie czasu jest bardzo ważne dla każdego przedsiębiorcy, a możliwość wpłynięcia na ich ograniczenie jest jak najbardziej pożądana.

Na podstawie pozyskanych z różnych źródeł danych o prawdopodobieństwie pojawienia się niesprawności pojazdu w procesie transportu oraz istniejących barier ochronnych, którymi są: kierowca, dyspozytor, diagnosta, funkcjonariusze Inspekcji Transportu Drogowego oraz Policji, zbudowano model symulacyjny.

Model oparto o metodę ETA, a poszczególne scenariusze zdarzeń opisano równaniami matematycznymi. Pozwoliło to na wyliczenie prawdopodobieństwa wystąpienia danego scenariusza zdarzeń dla określonych danych wejściowych, a po odpowiednim przekształceniu i uwzględnieniu kosztów transportu uzyskanie konkretnej wartości ryzyka.

Uzyskane z modelu wyniki pozwalają na wyrobienie sobie poglądu na temat działania istniejących systemów nadzoru oraz wskazać, które z barier można zmodyfikować tak, aby uzyskać zmniejszenie ryzyka powstania strat, a co za tym idzie uzyskać poprawę bezpieczeństwa w ruchu drogowym.

Abstract

Modeling the risk in road transport of goods is a broad and difficult issue at the same time. It is very important for every entrepreneur to link the inefficiency of a truck with financial losses that may arise in the assumed period of time, and the possibility of influencing their reduction is most desirable.

Based on the data obtained from various sources about the probability of a vehicle malfunction in the transport process and the existing protective barriers, which are: driver, dispatcher, diagnostician, officers of the Road Transport Inspection and the Police, a simulation model was built.

The model was based on the ETA method, and the individual event scenarios were described with mathematical equations. This made it possible to calculate the probability of a given event scenario for specific input data, and after appropriate transformation and taking into account transport costs, to obtain a specific value of risk.

The results obtained from the model allow you to get an opinion on the operation of the existing supervision systems and indicate which barriers can be modified so as to reduce the risk of losses, and thus obtain an improvement in road safety.

Wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń

$q^{(x)}$ – wartość prawdopodobieństwa zaistnienia scenariusza zdarzeń gdzie (x) jest kolejnym scenariuszem zdarzeń,

S1 do S28 – kolejne scenariusze zdarzeń,

$q(A)$ – prawdopodobieństwo zauważenia usterki przez kierowcę,

$q(B)$ – prawdopodobieństwo zgłoszenia usterki dyspozytorowi przez kierowcę,

$q(C)$ – prawdopodobieństwo podjęcia działania zaradczego przez dyspozytora,

$q(D)$ – prawdopodobieństwo zauważenia usterki przez diagnostę podczas okresowego badania technicznego,

$q(E)$ – prawdopodobieństwo zauważenia usterki przez mechanika podczas okresowego przeglądu pojazdu w warsztacie,

$q(F)$ – prawdopodobieństwo zatrzymania pojazdu do kontroli przez Inspekcje Transportu Drogowego,

$q(G)$ – prawdopodobieństwo wykrycia usterki przez inspektora ITD podczas kontroli pojazdu,

$q(H)$ – prawdopodobieństwo zatrzymania do kontroli pojazdu przez Policję,

$q(I)$ – prawdopodobieństwo wykrycia usterki przez funkcjonariusza Policji,

(SXmax) – sekwencja najbardziej prawdopodobna,

(SXmin) – sekwencja najmniej prawdopodobna.

1. Studium problemu

1.1. Wprowadzenie

Transport towarów drogami lądowymi jest jednym z istotniejszych elementów współczesnej gospodarki pozwalających na jej właściwe działanie. Przemieszczanie towarów wiąże się z koniecznością wykorzystania środka transportu, jakim jest pojazd ciężarowy, który to narażony jest na oddziaływanie różnych czynników. Czynniki te mogą zakłócić lub całkowicie uniemożliwić realizację danego zlecenia transportowego. Powoduje to powstanie ryzyka związanego ze startami, jakie mogą powstać dla przedsiębiorcy prowadzącego działalność transportową poprzez niedotrzymanie terminów czy utratą wartości przewożonych towarów. Zagadnieniami związanymi z oceną ryzyka w transporcie drogowym różnych towarów zajmowało się wielu autorów, jednak kierunki ich działań w tym zakresie nieco się od siebie różniły. Bojar w swojej pracy [6] podjął próbę oceny ryzyka zajścia zdarzeń niepożądanych na podstawie: danych Inspekcji Transportu Drogowego, ankiet wśród czterech grup ekspertów oraz wyznaczonego prawdopodobieństwa zajścia naruszenia przepisów związanych z przewozem towarów niebezpiecznych według ośmiu kategorii, które to stanowią podstawę do wyznaczenia wartości wskaźnika ryzyka. Wskaźnik ten określał zagrożenie zdrowia i życia ludzkiego w odniesieniu do realizowanego przewozu, otoczenia i infrastruktury. Podjął on próbę identyfikacji źródeł zagrożeń oraz oceny ryzyka zajścia zdarzeń niepożądanych. Natomiast Bęczkowska, Grabarek, Choromańska w swojej pracy [5] przedstawiły podejście do oceny ryzyka uwzględniające wpływ czynnika ludzkiego na prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku. Wybrana przez nich metoda miała na celu optymalizację trasy przewozu, aby zminimalizować ryzyko ludzkie, ekologiczne oraz finansowe. Autorzy na podstawie wyników uzyskanych w badaniach symulacyjnych dot. prawdopodobieństwa intensywności popełniania błędów przez człowieka zbudowali model wykorzystując przy tym algorytm Breadth – first search. Jest to jeden z najprostszych algorytmów, który wykorzystuje się do przeszukania i odnalezienia najkrótszej drogi w grafie.

Wybrane zagadnienia związane z problematyką ryzyka poruszali również Romanow, Stajniak i Konecka [85], którzy zwracali szczególną uwagę na identyfikację zagrożeń oraz ocenę ryzyka. Podkreślali, iż zwiększenie bezpieczeństwa, a zarazem zminimalizowanie zagrożenia w dużej mierze zależne jest od wielu czynników zewnętrznych, do których można zaliczyć umiejętności

kierowcy, warunki otoczenia, sposób zabezpieczenia towaru jak również stan techniczny pojazdów.

Batarliene w swojej pracy [2] poruszał zagadnienia związane z oceną ryzyka wskazując na zintegrowane działania mające na celu uwzględnienie istniejących sieci drogowych, wymagań związanych z bezpieczeństwem dla ludzi i środowiska naturalnego, jak również względy ekonomiczne w transporcie. Odnosi się on do wielu miar i modeli ryzyka, których zastosowanie w przeprowadzonych dotychczas analizach (na podstawie zaistniałych już wypadków drogowych) przyczyniłoby się do zastosowania właściwych metod jego oceny. Drewek wskazuje, iż wspólne działania instytucji rządzących, przemysłu oraz osób zaangażowanych bezpośrednio w transport towarów niebezpiecznych mogłyby przyczynić się do podniesienia poziomu świadomości wszystkich uczestników procesu transportowego przekładając się na podniesienie wspólnego bezpieczeństwa [19].

Dane statystyczne, do których odnieśli się w swojej pracy [70] Odważny, Stasiuk – Piekarska i Drzewiecka wskazują, iż transport drogowy rozwija się w dużym tempie i jest znaczącą gałęzią w gospodarce jednak ryzyko z nim związane niesie za sobą wiele różnorodnych zagrożeń wynikających np. z ze złego stanu technicznego pojazdu, wypadków drogowych, nierzetelnych przewoźników, którzy oszukują lub też kradzieży pojazdu wraz z towarem. Wskazano również, iż niezbędne jest ustalenie czynników przyczyniających się do zaistniałych zagrożeń, które pozwolą na opracowanie i wprowadzenie rozwiązań mających ograniczyć skutki zaistniałych zdarzeń.

Nad oceną ryzyka w transporcie drogowym prace trwają od wielu lat, aby poprawić bezpieczeństwo w ruchu drogowym w różnych aspektach [27, 28]. I tak, analizą wzajemnych zależności pomiędzy natężeniem ruchu drogowego, a częstotliwością wypadków zajęli się Conca, Ridella, Saponi, którzy swoje rozważania skoncentrowali na przyczynach, które doprowadzały do wycieku materiałów niebezpiecznych. Odnieśli się oni do istniejącej problematyki związanej z planowaniem tras z uwzględnieniem kosztów przewoźników drogowych podczas realizacji transportu w przeliczeniu na kilometr autostrady w stosunku do natężenia i prędkości ruchu przekładającego się na ryzyko z tym związane. Podczas badań skorzystano z włoskich danych statystycznych z lat 2004 – 2014 udostępnionych przez AISCAT (Associazione Italiana Società Concessionarie Autostrade e Trafori) oraz ISTAT (Włoski Narodowy Instytut Statystyki). Przeprowadzone prace pozwoliły na opracowanie metody

opisującej ryzyko, jakie może wystąpić na i-tym odcinku drogi za pośrednictwem odpowiednich parametrów. Zaproponowany model do oceny ryzyka pozwala zoptymalizować trasy minimalizując ryzyko, dzięki czemu może być doskonałym narzędziem decyzyjnym dla firmy transportowej [13]. Z kolei inny model oceny ryzyka zwany „Dynamicznym Modelem Ryzyka w Ruchu drogowym” (DTRM) [1] odnosi się do infrastruktury drogowej oraz kierowcy, jako uczestnika, a zarazem czynnika ryzyka. Model ten pozwala między innymi dokładnie określić przyczyny zwiększenia się ilości wypadków, jak również na oszacowanie wielkości ryzyka korzystając z informacji o sprawności psychofizycznej kierowcy.

Wypadki drogowe mogą mieć miejsce na różnych drogach, w różnych miejscach i mieć różne skutki, autorzy Caliendo i De Guglielmo [11] dokonali analizy wypadków na autostradach i tunelach w odniesieniu do kosztów społecznych, a następnie porównali ich wyniki. Doprowadziło to do wprowadzenia systemów kontroli prędkości oraz wprowadzenia systemu punktów karnych w przypadku naruszeń drogowych. Analiza wskaźników poważnych wypadków w tunelach uzyskana podczas badań wykazała, iż głównymi przyczynami wypadków są: zachowanie kierowców i słaba widoczność w tunelach. Czynniki te miały bezpośrednie przełożenie na dotkliwość skutków zdarzenia, liczbę obrażeń oraz zgonów. Projektując tunele autostradowe korzystne byłoby uwzględnienie tych wniosków z analiz w celu poprawy bezpieczeństwa. Kolejne badania nad ryzykiem wykorzystujące modele ilościowe oceny ryzyka (QRA) dla pojazdów przejeżdżających przez tunele drogowe w odniesieniu do szczytowych godzin natężenia ruchu można znaleźć w pracy [12, 65]. Porównano w niej przypadki uszkodzeń systemu wentylacji awaryjnej tunelu oraz analizowano trasy przejazdu na wolnym powietrzu i w obszarze zaludnionym. Na podstawie założonych scenariuszy w zależności od przewożonego towaru niebezpiecznego okazało się, iż nie zawsze przejazd na wolnym powietrzu jest bezpieczniejszy. Do oceny ryzyka ilościowego Kengpol i Tuammee [51] opracowali ramy wspomaganie decyzyjne (DSF), które pozwalają za pośrednictwem modelu oceny ryzyka wyznaczyć optymalną trasę przejazdu w odniesieniu do przewożonego towaru. Badacze tacy jak, Borghetti, Gandini, Maja i Ventriglia [7] dokonali porównania dwóch programów QRAM (Quantitative Risk Assessment Model) oraz GIIIS (Global Integrated Information System), które oparte były na różnych modelach obliczeniowych.

W przypadku QRAM ryzyko było przekształcane w odniesieniu do drzew zdarzeń, a jego celem była ocena ryzyka związanego z transportem drogowym towarów na różnych drogach

(autostrada, drogi krajowe, drogi wojewódzkie). Z kolei GIIS posłużył do oceny ryzyka społecznego i środowiskowego w związku z transportem towarów niebezpiecznych. Dokonano w przypadku każdego porównania analizy szczegółowej, zbiorczej i ogólnej. Każda z wytypowanych dróg mających cztery kilometry charakteryzowała się konkretną wielkością ruchu, procentem pojazdów służącym do przewozu towarów niebezpiecznych, wypadkowością, jak również potencjalnie narażoną populacją. Uzyskane rezultaty pokazują, iż jest znaczące powinowactwo pomiędzy programami, nawet w przypadku, gdy bezwzględna wartość ryzyka się różni, to rozkład procentowy jest porównywalny, co wskazuje na możliwość używania obu programów, jako opcji alternatywnej. Dokonane analizy mogą być pomocne osobom planującym trasę pojazdu w zrozumieniu istoty problemu i zastosowanie dodatkowych środków ostrożności w tym zakresie.

Powyższa analiza literaturowa wskazuje na duże zainteresowanie autorów tematyką ryzyka odnoszącego się do wypadków drogowych, kierowcy, dróg i kosztów. Pojazd samochodowy natomiast, jako element mający istotny wpływ na ryzyko powstania strat nie był rozważany pod kątem jego niezawodności. Autorzy jak: Niewczas, Mórański, Dębicka i Borucka [67] przedstawili propozycje oceny ryzyka związanego z niezawodnością pojazdów ciężarowych realizujących przewóz towarów. Wykorzystali oni model oceny ryzyka pozwalający określić efektywność eksploatacyjną w odniesieniu do kosztów, które mogłyby powstać w wyniku napraw incydentalnych, nieplanowanych postojów albo utraty zaufania zleceniodawcy. Badaniu eksploatacyjnemu poddano dwie marki oznaczone I i M na przestrzeni kilku lat użytkowania rejestrując datę wystąpienia usterki oraz przebieg pojazdu, jednak nie odnosząc się do konkretnych usterek. Do analiz wykorzystano tylko i wyłącznie koszty spowodowane przypadkowymi uszkodzeniami. Wykazano, iż model ryzyka pojawienia się niezdatności samochodu ciężarowego jest przydatny przy określaniu potencjalnych kosztów pozwalających na zachowanie ciągłości użytkowania oraz określaniu optymalnych okresów eksploatacyjnych. Zwrócono jednak uwagę, iż chcąc dokonać dokładnych analiz należy uwzględnić czynniki korygujące, do których zaliczają się: współczynnik lojalności oraz wskaźnik dostępności. Problematyka przyczyn powstających zagrożeń podczas transportu towarów niebezpiecznych jest rozpatrywana w szerszym ujęciu przez autorów Rogalskiego i Pyza [84]. W tym przypadku dokonano szerszego podziału ze względu na naruszenia przepisów prawnych o: brak zgłoszonego transportu, poruszanie się po drogach wyłączonych z tego rodzaju transportu, nieprzestrzeganie

przepisów bezpieczeństwa w odniesieniu do dopuszczalnych prędkości jazdy, inne (brak przeszkolenia kierowców). Odniesiono się do danych statystycznych z kontroli drogowych przewoźników krajowych, z Unii Europejskiej i z poza niej przeprowadzonych przez Inspekcję Transportu Drogowego i Policję oraz w zależności od przewożonego ładunku. Wykazano, iż zaistniałe nieprawidłowości i naruszenia przepisów oraz zasad postępowania podczas transportu wynikają z braku fachowej wiedzy u osób zaangażowanych w proces, co przekładało się na: niewłaściwe oznakowanie pojazdu; opakowania do przewozu nie spełniały wymagań umowy ADR; dopuszczano do przewozu kierowców, którzy nie ukończyli właściwych szkoleń oraz nie uzyskali odpowiednich zaświadczeń ADR; pojazd nie był wyposażony w odpowiedniego typu wyposażenie ochronne oraz w wymagane gaśnice; pojazd nie odpowiadał warunkom technicznym; brakowało wymaganych świadectw dopuszczenia pojazdu ADR. Częściowym rozwiązaniem zaistniałych problemów byłaby baza danych, która w jasny i przejrzysty sposób mówiłaby o zasadach, właściwościach oraz oznakowaniu przewożonego towaru niebezpiecznego. Brak możliwości skorzystania z takich pomocy lub też niewłaściwe korzystanie z nich przez kierowców oraz przewoźników jest początkiem prowadzącym do zdarzeń incydentalnych, których można byłoby uniknąć poprzez udział w szkoleniach, wymianę informacji oraz przeciwdziałanie zagrożeniom [84].

Z kolei autorki Tubis A. i Werbińska-Wojciechowska S. [98] na podstawie przeanalizowanych publikacji z bazy EBSCO z lat 2006 – 2016 dotyczących zarządzania ryzykiem zaproponowały dla przedsiębiorstw transportowych nowy model oceny ryzyka. Badania ukierunkowane były na ocenę zdarzeń negatywnych mających wpływ na prawidłową realizację procesu obsługi transportowej przewożonego towaru. Przeprowadzono je w przedsiębiorstwie posiadającym 70 pojazdów własnych. Analizy pozwoliły na stwierdzenie, iż zagrożenia w ramach pięciu grup ryzyka, do których można zaliczyć: wypadki w transporcie, przewóz materiałów niebezpiecznych, uszkodzenia infrastruktury transportowej, zagrożenia terrorystycznego oraz nieterminowość przewozu charakteryzują się przeważnie niskim prawdopodobieństwem występowania. Z kolei do zdarzeń o dużo wyższym prawdopodobieństwie wystąpienia zagrożenia można zaliczyć: brak aktualnych informacji, o jakości zrealizowanych dostaw, wzrost cen paliw, wtargnięcie imigrantów do pojazdu realizującego przewóz, niewłaściwe wykonanie przewozu przez przewoźnika niebędącego stałym kontrahentem przedsiębiorstwa, zmiany w przepisach dotyczących płac minimalnych dla

kierowców zgodnych z wymaganiami wybranych krajów Unii Europejskiej oraz brak wykwalifikowanych kierowców do realizacji przewozu. I to ta grupa zdarzeń jest najbardziej uciążliwa dla menedżerów pod względem skutków. Autorki chciały pokazać, iż klasyczny model oceny ryzyka nie do końca sprawdza się w sektorze transportowym, ponieważ powoduje ograniczenia w dostosowaniu się do ciągle zmieniających się warunków biznesowych jak i otoczenia. Obecny rynek, zmiany prawne, silna konkurencja powodują, że instytucje działające w sektorze transportowym są zmuszone do ciągłego poszukiwania nowych rozwiązań, które pozwolą na udoskonalenie ich działań.

Kolejnym elementem istotnym w modelowaniu procesu transportowego jest stan techniczny pojazdu. Jego kontrola to nie tylko wymóg prawny związany z posiadaniem gwarancji w przypadku pojazdu zakupionego w salonie czy posiadaniem ważnego badania technicznego, to przede wszystkim bezpieczeństwo uczestników ruchu drogowego. Jednak bywa też, że pojazdy nowe już w początkowym etapie eksploatacji wymagają napraw w celu usunięcia wad, jakie powstały podczas samej produkcji lub też przeprowadzenia prac regulacyjno – diagnostycznych [57]. Studiując dostępną literaturę napotkano na badania dotyczące niesprawności występujących w samochodach osobowych oraz ciężarowych [48]. Testy przeprowadzono na Stacji Kontroli Pojazdów (SKP) w okresie jednego miesiąca, poddano analizie następujące układy: układ hamulcowy (hydrauliczny i pneumatyczny), kierowniczy oraz zawieszenie. Celem badań była ocena wpływu poszczególnych uszkodzeń we wskazanych układach pojazdu na przebieg oraz bezpieczeństwo procesu hamowania w ruchu drogowym.

Firmy transportowe różnie monitorują stan techniczny pojazdów podczas ich użytkowania. Jedni wykonują to w sposób rzetelny gromadząc dane dotyczące wymian, napraw układów oraz aktualnego stanu pojazdu podczas procesu eksploatacji, natomiast inni w zależności od sytuacji i czasu realizują to pobieżnie. Posiadanie bazy danych diagnostycznych przedstawiających obecny stan pojazdu odgrywa decydującą rolę przy stosowaniu lub poszukiwaniu metod monitorowania stanu pojazdu, jak również pozwala na wykorzystanie bądź zastosowanie odpowiednich algorytmów i procedur, wskazał na to w swoim artykule Deczyński J. [17]. Stąd też autorzy Tylicki, Ochodek i Surówka [100] zaproponowali monitorowanie stanu technicznego pojazdu za pośrednictwem stanowiska zewnętrznego posługując się pokładowymi systemami decyzyjnymi znajdującymi się w pojeździe. Dane diagnostyczne pozyskiwane byłyby w sposób ciągły ze złącza diagnostycznego i szyny CAN pojazdu, a następnie poprzez GSM

przekazywane do odpowiedniej osoby po przekroczeniu wartości granicznych, które zostały wcześniej określone. Rozwiązanie takie umożliwiłoby w sposób natychmiastowy zlokalizować uszkodzenia zaistniałe w pojeździe, a następnie przystąpić do działań pozwalających przywrócić pojazd do stanu zdatności funkcjonalnej, a tym samym zmniejszeniu kosztów związanych z przestojem pojazdu.

Badaniami technicznymi pojazdów ciężarowych, a dokładniej działaniem tegoż systemu zajęli się Łukasik i Olszańska [64], którzy chcieli wskazać na podstawie dostępnej literatury wpływ, jaki mają przeglądy techniczne pojazdów na bezpieczeństwo. Wskazano na występujące przyczyny zewnętrzne i wewnętrzne, które mają znaczący wpływ, na jakość badań. Jak również odniesiono się do przepisów Komisji Europejskiej, która dąży do ujednoczenia zasad i procedur badań technicznych. Poruszono kwestie systemu wspomagania decyzji w procesie utrzymania w zdatności środków transportowych. Proces ten obejmuje rozpoznanie oraz analizę wszelkich dostępnych informacji, które mają znaczący wpływ na końcowy wybór właściwego rozwiązania dla danej sytuacji. To właśnie zmienne decyzyjne mają znaczący wpływ na wybór odpowiedniej strategii eksploatacyjnej. Badania techniczne mają przyczyniać się do zapobiegania wzrostu liczby wypadków z przyczyn technicznych, lecz istotnym ogniwem tego całego systemu jest właściciel pojazdu, który zgodnie z prawem jest odpowiedzialny za utrzymanie prawidłowego stanu technicznego pojazdu. Jednak w większości firm transportowych właściciel nie jest użytkownikiem pojazdu, dlatego też ważne jest, aby osoba odpowiedzialna za pojazd dbała o stan techniczny w sposób należyty, co wpłynie na ogólne bezpieczeństwo.

Aby proces transportowy przebiegał bez zakłóceń istotna jest gotowość środka transportowego, na którą składa się między innymi proces obsługi, naprawy oraz diagnozowanie pojazdu. Stąd też Czarnkowska oraz Migawa [15] podjęli badania w przedsiębiorstwie transportowo – spedycyjnym, a uzyskane wyniki były podstawą do stworzenia modelu pozwalającego wyznaczyć i ocenić gotowość środka transportu drogowego.

Zagadnienia modelownia obejmują również aspekt finansowy procesu transportowego, który wiąże zagadnienia bezpieczeństwa środków transportu z ich stanem technicznym. Autorzy K. Andrzejczak i J. Selech w swojej pracy [110] przedstawili wyniki badań związanych z kosztami ponoszonymi przez producenta pojazdów z tytułu usuwania nieplanowanych uszkodzeń. Zastosowano w niej metodę wariancji do zbadania istotności różnic przeciętnej liczby

uszkodzeń przypadających na jeden pojazd w określonych okresach użytkowania. Do weryfikacji wykorzystano dane eksploatacyjne miejskiego przedsiębiorstwa komunikacji.

Problematyka prognozowania kosztów obsługi korekcyjnego występującego podczas eksploatacji cyklu życia pojazdu została podjęta również w pracy J. Selecha [111] wykorzystał on w niej analizę niezawodnościową LCC (Life-Cycle Cost) wykorzystującą wskaźniki niezawodnościowe RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety) pojazdów bazując na rzeczywistych danych floty 45 obiektów technicznych. Dla 12 wybranych części przeprowadził analizę prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzeń.

Wspomniane we wprowadzeniu bezpieczeństwo jest terminem interdyscyplinarnym, którym w zależności od dziedziny nauki badacze zajmują się w różnych aspektach. Ponieważ tematyka bezpieczeństwa jest istotnym problemem, z którym w każdej dziedzinie trzeba się zmierzyć. Dlatego działaniem na rzecz poprawy bezpieczeństwa jest między innymi ocena ryzyka, która uwzględnia jak największą ilość możliwych do wystąpienia czynników, mających potencjalny wpływ na prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia. Przegląd dostępnej literatury wykazał brak kompleksowej metody oceny ryzyka, który uwzględniałby stan techniczny pojazdu. Było to impulsem do dalszych działań, które autorka podjęła podejmując próbę uzupełnienia zaistniałej „luki metodologicznej”. Zaproponowała ona nowe podejście do oceny ryzyka, w którym uwzględniono kierowcę wraz z jego nadzorem od strony przedsiębiorstwa, pojazd jego stan techniczny oraz organy nadzoru i kontroli, co stanowi istotny, a zarazem znaczący wkład w poznanie wpływu tych czynników na bezpieczeństwo w drogowym przewozie towarów.

1.2. Geneza i definicja ryzyka

Ryzyko jest dość trudne do zdefiniowania poprzez swoją wielopłaszczyznową problematykę, którą opisuje. W literaturze można odnaleźć wiele interpretacji tego pojęcia [95]. Występuje ono w różnych obszarach życia społecznego, do których można zaliczyć m. in.: ekonomię, psychologię, medycynę, nauki techniczne i prawne, teorii prawdopodobieństwa i itp. W słowniku psychologii ryzyko jest zdefiniowane, jako „działanie, które powoduje zagrożenie dla czegoś wartościowego” [83]. Natomiast w prawie cywilnym ryzyko interpretowane jest, jako „niebezpieczeństwo powstania szkody na osobie lub mieniu” [97]. Ryzyko jest również określane, jako kombinacja prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia jak i jego skutki [91, 78].

Z kolei w pracy [85] jest ono identyfikowane, jako wpływ niepewności. Jest wyrażane także, jako ocena zagrożeń pod względem wagi i prawdopodobieństwa [59]. Czy też, jako niepożądane, nieoczekiwane zdarzenie lub wynik działań [58]. Pojęcie to jest przedstawiane w formie miary stopnia zagrożenia, wyrażającej zarówno stopień szkodowości, jak i prawdopodobieństwo jego wystąpienia [75]. Określane jest również, jako miara zagrożeń bądź niebezpieczeństwa, ale może być efektem prawdopodobieństwa zdarzeń niezależnych od nas, albo konsekwencją podjętych konkretnych decyzji [93].

Ryzyko jest również definiowane, jako kombinacja prawdopodobieństwa wystąpienia szkody i ciężkości tej szkody [76]. Można również spotkać się z zdefiniowaniem tego pojęcia, jako niepewne zdarzenie, bądź zestaw okoliczności, na które, jeśli wystąpią, będą miały wpływ osiągnięcia jednego ewentualnie większe liczby celów [26].

Pojęcie to określane jest, jako kombinacja częstości lub prawdopodobieństwa wystąpienia określonego zdarzenia niebezpiecznego i konsekwencji związanych z tym zdarzeniem [109]. Przedstawiane jest również, jako prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia, które będzie mogło negatywnie wpływać na realizację założonych celów. Interpretacja ta nie przewiduje scenariusza, który wpływa pozytywnie na osiągnięcie celów [66]. Jeszcze inna definicja określa ryzyko, jako miarę potencjalnej straty wynikającej z normalnej lub ludzkiej działalności [4]. Bądź też można spotkać definicję, w której ryzyko jest określane, jako miara szkód spowodowanych przez człowieka, szkód środowiskowych lub strat ekonomicznych zarówno pod względem prawdopodobieństwa wystąpienia, jak i wielkości straty lub szkody [60]. Albo też jest wyrażane, jako możliwość pojawienia się określonych strat (szkód) w rozważanym systemie człowiek – technika – otoczenie w określonym czasie jego funkcjonowania [32]. Lub też, jako możliwości zaistnienia negatywnych skutków działań podejmowanych przez podmiot bezpieczeństwa we własnym środowisku bezpieczeństwa [14].

Można również napotkać w literaturze pojęcie ryzyka, jako zagrożenie lub szansa, niepewne zdarzenie lub grupa zdarzeń, które w przypadku ich wystąpienia mogą mieć wpływ na osiągnięcie celów. Natomiast miara ryzyka jest określana, jako wartość iloczynu miary prawdopodobieństwa wystąpienia dostrzeganego zagrożenia lub szansy oraz miary wielkości jego wpływu na cele [50].

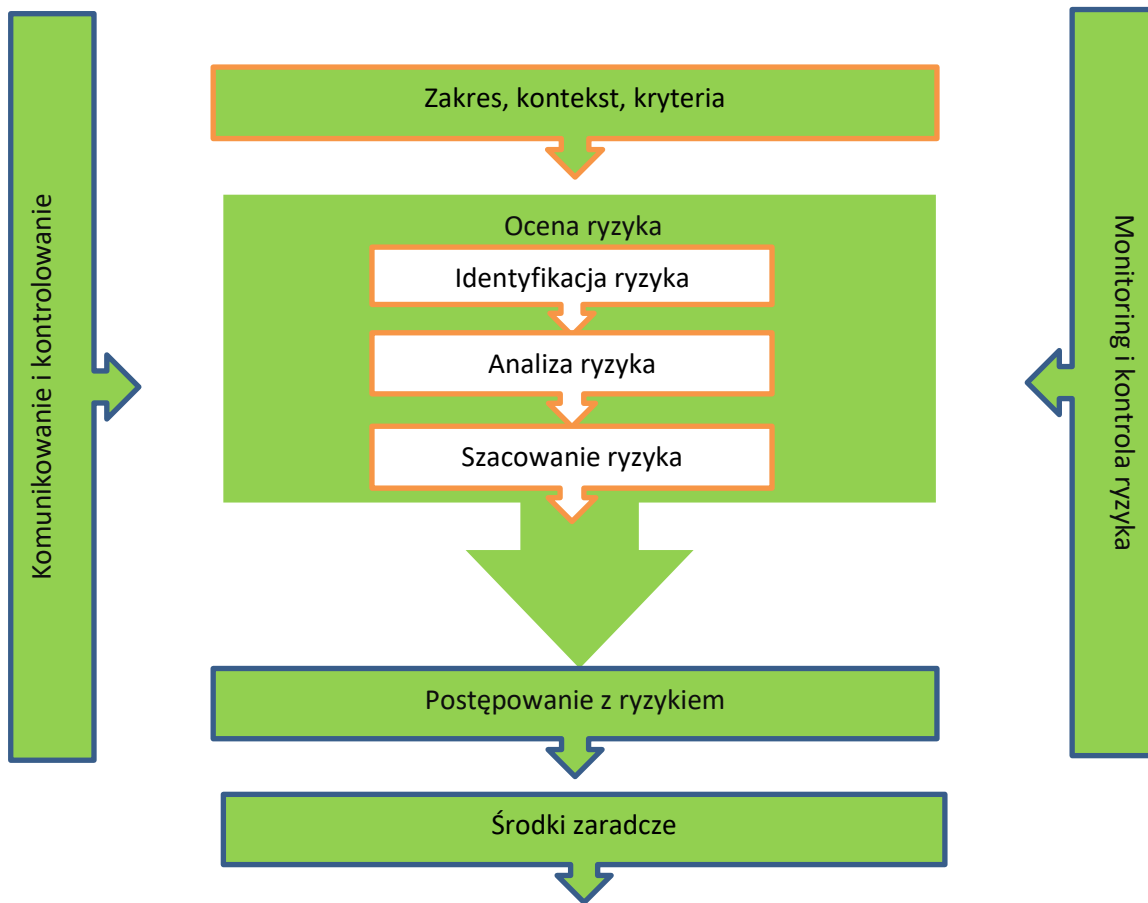
Mając na uwadze transport drogowy, pojęcie ryzyka jest formułowane, jako kombinacja prawdopodobieństwa uaktywnienia się zagrożenia w zdarzeniu niepożądanym jak i wyrządzonych w związku z tym szkód. Jednak najczęściej jest ono wyrażane, jako iloczyn poziomu prawdopodobieństwa uaktywnienia zagrożenia w zdarzeniu niepożądanym i poziomu spowodowanych w związku z tym szkód [94]. Zagrożenie w transporcie jest zależne od wielu czynników, które można podzielić na dwie grupy: wewnętrzne i zewnętrzne. Pierwszą grupą są **czynniki wewnętrzne**, które odnoszą się do zagrożeń związanych z kierowcą, a dokładniej z jego stanem psychofizycznym i umiejętnościami. Dlatego istotne jest, aby kierowca posiadał odpowiednie kwalifikacje, doświadczenie, uczestniczył w szkoleniach i kursach. Chcąc zwiększyć bezpieczeństwo w transporcie kierowca powinien: przestrzegać przepisów ruchu drogowego oraz regulacji prawnych (dot. maksymalnego okresu prowadzenia pojazdu jak i częstotliwości, długości przerw w prowadzeniu pojazdu), wysokiej kultury jazdy, dbać o swoje samopoczucie (dot. wypoczynku w czasie przerw w prowadzeniu oraz regularnego odżywiania). Drugą grupą są natomiast **czynniki zewnętrzne**, które odnoszą się w znaczącym stopniu do stanu technicznego pojazdu, ale również do odpowiedniego zabezpieczenia towaru i stanu technicznego dróg. Wiek oraz stan pojazdów poruszających się po Polskich drogach pozostawia wiele do życzenia. Dlatego istotne jest, aby na bieżąco go monitorować, a ewentualne naprawy przeprowadzać w autoryzowanych punktach serwisowych. Natomiast odpowiedni dobór pojazdu i zabezpieczenie towaru (dot. prawidłowego ułożenia oraz zamocowania towaru) również ma wpływ na zmniejszenie ewentualnego zagrożenia [73]. Stan techniczny dróg, który przynależy do tej grupy czynników jest tzw. elementem, na który nie mamy bezpośredniego wpływu, ale może się zmieniać w wyniku warunków atmosferycznych, zjawisk naturalnych, wypadków drogowych, natężenia ruchu, zaistniałych niepożądanych zdarzeń itp. Jednak to kierowca jest tym ogniwem odpowiedzialnym za dostosowanie prędkości i techniki jazdy do stanu danej drogi. Chcąc zdefiniować **zagrożenie** w transporcie uwzględniając czynniki, jakie mają na nie wpływ można by było powiedzieć, iż jest to źródło zdarzeń niepożądanych czy niebezpiecznych [94, 72].

Zgodnie z międzynarodowymi normami proces **zarządzania ryzykiem** jest złożony i nie łatwy do jednoznacznego określenia oraz odnosi się do różnych szczebli w jednostce. Proces ten rozpoczyna się od identyfikacji, analizy, oceny wraz z określeniem reakcji na ryzyko, poprzez monitorowanie, podejmowanie decyzji i realizowanie działań zmieniających się w czasie, które mają prowadzić do osiągnięcia akceptowanego poziomu ryzyka [90, 92].

Zarządzanie ryzykiem w praktyce powiązane jest z procesem diagnozowania oraz sterowania nim. Nie ma jednego najlepszego sposobu, jaki można byłoby wykorzystać do zarządzania ryzykiem. W literaturze można napotkać na różne metodyki w zarządzaniu ryzykiem: COSO, ISO, FERMA, PRINCE bądź COBI. Można by było powiedzieć, iż każda z nich jest dobra, jeżeli jest skuteczna, a założone do osiągnięcia cele zostały zrealizowane. Oczywiście zastosowanie odpowiedniej metodyki w znacznym stopniu jest uzależnione od branży, segmentu, wielkości przedsięwzięcia [71]. Cały proces zarządzania można podzielić na etapy, lecz istotne jest, aby już w momencie projektowania systemu zarządzania ryzykiem wybrać metodę oceny ryzyka oraz określić procedury postępowania. W fazie implementacji zaplanowane działania osiągają wymiar praktyczny. Natomiast w odniesieniu do wszystkich faz bardzo duże znaczenie ma dla powodzenia realizowanych działań zaangażowanie osób nadzorujących jak również mających bezpośredni wpływ na przebieg powierzonych zadań (np. kierownictwo, kierowca). Dlatego też w procesie tym musi być wykonawca, który zastosuje odpowiednie metody, jak również narzędzia do jego wdrożenia, aby zaplanować właściwą strategię [38]. Na rys. 1.1 przedstawiono etapy procesu zarządzania ryzykiem.

Jak już wcześniej wspomniano proces zarządzania ryzykiem składa się z etapów, a dokładniej z pięciu głównych zadań, do których zalicza się: komunikacja i konsultacje, ustalenie kontekstu, ocena ryzyka, postępowanie z ryzykiem oraz monitoring i przegląd.

A więc w zarządzaniu ryzykiem komunikacja i konsultacje mają na celu pomoc zainteresowanym stronom w zrozumieniu istoty ryzyka na podstawie, której podejmowane są decyzje oraz określone działania. Sama komunikacja ma za zadanie uświadamianie w celu zrozumienia ryzyka natomiast konsultacje pozwalają na uzyskanie informacji zwrotnej pozwalającej na wsparcie procesu decyzyjnego. Komunikacja i konsultacje mają połączyć różne obszary wiedzy fachowej na każdym etapie procesu zarządzania ryzykiem oraz upewnić się, że różne opinie są odpowiednio uwzględniane przy definiowaniu kryteriów ryzyka i jego oceny. Powinny również dostarczyć wystarczających informacji, aby ułatwić nadzór nad ryzykiem i podejmowanie decyzji oraz budować poczucie wspólnoty i wzajemnej pomocy wśród osób dotkniętych ryzykiem [103].



Rys. 1.1. Proces zarządzania ryzykiem na podstawie ISO 31000:2018 [68]

Według normy ISO 31000: 2018 istotnym aspektem, a zarazem pierwszym działaniem podczas projektowania ramowej struktury zarządzania ryzykiem jest ustalenie zakresu, kontekstu oraz kryteriów. Ma to pozwolić na dokonanie efektywnej oceny ryzyka i odpowiednie postępowanie z ryzykiem. W każdej organizacji bez względu na branżę oraz jej specyfikę realizowany jest, a właściwie powinien być realizowany proces zarządzania ryzykiem. Jednak istotne jest, aby w ramach organizacji konkretnie **ustalić zakres** swoich działań, biorąc przy tym pod uwagę: czas; miejsce; odpowiednie narzędzia i techniki oceny ryzyka; cele i decyzje, jakie należy podjąć oraz oczekiwania względem rezultatów z podjętych działań; wymagane zasoby i obowiązki, ale również korelacje z innymi procesami, działaniami czy projektami [68].

Z kolei **ustalenie kontekstu** (otoczenia) umożliwia zdefiniowanie celów poprzez wskazanie wewnętrznych i zewnętrznych parametrów, a zarazem jest informacją wyjściową dla pozostałych realizowanych procesów. Istotne jest, aby na tym etapie bardzo szczegółowo określić działania odnoszące się do konkretnego sposobu postępowania. Ustalając kontekst procesu

zarządzania ryzykiem należy zwrócić uwagę, aby odnosił się on do zdefiniowanych celów, ale również do zakresu, odpowiedzialności, skali podejmowanych działań [18]. Konieczne jest też uwzględnienie przyjętych metod oceny ryzyka, sposobów szacowania jego wyników oraz kryteriów.

Ustalenie kryteriów ryzyka jest znaczącym elementem procesu dla dokonania odpowiedniego ustalenia zakresu (podmiotowego i przedmiotowego), zastosowania narzędzi i technik realizowanego zadania oraz zgromadzonych dowodów podczas wykonywanych czynności. Brak kryteriów mógłby utrudnić, a nawet uniemożliwić dokonanie obiektywnej oceny okoliczności bądź stanu pozwalającego na stwierdzenie zaistniałego faktu. Dlatego należy pamiętać, że kryteria oceny muszą być: wiarygodne, zrozumiałe, kompletne, istotne dla danego procesu oraz obiektywne [61]. Kolejnym kluczowym etapem jest **ocena ryzyka**, która jest znacząca o ile niedecydująca dla procesu zarządzania ryzykiem. Identyfikacja zagrożeń, analiza oraz oszacowanie ryzyka w taki sposób, aby mogło być zmniejszone do akceptowanego poziomu to składowe tegoż etapu [99]. Ocena ryzyka jest procesem umożliwiającym pozyskanie najważniejszych informacji, które są kluczowe podczas podejmowania decyzji odnośnie metod zapewniających bezpieczeństwo. Powinna być przeprowadzana systematycznie i iteracyjnie oraz przez fachowców.

Ocena ryzyka jest procesem wymagającym przeprowadzenia dogłębnej analizy oraz wskazanie granic tego ryzyka. Oceny tej dokonuje się dla każdego zidentyfikowanego zagrożenia oddzielnie, a w przypadku wystąpienia różnych zagrożeń mogą być zastosowane różne metody lub narzędzia do oceny ryzyka. Zanim zostanie wybrana odpowiednia metoda bądź narzędzie należy się zastanowić czy mogą one być zastosowane dla rozpatrywanego zagrożenia, a ich zastosowanie pomogło osiągnąć zamierzony cel, czyli zmniejszyć lub wyeliminować zagrożenie. Należy wziąć pod uwagę na tym etapie nie tylko prawdopodobieństwo jego wystąpienia, ale także możliwość jego oddziaływania [52]. Istotne są również umiejętności, doświadczenie oraz preferencje wcześniej już wspomnianego wykonawcy.

Pierwszym krokiem etapu oceny ryzyka jest **identyfikacja ryzyka** (risk identification), która wymaga ciągłego działania. Jest to proces analityczny – poszukiwawczy, ponieważ wymaga znalezienia (wykrycia), rozpoznania i opisanie ryzyka, aby pomóc bądź zapobiec w osiągnięciu zamierzonego celu. Istotne jest, aby gruntownie przeanalizować potencjalne czynniki ryzyka (zdarzenia), które mogą doprowadzić do jego wystąpienia. Odpowiednie i aktualne

informacje są znaczące w identyfikacji. Organizacja do zarządzania ryzykiem powinna stosować odpowiednie techniki i narzędzia, które umożliwią jego identyfikację dostosowane do obszaru jej działalności. Z racji tego, iż nie istnieje jedna metoda identyfikacji ryzyka i aby w pełni można było je zidentyfikować niezbędne są aktualne i wiarygodne dane pozyskane z działalności organizacji. Pozyskiwanie tych danych powinno odbywać się poprzez osoby posiadające niezbędną wiedzę z zakresu obszaru badanego ryzyka [103]. Stąd też przedsiębiorca bazując na wiarygodnych danych uwzględniając charakter i wielkość organizacji oraz własne doświadczenie opracowuje swoje schematy ułatwiające rozpoznanie ryzyka [52]. W literaturze jest wiele technik i narzędzi identyfikacji ryzyka, wśród który znajdują się między innymi [68, 73]:

- lista kontrolna,
- metoda delficka,
- burza mózgów,
- analiza SWOT,
- analiza scenariuszowa,
- lista zdarzeń,
- analiza wewnętrzna,
- wizja lokalna,
- metoda Crawforda
- samoocena ryzyka,
- przegląd dokumentacji,
- wywiady,
- analiza procesów.

Analizę ryzyka (risk analysis) jest interpretowana, jako systematyczne stosowanie dostępnych informacji do zidentyfikowania zagrożenia, jak również do oszacowania ryzyka dotyczącego osób, populacji, mienia lub środowiska. W niektórych przypadkach precyzowana jest, jako probalistyczna analiza bezpieczeństwa i ryzyka, ilościowa analiza bezpieczeństwa i ryzyka [109]. Ryzyko jest nieodzownym „towarzyszem” na każdej płaszczyźnie działalności człowieka zaczynając od zdrowia poprzez bezpieczeństwo, gospodarkę, a kończąc na oddziaływaniu na środowisko.

Można również **analizę ryzyka** określić, jako proces charakteryzowania, zarządzania i informowania innych na temat istnienia, natury, wielkości, rozpowszechnienia, czynników przyczyniających się i niepewności potencjalnych strat [4]. Jest ona kolejnym krokiem w ocenie ryzyka, który pozwala na podjęcie decyzji, co do dalszego postępowania oraz wybranie najwłaściwszej metody postępowania z tym ryzykiem. Faza ta obejmuje wskazanie przyczyn i źródeł ryzyka, konsekwencji odnoszących się do pozytywnych i negatywnych następstw, prawdopodobieństwo ich występowania oraz istniejących mechanizmów kontroli, które wpływają na zmniejszenie ryzyka. Według normy analiza może być ilościowa, jakościowa, a także może stanowić kombinację tych technik w zależności od okoliczności i zastosowania. Czynniki, jakie powinny być uwzględnione w analizie ryzyka to:

- prawdopodobieństwo zdarzeń i konsekwencje,
- charakter i wielkość konsekwencji,
- złożoność i łączność,
- czynniki związane z czasem i niestabilność,
- skuteczność istniejących kontroli,
- czułość i poziomy ufności.

Z kolei obszar analizy ryzyka w transporcie powinien odnosić się do:

- czynnika ludzkiego,
- środka transport,
- infrastruktury transport,
- otoczenia,
- czynników zewnętrznych np. akty terrorystyczne, powodzie, trzęsienie ziemi itp.,
- badania wypadków [94].

Ilościowa analiza ryzyka jest metodą badawczą, w której określa się wartości liczbowe charakteryzujące analizowany obiekt badawczy bądź zjawisko. Najistotniejsze jest, aby w tej metodzie określić parametry opisujące ryzyko: prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka oraz wartość skutków zagrożenia powodującego ryzyko. Skutki w powyższej analizie mogą być określone przez ekstrapolację na podstawie wcześniej uzyskanych danych bądź przez ocenę wyników zdarzeń. Następstwa mogą być wyrażane w różnych kategoriach takich jak: zasoby ludzkie, pieniądze, operacyjnie, technicznie. Natomiast od dokładności wskazanych wartości oraz statycznej walidacji użytego modelu będzie zależała, jakość analizowanego ryzyka [63].

Metoda ilościowa ma jednak pewne ograniczenia odnoszące się między innymi do: konieczności gromadzenia informacji o zasobach i zabezpieczeniach; kalkulacji wykonywanych całościowo, które w końcowym efekcie mogą nie być zrozumiałe i będą interpretowane, jako tzw. czarna skrzynka; konieczności zastosowania zautomatyzowanych narzędzi lub aplikacji, ponieważ inaczej będzie niefunkcjonalna i nieskuteczna. Można także znaleźć pozytywne skutki zastosowania tej metody: proces szacowania oraz uzyskane wyniki są wiarygodne, dzięki czemu mogą być porównywalne; dostępność, poufność, integralność jest wyrażona w pieniądzech; wyniki szacowania ryzyka mają swój wymiar procentowy oraz finansowy [25]. Narzędziami wykorzystywanymi w metodzie ilościowej są:

- ankiety (przeprowadzane w celu wyznaczenia wielkości prawdopodobieństwa i skutków wystąpienia ryzyka),
- analiza wrażliwości (pozwala wyznaczyć ryzyka o największym wpływie na przebieg procesu lub jego funkcjonowanie),
- techniki symulacyjne: pozwalające na generowanie hipotez odnoszących się do prawdopodobieństwa zaistnienia określonego scenariusza warunków eksploatacyjnych i ochrony infrastruktury krytycznej,
- analiza drzew decyzyjnych (określa przebieg następstw i prawdopodobieństwo ich wystąpienia oraz koszty, zawiera wszystkie możliwe sekwencje zdarzeń, które mogą pojawić się w trakcie badanego procesu czy podczas osiągnięcia założonego celu w skali mikro i makroskopowej).

Metoda jakościowa jest oceną subiektywną pozwalającą na oszacowanie prawdopodobieństwa rozważanego zagrożenia oraz oszacowanie wielkości skutków, jakie mogą temu towarzyszyć. Zazwyczaj dokonuje się tej oceny w odniesieniu do podziału prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia, jako: wysokie, średnie, niskie oraz skali wartości skutków zdarzenia: duże, umiarkowane, niewielkie. Metoda ta pozwala na dokonywanie wszelkiego rodzaju modyfikacji, które w efekcie dają szybkie efekty w postaci wyników odnoszących się do zakresu identyfikacji zagrożeń i stosowanych zabezpieczeń. W powyższej metodzie w postaci opisowej prezentowane jest rozmaite ryzyko i prawdopodobne skutki jego wystąpienia. Metoda ta przeznaczona jest do analizy faktów, zjawisk oraz procesów, gdzie przy wykorzystaniu określonych wyrażen słownych są przedstawiane cele. Ponadto dla tychże celów określa się skalę wartości informacji np. nieistotna, niska, średnia, wysoka oraz bardzo wysoka

[79]. Podstawowymi narzędziami wykorzystywanym w tej metodzie do analizy ryzyka mogą być:

- listy prawdopodobieństwa i skutków ryzyka: stosuje się tutaj skale opisowe – np. bardzo wysokie, umiarkowane, niskie, bardzo niskie,
- macierze ryzyka: określenie przedziału prawdopodobieństwa dla określonego zadania, a w dalszej kolejności określane są skutki, jakie temu mogą towarzyszyć.

Kolejną metodą analizy ryzyka jest **metoda mieszana**, która jest połączeniem metody ilościowej i jakościowej. Obie te metody są poprawne do wyznaczania miary ryzyka jednak zastosowanie jest uzależnione od konkretnej sytuacji. Dlatego też wykorzystywane są do identyfikacji wszystkich obszarów ryzyka i skutków. Metody bazujące na scenariuszach w analizie jakościowej przy jednoczesnym zastosowaniu analizy ilościowej pozwalają określić koszty skutków wystąpienia ryzyka [96]. Dlatego należy pamiętać, iż te dwie metody wzajemnie się uzupełniają, a zarazem kreują pewną całość w procesie zarządzania ryzykiem.

Na tym etapie zdobyta wiedza pozwala na podjęcie decyzji o sposobie postępowania z ryzykiem względem doboru metody oraz wyboru strategii. Jednak należy pamiętać, iż na analizę ryzyka mogą mieć wpływ różne elementy takie, jak: jakość wykorzystywanych informacji, uprzedzenia, wszelkiego rodzaju ograniczenia technik oraz sposób ich wykonania, postrzeganie ryzyka, rozbieżność opinii, załączenia oraz wyłączenia. Dlatego istotne jest, aby ewentualny wpływ został rozpatrzony, a zarazem odnotowany i przekazany fachowcom, ponieważ podczas analizy trudne do oszacowania zdarzenie może przysporzyć problemów, co może doprowadzić do poważnych konsekwencji. Dokonując analizy, należy skupić się na ustaleniu następstw ryzyka i ich prawdopodobieństwie oraz aby sposób realizacji zaowocował w dane wejściowe do szacowania ryzyka (ewaluacji ryzyka) [18].

Szacowanie ryzyka (risk evaluation) jest kolejnym krokiem w zarządzaniu ryzykiem, w którym to należy dokonać porównania pomiędzy skutkami poszczególnych zagrożeń, a prawdopodobieństwem ich wystąpienia [105]. Porównanie na tym etapie wymaga dużej dokładności oraz rzetelności. Odnosząc uzyskane wyniki do przyjętych kryteriów akceptacji ryzyka otrzymujemy listę ryzyk (katalog ryzyk) od najbardziej znaczących do mniej istotnych, które są podstawą do podjęcia decyzji [104]. Oczekiwane ryzyko może mieścić się w granicach akceptacji lub tolerancji, bądź znajdować się poza tymi granicami. Ryzyko akceptowalne nie wymaga szczególnej codziennej uwagi, natomiast w przypadku ryzyka w granicach tolerancji

należy zwiększyć czujność i rozpocząć działania, których celem jest monitorowanie, kontrolowanie oraz wzmocnienie mechanizmów pozwalających na jego redukcję. Tolerancja nie równa się akceptacji istniejącego stanu rzeczy i wymaga reakcji. Przed rozpoczęciem działań należy dokonać oceny skuteczności monitoringu, wiarygodności informacji, kompetencji personelu, poprawności analizy możliwości wystąpienia strat bądź korzyści wynikających z wystąpienia ryzyka, przewidywanych nakładów oraz ekonomiczności realizowanego zadania. Każdy wzrost poziomu ryzyka będzie wymagał większej uwagi podczas przygotowania możliwych do wdrożenia środków zaradczych. Kluczowym kryterium jest skoncentrowanie się na sprowadzeniu ryzyka do akceptowalnego poziomu, lecz nie zawsze będzie to możliwe do zrealizowania. Mogą wystąpić sytuacje gdzie pojawią się czynniki usprawiedliwiające tolerancję ryzyka powyżej akceptowalnego poziomu takie jak:

- koszty: pracy nad ryzykiem i jego redukcją, ubezpieczeń i zabezpieczeń są nie adekwatne do uzyskanych korzyści,
- niesprecyzowane ryzyko, które nie mieści się w zakresie monitoringu,
- poziom ryzyka w niewielkim stopniu przekracza granice akceptacji, iż nie wymaga szczególnego postępowania,
- możliwości organizacji przekraczają potrzeby względem akceptowalnego ryzyka, ale pozwalają okresowo na zwiększenie ryzyka, aby wykorzystać sytuację dającą szansę organizacji.

Każde ryzyko należy sklasyfikować i porównać z jego wartościami tolerowanymi i akceptowanymi w ocenie ryzyka, a wcześniej przyjęte kryteria umożliwią precyzyjnie je zidentyfikować [18].

Dalsze kroki ze znanym ryzykiem powinny opierać się na wyborze jednej lub kilku opcji **postępowania** (postępowania z ryzykiem). Działania te polegają na cyklicznym powtarzaniu w określonym porządku następujących czynności:

- formułowanie i wybór opcji podejścia do ryzyka,
- planowanie i wdrażanie metod zarządzania ryzykiem,
- ocena skuteczności tego podejścia,
- podejmowanie decyzji, czy poziom ryzyka jest dopuszczalny,
- jeśli nie jest dopuszczalny to należy wprowadzić niezbędne działania korygujące [103].

Ostatnim zagadnieniem dotyczącym pojęcia ryzyka jest **monitoring i przegląd** będący procesem, który powinien być realizowany na każdym etapie procesu zarządzania ryzykiem i podlegać ciągłej obserwacji oraz okresowym przeglądom. Proces ten uwzględnia planowanie, gromadzenie i analizowanie informacji, rejestrowanie wyników i przekazywanie informacji zwrotnych. Wskazane jest również, aby już na etapie planowania jednoznacznie określić odpowiedzialność za realizowane działania oraz objęcie nim każdego zakresu zarządzania ryzykiem [103]. Poprzez monitoring rejestrujemy zaistniałe zmiany, lecz nie zapobiegamy zagrożeniom i nie ograniczamy ryzyka. Dzięki właściwemu monitorowaniu i kontroli ryzyka otrzymujemy informacje znaczące do podjęcia decyzji poprzedzających zaistnienie niekorzystnych zdarzeń. Uzyskane wyniki powinny być wykorzystywane do działań związanych z zarządzaniem wydajnością, pomiarami i raportowaniem w organizacji. Dlatego celem monitoringu i przeglądu jest stworzenie oraz zapewnienie warunków do poprawy, jakości i skuteczności projektowania, a tym samym udoskonalenie wybranych metod i narzędzi [18].

Analizując różne definicje ryzyka można zidentyfikować cztery zasadnicze konkluzje odnoszące się do jego natury [16]:

1. Ryzyko jest zjawiskiem niejednorodnym, przez co niemożliwe jest podanie jednej uniwersalnej i jednoznacznej jego definicji;
2. Występuje ono, w co najmniej dwóch różnych postaciach – obiektywnej i subiektywnej;
3. Ryzyko może być przedmiotem badań, w zależności od podejścia, może być traktowane, jako: niebezpieczeństwo, hazard, niepewność, prawdopodobieństwo wystąpienia określonego zjawiska lub zespołu zjawisk;
4. Ryzyko jest wreszcie czymś zmiennym i okresowym, czyli powinno być traktowane, jako proces zmienny, a nie stabilny.

Do przeprowadzenia analizy ryzyka motywacją są przede wszystkim skutki, jakie mogą wystąpić przy realizacji każdego projektu czy przedsięwzięcia. Przedsięwzięciem jest każda czynność, czy zadanie, realizacji jakiego można się podjąć.

Na potrzeby niniejszej pracy pod **pojęciem ryzyka** będą rozumiane straty finansowe spowodowane brakiem możliwości zrealizowania zlecenia transportowego spowodowanego różnymi czynnikami. Należy nadmienić, że w dalszych rozważaniach nie będą rozpatrywane zagadnienia wpływu transportu na środowisko naturalne.

1.3. Cel i zakres pracy

Modelowanie ryzyka w drogowym przewozie towarów jest zagadnieniem szerokim i zarazem trudnym do zrealizowania jak wynika z przedstawionego w pracy studium problemu. Obejmuje ono bardzo szeroki wachlarz zagadnień od czysto technicznych przez aspekt prawny po zagadnienia natury psychofizycznej człowieka. Stąd koniecznym jest skupienie się na wybranym fragmencie tych zagadnień, który można zdaniem autorki opisać modelem matematycznym. Model ten pozwoli na oszacowanie wartości ryzyka, na jakie może zostać narażony potencjalny przedsiębiorca podczas przewozu drogowego towarów. Takie podejście skłoniło autorkę do sformułowania następującego celu pracy:

Cel pracy:

Opracowanie uniwersalnego systemu oceny ryzyka zaistnienia wypadku lub strat finansowych bazującego na modelu do oceny ryzyka podczas przewozu towarów wykorzystującego metodę drzewa zdarzeń.

Do zrealizowania tak sformułowanego celu pracy niezbędnym było wykonanie zadań przedstawionych poniżej:

- Dokonać przeglądu metod oceny ryzyka i wybrać najbardziej odpowiadającą wymaganiom pracy;
- Określić i scharakteryzować bariery ochronne istotne z punktu widzenia procesu transportowego;
- Sprecyzować założenia wstępne do budowy modelu w oparciu o wymagania prawne i eksploatacyjne pojazdów, którymi odbywa się transport;
- Stworzyć model w oparciu o wybraną metodę oceny ryzyka oraz opisać go równaniami matematycznymi;
- Wykonać analizę poprawności działania na bazie dostępnych danych.

Tezy pracy

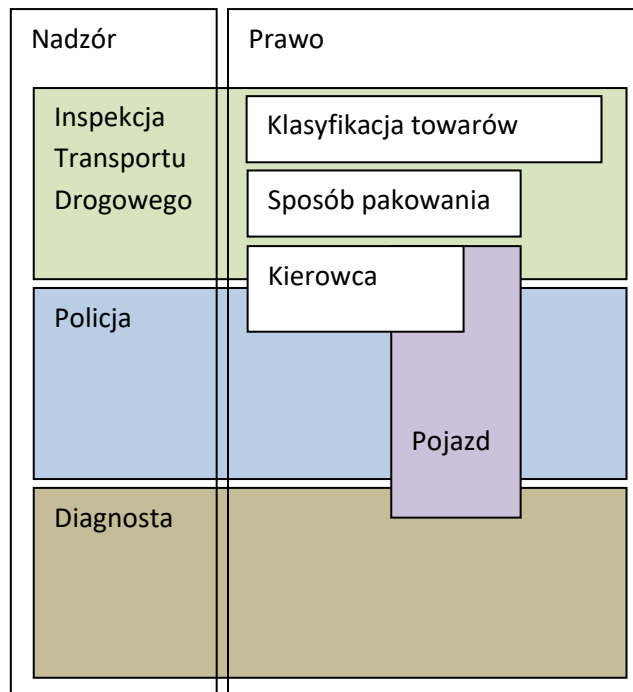
1. Zakres pozyskanych z różnych systemów i różnych instytucji danych umożliwia określenie prawdopodobieństwa zadziałania każdej z założonych barier ochronnych.

2. Możliwe jest zbudowanie modelu matematycznego pozwalającego na obliczenie wartości ryzyka poniesienia strat podczas przewozu drogowego towarów.
3. Bazując na stworzonym modelu możliwa jest ocena wpływu poszczególnych barier na wielkość ryzyka powstania strat.

1.4. Charakterystyka elementów systemu bezpieczeństwa w przewozie towarów

1.4.1. Schemat systemu

Istniejący system bezpieczeństwa oparty jest na powiązaniu przepisów prawnych dotyczących pojazdów mechanicznych, towarów nimi przewożonych oraz kierowców. W systemie tym uczestniczą również organy nadzoru jak Inspekcja Transportu Drogowego, Policja oraz diagnosty samochodowi. Związki pomiędzy poszczególnymi organami jak i przepisami prawnymi w schematyczny sposób pokazano na rysunku 1.2.



Rys.1.2. Schemat systemu bezpieczeństwa

Jak można zauważyć nadzór „fizyczny” z ramienia instytucji państwowych powierzony został trzem wymienionym wcześniej organom. Od strony prawnej natomiast zapisy dotyczące

konieczności kontrolowania stanu zarówno przewożonego ładunku jak i narzędzia wykorzystywanego do transportu oraz samego kierowcy zamieszczono w odpowiednich ustawach i rozporządzeniach. Poszczególne elementy tego systemu oraz ich zadania będą szerzej opisane w dalszej części pracy.

1.4.2. Obowiązki dot. organów kontrolujących podczas kontroli drogowej

Do przeprowadzania kontroli ruchu drogowego w Polsce uprawnionych jest kilka organów, których zakresy nieco różnią się między sobą. Do grupy uprawnionych do kontroli można zaliczyć między innymi: Policję, Inspekcję Transportu Drogowego, Żandarmerię Wojskową, Straż Graniczną, Służbę Celną, Straż Miejską, Straż Gminną, Straż Leśną, Straż Parku oraz osoby działające w imieniu zarządcy drogi. Na potrzeby pracy odniesiono się do dwóch pierwszych organów kontrolujących, ponieważ posiadają one więcej uprawnień niż pozostałe.

Policjanci mogą kontrolować ludzi oraz pojazdy. Czuwają nad bezpieczeństwem oraz porządkiem ruchu odbywającego się na drodze, ale również kierują ruchem i kontrolują go. Toteż ustawowo określone obowiązki policjanta ruchu drogowego wymagają od niego znajomości aktów prawnych, na podstawie, których dokonuje on kontroli stanu technicznego pojazdów. Uprawnienia policjanta wynikają z następujących aktów prawnych:

- Ustawa z dnia 20 czerwca 1997r. – Prawo o ruchu drogowym (Dz. U. z 2017r., poz. 1260, z późniejszymi zmianami);
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 11 grudnia 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz. U. z 2017 r. poz. 2338 z późniejszymi zmianami);
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 26 czerwca 2012 r. w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania badań technicznych pojazdów oraz wzorów dokumentów stosowanych przy tych badaniach (Dz. U. z 2015 r. poz. 776 z późniejszymi zmianami);
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 11 grudnia 2017 r. w sprawie rejestracji i oznaczania pojazdów oraz wymagań dla tablic rejestracyjnych (Dz. U. z 2017 r. poz. 2355 z późniejszymi zmianami).

Art. 129 Prawa o Ruchu Drogowym dokładnie precyzuje zakres uprawnień oraz podstawę do przeprowadzania kontroli ruchu drogowego przez policjanta. Do jego czynności należy:

- Legitymowanie uczestnika ruchu oraz wydawanie mu poleceń, co do sposobu korzystania z drogi bądź używania pojazdu;
- Sprawdzanie wymaganych dokumentów, których mowa w art. 38 oraz zezwoleń, o których mowa w art. 106 ust. 1 pkt 5 ustawy z dnia 5 stycznia 2011r. o kierujących pojazdami;
- Weryfikacja danych o pojeździe, również w centralnej ewidencji pojazdów:
 - wymaganie okazania dokumentu potwierdzającego prawo do użytkowania pojazdu, jeśli pojazd nie jest zarejestrowany na kierującego nim – zgodnie z art. 71 ust.5,
 - sprawdzenie zezwoleń, o których mowa w art. 64 ust. 1 pkt 1, lub wypisu z tego zezwolenia;
- Zbadanie, jeśli ma podejrzenie, iż kierowca bądź inne osoby są pod wpływem alkoholu lub innych środków działających podobnie;
- Sprawdzenie stanu technicznego, wyposażenia, ładunku, wymiarów, masy lub nacisków osi pojazdu znajdującego się na drodze;
- Sprawdzenie zapisów tachografów;
- Wydanie poleceń osobie powodującej utrudnienia w ruchu drogowym, albo odpowiedzialnej za ruch;
- Kontrolowanie uczestników ruchu podejrzanie zachowujących się;
- Uniemożliwić:
 - kierowania pojazdem osobie pod wpływem alkoholu lub środków podobnie działających,
 - korzystanie z pojazdu, którego stan techniczny, ładunek, masa, nacisk osi powoduje uszkodzenia drogi albo narusza wymagania ochrony środowiska,
 - korzystanie z pojazdu zarejestrowanego w kraju z poza państwa członkowskiego, jeśli kierujący nie okazał dokumentu potwierdzającego zawarcie umowy obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej posiadacza pojazdu lub dowodu opłacenia składki ubezpieczeniowej,
 - prowadzenie pojazdu osobie bez uprawnień do kierowania lub używania pojazdu;

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

- Używanie przyrządów kontrolno – pomiarowych, urządzeń rejestrujących, między innymi do określenia jego prędkości, masy, nacisku oraz stwierdzenia stanu trzeźwości kierującego;
- Kontrola przewozu drogowego towarów niebezpiecznych oraz wymagań z nim związanych;
- Używanie urządzeń nagłaśniających, sygnalizujących lub świetlnych, wykorzystywanych do wydawania poleceń uczestnikom ruchu;
- Występowanie w przypadkach uzasadnionych z wnioskiem o ocenę stanu zdrowia kierującego.

Kolejnym organem dokonującym kontroli jest Inspekcja Transportu Drogowego (ITD), która dba o bezpieczeństwo w ruchu, jak również o ochronę środowiska podczas wykonywania transportu drogowego. Do jej głównych zadań można zaliczyć sprawowanie: kontroli nad przestrzeganiem obowiązków lub warunków przewozu drogowego, nadzoru nad stosowaniem się do przepisów ruchu drogowego, kontroli nad przestrzeganiem wymagań dotyczących przewozu zwierząt, nadzoru nad prawidłowością uiszczania opłat elektronicznych wynikających z korzystania z dróg, kontroli nad rodzajem wykorzystywanego paliwa oraz dokumentów związanych z realizacją publicznego transportu zbiorowego. Inspektorzy są uprawnieni także do kontroli kierowców rażąco naruszających przepisy ruchu drogowego lub stwarzających zagrożenie w ruchu, ale również do tych, którzy wykonują przewóz drogowy zgodnie z ustawą o przewozie towarów niebezpiecznych.

Inspektor Transportu Drogowego przeprowadza kontrolę na podstawie następujących przepisów:

- Ustawa z dnia 20 czerwca 1997r. – Prawo o ruchu drogowym (Dz. U. z 2017r., poz. 1260, z późniejszymi zmianami);
- Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym (Dz. U. 2001, nr 125, poz. 1371, z późniejszymi zmianami);
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 lutego 2014 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać przyrządy do pomiaru prędkości pojazdów w ruchu drogowym, oraz szczegółowego zakresu badań i sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (Dz.U. z 2014 r. poz. 281 z późniejszymi zmianami).

Porównując prawa policjantów i inspektorów Inspekcji Transportu Drogowego można by było stwierdzić, iż są podobne. Inspektorzy są uprawnieni do:

- sprawdzania dokumentów,
- legitymowania osób i wydawania im prawidłowych sposobów postępowania,
- badania stanu technicznego pojazdów,
- badania stanu trzeźwości kierowców,
- sprawdzania zapisów urządzeń rejestrujących prędkość jazdy, czas pracy oraz obowiązkowe odpoczynki,
- używania przyrządów kontrolno – pomiarowych,
- zatrzymania w uzasadnionych przypadkach dokumentów np. prawo jazdy,
- kontroli przewozów towarów niebezpiecznych,
- pilotowania określonych grup pojazdów,
- kierowania ruchem drogowym,
- wystąpienia z wnioskiem o ocenę stanu kierowcy.

2. Model oceny ryzyka w przewozie drogowym

2.1. Metody oceny ryzyka stosowane w modelach

W dostępnej obecnie literaturze można zapoznać się z opisem wielu metod oceny ryzyka. Ich złożoność jest różna, zaczynając od prostej klasyfikacji, którą stworzono na podstawie oceny ryzyka z podziałem na wysokie, średnie i niskie poprzez metody opisowe, a kończąc na metodach polegających na złożonych obliczeniach. Chcąc dokonać wyboru odpowiedniej techniki oceny ryzyka można się również posłużyć Międzynarodową Normą ISO/IEC 31010:2019, która jest wprowadzeniem do wybranych technik, jak również pozwala na dokonanie porównania ich możliwości zastosowania. Zawarte są również tam korzyści oraz ograniczenia wynikające z zastosowania danej techniki [47]. Należy zwrócić uwagę, iż przeprowadzenie selekcji i wybór danej metody lub metod jest uzależnione od stopnia skomplikowania systemu transportowego, przy uwzględnieniu jak największej liczby czynników, które mogą mieć przypuszczalny wpływ na możliwość wystąpienia zdarzenia niepożądanego. Dlatego też, do najczęściej stosowanych metod oceny ryzyka w transporcie można zaliczyć [47]:

- PHA,
- WI,
- HAZOP,
- FMEA,
- ETA,
- FTA,
- HRA,
- CCA.

Poniżej pokrótce scharakteryzowano poszczególne metody.

Wstępna analiza zagrożeń PHA (ang. Preliminary Hazard Analysis): pozwala na jakościową ocenę ryzyka [29]. Skupia się na rozpoznawaniu potencjalnie niebezpiecznych sytuacji i przypadkowych zdarzeń, które mogą przyczynić się do powstania awarii czy też wypadku. Umożliwia ona również oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka. Metodę tę można wykorzystać na wszystkich etapach badań, konstruowania, budowania jak również eksploatacji. Jednak na etapie wstępnego projektu przeprowadzona ocena zagrożeń przy niewielkiej ilości informacji może być prekursorem do dalszych badań, co w konsekwencji może

przełożyć się na zaproponowanie działań i środków zapobiegawczych. W trakcie realizacji projektu mogą pojawić się nowe, nieprzewidziane czynniki, które mogą istotnie wpłynąć na bezpieczeństwo. Dlatego istotne byłoby przeprowadzenie dodatkowej analizy w przypadku już zastosowanych środków zaradczych w zależności od potrzeb realizowanych etapów celem skorygowania i aktualizowania zastosowanych środków.

Analiza ryzyka prowadzona metodą PHA uwzględnia następujące etapy:

- ustalenia początkowe (określenie celu i zakresu),
- zidentyfikowanie zagrożeń,
- oszacowanie ryzyka tzn. określenie prawdopodobieństwa wystąpienia szkody i dotkliwości skutków,
- kwalifikowanie ryzyka i procedury postępowania.

Metoda analizy „co – jeśli” bądź „co – gdy” **WI (ang. What – if Analysis)**: jest metodą jakościową i indukcyjną. Pozwala na stosowanie nieszablonowych sposobów testowania procesów lub operacji, która opiera się na metodzie burzy mózgów. Metoda ta wykorzystywana jest do ustalania przyczyn oraz warunków powstawania zagrożeń, gdzie doświadczony zespół fachowców rozpoczyna identyfikację sytuacji awaryjnej od zadania pytania „co się stanie, jeśli” bądź „co się stanie, gdy”. Zespół w trakcie dyskusji poszukując odpowiedzi na zadane pytania, które są rejestrowane może przewidzieć możliwe zakłócenia i przypuszczalne konsekwencje, a następnie rekomenduje środki zaradcze poprzez zaproponowanie potencjalnych metod redukcji zagrożeń. Metoda ta nadaje się do stosowania na etapie projektowania, użytkowania oraz zmian, i odnosi się do obiektów technicznych oraz człowieka. Badania są etapowe w tej metodzie i rozpoczynają się od szczegółowego zapoznania się z obiektem analizy przechodząc do identyfikacji zdarzeń inicjujących, a kończąc na analizie odpowiedzi na zaistniałe zdarzenia inicjujące [56, 8, 3].

Analiza zagrożeń i zdolności operacyjnych HAZOP (ang. Hazard and Operability Study): jest metodą znaną i wykorzystywaną od wielu lat do oceny ryzyka procesowego. Pozwala ona na szczegółową identyfikację potencjalnych zagrożeń, strat, problemów operacyjnych, jakie mogą się pojawić podczas działania systemu, jak również powstania odchyłeń zaistniałych w produkcji mogących mieć wpływ na wytwarzany element końcowy niezgodny z projektem. Dlatego dokonując systemowej identyfikacji odchyłeń w odniesieniu do założeń projektowych można określić potencjalnie niebezpieczne scenariusze awaryjne opisując

przyczyny i skutki. Charakterystyczną cechą tej metody są „sesje analityczne” podczas, których zespół ekspertów pod kierunkiem przewodniczącego dokonuje dokładnego i wnikliwego badania wszystkich znaczących elementów systemu. Przewodniczący prowadząc, a zarazem czuwając nad prawidłowym przebiegiem sesji umożliwia na pełne wykorzystanie potencjału oraz interdyscyplinarnej wiedzy zespołu, który ma na celu zidentyfikować zagrożenia i problemy mogące wywołać zdarzenie awaryjne oraz podjąć dalsze działania wprowadzając scenariusze redukujące ryzyko wystąpienia zdarzeń awaryjnych. Do identyfikowania odchyłeń wykorzystywane są tzw. „słowa kluczowe”, które są przypisane do badanych parametrów pomagając w wykryciu zdarzeń mogących zagrażać zdrowiu i życiu ludzi, jak również środowisku [29, 80, 82].

Analiza rodzajów i skutków niezdatności FMEA (ang. Failure Modes and Effect Analysis): jest przede wszystkim techniką jakościową, gdzie w sposób systematyczny identyfikowane są potencjalne wady procesów/produktów lub konsekwencje następstw pojedynczych składowych poszczególnych elementów niezdatności. Metoda ta zapewnia uporządkowane podejście do analizy przyczyn awarii, oceny uciążliwości lub wpływu (analizy skutków) oraz skuteczności strategii zapobiegania. W metodzie tej można w sposób nieustanny doskonalić strategię działania poprzez przeprowadzanie analiz kontrolnych na podstawie uzyskanych wyników badań, co pozwoli znaleźć nowe rozwiązania zaradcze, a w efekcie umożliwi wykluczenie źródeł problemu [49].

Analiza drzewa zdarzeń ETA (ang. Event Tree Analysis): jest metodą o charakterze indukcyjny, tworzoną z pomocą drzew zdarzeń podążających od przyczyny do skutków. Drzewa zdarzeń opisują losowy przebieg zdarzeń nadrzędnych, przedstawiając progresję zdarzeń od początkowego do końcowego zdarzenia, ze szczególnym uwzględnieniem momentów mających decydujące znaczenie dla stanu obiektu [8, 77]. Budując drzewa zdarzeń każdy z ich etapów ogólnych przyczyn zajść awarii powinien być określany tak szerokim zakresem, jak tylko jest to możliwe. Wyróżnia się dwie formy ETA: przedwypadkową i powypadkową. Przedwypadkową można wykorzystać do ustalenia zbiorów zdarzeń początkujących i oceny prawdopodobieństwa ich zajścia. Natomiast powypadkowa może służyć do analizy zaistniałych już awarii i identyfikacji niedoskonałości funkcjonalnej systemów bezpieczeństwa.

Metodyka analizy ETA składa się z następujących etapów [9]:

- identyfikacji zdarzenia inicjującego, które może doprowadzić do domniemanej awarii,

- identyfikacji funkcji bezpieczeństwa, przewidzianych do minimalizowania skutków zdarzenia inicjującego,
- konstrukcji drzewa zdarzeń,
- identyfikacji ciągów zdarzeń prowadzących do niepożądanych skutków,
- przygotowania dokumentacji.

Analiza drzewa niezdatności uszkodzeń FTA (ang. Fault Tree Analysis): nazywana jest również Analizą Drzewa Błędów lub Analizą Drzewa Uszkodzeń [59]. Analiza opiera się na ustaleniu powiązań pomiędzy zdarzeniami, a ich skutkami. Za pośrednictwem drzew błędów można zidentyfikować i przeanalizować czynniki, które mogą być przyczyną niepożądanych zdarzeń [49]. Analiza jest metodą dedukcyjną, w której zdarzenie jest określane niepożądanym oraz umożliwia znalezienie wszystkich krytycznych ścieżek prowadzących do tych zdarzeń. W metodzie tej następuje identyfikacja zdarzeń szczytowych lub zagrażających oraz określenie i przedstawienie w postaci logicznych drzew błędów wszystkich możliwych kombinacji pojedynczych uszkodzeń. Stosując technikę ilościową drzew błędów oraz dokonując oszacowania prawdopodobieństwa pojedynczych uszkodzeń można poprzez wykorzystanie odpowiedniego wyrażenia arytmetycznego otrzymać prawdopodobieństwo zdarzenia szczytowego. W rezultacie można w łatwy sposób oszacować wpływ zmian procesu oraz dobrać odpowiednie środki ochronne [74].

Składowe procedury drzewa błędów powinny zawierać między innymi:

- zdefiniowanie problemu oraz ograniczeń (określenie obszaru obiektu, dla którego dokonywana jest ocena ryzyka),
- określenie zdarzenia szczytowego,
- zbudowanie struktury drzewa błędów,
- minimalizację drzewa błędów,
- jakościową i ilościową analizę ryzyka.

Analiza błędów ludzkich HRA (ang. Human Reliability Analysis): nazywana również analizą niezawodności człowieka. Cechą charakterystyczną tej metody jest ocena wpływu błędów ludzkich na funkcjonowanie poszczególnych systemów, procesów oraz maszyn. Analiza poszczególnych czynników wpływających na bezpieczeństwo obiektów oraz zachowanie pracowników uwzględniająca środowisko pracy, charakterystykę personelu oraz zakres ich obowiązków i odpowiedzialności w sytuacjach awaryjnych umożliwia w sposób systematyczny

dokonanie oceny ryzyka. Ocena ta niezbędna jest do minimalizowania podatności systemów na uszkodzenia. Metoda HRA jest zbiorem metod umożliwiających identyfikację i analizę przyczyn zdarzeń spowodowanych działalnością człowieka [106]. Zakłada ona, że analiza błędów ludzkich oraz określenie prawdopodobieństw ich wystąpienia może w znacznym stopniu zmniejszyć ryzyko wystąpienia awarii [10, 69].

Metoda analizy przyczyn i skutków CCA (ang. Cause and Consequence Analysis): jest mieszanką metod o działaniu dedukcyjnym jak to ma miejsce w analizie drzew błędów (uszkodzeń) oraz działaniu indukcyjnym realizowanym w metodzie drzew zdarzeń. W metodzie o charakterze jakościowo – ilościowej niezbędna jest wiedza z zakresu systemów bezpieczeństwa oraz procedur postępowania w stanach awaryjnych aby dokonywać analizy zdarzeń gdzie w efekcie uzyskuje się drzewo (diagram) przyczyn i skutków. Dzięki temu drzewu jesteśmy w stanie prześledzić sekwencje wydarzeń przed i po zdarzeniu krytycznym. Przy czym to zdarzenie krytyczne może dotyczyć zarówno błędu człowieka jak i awarii systemu technicznego. Podczas budowy sekwencji wydarzeń należy uwzględnić wpływ zabezpieczeń oraz stosowanych funkcji bezpieczeństwa aby zapobiegać występowaniu zdarzenia krytycznego [47, 86].

Analizując przedstawione metody stwierdzono, iż najbardziej przydatną do realizacji założeń pracy jest metoda wykorzystująca drzewa zdarzeń – ETA w formie przed wypadkowej. Dzięki swojemu indukcyjnemu charakterowi umożliwia powiązanie oddziaływania istniejących systemów bezpieczeństwa z obiektami badanymi czyli pojazdami ciężarowymi oraz osobami uczestniczącymi w całym procesie transportowym. Pozwoli ona na zidentyfikowanie niedoskonałości istniejącego systemu kontroli pojazdów oraz wskaże prawdopodobieństwo występowania różnych sekwencji zdarzeń. W kolejnych rozdziałach scharakteryzowano poszczególne obszary drzewa zdarzeń oraz warunki początkowe. Takie działanie jest niezbędne do stworzenia modelu bazującego na analizie ETA.

2.2. Warunki początkowe

Wybrana do zastosowania w pracy metoda drzewa zdarzeń jest graficznym przedstawieniem chronologicznego ciągu zdarzeń istotnych ze względu na funkcjonowanie obiektu, występujących po wybranym zdarzeniu inicjującym ten ciąg. Istotnym jest, więc prawidłowe odwzorowanie możliwych scenariuszy zdarzeń, które będą uwzględniały ciągi zdarzeń niepożądanych dla określonych zdarzeń inicjujących. Poszczególne zdarzenia

elementarne na potrzeby pracy będą stanowiły bariery ochronne. Do poprawnej analizy niezbędnym jest również określenie ograniczeń działania modelu, które będą określały środowisko występowania rozpatrywanych zjawisk.

2.2.1. Bariery ochronne

Bariery ochronne stanowią istotny element identyfikacji funkcji bezpieczeństwa przewidzianych do powstrzymania lub spowolnienia rozwoju stanu awaryjnego oraz ograniczania jego skutków. Stąd określono 8 istotnych z punktu widzenia systemu barier, którymi są:

- kierowca, który zauważył usterkę,
- kierowca zgłosił usterkę dyspozytorowi,
- dyspozytor podejmuje działanie poprzez skierowanie pojazdu do warsztatu,
- diagnosta który podczas OBT/DBT (okresowe badanie techniczne/dodatkowe badanie techniczne) wykrywa usterkę,
- mechanik/diagnosta podczas przeglądu pojazdu zauważa usterkę,
- zatrzymanie pojazdu do kontroli przez Policję lub ITD,
- funkcjonariusz Policji podczas kontroli wykrywa usterkę,
- funkcjonariusz ITD podczas kontroli wykrywa usterkę.

Jak można zauważyć większość funkcji bezpieczeństwa opiera się na działaniu człowieka i jego możliwościach, a w szczególności na kierowcy, który najdłużej kontaktuje się z pojazdem. Kierowca bazuje na swoim doświadczeniu i wiedzy zdobytej podczas szkoleń, podobnie jest z diagnostą, który dodatkowo opiera się na formalnie zapisanych procedurach postępowania zawartych w krajowych i międzynarodowych aktach prawnych. Policjanci i inspektorzy ITD również bazują na swoim doświadczeniu i formalnych procedurach postępowania.

2.2.2. Zdarzenia inicjujące

Wskazane w rozdziale wcześniejszym bariery pełniące funkcje bezpieczeństwa mają zapobiegać lub minimalizować starty spowodowane zdarzeniem początkowym, czyli inicjującym. Takim zdarzeniem, które rozpoczyna cały proces podczas przewozu może być jedno z zagadnień ujednoczonych przez raporty GITD (Główniej Inspekcji Transportu Drogowego). Zdarzenia te można podzielić na pięć głównych grup związanych ze stanem technicznym pojazdu, brakami w dokumentacji przewozowej, naruszeniami ITD (Inspekcja Transportu

Drogowego), operacjami transportowymi oraz zmęczeniem kierowców. Poniżej przedstawiono te grupy zdarzeń.

1. Ze względu na stan techniczny:

- niezdatność układu hamulcowego,
- niezdatność układu kierowniczego,
- brak zapewnienia dostatecznej widoczności,
- niezdatność urządzeń oświetleniowych pojazdu i układu elektrycznego,
- niezdatności związane z kołami, osiami, oponami oraz zawieszeniem,
- niezdatności podwozia oraz elementów do niego przymocowanych,
- niezdatność innego wyposażenia jak np. tachografu czy ogranicznika prędkości,
- nadmierna uciążliwość dla środowiska: hałas, spaliny, wycieki płynów eksploatacyjnych.

2. Ze względu na braki w dokumentacji przewozowej:

- braki lub błędy w dokumentach przewozowych.

3. Naruszenia ITD:

- prowadzenie pojazdu z naruszeniem czasu pracy,
- naruszenie przepisów o tachografie.

4. Związane z operacjami transportowymi:

- naruszenie szczelności jednostki transportowej,
- naruszenia związane ze sposobem przewozu,
- niewłaściwe ładunek i pakowanie,
- nieprawidłowy załadunek i zamocowanie,
- niewłaściwe opakowanie,
- błędne oznakowanie,
- niewłaściwe wyposażenie lub jego brak,
- inne usterki.

5. Zaśnięcie za kierownicą.

Ze względu na bardzo obszerny zakres zagadnień, który jest związany z każdą grupą dokonano wyboru tylko jednej. W dalszej części pracy skupiono się na aspekcie technicznym przewozu towarów ze względu na jego bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo wszystkich

uczestników ruchu drogowego. Tak więc zdarzeniem inicjującym będzie jedna z usterek wymienionych w grupie stanu technicznego. Dane zaczerpnięte do dalszych rozważań zostały pozyskane z różnych źródeł oraz dotyczą całej grupy pojazdów ciężarowych wykorzystywanych w drogowym transporcie towarów.

2.2.3. Założenia wstępne

Duże znaczenie dla działania modelu ma poprawne zidentyfikowanie środowiska, w jakim ma on działać stąd wymagane jest wskazanie założeń wstępnych opisujących zachowanie się obiektu badań w założonym środowisku.

Założenia wstępne determinujące poprawne działanie modelu:

1. Kierowca nie podejmuje działań na własną rękę. Założenie to wynika z faktu, iż kierowcy pracują dla przedsiębiorcy, który musi być informowany o wszelkiego rodzaju awariach czy problemach z przewożonym towarem i tylko, i wyłącznie za zgodą uprawnionego dyspozytora może on podejmować działania zaradcze, aby niepotrzebnie nie generować strat.
2. Kierowca zgłasza usterki techniczne pojazdu doradcy technicznemu, a związane z przewożonym towarem dyspozytorowi. Taka sytuacja ma miejsce w dużych przedsiębiorstwach gdzie istnieje podział na zakres odpowiedzialności za pojazd i przewożony ładunek.
3. Pojazd raz w roku poddawany jest okresowemu badaniu technicznemu w Okręgowej Stacji Kontroli Pojazdów (OSKP). Zgodnie z Ustawą Prawo o Ruchu Drogowym każdy właściciel pojazdu poruszającego się po drogach Rzeczypospolitej Polskiej (RP) zobowiązany jest przedstawić go do badania technicznego zgodnego z jego przeznaczeniem.
4. Pojazd raz w roku podlega przeglądowi okresowemu w warsztacie (wymian oleju, przegląd okresowy, itd.) Pojazdy pokonują duże dystanse w różnych warunkach eksploatacyjnych, więc aby zapewnić im bezawaryjną pracę wymagane są coroczne przeglądy. Wymóg ten wymuszony jest również przez zobowiązania gwarancyjne w przypadku nowych samochodów.

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

5. Prawdopodobieństwo zajścia określonej sekwencji zdarzeń może wystąpić w ramach jednego analizowanego okresu czasu i będzie to okres jednego roku kalendarzowego. Taki zakres czasu wymuszony jest dostępnymi statystykami organów kontrolujących.

2.3. Model - schemat działania

Model zbudowano w oparciu o metodę ETA uwzględniając w nim najważniejsze zdaniem autorki systemy kontroli, z którymi może spotkać się w trakcie procesu eksploatacji pojazd ciężarowy. Uwzględnia on dziewięć barier i daje możliwość wskazania dwudziestu ośmiu sekwencji przebiegu zdarzeń. Drzewo zdarzeń opisujące wybrane zagadnienia przedstawiono na rys. 2.1.

Zdarzenie inicjujące	Kierowca zauważa usterkę	Kierowca zgłosił usterkę	Dyspozytor podejmuje działanie	Diagnosta podczas OB/DBT zauważył usterkę	Diagnosta/mechanik w warsztacie zauważył usterkę	Pojazd zatrzymano do kontroli ITD.	ITD Podczas kontroli wykryła usterkę	Pojazd zatrzymano do kontroli Policja	Policja podczas kontroli wykryła usterkę	Wynik sekwencji zdarzeń
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
			tak qC							S1
				tak qD						S2
		tak qB			tak qE					S3
			nie (1 - qC)				tak qG			S4
				nie (1 - qD)		tak qF			tak qI	S5
							nie (1 - qG)	tak qH	nie (1 - qI)	S6
	tak qA				nie (1 - qE)			nie (1 - qH)		S7
									tak qI	S8
								tak qH		S9
						nie (1 - qF)		nie (1 - qH)	nie (1 - qI)	S10
				tak qD						S11
					tak qE					S12
		nie (1 - qB)					tak qG			S13
0				nie (1 - qD)		tak qF			tak qI	S14
							nie (1 - qG)	tak qH	nie (1 - qI)	S15
					nie (1 - qE)			nie (1 - qH)		S16
									tak qI	S17
								tak qH		S18
						nie (1 - qF)		nie (1 - qI)		S19
								nie (1 - qH)		S20
				tak qD						S21
	nie (1 - qA)				tak qE					S22
				nie (1 - qD)		tak qF			tak qI	S23
							nie (1 - qG)	tak qH	nie (1 - qI)	S24
					nie (1 - qE)			nie (1 - qH)		S25
									tak qI	S26
								tak qH		S27
						nie (1 - qF)		nie (1 - qI)		S28
								nie (1 - qH)		S28

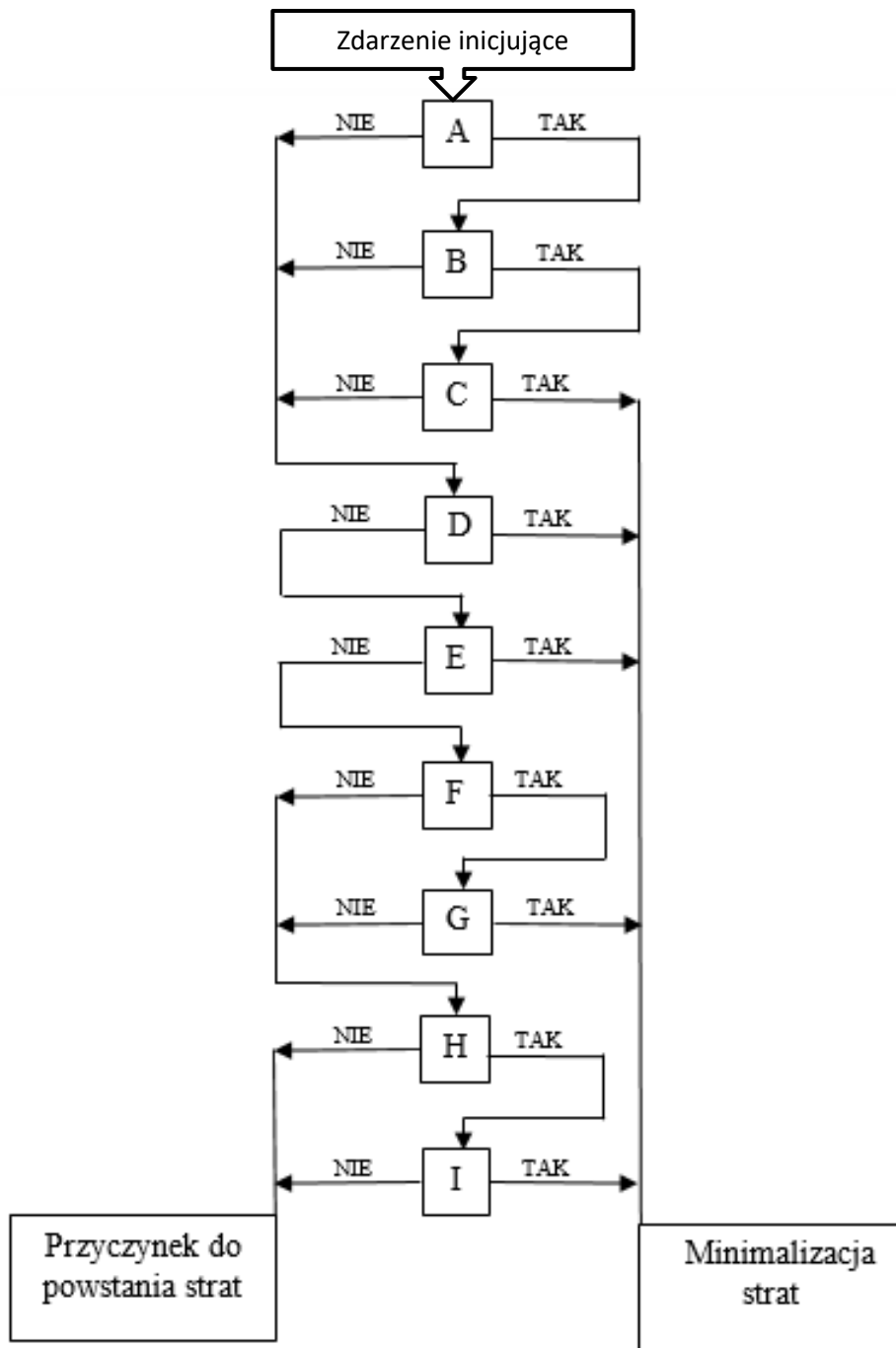
Rys. 2.1. Drzewo zdarzeń dla analizowanego systemu

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

Działanie modelu opiera się na analizie możliwych scenariuszy przejścia przez poszczególne bariery ochronne oznaczone na rysunku 2.2 literami od A do I dla określonego na samym początku zdarzenia inicjującego. Poszczególne bariery mają spełniać funkcje ostrzegawczo - kontrolną.

Oznaczenia poszczególnych liter stosowanych do opisu schematu są następujące:

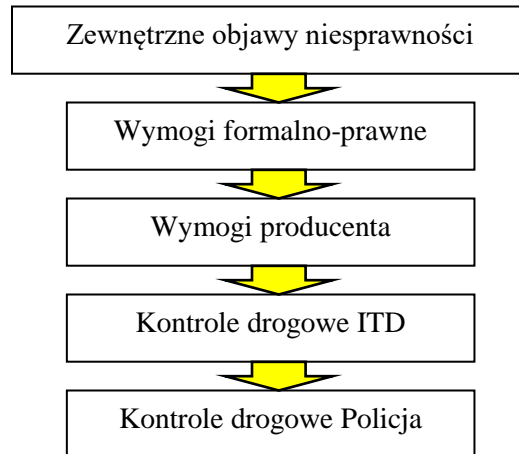
- A – wystąpienie (pojawienie się) usterki, którą kierowca jest w stanie zauważyć,
- B – kierowca zgłosił usterkę dyspozytorowi,
- C – dyspozytor podejmuje działanie poprzez skierowanie do warsztatu,
- D – diagnosta podczas OBT wykrywa usterkę,
- E – mechanik/diagnosta zauważa usterkę,
- F – pojazd zatrzymano do kontroli przez ITD,
- G – inspektor ITD podczas kontroli wykrywa usterkę,
- H – pojazd zatrzymano do kontroli przez Policję,
- I – funkcjonariusz Policji podczas kontroli wykrywa usterkę.



Rys. 2.2. Schemat działania modelu oceny ryzyka, oznaczenia opisano w tekście

Przejście przez poszczególne bariery może odbyć się w dwojaki sposób jak pokazano na schemacie z rysunku 2.2. Zastosowano na nim opis „TAK” lub „NIE”, gdzie „TAK” oznacza wynik powodujący minimalizację strat, czyli prawdopodobieństwo ich wystąpienia równe q natomiast „NIE” jest przyczynkiem do ich powstania gdzie wartość prawdopodobieństwa określono, jako $1 - q$. Stosując wyżej określone zasady, działanie modelu kończy się na

określeniu prawdopodobieństwa wystąpienia danej sekwencji zdarzeń oraz strat spowodowanych danym zdarzeniem inicjującym. Matematyczny opis poszczególnych sekwencji zostanie przedstawiony w rozdziale 2.4.



Rys. 2.3. Schemat kolejności zastosowanych barier w modelu

Kolejność występowania poszczególnych barier ustawiono kierując się logicznymi przesłankami. Są one podyktowane zależnościami pokazanymi na rysunku 2.3 czyli rozpocząć należy od rozpoznania zewnętrznych objawów niesprawności następnie należy uwzględnić wymogi formalno-prawne związane z użytkowanymi pojazdami oraz wymogami producenta, a zakończyć możliwymi kontrolami drogowymi. Analizę rozpoczyna zdarzenie inicjujące z określonym prawdopodobieństwem wystąpienia usterki w jednym z badanych układów. Kolejną barierą jest sam kierowca, ponieważ to on jako pierwszy może zauważyć objawy nieprawidłowej pracy układu i na nie zareagować. Może on właściwie zinterpretować usterkę lub ją zbagatelizować oraz zgłosić dyspozytorowi jej wystąpienie lub nie. Właśnie to czy kierowca przekaze dalej informację stanowi kolejną logiczną barierę. Ostatnim ogniwem pozwalającym zażegnać niebezpieczeństwo powstania strat na skutek awarii pojazdu na trasie jest dyspozytor, od którego decyzji zależy dalszy rozwój zdarzeń. Kolejna bariera formalno – prawna wynika z wymogu przechodzenia corocznych okresowych badań technicznych przez eksploatowane pojazdy. Diagnosta na stacji kontroli pojazdów może w porę wykryć niesprawność i skierować pojazd do naprawy. Równie istotną barierą, bez wymogu prawnego konieczności jej spełnienia, jest wizyta na okresowym przeglądzie pojazdu w autoryzowanym warsztacie zalecana przez producenta. Ze względu na brak obligatoryjnego wymogu ustawiono tę barierę za badaniem technicznym pojazdu. Kolejnymi barierami są kontrole drogowe realizowane przez ITD oraz

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

Policję. Kolejność ich występowania w modelu jest podyktowana częstością realizowanych kontroli drogowych. Analizując statystyki pokazane w kolejnych rozdziałach ITD przeprowadza kontrole trzy razy częściej niż Policja stąd występuje ona w modelu, jako pierwsza.

Wracając do modelu to znając prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń niepożądanych (maksymalizacje strat) na poszczególnych barierach można wskazać sekwencję najbardziej pożądaną i niepożądaną. Aby można było analizować zachowanie modelu dla różnych parametrów stworzono bazując na równaniach przedstawionych w rozdziale 2.4. oraz ogólnie dostępnym oprogramowaniu Microsoft Excel automatyczne procedury liczące. Wprowadzając prawdopodobieństwa zadziałania poszczególnych barier i zdarzenia inicjującego program wylicza numer sekwencji zdarzeń o największym i najmniejszym prawdopodobieństwie wystąpienia oraz podaje wartość ryzyka w postaci strat finansowych dla sekwencji o najwyższym prawdopodobieństwie (jeżeli podana zostanie wartość transportu). Okno do wprowadzania danych pokazano na rys. 2.4.

Wartość transportu:		100 000,00 zł
Bariera ochronna	Prawdop.	
Kierowca zauważyła usterkę	0,2662	
Kierowca zgłosił usterkę	0,9524	
Dyspozytor podejmuje działanie	0,8000	
Diagnosta podczas OBT/DBT zauważył usterkę	0,0269	
Diagnosta/mechanik w warsztacie zauważył usterkę	0,1502	
Pojazd zatrzymano do kontroli przez ITD.	0,0687	
Inspektor ITD podczas kontroli wykrył usterkę	0,0356	
Pojazd zatrzymano do kontroli przez Policję	0,0083	
Funkcjonariusz Policji podczas kontroli wykrył usterkę	0,0273	
Prawdopodobieństwo wystąpienia danego scenariusza		
nr sekwencji o największym prawdopodobieństwie wystąpienia	28	0,56043058
nr sekwencji najmniej prawdopodobnej	14	0,00000016
Wartość potencjalnego ryzyka:	56 043,06 zł	

Rys. 2.4. Okno dialogowe do wprowadzania danych

2.4. Opis matematyczny poszczególnych scenariuszy

Poszczególne scenariusze zdarzeń oznaczono na schemacie jak S1 do S28 i każdemu z nich przyporządkowano osobne równanie opisujące możliwy do zaistnienia ciąg zdarzeń. Posługując się prawdopodobieństwem wystąpienia poszczególnych zdarzeń elementarnych można określić prawdopodobieństwo wystąpienia danej sekwencji zdarzeń. Uzyskuje się to poprzez wymnożenie poszczególnych prawdopodobieństw w scenariuszach. Stosując $q^{(x)}$ jako wartość prawdopodobieństwa, a indeks x jako kolejny scenariusz, równania można zapisać w następujący sposób:

$$q^{(S1)} = q(A) \cdot q(B) \cdot q(C)$$

$$q^{(S2)} = q(A) \cdot q(B) \cdot (1 - q(C)) \cdot q(D)$$

$$q^{(S3)} = q(A) \cdot q(B) \cdot (1 - q(C)) \cdot (1 - q(D)) \cdot q(E)$$

$$q^{(S4)} = q(A) \cdot q(B) \cdot (1 - q(C)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot q(F) \cdot q(G)$$

$$q^{(S5)} = q(A) \cdot q(B) \cdot (1 - q(C)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot q(F) \cdot (1 - q(G)) \cdot q(H) \cdot q(I)$$

$$q^{(S6)} = q(A) \cdot q(B) \cdot (1 - q(C)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot q(F) \cdot (1 - q(G)) \cdot q(H) \cdot (1 - q(I))$$

$$q^{(S7)} = q(A) \cdot q(B) \cdot (1 - q(C)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot q(F) \cdot (1 - q(G)) \cdot (1 - q(H))$$

$$q^{(S8)} = q(A) \cdot q(B) \cdot (1 - q(C)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot (1 - q(F)) \cdot q(H) \cdot q(I)$$

$$q^{(S9)} = q(A) \cdot q(B) \cdot (1 - q(C)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot (1 - q(F)) \cdot q(H) \cdot (1 - q(I))$$

$$q^{(S10)} = q(A) \cdot q(B) \cdot (1 - q(C)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot (1 - q(F)) \cdot (1 - q(H))$$

$$q^{(S11)} = q(A) \cdot (1 - q(B)) \cdot q(D)$$

$$q^{(S12)} = q(A) \cdot (1 - q(B)) \cdot (1 - q(D)) \cdot q(E)$$

$$q^{(S13)} = q(A) \cdot (1 - q(B)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot q(F) \cdot q(G)$$

$$q^{(S14)} = q(A) \cdot (1 - q(B)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot q(F) \cdot (1 - q(G)) \cdot q(H) \cdot q(I)$$

$$q^{(S15)} = q(A) \cdot (1 - q(B)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot q(F) \cdot (1 - q(G)) \cdot q(H) \cdot (1 - q(I))$$

$$q^{(S16)} = q(A) \cdot (1 - q(B)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot q(F) \cdot (1 - q(G)) \cdot (1 - q(H))$$

$$q^{(S17)} = q(A) \cdot (1 - q(B)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot (1 - q(F)) \cdot q(H) \cdot q(I)$$

$$q^{(S18)} = q(A) \cdot (1 - q(B)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot (1 - q(F)) \cdot q(H) \cdot (1 - q(I))$$

$$q^{(S19)} = q(A) \cdot (1 - q(B)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot (1 - q(F)) \cdot (1 - q(H))$$

$$q^{(S20)} = (1 - q(A)) \cdot q(D)$$

$$q^{(S21)} = (1 - q(A)) \cdot (1 - q(D)) \cdot q(E)$$

$$q^{(S22)} = (1 - q(A)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot q(F) \cdot q(G)$$

$$q^{(S23)} = (1 - q(A)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot q(F) \cdot (1 - q(G)) \cdot q(H) \cdot q(I)$$

$$q^{(S24)} = (1 - q(A)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot q(F) \cdot (1 - q(G)) \cdot q(H) \cdot (1 - q(I))$$

$$q^{(S25)} = (1 - q(A)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot q(F) \cdot (1 - q(G)) \cdot (1 - q(H))$$

$$q^{(S26)} = (1 - q(A)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot (1 - q(F)) \cdot q(H) \cdot q(I)$$

$$q^{(S27)} = (1 - q(A)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot (1 - q(F)) \cdot q(H) \cdot (1 - q(I))$$

$$q^{(S28)} = (1 - q(A)) \cdot (1 - q(D)) \cdot (1 - q(E)) \cdot (1 - q(F)) \cdot (1 - q(H))$$

Wartość ryzyka Z można określić, jako iloczyn prawdopodobieństwa wystąpienia danego scenariusza wyliczonego powyżej i wielkości nakładów finansowych na przewóz konkretnego towaru [94].

2.5. Metody pozyskiwania danych niezbędnych do działania modelu

Metody pozyskiwania danych na poszczególnych barierach zostaną opisane w następujących rozdziałach. Do weryfikacji poprawności działania modelu niezbędnym jest posiadanie wartości prawdopodobieństwa występowania poszczególnych zdarzeń na barierach ochronnych. Oznacza to, że należy wykazać, w jaki sposób uzyskano wartości współczynników pozwalających na wyliczenie ostatecznej wartości ryzyka. Na wstępie w celu ograniczenia zakresu pracy postanowiono, iż badaniom podlegać będzie układ hamulcowy. Jest on jednym z ważniejszych układów mających bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ruchu pojazdu ciężarowego. Odpowiada on za sprawne i pewne zatrzymanie pojazdu często obciążonego do dopuszczalnych wartości masy całkowitej. Wymagane kryteria jego oceny jak i podstawowe parametry jego pracy są ogólnie zdefiniowane, dzięki czemu można je stosować do każdego pojazdu.

Utrzymanie pojazdu w stanie spełniającym wymogi prawne polskie i europejskie oraz wymogi bezpieczeństwa jest istotne dla użytkowników drogi. Aby zweryfikować stan techniczny pojazdu należy przeprowadzać kontrole okresowe w stacjach kontroli pojazdów (SKP), przeglądy serwisowe w warsztatach autoryzowanych lub/i niezależnych. Powyższe kontrole są

przeprowadzane w regularnych odstępach czasowych. Końcowy wynik (pozytywny lub negatywny) świadczący o stanie pojazdu, który jest określany przez diagnostę na stacji kontroli pojazdów i pozostaje w jej bazie, ale również jest przesyłany do CEPIK (centralnej ewidencji pojazdów i kierowców). Sprawdzenia stanu technicznego pojazdu można dokonać podczas przeglądu serwisowego w warsztatach. Pojazd będący na gwarancji pojawiają się z reguły regularnie na przeglądach, natomiast różnie to bywa po tym okresie. Nie ma jednak żadnych dostępnych zapisów czy też publikacji, w których można by znaleźć dane odnoszące się do stanu technicznego z podziałem na układy i podukłady oraz kategorie pojazdów. Poza terminowymi kontrolami stanu technicznego pojazdów zgodnie z prawem Unii Europejskiej (UE) mogą być również przeprowadzane niezapowiedziane kontrole drogowe pojazdów niezależnie od tego czy pojazd jest zarejestrowany w UE przez organy kontrolujące takie jak – Policja czy Inspekcja Transportu Drogowego. Obie te instytucje dokonują sprawdzeń w tym samym zakresie. Pierwszy organ kontrolujący na swoich stronach zamieszcza raporty roczne wypadków drogowych odnosząc się do przyczyn i sprawców wypadków, gdzie jako jeden z powodów podaje niesprawność techniczną pojazdu lecz bez podziału na kategorie [53]. Z kolei drugi organ nie posiada dostępnych statystyk odnoszących się do ilości skontrolowanych pojazdów, a tym bardziej do stanu technicznego pojazdów. Aby uzyskać dokładniejsze dane skierowano się do w/w organów kontrolujących na drodze. Jednak otrzymane dane nie posiadały jednoznacznego odniesienia do kategorii pojazdu, dokonanych sprawdzeń oraz wykrytych usterek. Kontrole pojazdów są oczywiście regulowane przepisami UE gdzie są określone standardy kontroli drogowych [22]. Każdy z krajów będących w UE ma obowiązek przysyłać dane do Komisji Europejskiej gdzie Dyrekcja Generalna do spraw Mobilności i Transportu sporządza sprawozdania, które są powszechnie dostępne [46]. Brakuje jednak w nich powiązania pomiędzy kategoriami pojazdów, a wykrytymi usterkami. Wprowadzając drobne modyfikacje w zakresie gromadzenia danych pozwoliłoby to dokładniej ocenić, w której kategorii pojazdów występują jakie usterek.

Dokonując harmonizacji danych z SKP, warsztatów autoryzowanych lub niezależnych oraz organów kontrolujących stan technicznych na drogach można by dokonać rozważań w zakresie wymogów dotyczących konserwacji pojazdów oraz ich zdolności do ruchu drogowego.

2.5.1. Kierowca zauważa usterkę (A)

Kierowca w całym systemie bezpieczeństwa stanowi bardzo ważne ogniwo stąd jak wspomniano wcześniej występuje on, jako pierwsza z barier. Chcąc określić prawdopodobieństwo wykrycia przez niego usterki pojazdu należy prześledzić zakres jego obowiązków oraz przepisy prawne z tym związane.

W 1964 roku weszło w życie zarządzenie Ministra Komunikacji w sprawie planowo – zapobiegawczej obsługi technicznej i naprawy pojazdów samochodowych i przyczep, w którym to w pierwszym rozdziale określono między innymi użytkowników w odniesieniu do instytucji, których obowiązywały przepisy, rodzaje obsługi technicznych i naprawy oraz osoby odpowiedzialne za wykonanie obsługi i napraw. Dokonano w nim również podziału rodzajów obsługi technicznych i napraw na: obsługę codzienną, obsługę okresową, obsługę w okresie docierania, naprawę bieżącą oraz naprawę główną. Wszystkie wymienione rodzaje obsługi i napraw miały na celu dbałość o stan techniczny pojazdu. Do zarządzenia był dołączony załącznik numer 1, w którym z kolei zamieszczono wykaz czynności, jakie należało dokonać podczas wykonywania obsługi bądź naprawy pojazdu samochodowego. Kierowcy poza innymi czynnościami obsługi codziennej byli zobowiązani do dokonywania czynności przeglądowo – kontrolnych w drodze na zewnątrz pojazdu w skład, których wchodziło między innymi sprawdzenie:

- szczelności układu zasilania, smarowania, hamulców i chłodzenia,
- stanu piór resorowych i ich zawieszenia, zamocowania tłumika, amortyzatorów, koła zapasowego,
- połączeń drążków kierowniczych, przegubów wałów napędowych i cięgieł hamulcowych,
- stanu nadwozia i uchwytów mocujących nadwozie [107].

Jednak w roku 1973 z nieznanymi przyczynami uchylono powyższe zarządzenie, które określało zakres czynności kierowcy i przy rzetelnym przeglądzie stanu technicznego pojazdu pozwalało na zminimalizowanie zaistnienia zdarzenia niepożądanego, jakie mogło zaistnieć podczas realizacji przydzielonego transportu [108]. Z kolei w 2004 roku, po wejściu Polski do Unii Europejskiej niezbędne było dostosowanie się do przepisów unijnych uchwalonych przez Parlament oraz Radę Unii Europejskiej w zakresie czasu pracy kierowcy [20, 21, 88, 89]. Dodatkowo zastosowanie mają również przepisy europejskie międzynarodowego przewozu

drogowego (AETR) w odniesieniu do pracy załóg pojazdów, które zostały sporządzone w Genewie dnia 1 lipca 1970 r. oraz wprowadzone w 1999 roku w Polsce [101].

W ustawie o czasie pracy kierowcy obowiązującej, jako główny akt polskiego prawa w rozdziale drugim art. 6 pkt 1 ppkt 5 (wraz z uwzględnieniem późniejszych zmian) zawarto zapis, iż kierowca zatrudniony na podstawie stosunku pracy powinien dokonać obsługi codziennej pojazdów i przyczep [102]. Zapis jednak nie określa zakresu powyższej obsługi. Dlatego przeprowadzenie obsługi pojazdu wymaga fachowej wiedzy, którą kierowcy zdobywają podczas szkoleń. Jednak należy pamiętać, iż nie każdy pojazd jest taki sam, a wynika to z postępu zaawansowania technologicznego pojazdu. Zdążają się pojazdy, w których przed wyruszeniem niezbędne jest przeanalizowanie wskazań wyświetlanych przez komputer pokładowy na desce rozdzielczej. Dlatego kierowca powinien, w niektórych przypadkach sięgać do instrukcji obsługi pojazdu od producenta, aby zapoznać się ze sposobem jego sprawdzenia. Należy również pamiętać, iż nie mając specjalistycznych narzędzi bądź przyrządów wizualnie można właściwie tylko sprawdzić plomby, plandekę, korki paliwowe, światła, wpięcie siódła (jeśli występuje) oraz dokonać zewnętrznych oględzin pojazdu. Takie oględziny mogą również zmniejszyć ryzyko wystąpienia wypadku albo niespodziewanej awarii na drodze.

Analizując wymagania stawiane kierowcy warto wspomnieć o kierowcach z poza UE. Kierowcy przewożący towary pomiędzy Unią Europejską, a Wielką Brytanią muszą przeprowadzić czynności obsługi codziennej i dokonać sprawdzenia stanu technicznego pojazdu ciężarowego wypełniając odpowiedni formularz [33]. Takie kontrole są nieodzowną częścią szablonowego schematu postępowania, który ma na celu utrzymanie pojazdu w dobrym stanie, aby zapewnić bezpieczeństwo na drogach. Przeprowadzenie tzw. obchodu pojazdu ciężarowego i sprawdzenie jego stanu jest podyktowane wymogiem prawnym w Wielkiej Brytanii. Podobnie sprawa ma się w Stanach Zjednoczonych oraz takich prowincjach jak Ontario w Kanadzie lecz jest to określane jako raport z kontroli (DVIR) bądź inspekcji pojazdu kierowcy, a wymóg ten wynika z przepisów federalnych dotyczących bezpieczeństwa i przewozu towarów, których podmiotem regulacyjnych jest Federalna Administracja Bezpieczeństwa Przewoźnika Samochodowego w dziale transportu: tom 5, rozdział III, podtytuł B, Część 396, §396.11 [34, 35] natomiast w Ontario wraz z większością kanadyjskich prowincji i terytoriach Ministerstwo Transportu przyjęło krajowy kodeks bezpieczeństwa 11, część B zgodnie z ustawą o ruchu drogowym, RSO 1990, c. H. 8 Rozporządzenia Ontario 199/7 dot. inspekcji komercyjnych

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

pojazdach silnikowych [36]. Kontroli należy dokonywać przynajmniej raz na 24 godziny, a zauważone usterki należy odnotować. Jeżeli kierowca nie wykryje żadnych usterek również musi dokonać odpowiedniego wpisu w formularzu, natomiast w Stanach Zjednoczonych od 2014 roku nie ma obowiązku wypełniania raportu w takiej sytuacji. W zależności od możliwości lub wymagań może być on w formie papierowej lub elektronicznej. Gdy dojdzie do jakiegoś zdarzenia bądź wypadku to organ kontrolujący przybywający na miejsce zdarzenia żąda raportu z przeprowadzanych codziennych czynności obsługowych przez kierowcę. Poniżej na rysunkach od 2.5. do 2.8 zamieszczono przykładowe formularze (raporty) z wymaganych codziennych oględzin pojazdu przez kierowcę.

Daily or Shift Check
please tick

Fuel / Oil / Water Leaks	<input type="checkbox"/>
Battery / Security	<input type="checkbox"/>
Tyres and Wheel Fixing	<input type="checkbox"/>
Spray Suppression	<input type="checkbox"/>
Steering	<input type="checkbox"/>
Security of Load	<input type="checkbox"/>
Lights / Reflectors	<input type="checkbox"/>
Indicators / Mirrors	<input type="checkbox"/>
Wipers / Washers	<input type="checkbox"/>
Windscreen	<input type="checkbox"/>
Horn	<input type="checkbox"/>
Brakes and Hoses*	<input type="checkbox"/>
Electrical Connections*	<input type="checkbox"/>
Brakes	<input type="checkbox"/>
Security of Body / Wings	<input type="checkbox"/>
Rear / Side Markers	<input type="checkbox"/>
Speed Limiter	<input type="checkbox"/>
Speedometer	<input type="checkbox"/>
Tachograph Unit	<input type="checkbox"/>
5th Wheel Coupling Security*	<input type="checkbox"/>
Exhaust / Emissions	<input type="checkbox"/>

*Items refer to tractor/trailer and trailer combinations

Drivers daily vehicle defect report

Date _____

Vehicle Number _____

Driver's Name _____

Odometer reading _____

Trailer/Fleet Serial Number _____

Fuel Added _____

Place _____

Mileage Point _____

Report Defects Here

Write "None" if no defects found _____

Driver's Signature _____

Action taken by _____

Signature _____

Re-Order Ref. 52195

Rys. 2.5. Przykładowy formularz (raport) codziennego raport usterek pojazdów kierowców w Wielkiej Brytanii.

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

Heavy goods vehicle (HGV) defect report form for drivers

Driver's name:	Date:
Vehicle no:	
Trailer fleet/serial no.:	Odometer reading:

Daily or shift check (tick or cross)		*Items refer to vehicle and trailer combinations	
Fuel / oil leaks	Lights	Brake lines*	
Battery security (condition)	Reflectors / Markers	Coupling security*	
Tyres / wheel and wheel fixing	Indicators / Side repeaters	Electrical connections*	
Spray suppression	Wipers	Brakes Inc. ABS/EBS	
Steering	Washers	Security/Condition of body / wings	
Security of load / Vehicle height	Horn	Registration plates	
Mirrors / Glass / Visibility	Excessive engine exhaust smoke	Cab Interior / Seat belts	
Air build-up / Leaks	AdBlue® if required	Warning Lamps/MIL	

REPORT DEFECTS HERE:	Defect Assessment and Rectification:

Defects reported to:	

Write NIL here if no defects found	Driver's signature:

Defects rectified by:

Signature: Date:

Rys. 2.6. Przykładowy formularz (raport) zgłoszenia usterek w przypadku samochodów ciężarowych [37]

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

DAILY VEHICLE INSPECTION REPORT	
Operator's name _____	Plate # / jurisdiction _____ /
Odometer reading _____	Inspection date / time _____ /
Inspection location _____	
Printed name of inspection person _____	
<input type="checkbox"/> no major or minor defects found during initial inspection	
<input type="checkbox"/> major and minor defects found during the initial inspection or while en route _____	
Signature - I inspected the vehicle in accordance with the applicable Regulation _____	
Signature of each driver who did not conduct the initial inspection _____	

Rys. 2.7 Przykładowy raport z codziennej inspekcji pojazdu silnikowego, który nie ciągnie przyczepy stosowany w USA [38]

CIRCLE CHECK REPORT	Defects _____ _____ _____ _____ No defects were noted during the circle check <input type="checkbox"/>			
Operator Name: _____ _____	Person Who Performed the Inspection Last name: _____ (please print) First name: _____ (please print) Person designated by the operator to perform the circle check: Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> I personally inspected the vehicle and confirm that it was inspected according to the applicable requirements. Signature: _____			
Vehicle Licence plate number:* _____ Kilometrage: _____	Driver's Declaration (where the driver did not perform the circle check) <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: 50%;"> Buses, Minibuses, Tow Trucks or Emergency Vehicles The driver can decide to review the existing report that was completed by the person designated by the operator, or by the previous driver, and co-sign below. </td> <td style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: 50%; text-align: center;"> or </td> <td style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: 50%;"> All Other Vehicles The driver can decide to review the existing report that was completed by the person designated by the operator and co-sign below. </td> </tr> </table> The driver can always decide to perform a complete inspection of the vehicle himself/herself and fill out a new circle check report. I have reviewed the circle check report. Driver's signature: _____ Driver's signature: _____	Buses, Minibuses, Tow Trucks or Emergency Vehicles The driver can decide to review the existing report that was completed by the person designated by the operator, or by the previous driver, and co-sign below.	or	All Other Vehicles The driver can decide to review the existing report that was completed by the person designated by the operator and co-sign below.
Buses, Minibuses, Tow Trucks or Emergency Vehicles The driver can decide to review the existing report that was completed by the person designated by the operator, or by the previous driver, and co-sign below.	or	All Other Vehicles The driver can decide to review the existing report that was completed by the person designated by the operator and co-sign below.		
Circle Check Date: _____ Time: _____ Municipality or location: _____ _____ _____				

* or the unit number, if it appears on the registration certificate

Rys. 2.8. Przykładowy raport z kontroli koła stosowany w Ontario wraz z większością kanadyjskich prowincji i terytoriach [40]

Kierowca musi pamiętać również po zakończeniu przerwy „pauzy”, a przed wyruszeniem w trasę realizując czynności obsługi codziennej, aby na tachografie ustawić na kilka minut inną pracę. Brak rejestracji tej czynności przez kierowcę przed rozpoczęciem cyklu pracy często kończy się nałożeniem na niego mandatu podczas kontroli drogowej [39]. Organem

egzekwującym raport jest Departament Transportu Stanów Zjednoczonych (DOT). W wielu krajach na stronach organizacji przyczyniających się do zwiększenia bezpieczeństwa na drogach można znaleźć różnego rodzaju przewodniki opisujące i obrazujące w jaki sposób należy dokonać sprawdzenia elementów w pojeździe [40], bądź podręczniki bezpieczeństwa operatorów pojazdów użytkowych [41]. Oczywiście, aby zmniejszyć liczby wypadków, dotkliwość kolizji oraz liczbę ofiar śmiertelnych każdy kraj wykorzystuje standardy kodeksu bezpieczeństwa opracowując własne przepisy dotyczące bezpieczeństwa transportu. Jest to podyktowane tym, iż bezpieczeństwo uczestników ruchu drogowego zależy od sprawności pojazdu, a ona z kolei od systemów automatycznego ostrzeżenia o awariach oraz samego kierowcy.

Prowadząc pojazd kierowca na podstawie swojego doświadczenia lub informacji uzyskanych podczas szkoleń ma możliwość podejmowania decyzji czy może ten transport bezpiecznie wykonywać. O tym czy kierowca jest w stanie zauważyć usterkę decyduje wiedza i doświadczenie. Te dwa czynniki wpływają na prawdopodobieństwo poprawnego zinterpretowania informacji wysyłanych przez pojazd w postaci stuków, niepewnego prowadzenia czy migających lub świecących kontrolki sygnalizujących awarię. Aby ustalić, jakie jest prawdopodobieństwo zauważenia usterki występującej w pojeździe przez kierowcę postanowiono pozyskać tę informację tworząc ankietę. Wzór ankiety pokazano w aneksie A do niniejszej pracy. Na potrzeby tego punktu pracy wykorzystano odpowiedzi na trzy pytania zawarte w ankiecie, mianowicie:

- Iloma pojazdami realizuje Pan/i w ciągu roku transport drogowy;
- Jaki jest średni wiek pojazdów, którymi wykonuje Pan/i transport drogowy;
- Z iloma usterkami z danego układu w przeciągu roku miał Pan/i do czynienia w pojazdach, którymi był realizowany transport drogowy.

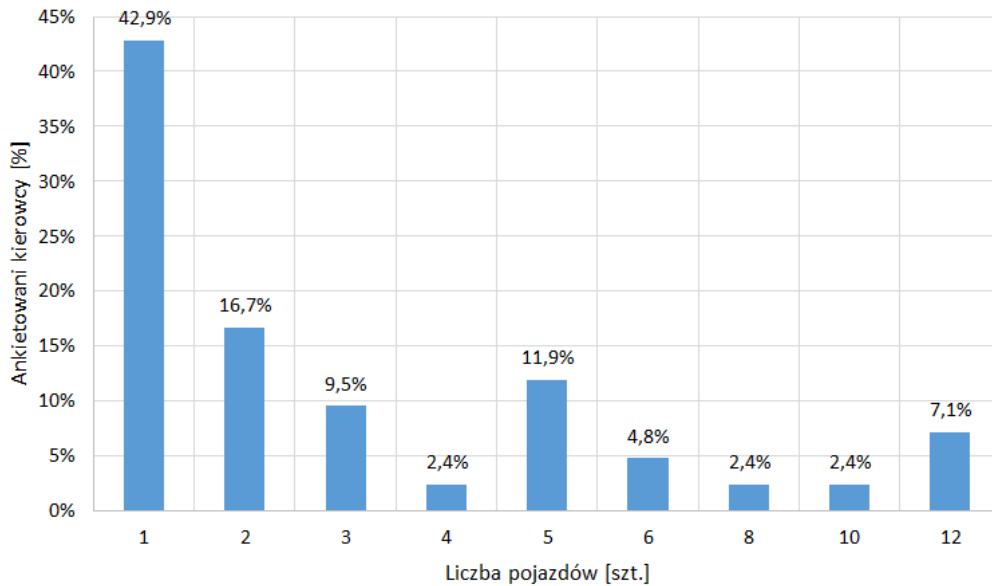
W ankiecie wzięło udział 42 kierowców, którzy wg deklaracji poruszali się 139 samochodami ciężarowymi w okresie jednego roku kalendarzowego. Analizując wiek pojazdów, którymi się poruszali to średnio wynosi on 4,9 lat. Na podstawie pytania dotyczącego ilości usterek, z jakimi spotkali się kierowcy w ciągu jednego roku można oszacować prawdopodobieństwo ich wykrycia. W tabeli 1 zestawiono ilościowe i procentowe wartości dotyczące zauważonych przez kierowców usterek w pojazdach, którymi realizowali transport drogowy. Do obliczeń wartości procentowej usterek założono, iż całkowita liczba pojazdów to 100%, a ilość usterek w nich wykrywana jest wartością poszukiwaną.

Tabela 1. Ilość zauważonych usterek w poszczególnych układach samochodów ciężarowych

Przedmiot badania	Ilość [szt.]	Wartość [%]
Układ kierowniczy	13	9,4
Układ hamulcowy	37	26,6
Zawieszenie	11	7,9
Oświetlenie pojazdu	62	44,6
Koła, osie, opony	31	22,3
Inne	25	18,0

Jak można zauważyć najczęstszą usterką wykrywaną przez kierowców jest usterka oświetlenia, która stwierdzana jest w 44,6 % przypadków. Najrzadziej wykrywana jest usterka związana z układem zawieszenia tylko w 7,9% przypadków. Związane jest to z prawdopodobnie z małym doświadczeniem diagnostycznym kierowców jak i różnorodnością pojazdów, którymi się poruszają. Zestawienie procentowe ilości pojazdów, którymi poruszają się kierowcy przedstawiono na rysunku 2.9. Wynika z niego, iż tylko niespełna 43% kierowców porusza się wyłącznie jednym pojazdem w ciągu roku natomiast są tacy, którzy mają możliwość (lub muszą) poruszania się aż 12 pojazdami i stanowią 7% ankietowanych. Duża różnorodność pojazdów, którymi się poruszają utrudnia rozpoznawanie usterek. Ze względu na fakt, iż każdy samochód reaguje w inny sposób na usterki układu zawieszenia, kierowcy pojazdu bardzo trudno jest odróżnić zachowanie prawidłowe od awaryjnego, szczególnie gdy często zmienia pojazdy.

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego



Rys. 2.9. Liczba samochodów ciężarowych, którymi poruszali się ankietowani kierowcy

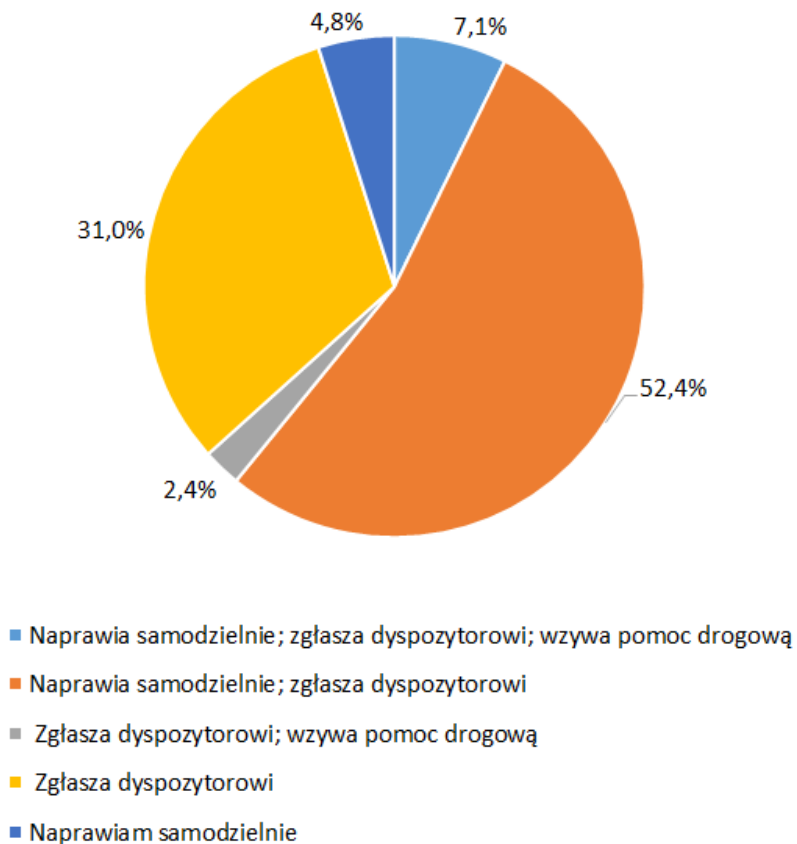
Mając dane zawarte w tabeli 1 można określić prawdopodobieństwo wykrycia usterki w pojeździe ciężarowym przez kierowcę. Prawdopodobieństwo stanowi iloraz ilości wykrywanych usterek, w pojazdach, którymi poruszają się kierowcy do ilości pojazdów. Dodatkowo na potrzeby danych wejściowych do modelu zgrupowano wartości dotyczące zawieszenia, kół, osi i opon, a otrzymane wartości przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Prawdopodobieństwo zauważenia usterki przez kierowcę w poszczególnych układach samochodu ciężarowego

Przedmiot badania	Wartość
Układ kierowniczy	0,0935
Układ hamulcowy	0,2662
Zawieszenie, koła, osie, opony	0,3022
Oświetlenie pojazdu	0,4460
Inne	0,1799

2.5.2. Kierowca zgłasza usterkę (B)

Zgłaszanie usterek przez kierowcę uzależnione jest od zasad panujących w danej firmie przewozowej. To czy kierowca zgłasza usterkę będzie wynikało z jednej strony z tych zasad, a z drugiej z własnego doświadczenia. Aby określić prawdopodobieństwo zgłoszenia usterki skorzystano z odpowiedzi zwartych w ankiecie przedstawionej w rozdziale 2.5.1. Analizując uzyskane odpowiedzi można wskazać sposób reakcji kierowców na zauważone usterki, a sposób ich działania przedstawiono na rysunku 2.10.



Rys. 2.10. Wyniki ankiety dotyczące działań, jakie podejmują kierowcy po wykryciu usterki

Jak można zauważyć większość, bo 52,4% zgłasza usterki dyspozytorowi oraz realizuje naprawę samodzielnie z kolei dodatkowe 30% z nich tylko zgłasza usterki dyspozytorowi i czeka na podjęcie z jego strony dalszych działań. Jedynie 4,8% ankietowanych kierowców nie informuje dyspozytora o zaistniałych usterekach i naprawia pojazd w miarę możliwości samodzielnie. Jednak jest pewna ilość kierowców trudna do oszacowania, gdzie stan techniczny ich pojazdów jest zatrważający. Wynika to na przykład z podejścia pracodawcy, dla którego liczą

się tylko pieniądze, a nie flota pojazdów, jaką dysponują. Bywa też tak, że wina jest po stronie kierowców, którzy niechętnie się przyznają do nierzetelnego wykonywania powierzonych zadań, co przekłada się w pewnym stopniu na stan techniczny pojazdu, a wraz z tym na bezpieczeństwo innych użytkowników drogi.

Jednak na podstawie uzyskanych danych można stwierdzić, iż 95,2% kierowców zgłasza usterki dyspozytorowi, co odpowiada prawdopodobieństwu równemu $q(B) = 0,9524$.

2.5.3. Dyspozytor podejmuje działanie (C)

Dyspozytor taboru samochodowego zajmuje się planowaniem pracy kierowcy, jak również przydzielaniem kierowcy pojazdu, towaru oraz wyznaczeniem trasy przejazdu. Jego obowiązkiem jest również nadzór nad stanem technicznym pojazdów, a w sytuacji wystąpienia awarii pojazdu lub wypadku drogowego organizuje pomoc techniczną. Dlatego tak istotny jest dobry przepływ informacji pomiędzy dyspozytorem a kierowcą, aby odebrane zgłoszenie o stanie technicznym pojazdu było realizowane w sposób szybki poprzez serwis, do którego skierowano się z problemem. Wiadomo jednak, iż aby zgłoszenie dotarło do dyspozytora niezbędna jest informacja od kierowcy, który powinien odpowiednio wcześniej zareagować na niepokojące sygnały, jakie „dochodzą” z pojazdu. To kierowca jest tym niezbędnym ogniwem, który może zmniejszyć ryzyko wystąpienia niepożądanych zdarzeń.

Informacje dotyczące ilości podejmowanych decyzji dotyczących podjęcia działań zapobiegawczych w przypadku zgłoszenia usterki lub awarii pojazdu czy ładunku przez kierowcę ustalono na podstawie informacji z dużego przedsiębiorstwa transportowego. Informacje te mają charakter bardzo newralgiczny stąd ich pozyskanie nie należy do zadań łatwych. Na podstawie rozmów z osobami zajmującymi się badanym zagadnieniem ustalono, iż w 80% zgłoszeń od kierowców podejmowane jest działanie zapobiegawcze przez dyspozytora.

Na podstawie tych informacji można określić prawdopodobieństwo podjęcia działania ze strony dyspozytora na poziomie 80% czyli $q(C) = 0,8$.

Chcąc zmniejszyć występowanie usterek w pojazdach przydatnym narzędziem byłoby wprowadzenie w przedsiębiorstwie codziennej listy kontrolnej dot. stanu technicznego pojazdu, którą przeprowadzałby przede wszystkim kierowca, lub mechanik, gdy pojazd byłby w przedsiębiorstwie. W perspektywie czasu takie rozwiązanie obniżyłoby koszty eksploatacji pojazdu, zwiększyło żywotność jego, ograniczyłoby czas przestoju samego pojazdu, ale przede

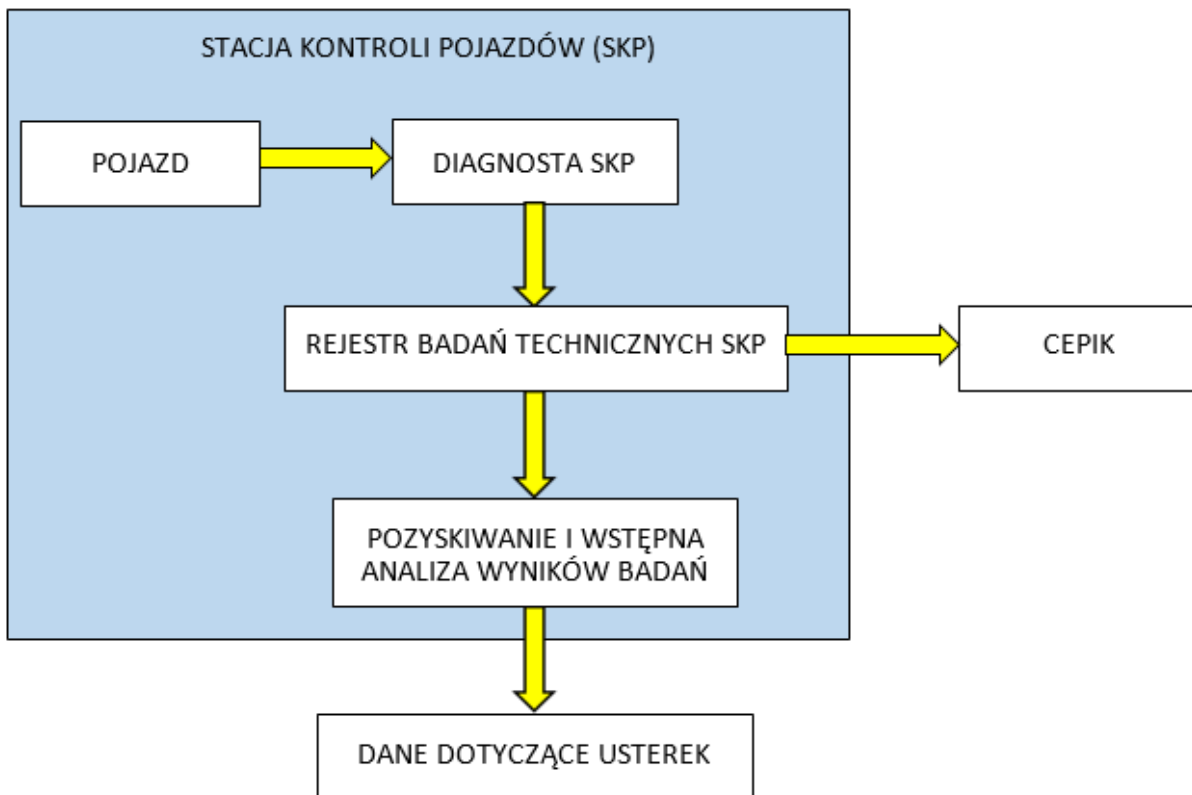
wszystkim zwiększyłyby bezpieczeństwo kierowcy oraz innych użytkowników na drodze i pozwoliłyby na utrzymanie pojazdów w dobrym stanie technicznym. Ograniczenie występowania usterek na przykład do 10% miałyby istotne przełożenie na finanse przedsiębiorstwa, które mogłyby zainwestować w nowocześniejszą flotę ułatwiając tym pracę kierowcy i dyspozytora.

2.5.4. Diagnosta podczas OBT zauważa usterkę (D)

Diagnosta podczas okresowego badania technicznego pojazdu powinien zgodnie z wytycznymi zawartymi w aktach prawnych [81] oraz swojej wiedzy dokonać szczegółowej kontroli wszystkich podzespołów w pojeździe. Wykryte w pojeździe usterki wymagają odszukania w tabeli usterek i sprawdzenia jak można ją zakwalifikować czy będzie to usterka drobna (UD), usterka istotna (UI) czy usterka stwarzająca zagrożenie (USZ) [24]. Tak jak usterka drobna jest wpisywana do rejestru badań, a samo badanie kończy się wynikiem pozytywnym, tak stwierdzenie usterki istotnej czy stwarzającej zagrożenie wymaga zakończenia badania z wynikiem negatywnym. Badania pojazdów ciężarowych odbywają się w okręgowych stacjach kontroli pojazdów (OSKP). Pozyskanie danych z badań nie było proste i nastęrczyło wiele trudności gdyż te powszechnie dostępne dotyczą ilości badań przeprowadzonych w stacjach kontroli pojazdów (SKP) ogólnie i nie są dostępne z podziałem na kategorie pojazdów, co z kolei uniemożliwia rozdzielenie pojazdów ciężarowych od innych pojazdów. Jednak na stronach Centralnej Ewidencji Pojazdów i Kierowców (CEPiK) w dziale „statystyki z SI CEPiK” można znaleźć zakładkę „Stacje Kontroli Pojazdów i badania techniczne w 2018r.” Informacje tam zawarte dotyczą ilości podstawowych i okręgowych stacji kontroli pojazdów oraz ile w w/w roku przeprowadzono na nich badań z wynikiem pozytywny i negatywnym [42]. Zamieszczone informacje zostały przygotowane dla CEPiK przez stacje kontroli pojazdów są bardzo ogólne. Dlatego też niezbędne było zwrócenie się bezpośrednio do okręgowych stacji kontroli pojazdów (OKSP) z zapytaniem ile pojazdów ciężarowych przebadano w kolejnych latach, ile z nich miało usterki i jakiego rodzaju usterki stwierdzono. Okazało się jednak, iż pozyskanie danych z OSKP również nie jest proste. Proces pozyskiwania danych do analizy przedstawiono na rysunku nr. 2.11. Zgodnie z wymaganiami przepisów krajowych badania techniczne przeprowadzają diagnosty, a uzyskane wyniki wprowadzają do systemu. Diagnosta po stwierdzeniu usterki i zakończeniu badania wprowadza informacje o niej do rejestru badań technicznych znajdującego

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

się na SKP. Dalej dane są przesyłane do bazy danych CEPIK. Jednak diagnosty pracujący na stacjach kontroli pojazdów nie będąc ich właścicielami nie mogą udostępniać danych z rejestru bez zgody przełożonego. Z kolei bardzo wielu właścicieli stacji niechętnie chce się podzielić danymi z badań technicznych tłumacząc się ochroną danych lub obawą wycieku informacji do konkurencji. Znalazła się jednak mała grupa właścicieli okręgowych stacji kontroli pojazdów, która udostępniła na potrzeby niniejszej pracy rejestr badań technicznych. Było to 10 OSKP, które anonimowo zgodziły się na udostępnienie danych. Przeglądanie wszystkich badań odbywało się bezpośrednio na każdej ze stacji w obecności właściciela lub wyznaczonego do tego celu diagnosty. Niezbędne było przejście każdego zapisu w rejestrze z wynikiem negatywnym dla pojazdu ciężarowego, aby poznać, jakiego rodzaju była to usterka i móc ją zakwalifikować do założonych wcześniej grup usterek. Tak pozyskane dane poddane były dalszej analizie.

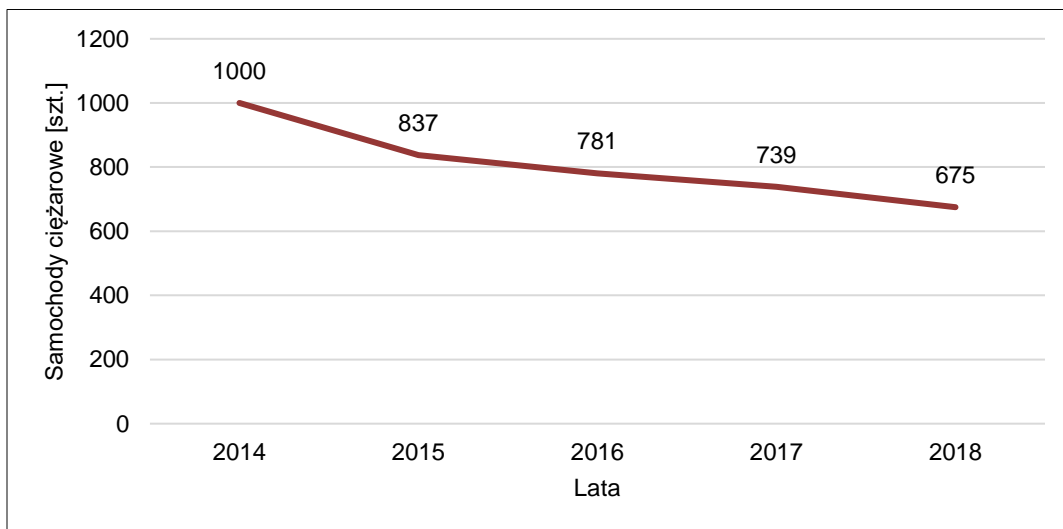


Rys. 2.11. Proces pozyskania informacji z okręgowej stacji kontroli pojazdów

Korzystając z ogólnych zależności stosowanych w statystyce pozyskane dane zostały uśrednione dla wszystkich stacji i zestawione osobno dla każdego roku z badanego okresu [31].

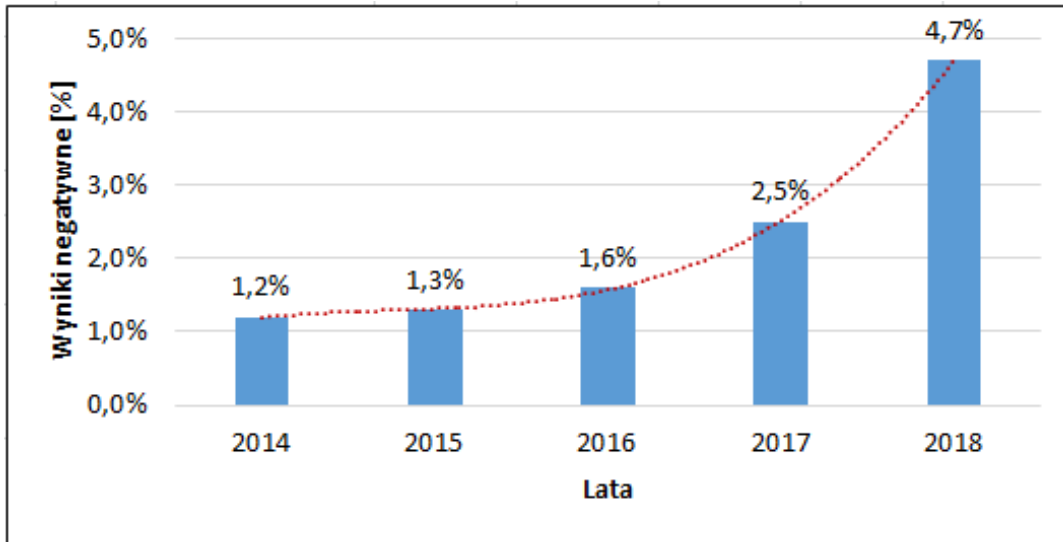
Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

Z pozyskanych danych wynika, iż średnio w roku kalendarzowym każda z badanych stacji przeprowadzała kontrolę prawie 7500 pojazdów różnego rodzaju, zaczynając od samochodów osobowych poprzez przyczepy, naczepy, motocykle, samochody ciężarowe, ciągniki rolnicze, a kończąc na kolejkach turystycznych. Pojazdy ciężarowe stanowią 10% badanych pojazdów na tych stacjach. Rozkład ilości przebadanych samochodów ciężarowych na OSKP w poszczególnych latach przedstawiono na rys. nr 2.12. Można na nim zauważyć tendencję spadkową ilości badanych samochodów w poszczególnych latach. Pomiędzy rokiem 2014, a 2018 spadek ten wynosi aż 32% wartości większej. Średnia wieku pojazdów ciężarowych, które zostały poddane okresowemu badaniu technicznemu w latach 2014 – 2018, oscylowała między 10 a 20 lat.



Rys. 2.12. Ilość skontrolowanych pojazdów ciężarowych na OSKP w latach 2014-2018

Podczas okresowego badania technicznego wykrywane są usterki, które w zależności od wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego klasyfikowane są, jako drobne, istotne lub stwarzające bezpośrednie zagrożenie. Usterki istotne i stwarzające zagrożenie powodują pojawienie się wyniku negatywnego z badania technicznego, co wymusza konieczność skierowania pojazdu do naprawy. Każda z OSKP wykazywała pewien odsetek badań z wynikiem negatywnym, co zaprezentowano na rys. nr 2.13. Jak można zauważyć pojawia się niepokojący trend zwiększający udział wyników negatywnych wśród badanych pojazdów pomimo corocznego spadku ilości badań. Wyniki negatywne w roku 2014 były na poziomie 1,2% natomiast w roku 2018 stanowił aż 4,7% badań.



Rys. 2.13. Wyniki negatywne w stosunku do ilości skontrolowanych pojazdów ciężarowych na OSKP w latach 2014 - 2018

Rozpatrując przyczyny uzyskania wyniku negatywnego na badaniu technicznym pojazdu można określić rodzaj wykrywanych usterek oraz ich występowanie na przestrzeni badanego okresu. Jednak na początku koniecznym jest określenie zakresu kontroli wykonywanej na OSKP.

Tak więc, na badaniu technicznym diagnosta dokonuje sprawdzenia: dokumentów oraz stanu zespołów i układów znajdujących się w pojeździe. Zakres takiego formalnego badania pojazdu obejmuje między innymi:

1. Identyfikację pojazdu poprzez sprawdzenie: cech identyfikacyjnych oraz ustalenie i porównanie zgodności zapisu w dowodzie rejestracyjnym ze stanem faktycznym, jak również prawidłowości oznaczeń i stanu tablic rejestracyjnych;
2. Sprawdzenie dodatkowego wyposażenia pojazdu;
3. Sprawdzenie i ocenę prawidłowości działania poszczególnych zespołów i układów pojazdu, w szczególności pod względem bezpieczeństwa jazdy jak również ochrony środowiska. Sprawdzeniu i ocenie podlega:
 - układ hamulcowy,
 - układ kierowniczy,
 - widoczność z miejsca kierowcy,
 - światła i wyposażenie elektryczne,
 - osie, koła, opony, zawieszenie,
 - podwozie i elementy przymocowane do podwozia,

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

- inne wyposażenie,
- uciążliwość dla środowiska,
- pozostałe warunki dodatkowe.

Bazując na podanym wyżej zakresie badania technicznego pozyskane dane podzielono na dwie grupy dotyczące usterek niezwiązanych bezpośrednio ze stanem technicznym pojazdu i odnoszącymi się bezpośrednio do niego. Wyniki zestawiono w dwóch tabelach nr 3 i nr 4.

Tabela 3. Podział usterek wykrywanych podczas kontroli na OSKP w [%] niezwiązanych ze stanem technicznym pojazdu

Przedmiot badania	Rok					
	2014	2015	2016	2017	2018	Średnia
Identyfikacja	11,4	10	11,2	9,8	10,3	10,5
Inne wyposażenie	2,4	5,7	7,7	4,1	7,3	5,4

Tabela nr 3 przedstawia wyniki dla zakresu badania niezwiązanego bezpośrednio ze stanem technicznym pojazdu, a z jego identyfikacją i wyposażeniem. Procentowa wartość przedmiotu badania w poszczególnych latach została odniesiona do pojazdów ciężarowych, które podczas badania technicznego uzyskały wynik negatywny. Czyli dla roku 2014 spośród wszystkich pojazdów z wynikiem negatywnym 11,4% otrzymało go z powodu usterek związanych z identyfikacją. Można zauważyć, iż pojazdy uzyskują wynik negatywny w analizowanym przedziale czasowym średnio 10,5% z powodu problemów podczas identyfikacji, a 5,4% z powodu braków lub niesprawności dodatkowego wyposażenia.

Natomiast usterki związane bezpośrednio ze stanem technicznym zestawiono w tabeli nr 4. Dla lepszego zobrazowania rozkładu niesprawności z grupy „osie, koła, opony, zawieszenia” podzielono ją dodatkowo na pojedyncze podgrupy.

W zgrubnych ocenach można posłużyć się wartością średnią w rozpatrywanym okresie (ostatnia kolumna tabeli nr 4). Jak wynika z przeprowadzonych analiz najczęściej zawadzającym układem w samochodzie ciężarowym okazał się układ hamulcowy, którego niesprawność

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

wystąpiła w 60,3% badanych pojazdów. Kolejną grupą usterek występującą w 33,8% przypadkach były światła i wyposażenie elektryczne, zawieszenie to 30,7% przypadków oraz uciążliwość to 21,4% przypadków. Pierwsze trzy z nich, jako najbardziej znaczące oznaczono kolorem czerwonym w tabeli nr 4.

Tabela 4. Podział usterek wykrywanych podczas kontroli na OSKP w [%] związanych ze stanem technicznym pojazdu w poszczególnych latach 2014 – 2018

Układy/zespoły podlegające kontroli	Rok					
	2014	2015	2016	2017	2018	Średnia
Układ hamulcowy	53,7	57,1	69,9	63,4	57,3	60,3
Układ kierowniczy	20,3	15,7	20,3	13,4	17,6	17,5
Widoczność (szyby, lusterka)	5,7	7,9	9,8	3,1	4,5	6,2
Światła i wyposażenie elektryczne	25,2	45,0	43,4	29,9	25,5	33,8
Osie	0,8	0,7	1,4	0,5	1,5	1,0
Koła	2,4	0,7	3,5	2,1	2,7	2,3
Opony	8,9	12,1	8,4	8,2	7,6	9,1
Zawieszenie	27,6	30,7	29,4	34,0	31,8	30,7
Podwozie i elementy przymocowane do podwozia	12,2	22,9	23,8	10,8	20,0	12,4
Uciążliwość	23,6	32,1	19,6	18,0	14,2	21,4

Problemy z układem kierowniczym występowały średnio w 17,5% przypadków, natomiast z podwoziem i elementami przymocowanymi do podwozia w 12,4%. Usterki dotyczące widoczności i pozostałych badanych podzespołów występowały w poniżej 10,5% przypadków. Na tym etapie analizy uzyskanych wyników, można stwierdzić, iż prawdopodobieństwo uzyskania negatywnego wyniku podczas badania technicznego pojazdu ciężarowego, który pojawi się na OSKP można opisać równaniem linii trendu z rysunku nr 2.12:

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

$$y = 0,0034x^2 - 0,0121x + 0,0218 \quad (1)$$

gdzie:

x – rok badania,

y – prawdopodobieństwo uzyskania wyniku negatywny z badania w danym roku

Równania linii trendu wygenerowano korzystając z możliwości arkusza kalkulacyjnego Microsoft Excel. Ekstrapolując uzyskane wartości na rok 2019 można spodziewać się, iż pojazd podczas badania technicznego otrzyma wynik negatywny z prawdopodobieństwem 7,2%.

Tabela 5. Prawdopodobieństwo otrzymania wyniku negatywnego podczas okresowego badania technicznego samochodu ciężarowego

Wynik badania	Rok				
	2014	2015	2016	2017	2018
Wynik negatywny	0,012	0,013	0,016	0,025	0,047

Tabela 6. Prawdopodobieństwo wykrycia usterki w danym układzie na stacji kontroli pojazdów przez diagnostę w rozbiciu na lata 2014 - 2018

Układy/zespoły podlegające kontroli	Rok				
	2014	2015	2016	2017	2018
Układ kierowniczy	0,2030	0,1570	0,2030	0,1340	0,1760
Układ hamulcowy	0,5370	0,5710	0,6990	0,6340	0,5730
Zawieszenie, osie, koła, opony	0,3970	0,4420	0,4270	0,4480	0,4360
Oświetlenie pojazdu	0,2520	0,4500	0,4340	0,2990	0,2550
Inne	0,4150	0,6290	0,5320	0,3190	0,2070

Ostatecznie uzyskane wartości prawdopodobieństwa uzyskania wyniku negatywnego podczas badania technicznego zestawiono w tabeli nr 5 natomiast prawdopodobieństwo wykrycia usterki w pojazdach, które pojawiły się na okresowym badaniu technicznym zestawiono w tabeli nr 6.

Prawdopodobieństwo wykrycia usterki w samochodzie ciężarowym przez diagnostę rozdzielone na poszczególne układy będzie iloczynem prawdopodobieństwa uzyskania wyniku negatywnego

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

i prawdopodobieństwa wystąpienia usterki w odniesieniu do konkretnego układu np. dla układu hamulcowego.

$$P_{WN} \cdot P_{UKŁAD} = P_{WU} \quad (2)$$

P_{WN} – prawdopodobieństwo uzyskania wyniku negatywnego podczas badania technicznego pojazdu,

$P_{UKŁAD}$ – prawdopodobieństwo pojawienia się usterki danego układu dla pojazdów z wynikiem negatywnym,

P_{WU} – prawdopodobieństwo wykrycia usterki w samochodzie ciężarowym przez diagnostę.

Przykład dla układu hamulcowego dla roku 2018:

$$q(D) = 0,047 \cdot 0,5730 = 0,0269$$

Na potrzeby danych wejściowych do modelu wykonano zestawienie w tabeli nr 7 prawdopodobieństwa wykrycia usterki w samochodzie ciężarowym przez diagnostę.

Tabela 7. Prawdopodobieństwo wykrycia usterki przez diagnostę w danym układzie w pojeździe, który pojawił się na badaniu technicznym na stacji kontroli pojazdów w rozbiciu na lata 2014 - 2018

Układy/zespoły podlegające kontroli	Rok				
	2014	2015	2016	2017	2018
Układ kierowniczy	0,0024	0,0020	0,0032	0,0034	0,0083
Układ hamulcowy	0,0064	0,0074	0,0112	0,0159	0,0269
Zawieszenie, osie, koła, opony	0,0048	0,0057	0,0068	0,0112	0,0205
Oświetlenie pojazdu	0,0030	0,0059	0,0069	0,0075	0,0120
Inne	0,0050	0,0082	0,0085	0,0080	0,0097

2.5.5. Mechanik podczas przeglądu zauważa usterkę (E)

Diagnosta-mechanik podczas dokonywania kontroli okresowej pojazdu kieruje się wytycznymi z instrukcji obsługi pojazdu. Zgodnie z założeniami poczynionymi w pracy pojazd przynajmniej raz w rozważanym okresie pojawia się na takiej kontroli. Posługując się zawartymi w instrukcji informacjami oraz doświadczeniem własnym jest w stanie wskazać niedomagania danych podzespołów i skierować pojazd do naprawy.

Dane pozwalające na ustalenie prawdopodobieństwa wykrycia usterki przez mechanika podczas przeglądu należy pozyskać bezpośrednio z warsztatów zajmujących się przeglądami i naprawami pojazdów ciężarowych. Teoretycznie jest to możliwe, lecz w praktyce tylko nieliczne warsztaty prowadzą statystyki związane z ilością pojazdów pojawiających się na przeglądach i takich, które posiadają usterki. Poza tym większość zasłania się tajemnicą handlową i nie chce ujawniać tego typu danych. Problem ten rozwiązano korzystając z uprzejmości jednej z dużych firm sprzedającej części zamiennie do samochodów ciężarowych. Pozyskano dane dotyczące sprzedaży części zamiennych do badanej grupy pojazdów.

Wychodząc z założenia, że jeżeli samochód ciężarowy jest niesprawny to jego naprawa wymaga wymiany uszkodzonego podzespołu oraz zakładając z dużym przybliżeniem, iż jeden samochód posiada przeważnie jedną usterkę można oszacować, jaki procent pojazdów posiada, jakiego rodzaju usterki.

Do badania wytypowano 7 firm zajmujących się naprawami pojazdów ciężarowych działających w okresie od 2014 do 2018 roku. Na podstawie analizy zakupionych przez nie materiałów ustalono procentowe wartości ilości usterek pojawiających się w badanej grupie pojazdów. Materiały pogrupowano na 9 rodzajów układów tak, aby były tożsame z danymi w pozostałych rozdziałach pracy:

- układ hamulcowy,
- układ kierowniczy,
- światła i wyposażenie elektryczne,
- napęd,
- koła,
- zawieszenie,
- uciążliwość,

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

- silnik,
- inne.

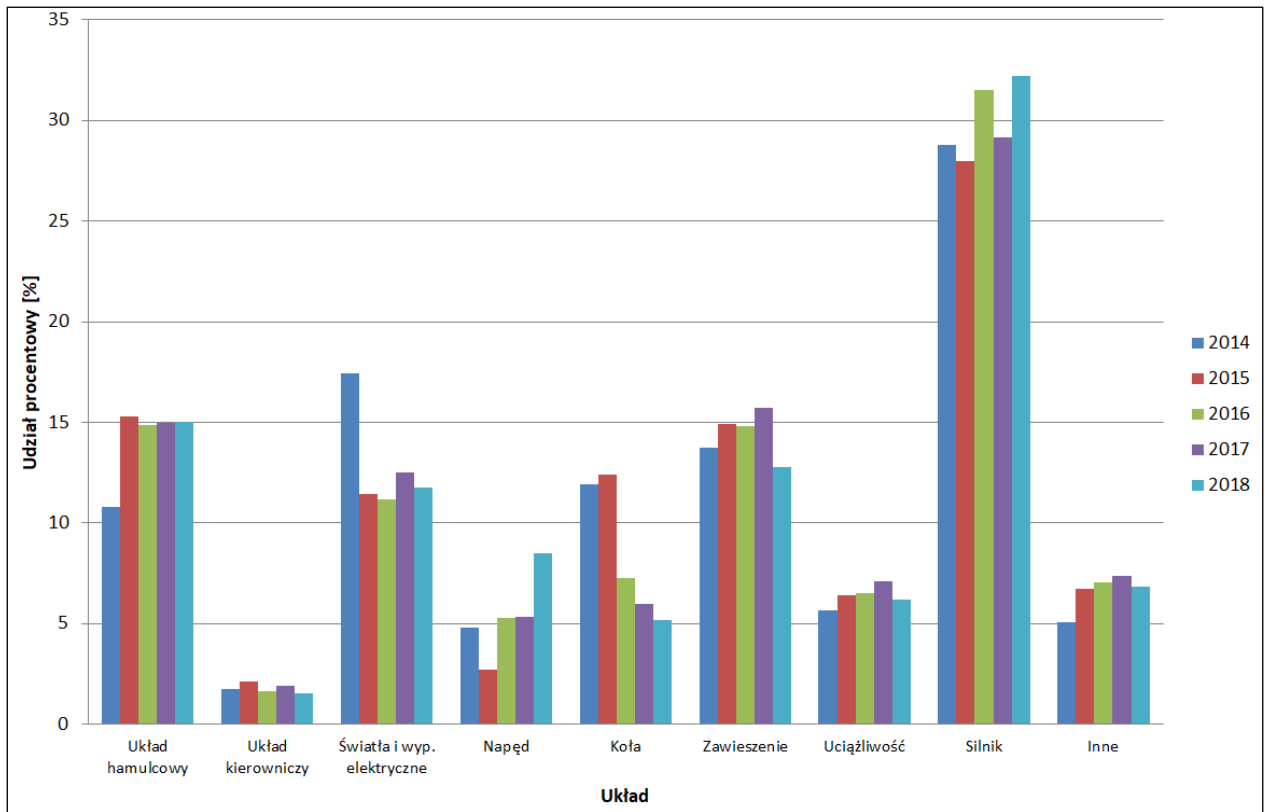
Dla każdego z układów zsumowano wszystkie części wchodzące w jego skład i następnie obliczono, jaki procent stanowią w ogólnej liczbie części sprzedanych w danym roku. Procentowe zestawienie uzyskanych wyników przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Ilości procentowe usterek w poszczególnych układach samochodów ciężarowych

Przedmiot badania	Rok					Średnie	
	2014	2015	2016	2017	2018		
Układ hamulcowy	10,8	15,3	14,8	15,0	15,0	14,2	
Układ kierowniczy	1,8	2,1	1,6	1,9	1,5	1,8	
Światła i wyposażenie elektryczne	17,4	11,5	11,2	12,5	11,8	12,9	
Napęd	4,8	2,7	5,3	5,3	8,5	5,3	
Koła	11,9	12,4	7,3	6,0	5,2	8,6	
Zawieszenie	13,7	14,9	14,8	15,7	12,8	14,4	
Uciążliwość	5,6	6,4	6,5	7,1	6,2	6,4	
Silnik	28,8	28,0	31,5	29,1	32,2	29,9	
Inne	5,1	6,7	7,0	7,4	6,8	6,6	

Natomiast dla lepszego zobrazowania różnic pomiędzy poszczególnymi układami zebrane dane przedstawiono na rysunkach 2.14 i 2.15.

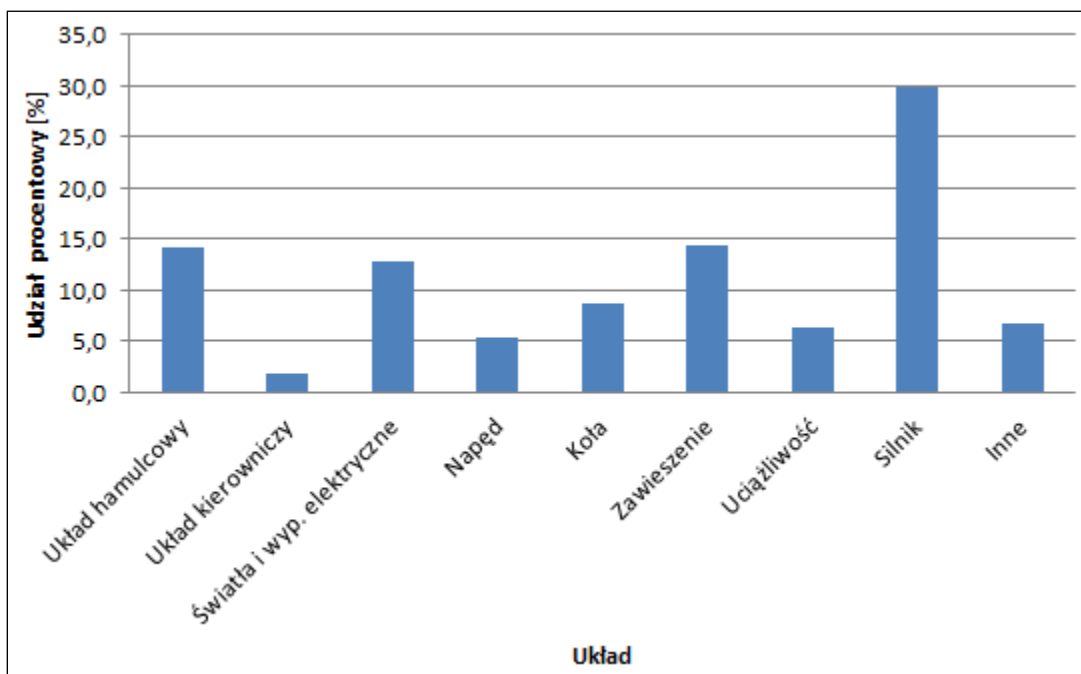
Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego



Rys. 2.14. Zestawienie usterek w samochodach ciężarowych z poszczególnych układów na przestrzeni rozpatrywanego okresu

Zarówno na pierwszym jak i drugim wykresie można zauważyć, iż usterki dotyczące silnika dominują w zestawieniu stanowiąc prawie 30% wszystkich usterek. Jest to spowodowane faktem, iż w trakcie przeglądów samochodów ciężarowych najczęściej wymienianymi elementami są olej i filtry. Nie są to usterki, ale należało zaliczyć je do ogólnej liczby wymienianych elementów, aby ustalić całkowitą ilość pojazdów stanowiącą 100% w obliczeniach.

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego



Rys. 2.15. Zestawienie uśrednionych ilości usterek w samochodach ciężarowych z poszczególnych układów na przestrzeni rozpatrywanego okresu

Na podstawie tak przeprowadzonej analizy można założyć, iż prawdopodobieństwo wykrycia usterki $q(E)$ z badanej grupy układów w pojeździe ciężarowym podczas kontroli przez mechanika w warsztacie obsługowo – naprawczym jest równe stosunkowi ilości usterek związanych z danym układem do sumy wszystkich usterek w danym roku. Uzyskane wartości dla poszczególnych układów w określonych latach zestawiono w tabeli 9.

Tabela 9. Prawdopodobieństwo wykrycia usterki w poszczególnych układach samochodów ciężarowych

Przedmiot badania	Rok				
	2014	2015	2016	2017	2018
Układ kierowniczy	0,0178	0,0211	0,0164	0,0190	0,0153
Układ hamulcowy	0,1078	0,1531	0,1484	0,1496	0,1502
Zawieszenie, koła, osie, opony	0,3049	0,3004	0,2734	0,2701	0,2641
Oświetlenie pojazdu	0,1742	0,1145	0,1115	0,1250	0,1178
Inne	0,3953	0,4109	0,4503	0,4363	0,4526

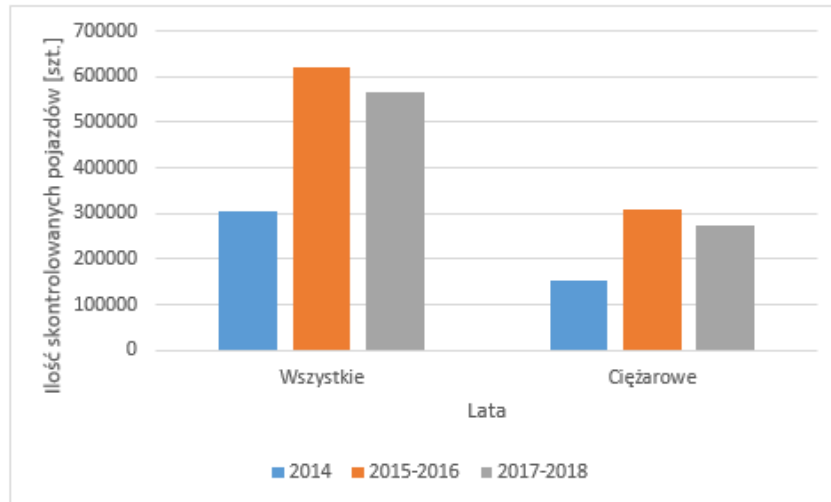
2.5.6. Pojazd zatrzymano do kontroli przez ITD (F)

Jednostką uprawnioną do kontroli pojazdów ciężarowych, a także w wyjątkowych przypadkach samochodów osobowych jest Inspekcja Transportu Drogowego (ITD). Jako instytucja jest uprawniona do przeprowadzania kontroli na drodze jak również w przedsiębiorstwach wykonujących transport drogowy.

W celu przeprowadzenia dalszych analiz niezbędne było zwrócenie się do Inspekcji Transportu Drogowego o udostępnienie danych za lata 2014 – 2017 dotyczących ilości przeprowadzonych kontroli wszystkich pojazdów z podziałem na kategorie wraz z odniesieniem do stanu technicznego tych, że pojazdów. Biorąc pod uwagę przeprowadzane kontrole przez w/w instytucję poddano analizie udostępnione dane, które były podzielone na poszczególne lata. Chcąc dokonać ujednoczenia w pracy postanowiono w tym przypadku zsumować lata 2015 do 2018 w dwuletnie okresy jak to miało miejsce z danymi Policji (tab. 10). Na ich podstawie sporządzono wykres ilości pojazdów poddanych kontroli w latach 2014 – 2018 (rys. 2.16). Z powodu braku danych za rok 2018 na potrzeby pracy oszacowano ilość przeprowadzonych kontroli poprzez wykorzystanie linii trendu. Przeprowadzona analiza wskazuje, iż prognozowana ilość kontroli w roku 2018 będzie niższa od poprzedniego roku o: 4,2% w odniesieniu do wszystkich pojazdów i o 5,2 % w przypadku pojazdów ciężarowych.

Tabela 10. Liczba skontrolowanych pojazdów przez ITD w latach 2014 – 2018 (opracowanie własne na podstawie [30, 62])

Lata	Pojazdy	Liczba skontrolowanych pojazdów
2014	Wszystkie	303084
	Ciężarowe	152101
2015 – 2016	Wszystkie	617727
	Ciężarowe	306964
2017 – 2018	Wszystkie	563474
	Ciężarowe	271480



Rys. 2.16. Pojazdy skontrolowane przez ITD w latach 2014 – 2018

Przeprowadzając podobny schemat rozważań w pewnym zakresie, jaki będzie miał miejsce w przypadku Policji można zauważyć, iż w roku 2014 stosunek ilość skontrolowanych pojazdów ciężarowych do zarejestrowanych wyniósł 5,01%. Z kolei w latach 2015 – 2016 liczył on 4,9%, natomiast w następnym zakresie czasowym był on już niższy o 0,7% od poprzedniego.

Porównując natomiast pojazdy w tych samych grupach w odniesieniu do przeprowadzonych kontroli to można zauważyć, iż w latach 2017 do 2018 było mniej przebadanych o 8,8% wszystkich pojazdów, a o 11,6% mniej ciężarowych.

Realizując natomiast porównanie między wszystkimi pojazdami, a ciężarowymi sytuacja wygląda nieco inaczej. Przyjmując za 100% wszystkie pojazdy to w roku 2014 okazuje się, iż z pośród nich 50,2% były to pojazdy ciężarowe. Natomiast w latach 2015 – 2016 pojazdów ciężarowych było mniej o 0,5% od wcześniejszego roku. Tymczasem w kolejnym okresie dwuletnim dokonano o 0,5% mniej kontroli pojazdów ciężarowych. Jednakże należy zauważyć, że inspektorzy Inspekcji Transportu Drogowego mają w zakresie swoich obowiązków znacznie więcej zadań do zrealizowania poza kontrolami drogowymi pojazdów, co może mieć przełożenie na ilość przeprowadzonych kontroli.

Chcąc dokonać oszacowania prawdopodobieństwa zatrzymania pojazdu do kontroli przez Inspekcję Transportu Drogowego należy podzielić ilość skontrolowanych pojazdów w danym roku przez liczbę pojazdów poruszających się po drogach. Do obliczeń wykorzystano dane zamieszczone w podrozdziale 2.5.8 w tabeli 18 oraz podstawiono do zależności odpowiednie dane z tab. 10 obecnego podrozdziału. Przykładowe wyliczenie dla roku 2015.

$$q(F) = \frac{\left(\frac{\text{ilość skontrolowanych pojazdów ciężarowych (2015 - 2016)}}{2}\right)}{\text{ilość pojazdów ciężarowych poruszających się po drogach}} \quad (3)$$

$$q(F) = \frac{(306\,964/2)}{1\,882\,263} = 0,0815$$

Uzyskane wyniki obliczeń prawdopodobieństwa zatrzymania pojazdu do kontroli przez ITD. w latach 2014 - 2018 zestawiono w tabeli nr 11.

Tabela 11. Prawdopodobieństwo zatrzymania pojazdu do kontroli w latach 2014 – 2018 przez ITD

	Rok				
	2014	2015	2016	2017	2018
Prawdopodobieństwo zatrzymania pojazdu	0,0820	0,0815	0,0794	0,0695	0,0687

Po wykonaniu obliczeń można stwierdzić, iż prawdopodobieństwo zatrzymania pojazdu ciężarowego do kontroli od roku 2014 się zmniejsza, co może w konsekwencji przyczynić się do wzrostu ilości niesprawnych pojazdów poruszających się po drogach.

2.5.7. ITD podczas kontroli wykrywa usterkę (G)

Inspektorzy podczas kontroli na drodze poza sprawdzeniem dokumentacji dotyczącej pojazdu i transportowanego ładunku, jeśli takowy występuje kontrolują również stan techniczny pojazdu. Tak jak Policja zaczynają proces kontrolny od identyfikacji i przechodzą do kontroli stanu pojazdu poprzez obszary układów lub zespołów układów wymienionych w podrozdziale 2.5.9., lecz za pomocą różnych urządzeń bądź przyrządów. Natomiast w przypadku tej instytucji prawo określa, iż kontrolę drogową pojazdu w odniesieniu do stanu technicznego powinien realizować inspektor posiadający uprawnienia diagnosty. Za to w wyjątkowych sytuacjach kontrolę może przeprowadzać inspektor bez uprawnień jednak musi posiadać odpowiednią wiedzę i doświadczenie. W celu sprawdzenia stanu technicznego pojazdu inspektor wykorzystuje mobilną stację kontroli, jak również może użyć wózka diagnostyczne, lecz pojazd podczas badania musi mieć unieruchomiony silnik oraz podłożone pod koła dwa kliny zabezpieczając pojazd przed przemieszczeniem. Jednak nie każda jednostka wojewódzka posiada takowe urządzenie. Pierwszym oddziałem wojewódzkim, który posiadał mobilną stację kontroli

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

pojazdów była Bydgoszcz, jednak znacząco różniące się od tych najnowszych. Kolejną placówką, która miała w swojej dyspozycji mobilną stację kontroli był Wrocław natomiast ostatnią okazały się Katowice. Główna Inspekcja Transportu Drogowego na początku stycznia 2019 zaplanowała, że zakupi jeszcze 16 takich urządzeń wraz z pojazdami do ich przewożenia. Najnowsza mobilna stacja diagnostyczna, która znajduje się w Katowicach jest zabudowane w formie automatycznie rozkładanego kontenera zawierającego elementy linii diagnostycznej CERTUS oraz umożliwia badanie pojazdów do i powyżej 3,5T jak również z napędem 4x4 (rys.2.17).



Rys. 2.17. Mobilna stacja kontroli pojazdów Inspekcji Transportu Drogowego [43, 44]

Rozkładanie urządzenia w wyznaczonym miejscu realizowane jest za pomocą tabletu z ekranem dotykowym przez jedną osobę, a cały proces trwa 15 minut. Obiekt można obracać wokół swojej osi, a miejsce, w którym zostanie umiejscowiony nie musi być wypoziomowane, ponieważ urządzenie ma taką możliwość. W swej budowie ma m.in. rolki hamulcowe, analizator spalin do silników ZI (z zapłonem iskrowym), dymomierz do silników ZS (z zapłonem samoczynnym), szarpak hydrauliczny (ośmiokierunkowy), który posiada dodatkową opcję sprawdzenia luzów na sworzniu królewskim siodła. Jest również przyrząd do testowania tachografów, miernik poziomu dźwięku (sonometr), leżanka warsztatowa z kółkami, miernik nacisku na pedał hamulca, czujnik(i) ciśnienia w układzie hamulcowym, pachółki drogowe, kliny pod koła oraz jako opcja przedział biurowy.

Proces kontroli realizowany przez inspektora po sprawdzeniu wymaganych dokumentów polega na tym, że na stację mobilną pojazd wprowadza kontrolowany kierowca, natomiast gdy odmówi to inspektor posiadający odpowiednie uprawnienia do kierowania pojazdem realizuje proces. Kontrola pojazdu jest realizowana bez demontażu zespołów oraz części pojazdu poza

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

kontrolą instalacji układu zasilania tachografu. Natomiast po przeprowadzonej kontroli sporządzany jest protokół w dwóch egzemplarzach, gdzie jeden pozostaje dla organu kontrolującego, a drugi otrzymuje kierowca. Dużym ułatwieniem dla Inspektorów podczas sprawdzenia stanu technicznego jest zastosowanie mobilnej stacji kontroli, która pozwala precyzyjnie sprawdzić poszczególne układy w pojeździe, a jednocześnie dokładniej zdefiniować uzyskane wyniki pomiarów. Niepokojące jest jednak to, że urządzenia wykorzystywane do kontroli stanu technicznego bardzo dużej ilości pojazdów oraz pracujące w różnych warunkach atmosferycznych (deszcz, śnieg, niska i wysoka temperatura) nie podlegają legalizacji zgodnie z Dziennikiem Urzędowym Głównego Inspektoratu Transportu Drogowego [23]. Nie wiadomo również czy podlegają kalibracji. W końcowym efekcie może to mieć wpływ na uzyskiwane wyniki kontroli oraz globalną ocenę stanu pojazdu.

Tabela 12. Ilość pojazdów skontrolowanych oraz wykrytych usterek przez ITD w latach 2014, 2015 – 2016, 2017 – 2018 w Polsce [30, 62]

Lata	Pojazdy	Liczba skontrolowanych pojazdów	Liczba stwierdzonych usterek
2014	Wszystkie	303084	15921
	Ciężarowe	152101	7989
2015 – 2016	Wszystkie	617727	29458
	Ciężarowe	306964	14639
2017 – 2018	Wszystkie	563474	62380
	Ciężarowe	271480	30772

Na podstawie danych udostępnionych za lata 2015 – 2018 dokonano zestawienia w odniesieniu do skontrolowanych pojazdów oraz stwierdzonych w nich usterek z podziałem na wszystkie pojazdy oraz pojazdy ciężarowe. Inspekcja Transportu Drogowego nie udostępniła jednak danych o ilościach stwierdzonych naruszeń. Jak już wspomniano w podrozdziale 2.5.6. z powodu braku danych za rok 2018 niezbędne było przeprowadzenie analiz szacunkowych w celu uzyskania ilości skontrolowanych pojazdów i wykrytych w nich usterek. Ilość przeprowadzonych kontroli oszacowano na podstawie linii trendu natomiast ilość wykrytych

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

usterek ustalono korzystając z proporcji. W tabeli nr 12 dokonano zestawienia skontrolowanych pojazdów oraz wykrytych usterek.

Następnie zamieszczono kolejne zestawienie z podziałem na układy lub zespoły układów w odniesieniu do wszystkich pojazdów oraz pojazdów ciężarowych za lata 2014 – 2018 (tab. nr 13).

Tabela 13. Ilość pojazdów skontrolowanych z podziałem na układy i zespoły układów przez ITD w latach 2014, 2015 – 2016, 2017 – 2018

Przedmiot badania	Wszystkie pojazdy [szt.]						Samochody ciężarowe [szt.]					
	Liczba dokonanych sprawdzeń w pojeździe			Liczba stwierdzonych usterek			Liczba dokonanych sprawdzeń w pojeździe			Liczba stwierdzonych usterek		
	Rok 2014	Rok 2015 – 2016	Rok 2017 – 2018	Rok 2014	Rok 2015 – 2016	Rok 2017 – 2018	Rok 2014	Rok 2015 – 2016	Rok 2017 – 2018	Rok 2014	Rok 2015 – 2016	Rok 2017 – 2018
Identyfikacja	275956	580172	533610	454	596	790	138475	288319	257058	228	296	381
Układ hamulcowy	94893	208348	234400	2530	5400	20054	47617	103535	112870	1269	2684	9660
Układ kierowniczy	31002	63242	74851	219	618	1308	15557	31426	36045	110	307	630
Widoczność	171743	342965	297522	1474	2502	3090	86181	170440	143350	740	1243	1489
Urządzenia oświetlenia i wyposażenie elektryczne	265026	556794	526668	3298	5932	15542	132990	276704	253668	1655	2949	7487
Osie, koła, opony, zawieszenie	270794	570724	529535	4881	8421	12125	135884	283624	255078	2449	4185	5841
Podwozie i elementy przymocowane do podwozia	91686	213145	226557	603	1055	2527	46008	105919	109105	303	524	1217
Inne wyposażenie, w tym tachograf i ogranicznik prędkości	101605	221237	210959	630	1542	1692	50985	109944	101615	316	766	815
Uciążliwość	104100	198546	191289	1832	3392	5253	52237	98670	92130	919	1685	2531

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

Tabela 14. Usterki w samochodach ciężarowych w rozbiciu na lata 2014 - 2018

Przedmiot badania	Samochody ciężarowe [szt.]									
	Liczba dokonanych sprawdzeń w pojeździe					Liczba stwierdzonych usterek				
	Rok					Rok				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
a) identyfikacja pojazdu	138475	145049	143270	133301	123757	228	157	139	196	185
b) układ hamulcowy	47617	50778	52757	54156	58714	1269	1409	1275	4958	4702
c) układ kierowniczy	15557	15151	16275	17521	18525	110	144	163	326	304
d) widoczność	86181	86656	83785	76444	66906	740	654	589	762	727
e) urządzenia oświetlenia i wyposażenia elektryczne	132990	140232	136471	127354	126313	1655	1606	1343	3841	3646
f) osie, koła, opony i zawieszenie	135884	143074	140551	130758	124320	2449	2348	1837	3001	2840
g) podwozie i elementy przymocowane do podwozia	46008	52059	53861	53382	55723	303	261	263	623	594
h) inne wyposażenie, w tym tachograf i ogranicznik prędkości	50985	55041	54903	51731	49884	316	352	414	419	396
i) uciążliwość, w tym emisja spalin oraz wycieki paliwa lub oleju	52237	50379	48291	45953	46178	919	813	872	1302	1229

Na podstawie powyższej tabeli dokonano porównania o ile wzrosła lub obniżyła się ilość skontrolowanych pojazdów ciężarowych oraz wykrytych usterek w danych układach lub zespołach układów w latach od 2015 – 2016 do 2017 – 2018. Prawdopodobieństwo wykrycia usterki określono na podstawie stosunku liczby skontrolowanych pojazdów w danym roku do ilości wykrytych usterek w danym układzie.

Przykład obliczeń dla roku 2018, dla układu kierowniczego.

Liczba skontrolowanych pojazdów w latach 2017 – 2018 wynosiła 271480 (tab. 10), a liczba usterek wykrytych w układzie kierowniczym to 304 (tab. 14).

$$q(G) = \frac{\text{liczba usterek}}{(\text{liczba skontrolowanych pojazdów w badanym okresie}/2)} \quad (4)$$
$$q(G) = \frac{304}{(271480/2)} = 0,0022$$

Tabela 15. Prawdopodobieństwo wystąpienia usterki w poszczególnych układach samochodów ciężarowych w rozbiciu na lata 2014 - 2018

Przedmiot badania	Rok				
	2014	2015	2016	2017	2018
Układ kierowniczy	0,0007	0,0009	0,0011	0,0024	0,0022
Układ hamulcowy	0,0083	0,0092	0,0083	0,0365	0,0346
Zawieszenie, koła, osie, opony	0,0161	0,0153	0,0119	0,0221	0,0209
Oświetlenie pojazdu	0,0109	0,0105	0,0087	0,0283	0,0268
Inne	0,0165	0,0146	0,0148	0,0243	0,0231

2.5.8. Pojazd zatrzymany do kontroli przez Policję (H)

Jedną z form zweryfikowania gotowości pojazdu jak również kierowcy do realizacji zadania transportowego są wrywkowo przeprowadzane kontrole drogowe poprzez organy kontrolujące, do których między innymi zalicza się Policja, która wykonuje je w warunkach drogowych (droga, parking) z wykorzystaniem dostępnych technik i sprzętu, bez demontażu bądź usuwania jakichkolwiek elementów pojazdu.

Policja tak jak inne instytucje kontrolujące organizują różnego rodzaju akcje oraz wrywkowe kontrole w celu zwiększenia bezpieczeństwa na drogach. Nazwy takich akcji związane są bezpośrednio z kontrolami ukierunkowanymi na konkretne grupy pojazdów lub czynniki zagrażające bezpieczeństwu ruchu na drodze: alkohol i narkotyki, truck & bus, ADR, prędkość, pasy, smog, telefon, waga oraz wiele innych. Zdarza się też tak, że stan pojazdu bądź

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

sposób prowadzenia pojazdu (np. jazda od jednej strony pasa jezdni do drugiej równa się nietrzeźwy albo bardzo zmęczony kierowca) „przyciąga oko” policjantów. Czasami inni użytkownicy informują funkcjonariuszy, że pojazd stwarza zagrożenie na drodze albo sami reagują nie będąc obojętnym na złe poczynania na drodze. Dzięki temu bywa, że jeden kierowca może mieć w ciągu jednego roku kilka kontroli drogowych albo nie będzie miał ich wcale. Jednak, gdy dochodzi do przeprowadzenia kontroli drogowej przez funkcjonariuszy pojazd i kierowca są dokładnie sprawdzani pod wieloma względami, zaczynając od wymaganych dokumentów poprzez ładunek, stan technicznych, a w sytuacjach wątpliwych kończąc nawet na sprawdzeniu trzeźwości. Odnosząc się do wcześniej przytoczonych przykładów kontrole drogowe mogą mieć różny charakter oraz przyczynę w zależności od zaistniałej sytuacji bądź organizowanej akcji.

Kontrole drogowe mają na celu wyeliminowanie kierowców jak i pojazdy niespełniające kryteriów oceny zgodne z wymogami prawnymi. Przejechane kilometry zwłaszcza w pojazdach eksploatowanych od kilku lat dają o sobie znać, co znacząco wpływa w wielu przypadkach na stan techniczny i oddziałuje w sposób pośredni lub bezpośredni na bezpieczeństwo oraz środowisko naturalne.

Dlatego ustalenie, jakie jest prawdopodobieństwo zatrzymania pojazdu ciężarowego do kontroli przez Policję nie jest zadaniem prostym. Podstawowym problemem jest ustalenie ile pojazdów ciężarowych tak naprawdę porusza się po naszych drogach. Brak jest również informacji, jaka jest to wartość procentowa w stosunku do pojazdów zarejestrowanych. Dostępne dane umożliwiają ustalenie ile pojazdów jest zarejestrowanych w Polsce, co pokazano w tabeli nr 16.

Tabela 16. Ilość pojazdów zarejestrowanych w latach 2014 – 2018r. w Polsce [53]

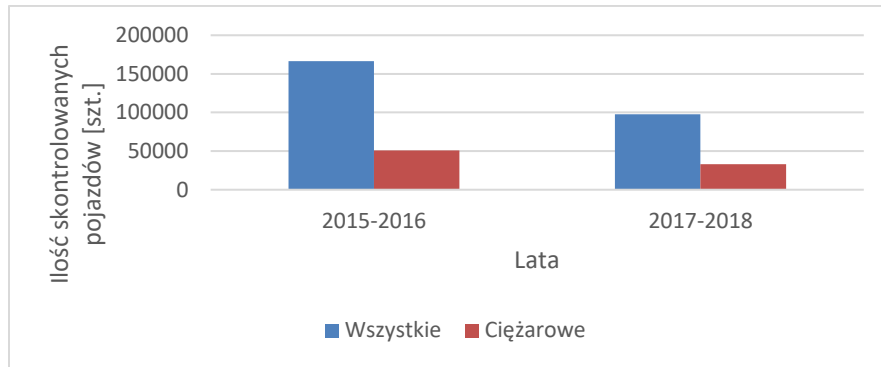
Pojazdy	Rok				
	2014	2015	2016	2017	2018
Wszystkie	26 472 274	27 409 106	28 601 037	29 149 178	29 656 238
Ciężarowe	3 037 427	3 098 376	3 179 655	3 212 690	3 249 961

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

Odnosząc się do powyższej tabeli można zauważyć, iż od 2014 do 2016 roku liczba zarejestrowanych pojazdów ciężarowych co roku średnio wzrastała o 2,4%. Natomiast w kolejnych dwóch latach wzrost jest o połowę mniejszy niż w latach ubiegłych. Jak pokazują liczby pojazdów przybywa. Wiele użytkowników uważa, iż lepiej kupić nowy lub wziąć pojazd w leasing, aby mieć mniej problemów podczas eksploatacji. Z różnych względów zdarza się też, że nie wyrejestrowują tych „starszych” co wpływa na końcowe statystyki. Jaki jest procent tych przypadków również nie jest łatwe do ustalenia. Chcąc podjąć próbę przybliżenia ilości poruszających pojazdów po drogach odniesiono się do statystyk dotyczących kontroli pojazdów przeprowadzanych przez organy kontrolujące. W tym celu zwrócono się o udostępnienie danych dot. skontrolowanych pojazdów za lata 2014 – 2018 do Głównej Komendy Policji. Powyższa instytucja udostępniła statystyki za lata 2015 do 2018 dla wszystkich pojazdów. Skrócony przedział czasowy dla pojazdów ciężarowych wynika z tego, iż z danych przesłanych do Komendy Głównej Policji w Warszawie z pojedynczych placówek z całego kraju sporządzany jest formularz zbiorczy, co dwa lata dla krajów z i poza Unii Europejskiej, w tym też Polski. Ilość krajów ujętych w zestawieniu zależy od pochodzenia skontrolowanych pojazdów ciężarowych. Na potrzeby pracy odniesiono się wyłącznie do Polski, a otrzymane dane zamieszczono poniżej w tabeli 17 oraz na wykresie rys. 2.18.

Tabela 17. Ilość pojazdów skontrolowanych przez Policję w latach 2015 – 2016, 2017 – 2018 w Polsce [54, 55]

Lata	Pojazdy	Liczba skontrolowanych pojazdów
2015 – 2016	Wszystkie	166537
	Ciężarowe	50940
2017 – 2018	Wszystkie	97780
	Ciężarowe	32904



Rys. 2.18 Pojazdy skontrolowane przez Policję w latach 2015 – 2018

Przyjmując do analizy lata 2015 – 2016 to stosunek ilość skontrolowanych pojazdów ciężarowych do zarejestrowanych wynosi on 0,8%, natomiast w następnym zakresie czasowym jest on już niższy o 0,3% od poprzedniego. Należy jednak zwrócić uwagę, iż w okresie od 2014 – 2018 ilość rejestrowanych pojazdów ciężarowych cały czas wzrasta w przeciwieństwie do skontrolowanych przez Policję.

Dokonując porównania pojazdów w tych samych grupach z podziałem na dwuletnie okresy przeprowadzonych kontroli to widać, że było ich mniej w 2017 do 2018 niż w 2015 do 2016. I tak w 2017 do 2018: o 41,3% mniej skontrolowano wszystkich pojazdów, o 35,4% mniej pojazdów ciężarowych w porównaniu do wcześniejszego okresu czasowego. Natomiast dokonując porównania między różnymi grupami czyli: wszystkie pojazdy z ciężarowymi kształtuje się to nieco inaczej. Biorąc wszystkie pojazdy skontrolowane za 100% w latach 2015 – 2016 – to z nich skontrolowano 30,6% pojazdów ciężarowych. W kolejnym dwuletnim okresie przeprowadzono o 3,1% więcej kontroli pojazdów ciężarowych. Uzyskane wartości procentowe nie są jednak miarodajne, gdyż kontroli podlega wiele kategorii pojazdów, a sam organ kontrolujący ma również inne zadania do realizacji. Natomiast istotne jest to, iż jak już wcześniej wspomniano nie wszystkie pojazdy, które są zarejestrowane poruszają się po drogach, dlatego należałoby te wartości doprecyzować.

Jedną z możliwości mogących przybliżyć nas do ustalenia ilości pojazdów ciężarowych z pośród zarejestrowanych poruszających się po drogach będzie informacja o pojazdach poddanych badaniu technicznemu na stacjach kontroli pojazdów (SKP). Problem jednak polega na tym, iż pozyskanie danych ze wszystkich SKP w Polsce jest niemożliwe z różnych przyczyn. Niebyło również wiadomo ile fizycznie pojazdów pojawiało się na SKP, ponieważ nie

prowadzono dokładnych statystyk. Wyjątkiem były podstawowe stacje kontroli pojazdów, które miały przesyłać zestawienia z wynikiem pozytywnym do Wydziału Komunikacji, jednak nie wiadomo czy wszystkie oddziały wykonywały to rzetelnie. Otrzymane dane Wydział Komunikacji wykorzystywały na swoje potrzeby. Inaczej wyglądało to natomiast w przypadku stacji okręgowych. One nie miały obowiązku przekazywania takich informacji. Sytuacja mogłaby ulec zmianie gdyby Ministerstwo Cyfryzacji od razu wprowadziło Centralną Ewidencję Pojazdów i Kierowców (CEPIK) i obowiązek przesyłania danych w ciągu trzech dni. Jednak poza zmianą miejsca docelowego przesyłanych danych niewiele się zmieniło, ponieważ nie zostały one opublikowane. Ustawodawca natomiast cały czas prowadził prace nad udoskonaleniem systemu. Dopiero od dnia 18 listopada 2017r. wprowadzono kolejne zmiany, które wymagały między innymi przekazywanie danych z wynikiem negatywnym. Z upływem czasu w Ministerstwie Cyfryzacji na stronach Centralnej Ewidencji Pojazdów i Kierowców (CEPiK) pojawiła się zakładka „Statystyki z SI CEPIK” gdzie zamieszczono dane o ilości podstawowych i okręgowych stacji kontroli oraz ilości badań technicznych wykonanych w 2018 roku z podziałem na pozytywne i negatywne wyniki badań. Nie zamieszczono jednak danych z lat wcześniejszych. Tak więc, niezbędne było skorzystanie z danych zamieszczonych na stronach Centralnej Ewidencji Pojazdów i Kierowców (CEPiK) do oszacowania procentowej ilości pojazdów poruszających się po drogach. W omawianym roku przeprowadzono 17 405 318 badań z wynikiem pozytywnym i 608 328 z wynikiem negatywnym [42]. Za to wszystkich pojazdów zarejestrowano 29 656 238 szt. z czego 3 249 961 szt. to samochody ciężarowe [54], a ich udział procentowy w ogólnej ilości pojazdów wynosił 10,96%. Dlatego wykorzystując dane do zależności pozwalającej obliczyć ilość pojazdów ciężarowych poruszających się po drogach wygląda następująco:

$$E = \frac{(A + B) \cdot D}{100} \quad (5)$$

gdzie:

A – ilość badań pozytywnych,

B – ilość badań negatywnych,

D – udział procentowy pojazdów ciężarowych,

E – ilość pojazdów ciężarowych poruszających się po drogach.

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

Po podstawieniu do zależności nr 5 otrzymano ilość pojazdów ciężarowych poruszających się po drogach w roku 2018.

$$E = \frac{(17\,405\,318 + 608\,328) \cdot 10,96\%}{100} = 1\,974\,296$$

Z powyższych obliczeń wynika, iż po drogach porusza się 1 974 296 szt. pojazdów ciężarowych. Odnosząc uzyskaną wartość do ilości pojazdów ciężarowych zarejestrowanych to okazuje się, iż po drogach w roku 2018 poruszało się ich 60,75 %. Przyjmując otrzymaną wartość procentową, jako stałą celem obliczenia ilości pojazdów ciężarowych poruszających się w latach 2014 – 2018 uzyskujemy następujące wyniki (tab. 18).

Tabela 18. Ilość pojazdów ciężarowych poruszających się po drogach w latach 2014 – 2018

Pojazdy	Rok				
	2014	2015	2016	2017	2018
Pojazdy ciężarowe zarejestrowane	3 037 427	3 098 376	3 179 655	3 212 690	3 249 961
Pojazdy ciężarowe poruszające się po drogach	1 845 237	1 882 263	1 931 640	1 951 709	1 974 296

Idąc dalej tym tokiem rozumowania znając ilość pojazdów poruszających się po drogach (tab. 18) i ilość skontrolowanych pojazdów (tab. 17) w 2015r. można oszacować prawdopodobieństwo zatrzymania pojazdu do kontroli. W związku, iż wartość skontrolowanych pojazdów ciężarowych (tab. 17) dotyczy dwuletniego okresu należałoby ją podzielić przez dwa.

$$q(H) = \frac{(50\,940/2)}{1\,882\,263} = 0,0135 \quad (6)$$

Tak, więc po wykonaniu obliczeń można stwierdzić, że prawdopodobieństwo zatrzymania pojazdu ciężarowego do kontroli w roku 2015 wynosiło 0,0135. Z powodu braku danych dotyczących ilości pojazdów skontrolowanych w roku 2014 przez Policję nie można określić

prawdopodobieństwa zatrzymania pojazdu dla tego roku, natomiast obliczone wartości dla pozostałych lat zestawiono w tabeli nr 19.

Tabela 19. Prawdopodobieństwo zatrzymania pojazdu do kontroli w latach 2014 – 2018 przez Policję

	Rok				
	2014	2015	2016	2017	2018
Prawdopodobieństwo zatrzymania pojazdu	brak danych	0,0135	0,0132	0,0084	0,0083

2.5.9. Policja podczas kontroli wykrywa usterkę (I)

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji drogowe kontrole techniczne polegają na wytypowaniu przez kontrolującego pojazd, który będzie poddany wstępnej lub szczegółowej ocenie. Przeprowadzając wstępną kontrolę drogową kontrolujący dokonuje sprawdzenia wymaganych dokumentów od pojazdu oraz porównuje je z obiektem rzeczywistym. Poza identyfikacją pojazdu przeprowadza również wzrokową ocenę stanu technicznego pojazdu jak i ładunku wykorzystując do tego celu, w zależności od potrzeby, odpowiedniej metody wraz z przyrządami kontrolno – pomiarowymi będącymi w jego dyspozycji. W sytuacji, gdy kontrolujący ma uzasadnione podejrzenie, iż pojazd zagraża bezpieczeństwu w ruchu drogowym lub narusza wymagania ochrony środowiska podejmuje decyzję o przeprowadzeniu szczegółowej kontroli drogowej. Jeżeli sytuacja tego wymaga, pojazd może być poddany badaniu w mobilnej stacji kontroli pojazdów lub zostaje skierowany do wyznaczonego miejsca kontrolnego gdzie dalej jest sprawdzany przez kontrolującego bądź przez osobę wskazaną, przez niego. Należy zauważyć, iż funkcjonariusz podczas kontroli dokonuje sprawdzenia pojazdu w dużo większym zakresie, lecz na potrzeby pracy skupiono się tylko na identyfikacji oraz stanie technicznym pojazdu. Policjant dokonując drogowej kontroli technicznej pojazdu zobligowany jest sprawdzić (poza wspomnianą wcześniej identyfikacją pojazdu), co najmniej jedną pozycję ze wskazanych poniżej obszarów, do których zalicza się:

- układ hamulcowy,
- układ kierowniczy,
- widoczność,
- światła i wyposażenie elektryczne,

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

- osie, koła, opony i zawieszenie,
- podwozie i elementy przymocowane do podwozia,
- inne wyposażenie, w tym tachograf i ogranicznik prędkości,
- uciążliwość, w tym emisję spalin oraz wycieki paliwa lub oleju,
- warunki dodatkowe.

Oczywiście, w jaki sposób ma być realizowana identyfikacja pojazdu, zakres i metody kontroli jego stanu technicznego oraz kryteria oceny usterek wykrytych podczas kontroli określa załącznik nr 1 do w/w rozporządzenia. Jeżeli zostaną wykryte jakieś usterki, które nie są uwzględnione w tym załączniku należy je oceniać pod kątem zagrożeń, jakie stwarzają dla bezpieczeństwa ruchu drogowego [87]. Do oceny stanu technicznego pojazdu kontrolujący może posłużyć się dostępnymi technikami oraz sprzętem. Wykryte usterki podczas kontroli drogowej można podzielić na trzy kategorie:

- **usterki drobne:** to takie, które nie mają znaczącego wpływu na bezpieczeństwo pojazdu lub wymagania ochrony środowiska, a zarazem nie stanowią przeciwskazania do dalszego użytkowania pojazdu,
- **usterki poważne:** to takie, które mogą być przyczyną do określenia ograniczeń w dalszym użytkowaniu pojazdu lub warunków tego użytkowania. Ograniczenia te mogą być spowodowane zagrożeniami w bezpieczeństwie ruchu drogowego lub naruszeniami wymagań ochrony środowiska,
- **usterki niebezpieczne:** to takie, które całkowicie wykluczają pojazd z dalszego użytkowania. Wynika to z bezpośredniego zagrożenia bezpieczeństwa ruchu drogowego lub naruszenia wymogów ochrony środowiska.

Jeżeli podczas kontroli drogowej kontrolujący wykryje usterki z więcej niż jednej kategorii, to określając końcowy wynik kontroli powinien się kierować najpoważniejszą kategorią usterek. Natomiast w przypadku stwierdzenia kilku usterek z tego samego obszaru drogowej kontroli technicznej, wynik może zostać przyporządkowany do poważniejszej kategorii usterek. Skumulowana ilość usterek może przyczynić się do wzrostu zagrożenia dla bezpieczeństwa ruchu drogowego generowanego przez pojazd co w końcowym efekcie może doprowadzić do częściowego bądź całkowitego wykluczenia pojazdu z ruchu drogowego. Aby policjant mógł zakończyć kontrole pojazdu zgodnie z wymaganiami prawnymi musi sporządzić protokół w dwóch egzemplarzach (aneks B).

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

Pierwszy z egzemplarzy zostaje do dyspozycji organu kontroli ruchu drogowego, natomiast drugi egzemplarz otrzymuje kierowca kontrolowanego pojazdu w celu potwierdzenia przeprowadzonej kontroli i stwierdzonych usterek. To czy pojazd wyruszy w dalszą drogę uzależnione jest od wyniku badania, który może być pozytywny bądź negatywny z zakazem lub ograniczeniem w użytkowaniu.

Należy zauważyć, iż funkcjonariusz podczas kontroli dokonuje sprawdzenia w dużo większym zakresie, lecz na potrzeby pracy skupiono się na identyfikacji oraz stanie technicznym pojazdu.

Odnosząc się do możliwości sprzętowych policji, to w każdym województwie dysponują oni minimum jedną przewoźną stacją diagnostyczną przystosowaną do kontroli stanu technicznego pojazdów osobowych, ciężarowych, autobusów, a jednocześnie służącą, jako biuro. Ten specjalnie wyposażony radiowóz może posiadać na swoim pokładzie: dwa komputery, czytniki za pomocą, których można dokonać sprawdzenia czasu pracy kierowców, analizator spalin, dymomierz, miernik dźwięku, przyrząd do pomiaru przepuszczalności światła przez szyby, przyrząd do badania poziomego hałasu, miernik do pomiaru głębokości bieżnika, lusterko do oglądania podwozia (rys. 2.19).



Rys. 2.19. Mobilna stacja kontroli Volkswagen Crafter (Komenda Miejsca Policji Olsztyn) [45]

Pojazdy jakimi dysponuje Policja nie posiadają na swoim wyposażeniu przyrządów bądź urządzeń do badania układu hamulcowego, układu kierowniczego, zawieszenia. Jednakże zgodnie z Dz. U. z 2019 poz. 1466 w Prawie o ruchu drogowym oraz ustawie o transporcie drogowym w art. 129fa pkt.2 zapisano, że Główna Inspekcja Transportu Drogowego wspólnie z Komendą Główną Policji mają planować oraz organizować wstępne drogowe kontrole techniczne pojazdów kategorii M2, M3, N2 i N3 i przyczep kategorii O3 i O4 w taki sposób, aby

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

w każdym roku kalendarzowym skontrolować wspólnie, co najmniej 5% w/w kategorii pojazdów zarejestrowanych na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej. Podczas tych wspólnych działań to Policja jest instytucją typującą pojazd do wstępnej kontroli drogowej, która jest przeprowadzana zgodnie z art. 131 ust.1 natomiast Inspekcją Transportu Drogowego ma możliwość dokonania dokładnego sprawdzenia pojazdu pod względem stanu technicznego.

Przeprowadzane kontrole drogowe przez różne organy do tego uprawnione wpływają na poprawę bezpieczeństwa. Dlatego postanowiono na potrzeby pracy przeanalizować jak wygląda sytuacja w Polsce w odniesieniu do pojazdów ciężarowych skontrolowanych przez Policję. W udostępnionych danych za okres 2015 – 2018 dokonano podziału na liczbę: skontrolowanych pojazdów, stwierdzonych naruszeń oraz usterek (tabela nr 20).

Tabela 20. Ilość pojazdów skontrolowanych przez Policję w latach 2015 – 2016, 2017 – 2018 w Polsce [54]

Lata	Pojazdy	Liczba skontrolowanych pojazdów	Liczba stwierdzonych naruszeń	Liczba stwierdzonych usterek
2015 – 2016	Wszystkie	166537	16055	16177
	Ciężarowe	50940	7326	9506
2017 – 2018	Wszystkie	97780	7831	9956
	Ciężarowe	32904	4301	5588

W skontrolowanych pojazdach ciężarowych za rok 2015 – 2016 stwierdzono 14,4% naruszeń, a w roku 2017 – 2018 o 1,3% mniej. Dokonując szerszej analizy istotne byłoby odniesienie się do usterek, jakie są wykrywane podczas kontroli drogowych, a które mają znaczący wpływ na bezpieczeństwo. W latach 2015 – 2016 stosunek stwierdzonych usterek do naruszeń wyniósł 129,8%, a w kolejnym okresie o 0,1% więcej. Tak duża różnica pomiędzy ilością stwierdzonych **usterek**, a **naruszeniami** wymaga wyjaśnienia określić.

Pojęcie **usterki** jest rozumiane, jako nieprzewidziane uszkodzenie jednego lub kilku elementów układu pojazdu powodując tym zakłócenie jego funkcjonalności wykluczając go częściowo lub całkowicie z eksploatacji. Z kolei słowo **naruszenia** trudno jest jednoznacznie zdefiniować, ponieważ pojęcie to odnosi się do całości pewnej grupy, której dotyczy, a zarazem niezgodnej z obowiązującym prawem. Naruszenie jest pewnego rodzaju efektem przypadkowego

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

lub czasami „świadomego” niezrozumiałego dla innych postępowania niezgodnego z zasadą szeroko rozumianego bezpieczeństwa, co może w konsekwencji doprowadzić do szkód. Naruszenia mogą dotyczyć przepisów ruchu drogowego, wymagań ochrony środowiska, sposobu przewozu ładunków, kierowania pojazdem, zasad i warunków używania urządzeń rejestrujących i cyfrowych urządzeń rejestrujących, wymaganych przerw i odpoczynków kierowcy, dokumentacji, środków transportu. Dokonując porównania ilościowego naruszeń z usterkami, tych drugich jest więcej, ponieważ są one wyszczególniane podczas oceny stanu do najdrobniejszego elementu.

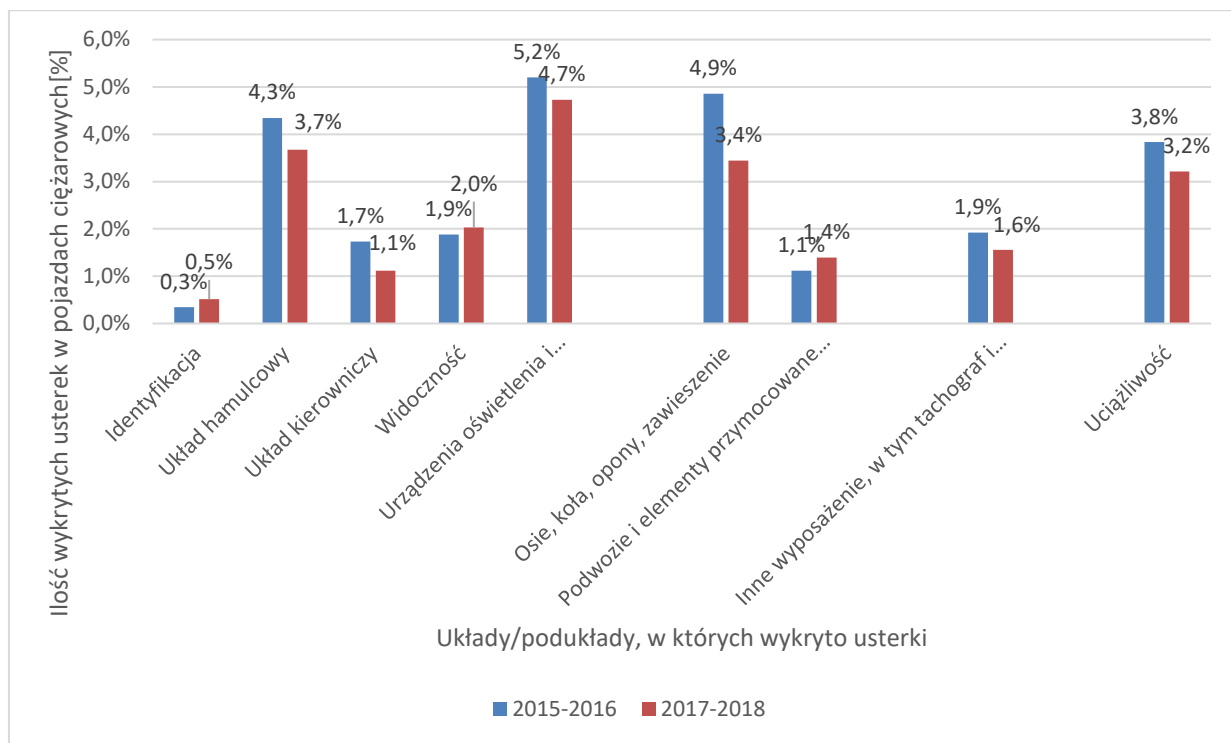
Tabela 21. Ilość pojazdów skontrolowanych z podziałem na układy i zespoły układów przez Policję w latach 2015 – 2016, 2017 – 2018 [54]

Przedmiot badania	Wszystkie pojazdy				Samochody ciężarowe			
	Liczba dokonanych sprawdzeń w pojeździe		Liczba stwierdzonych usterek		Liczba dokonanych sprawdzeń w pojeździe		Liczba stwierdzonych usterek	
	Rok 2015 – 2016	Rok 2017 – 2018	Rok 2015 – 2016	Rok 2017 – 2018	Rok 2015 – 2016	Rok 2017 – 2018	Rok 2015 – 2016	Rok 2017 – 2018
Identyfikacja	116283	92690	292	275	45596	31695	159	163
Układ hamulcowy	92879	75628	2628	1835	36084	24411	1568	897
Układ kierowniczy	76696	63612	882	431	33124	22600	574	253
Widoczność	95547	77471	1181	798	43704	29952	822	607
Urządzenia oświetlenia i wyposażenie elektryczne	114242	90634	4171	2530	44893	30723	2335	1452
Osie, koła, opony, zawieszenie	108839	86544	3896	1967	43228	29660	2100	1021
Podwozie i elementy przymocowane do podwozia	68172	52256	588	482	28982	18426	324	257
Inne wyposażenie, w tym tachograf i ogranicznik prędkości	63646	56644	813	589	29615	23214	569	361
Uciążliwość	58733	48869	1726	1049	27506	17976	1055	577

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

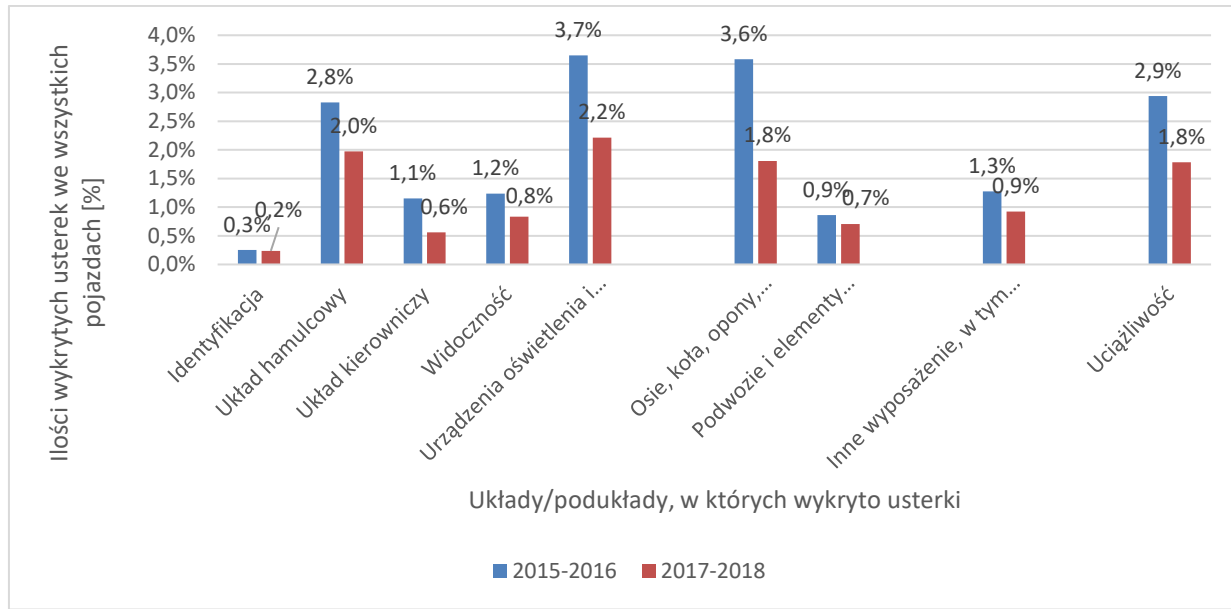
Na przykład odnosząc się do jakiegoś wybranego układu w pojeździe jego składowe elementy współpracując ze sobą podczas długiej bądź niewłaściwej eksploatacji mogą ulec uszkodzeniu. Dodatkowo jak wiadomo układy/podukłady ze sobą współpracują, a zarazem oddziałują na siebie mogąc tym generować dłuższą listę usterek w pojeździe. Naruszenia natomiast odnoszą się do ogólnych grup w pewnym zakresie wymagań, stąd ich mniejsza liczebność. Chcąc zobrazować sytuację w kwestii stanu technicznego pojazdów ciężarowych poruszających się po polskich drogach odniesiono się do danych udostępnionych poprzez organ kontrolujący. Szczegółowe dane dotyczą ilości skontrolowanych pojazdów oraz wykrytych usterek w poszczególnych układach zestawionych w tabeli nr 21 oraz na rysunkach 2.20 i 2.21.

Z przeprowadzonej analizy wynika, iż w latach 2017 – 2018 przeprowadzono średnio o 18,6% mniej kontroli wszystkich pojazdów oraz o 31,3% mniej pojazdów ciężarowych.



Rys. 2.20. Procentowa wartość wykrytych usterek w poszczególnych układach pojazdów ciężarowych przez Policję

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego



Rys. 2.21. Procentowa wartość wykrytych usterek w poszczególnych układach wszystkich pojazdów przez Policję

Dokonując analizy powyższych informacji można określić prawdopodobieństwo wykrycia usterki w zatrzymanym pojeździe w zależności od układu. Można tego dokonać dzieląc ilość stwierdzonych usterek w danym układzie (tab. 21) przez ilość zatrzymanych do kontroli pojazdów w rozpatrywanym okresie (tab. 17).

Dla układu kierowniczego prawdopodobieństwo wyznaczono z następujących zależności:

$$q(I) = \frac{\text{ilość stwierdzonych usterek w danym układzie}}{\text{ilość zatrzymanych do kontroli pojazdów}}$$

$$q(I) = \frac{253}{32904} = 0,0077 \quad (7)$$

Prawdopodobieństwo wykrycia usterek w pozostałych układach zestawiono w tabeli 22.

Tabela 22. Prawdopodobieństwo wykrycia usterki w danym roku i układzie

Przedmiot badania	Rok		
	2014	2015 –2016	2017 –2018
Układ kierowniczy	brak danych	0,0113	0,0077
Układ hamulcowy	brak danych	0,0308	0,0273
Zawieszenie, koła, osie, opony	brak danych	0,0412	0,0310
Oświetlenie pojazdu	brak danych	0,0458	0,0441
Inne	brak danych	0,0575	0,0597

2.6. Działanie modelu na wybranym przykładzie

Korzystając z informacji zamieszczonych w poprzednich rozdziałach można wykonać zestawienie uzyskanych danych wejściowych oraz przeprowadzić symulację działania modelu dla wybranego aspektu analizowanych zagadnień.

Zestawienie prawdopodobieństwa występującego na poszczególnych barierach dla zestawu opisywanych usterek w przykładowym roku 2018 przedstawiono w tabeli nr 23.

Tabela 23. Prawdopodobieństwa zadziałania poszczególnych barier dla określonych zdarzeń inicjujących

Zdarzenie inicjujące / usterka	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Układ kierowniczy	0,0935	0,9524	0,80	0,0083	0,0153	0,0687	0,0023	0,0083	0,0077
Układ hamulcowy	0,2662	0,9524	0,80	0,0269	0,1502	0,0687	0,0356	0,0083	0,0273
Zawieszenie, koła, osie, opony	0,3022	0,9524	0,80	0,0205	0,2641	0,0687	0,0215	0,0083	0,0310
Oświetlenie pojazdu	0,4460	0,9524	0,80	0,0120	0,1178	0,0687	0,0276	0,0083	0,0441
Inne	0,1799	0,9524	0,80	0,0097	0,4526	0,0687	0,0452	0,0083	0,0597

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

Zdarzenie inicjujące	Kierowca zauważa usterkę	Kierowca zgłosił usterkę	Dyspozytor podejmuje działanie	Diagnosta podczas OBT/DBT zauważył usterkę	Diagnosta/mechanik w warsztacie zauważył usterkę	Pojazd zatrzymano do kontroli ITD.	ITD Podczas kontroli wykryła usterkę	Pojazd zatrzymano do kontroli Policja	Policja podczas kontroli wykryła usterkę	Wynik sekwencji zdarzeń	Prawdopodobieństwo wystąpienia sekwencji zdarzeń
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
			tak qC							S1	0,202823
				tak qD						S2	0,001364
		tak qB			tak qE					S3	0,007411
			nie (1 - qC)				tak qG			S4	0,000103
				nie (1 - qD)		tak qF			tak qI	S5	0,000001
							nie (1 - qG)	tak qH	nie (1 - qI)	S6	0,000022
	tak qA				nie (1 - qE)			nie (1 - qH)		S7	0,002755
								tak qI		S8	0,000009
						nie (1 - qF)		tak qH			
								nie (1 - qI)		S9	0,000315
								nie (1 - qH)		S10	0,038726
				tak qD						S11	0,000341
					tak qE					S12	0,001852
0		nie (1 - qB)					tak qG			S13	0,000026
				nie (1 - qD)		tak qF			tak qI	S14	0,000000
							nie (1 - qG)	tak qH	nie (1 - qI)	S15	0,000006
					nie (1 - qE)			nie (1 - qH)		S16	0,000688
								tak qI		S17	0,000002
						nie (1 - qF)		tak qH			
								nie (1 - qI)		S18	0,000079
								nie (1 - qH)		S19	0,009677
				tak qD						S20	0,019739
					tak qE					S21	0,107252
	nie (1 - qA)						tak qG			S22	0,001484
				nie (1 - qD)		tak qF			tak qI	S23	0,000009
							nie (1 - qG)	tak qH	nie (1 - qI)	S24	0,000325
					nie (1 - qE)			nie (1 - qH)		S25	0,039870
								tak qI		S26	0,000128
						nie (1 - qF)		tak qH			
								nie (1 - qI)		S27	0,004562
								nie (1 - qH)		S28	0,560431

Rys. 2.22. Schemat modelu z zaznaczonymi wartościami prawdopodobieństwa zaistnienia określonej sekwencji zdarzeń, kolor zielony to sekwencja najbardziej prawdopodobna a kolor czerwony najmniej prawdopodobna

Przypomnienie stosowanych oznaczeń:

- A – kierowca zauważył usterkę,
- B – kierowca zgłosił usterkę dyspozytorowi,
- C – dyspozytor podejmuje działanie poprzez skierowanie do warsztatu,
- D – diagnosta podczas OBT wykrywa usterkę,
- E – mechanik/diagnosta zauważa usterkę,
- F – pojazd zatrzymano do kontroli ITD,
- G – ITD podczas kontroli wykrywa usterkę,

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

- H – pojazd zatrzymano do kontroli Policja,
- I – Policja podczas kontroli wykrywa usterkę.

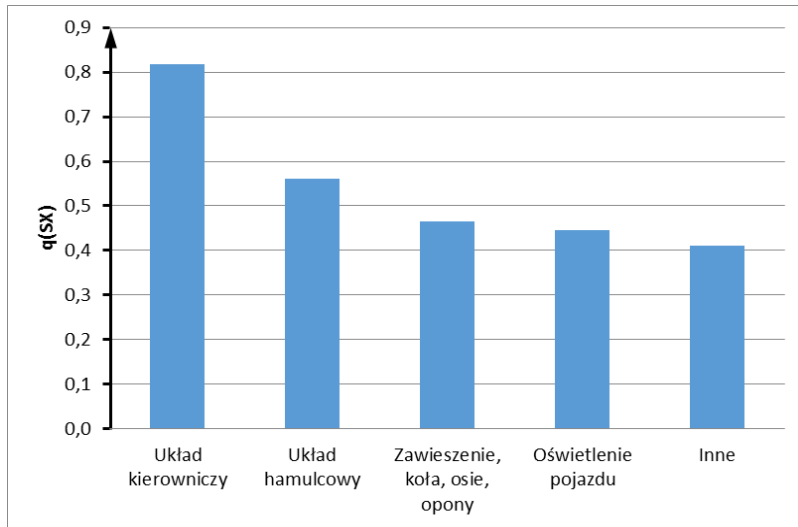
Po podstawieniu danych do modelu dla wytypowanych wcześniej układów uzyskano wyniki zestawione w tabeli 24. Graficzny schemat modelu dla przykładowego zdarzenia inicjującego pokazano na rysunku 2.22. Należy zaznaczyć, iż uzyskane wartości nie uwzględniają prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia początkowego, które przyjęto ma wartość 1. Dzięki temu wyniki są bardziej czytelne. Oznaczenia zastosowane w tabeli odnoszą się do sekwencji gdzie (X) jest jej kolejnym numerem. To też sekwencja (SX_{max}) jest najbardziej prawdopodobna, ponieważ odnosi się do najwyższej wartości prawdopodobieństwa ($q(SX_{max})$), a sekwencja (SX_{min}) jest najmniej prawdopodobna, czyli analogicznie o najmniejszej wartości prawdopodobieństwa ($q(SX_{min})$).

Tabela 24. Wyniki działania modelu dla poszczególnych układów

Zdarzenie inicjujące / usterka	$q(SX_{max})$	SX_{max}	$q(SX_{min})$	SX_{min}
Układ kierowniczy	0,817564	28	0,00000002	14
Układ hamulcowy	0,560431	28	0,00000016	14
Zawieszenie, koła, osie, opony	0,464541	28	0,00000018	14
Oświetlenie pojazdu	0,445968	28	0,00000045	14
Inne	0,410590	28	0,00000015	14

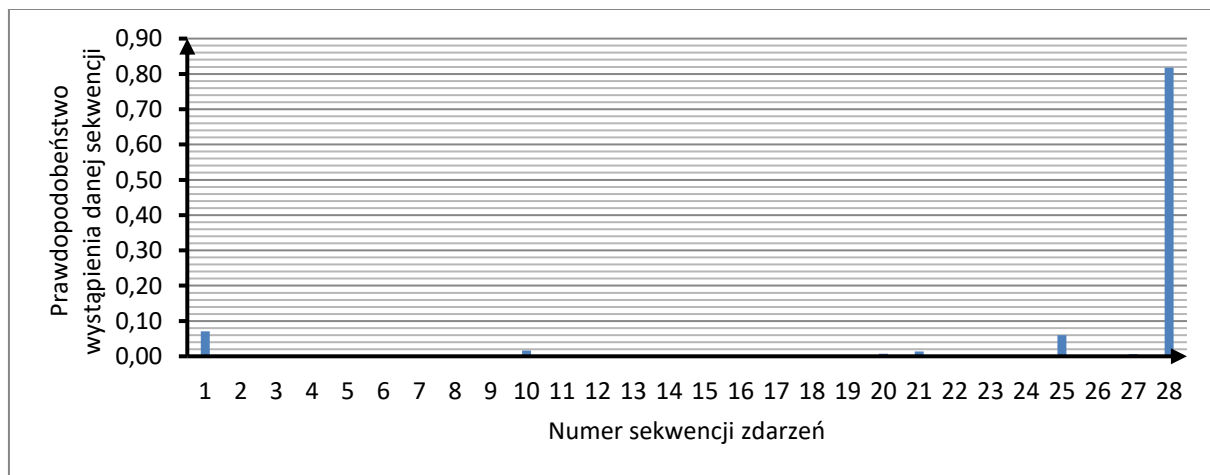
Uzyskane wyniki dla najbardziej prawdopodobnej sekwencji zdarzeń lepiej obrazuje wykres z rys. 2.23.

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego



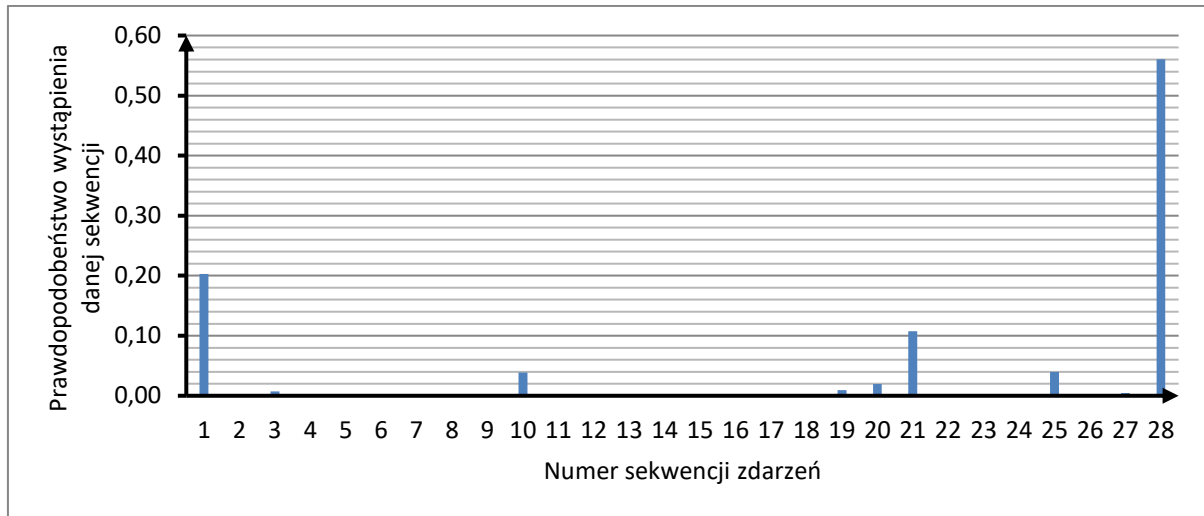
Rys. 2.23. Graficzne przedstawienie prawdopodobieństwa wystąpienia sekwencji 28 dla poszczególnych zdarzeń inicjujących

Analizując uzyskane wyniki należy zwrócić uwagę na rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia danej sekwencji. Dla poszczególnych układów przedstawiono powyżej wartości skrajne tzn. przedstawiono tylko sekwencje charakteryzujące się maksymalnymi i minimalnymi wartościami prawdopodobieństwa ich wystąpienia. Aby można było mieć szerszy pogląd na badane zagadnienie przedstawiono w postaci wykresów słupkowych uzyskane wartości prawdopodobieństw dla wszystkich sekwencji występujących w modelu. Na rysunkach od 2.24 do 2.28 przedstawiono rozkłady prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych sekwencji dla poszczególnych układów rozpoczynając od układu kierowniczego.

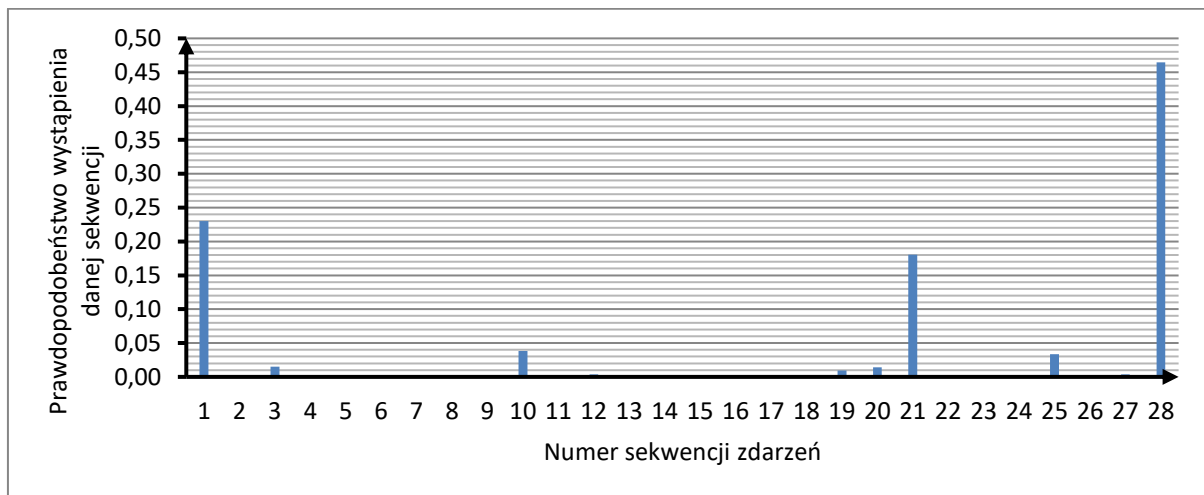


Rys. 2.24. Rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych sekwencji dla układu kierowniczego

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

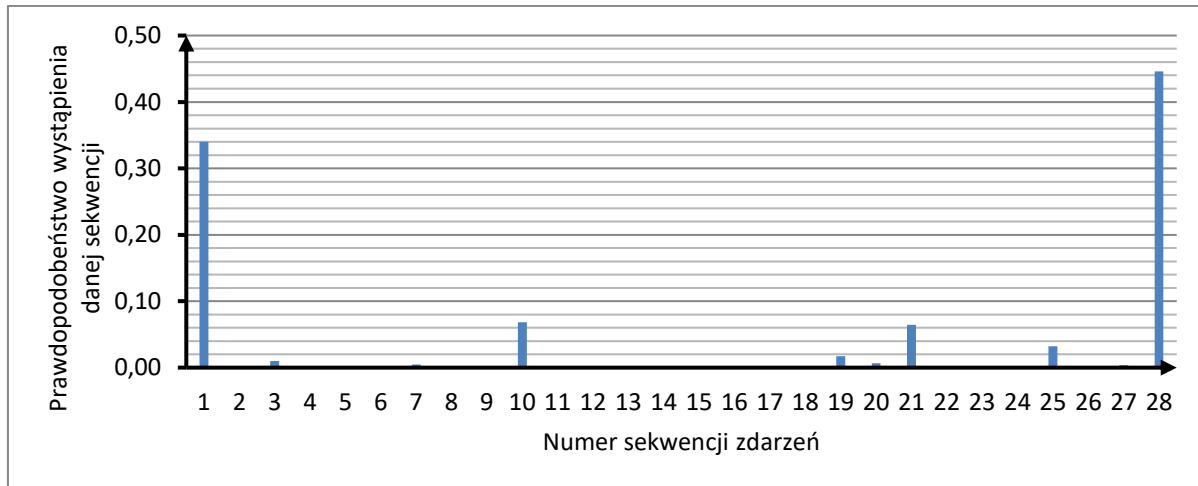


Rys. 2.25. Rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych sekwencji dla układu hamulcowego

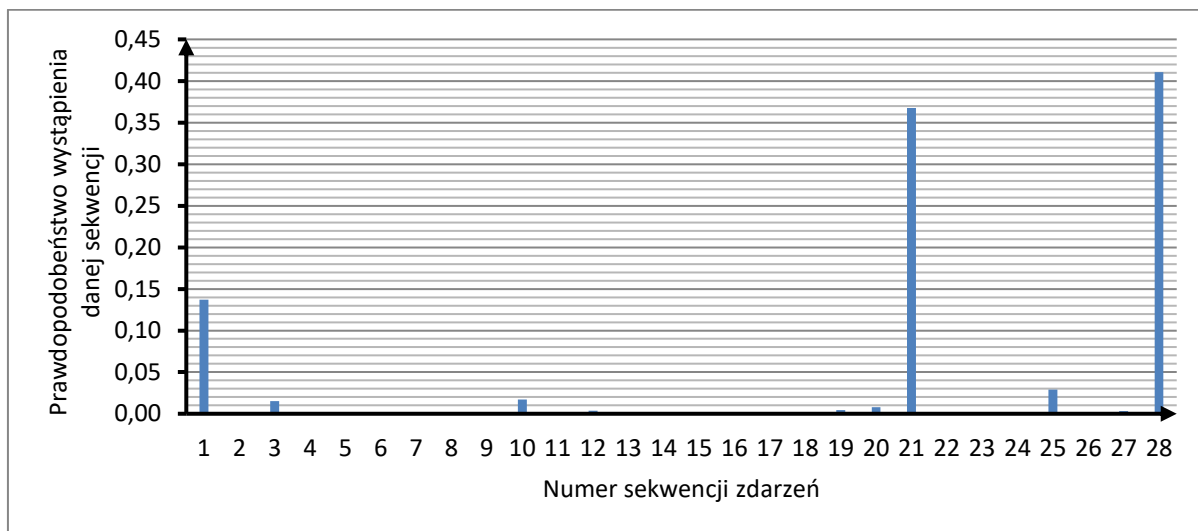


Rys. 2.26. Rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych sekwencji dla układu zawieszenie, koła, opony

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego



Rys. 2.27. Rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych sekwencji dla oświetlenia pojazdu



Rys. 2.28. Rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych sekwencji dla zdarzeń określonych jako inne.

2.7. Ocena wpływu poszczególnych barier na wybrane aspekty procesu transportowego

Ocenę wpływu konkretnej bariery na wielkość strat zbadano poprzez zmianę wartości prawdopodobieństwa jej wystąpienia/zadziałania od 0,1 do 1 pozostawiając pozostałe bariery przy ich wartościach nominalnych. Takie podejście daje możliwość wskazania barier, których zmiana wartości prawdopodobieństwa jej zadziałania może wpłynąć na zmianę sekwencji zdarzeń oraz na wartość prawdopodobieństwa jej wystąpienia.

Zasada postępowania przy analizie dowolnego układu jest dokładnie taka sama. Przykładową analizę przeprowadzono dla układu hamulcowego w dalszej części rozdziału. Na poszczególnych wykresach zastosowano następujące oznaczenia:

- Nom** – wartość uzyskana z badań środowiskowych zaznaczona, jako punkt odniesienia,
- SX** – numer sekwencji występującej przy danych warunkach początkowych,
- q(SX)** – prawdopodobieństwo, z jakim wystąpi dana sekwencja.

Podczas dokonywania zmian wartości prawdopodobieństwa stopnia zadziałania danej bariery i oceny jej wpływu na sekwencje zdarzeń okazało się, iż tylko 5 z nich wykazało wpływ na sekwencję zdarzeń. Bariery, które przy pozostawieniu pozostałych wartości w zakresie nominalnym spowodowały zmianę sekwencji zdarzeń, to: Bariera A – kierowca zauważa usterkę, Bariera D – diagnosta podczas okresowego badania wykrywa usterkę, Bariera E – diagnosta/mechanik wykrywa usterkę, Bariera F – pojazd zatrzymano do kontroli ITD, Bariera H – pojazd zatrzymano do kontroli Policja.

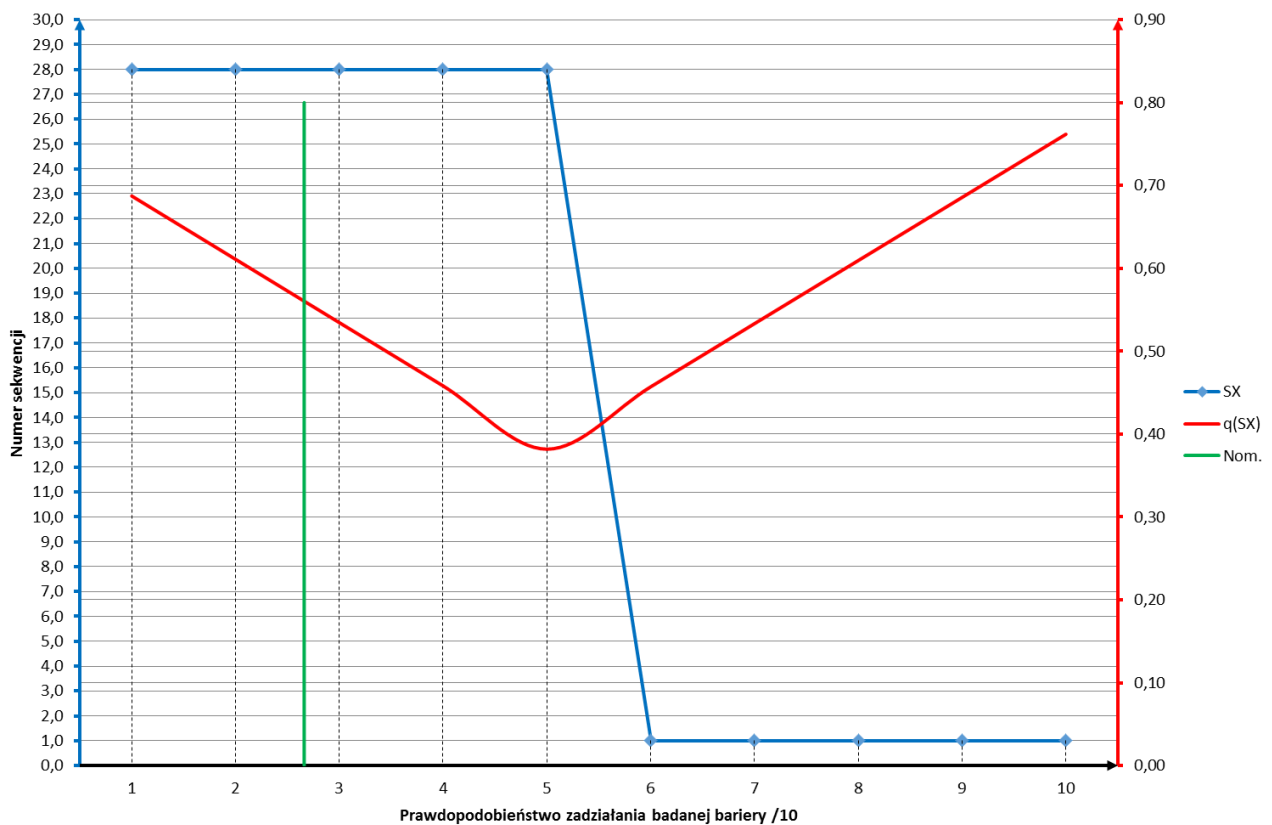
Najbardziej optymalną sekwencją zdarzeń będzie ta, która angażuje najmniej barier, czyli potencjalna usterka usuwana jest praktycznie w momencie jej powstania. Takie podejście jest logiczne, ponieważ usunięcie usterki na poziomie bariery A, B i C ze względu na ich wzajemne powiązanie może spowodować jedynie niewielkie opóźnienia w dostawach, a nie ich uniemożliwienie.

Analizując prawdopodobieństwo wystąpienia danej sekwencji to należy poszukiwać jak najmniejszej jego wartości. Wynika to z faktu, iż wartość ryzyka jest iloczynem prawdopodobieństwa wystąpienia danej sekwencji i wielkości nakładów finansowych na przewóz

jak podano w rozdziale 2.4., czyli im mniejsza wartość prawdopodobieństwa tym mniejsze ryzyko powstania strat.

2.7.1. Ocena oddziaływania bariery A

Pierwszą z badanych przy pomocy modelu barier jest bariera oznaczona literą A czyli związana bezpośrednio z kierowcą i jego możliwościami rozpoznawania usterki związanej z układem hamulcowym. Po podstawieniu niezbędnych wartości wejściowych uzyskano wyniki przedstawione na rysunku 2.29.



Rys. 2.29. Charakterystyka zmian wartości prawdopodobieństwa zaistnienia określonej sekwencji zdarzeń dla bariery A (kierowca zauważa usterkę)

Analizując zachowanie modelu dla zmian $q(A)$ zachowania kierowcy opisanych prawdopodobieństwem rozpoznania przez niego usterki można zauważyć, iż sekwencja zdarzeń S28 będzie miała miejsce dopóki prawdopodobieństwo zadziałania bariery nie osiągnie wartości 0,5. Po jej przekroczeniu następuje zmiana sekwencji zdarzeń na sekwencję S1. Sekwencja S28 angażuje działanie czterech barier D, E, F i H natomiast sekwencja S1 tylko dwóch B i C.

Z badań wynika, iż kierowca rozpoznaje daną usterkę z prawdopodobieństwem 0,2662 co przekłada się na występowanie sekwencji S28 z prawdopodobieństwem 0,56043. Sekwencja zdarzeń S28 będzie występowała do momentu osiągnięcia przez barierę wartości 0,5 wówczas prawdopodobieństwo jej wystąpienia osiągnie wartość minimalną wynoszącą 0,38187, przy dalszym zwiększaniu rozpoznawania usterki przez kierowcę następuje zmiana sekwencji zdarzeń na sekwencję S1 z jednoczesnym wzrostem prawdopodobieństwa jej wystąpienia. Porównując otrzymane wartości można określić o ile można zmniejszyć wartość ryzyka zwiększając prawdopodobieństwo rozpoznawania usterki przez kierowcę.

Jeżeli za 100% przyjmimy wartość prawdopodobieństwa zajścia sekwencji S28 dla $q(A)_{nom}$, a za x $q(S28)$ dla $q(A) = 0,5$ otrzymamy zależność:

$$x = \frac{(100 \cdot (q(S28)_{nom} - q(S28)_{0,5}))}{q(S28)_{nom}} \quad (8)$$

$$x = \frac{(100 \cdot (0,56043 - 0,38187))}{0,56043} = 31,9\%$$

W celu ustalenia o ile procent należy zwiększyć prawdopodobieństwo rozpoznawania przez kierowcę usterki należy skorzystać z analogicznej zależności:

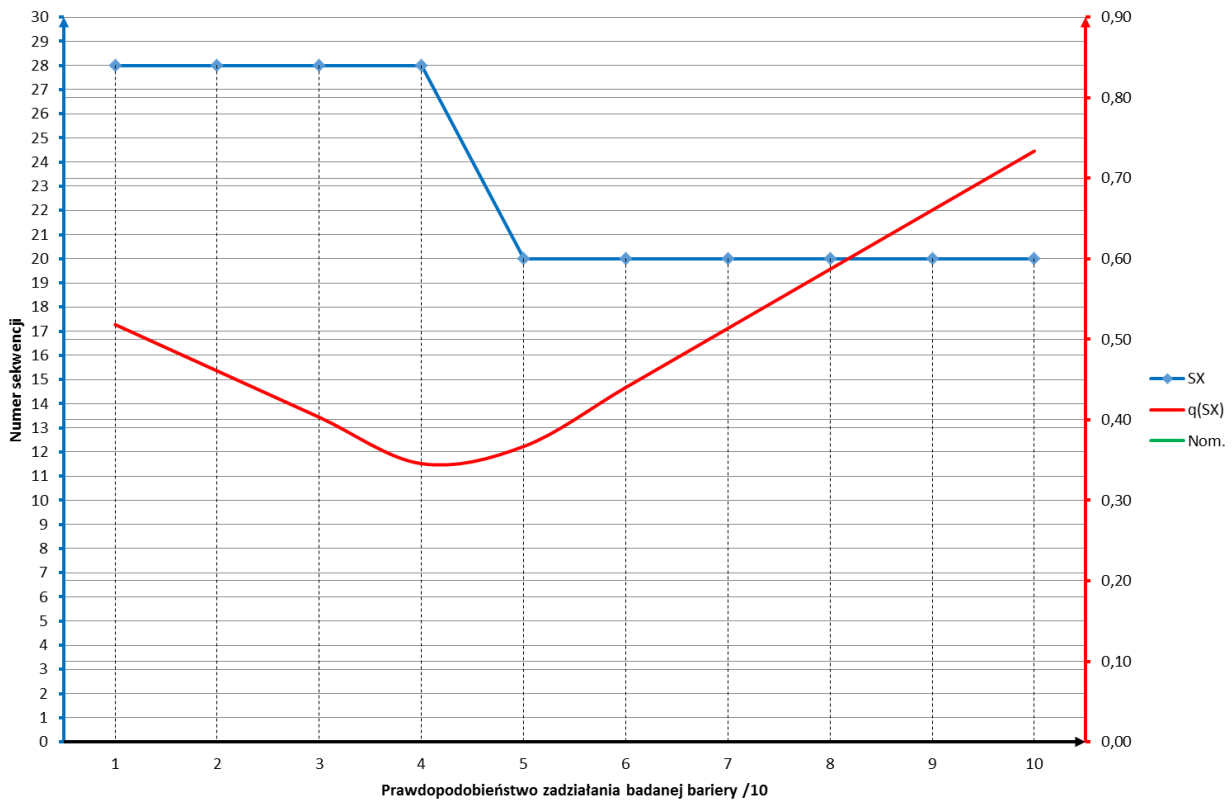
$$y = \frac{(100 \cdot |(q(A)_{nom} - q(A)_{0,5})|)}{q(A)_{nom}} \quad (9)$$

$$y = \frac{(100 \cdot |(0,2662 - 0,5)|)}{0,2662} = 87,8\%$$

Ostatecznie można stwierdzić, że zwiększenie wykrywania usterek na barierze A o 87,8% (do wartości 0,5) może zmniejszyć ryzyko strat w sekwencji zdarzeń S28 o 31,9% (do wartości minimalnej) oraz zmniejszyć ilość zaangażowanych barier z czterech do dwóch.

2.7.2. Ocena oddziaływania bariery D

Bariera D dotyczy diagnosty, który podczas okresowego badania technicznego wykrywa usterkę. Po podstawieniu do modelu niezbędnych wartości wejściowych uzyskano wyniki przedstawione na rysunku 2.30. Wartość nominalna ze względu na małą wartość jest niewidoczna na rysunku.



Rys. 2.30. Charakterystyka zmian wartości prawdopodobieństwa zaistnienia określonej sekwencji zdarzeń dla bariery D (diagnosta zauważa usterkę)

Analizując zachowanie modelu dla zmian $q(D)$ czyli diagnosty, który podczas okresowego badania technicznego rozpoznaje usterkę opisanych prawdopodobieństwem można zauważyć, iż sekwencja zdarzeń S28 będzie miała miejsce dopóki prawdopodobieństwo zadziałania bariery nie osiągnie wartości 0,43. Po jej przekroczeniu następuje zmiana sekwencji zdarzeń na sekwencję S20. Sekwencja S28 angażuje działanie trzech barier E, F i H natomiast sekwencja S20 żadnej dodatkowej bariery.

Z badań wynika, iż diagnosta podczas okresowego badania technicznego rozpoznaje daną usterkę z prawdopodobieństwem 0,0269 co przekłada się na występowanie sekwencji S28

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

z prawdopodobieństwem 0,56043. Sekwencja zdarzeń S28 będzie występowała do momentu osiągnięcia przez barierę wartości 0,43, wówczas prawdopodobieństwo jej wystąpienia osiągnie wartość minimalną wynoszącą 0,3283, przy dalszym zwiększaniu rozpoznawania usterki przez diagnostę następuje zmiana sekwencji zdarzeń na sekwencję S20 z jednoczesnym wzrostem prawdopodobieństwa jej wystąpienia. Porównując otrzymane wartości analogicznie jak w rozdziale 2.7.1 można określić o ile można zmniejszyć wartość ryzyka zwiększając prawdopodobieństwo rozpoznawania usterki przez diagnostę.

Jeżeli za 100% przyjmujemy wartość prawdopodobieństwa zajścia sekwencji S28 dla $q(D)_{nom}$, a za x $q(S28)$ dla $q(D) = 0,43$ otrzymamy zależność:

$$x = \frac{(100 \cdot (q(S28)_{nom} - q(S28)_{0,43}))}{q(S28)_{nom}} \quad (10)$$

$$x = \frac{(100 \cdot (0,56043 - 0,3283))}{0,56043} = 41,4\%$$

W celu ustalenia o ile procent należy zwiększyć prawdopodobieństwo rozpoznawania przez diagnostę na badaniu usterki należy skorzystać z analogicznej zależności:

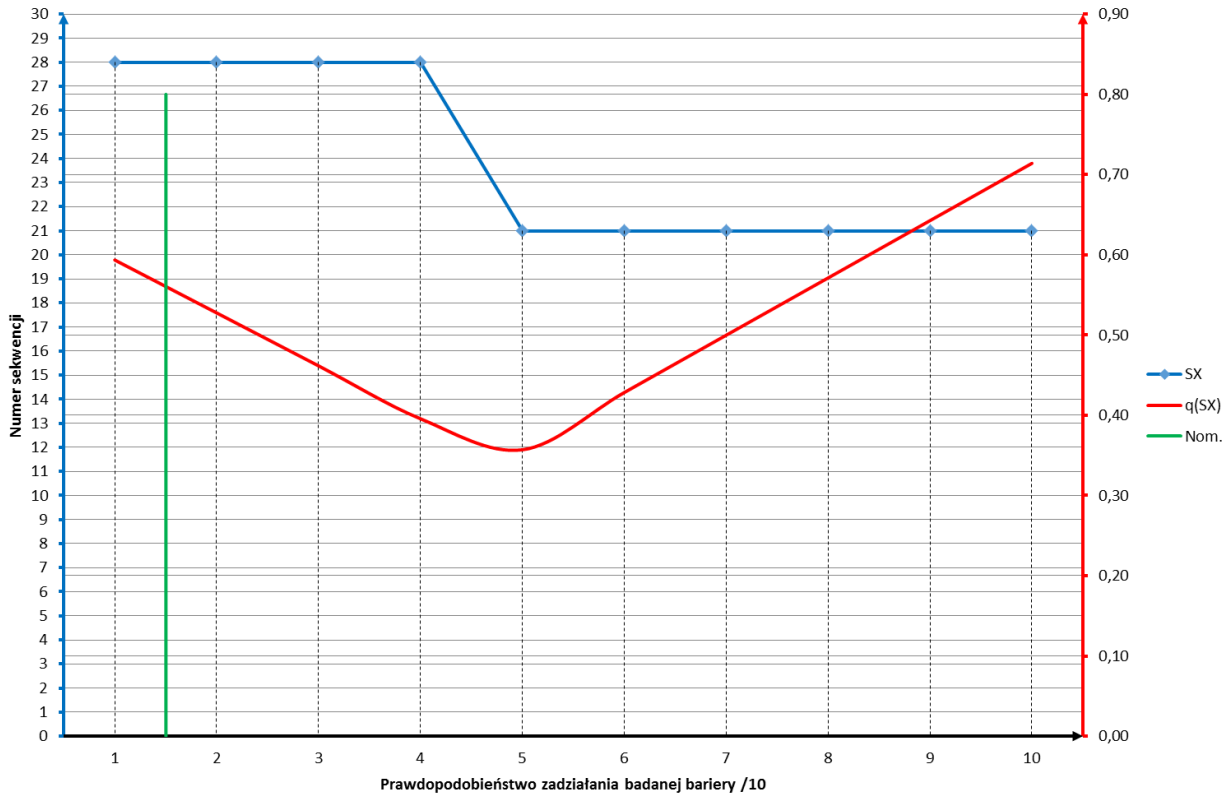
$$y = \frac{(100 \cdot |(q(D)_{nom} - q(D)_{0,43})|)}{q(D)_{nom}} \quad (11)$$

$$y = \frac{(100 \cdot |(0,0269 - 0,43)|)}{0,0269} = 1498,5\%$$

Ostatecznie można stwierdzić, że zwiększenie wykrywania usterek na barierze D o 1498,5% może zmniejszyć ryzyko strat w sekwencji zdarzeń S28 o 41,4% oraz zmniejszyć ilość zaangażowanych barier z trzech do zera.

2.7.3. Ocena oddziaływania bariery E

Kolejną badaną przy pomocy modelu barierą jest bariera oznaczona literą E czyli związana bezpośrednio z diagnostą czy mechanikiem obsługującym pojazd podczas okresowego przeglądu w serwisie danej marki i jego możliwościami rozpoznawania usterki związanej z układem hamulcowym. Po podstawieniu niezbędnych wartości wejściowych uzyskano wyniki przedstawione na rysunku 2.31.



Rys. 2.31. Charakterystyka zmian wartości prawdopodobieństwa zaistnienia określonej sekwencji zdarzeń dla bariery E (diagnosta/ mechanik zauważa usterkę)

Analizując zachowanie modelu dla zmian $q(E)$ zachowania diagnosty/ mechanika opisanych prawdopodobieństwem rozpoznania przez niego usterki można zauważyć, iż sekwencja zdarzeń S28 będzie miała miejsce dopóki prawdopodobieństwo zadziałania bariery nie osiągnie wartości 0,48. Po jej przekroczeniu następuje zmiana sekwencji zdarzeń na sekwencję S21. Sekwencja S28 angażuje działanie dwóch barier F i H natomiast sekwencja S21 żadnej.

Z badań wynika, iż diagnosta/ mechanik rozpoznaje daną usterkę z prawdopodobieństwem 0,1502 co przekłada się na występowanie sekwencji S28

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

z prawdopodobieństwem 0,56043. Sekwencja zdarzeń S28 będzie występowała do momentu osiągnięcia przez barierę wartości 0,48 wówczas prawdopodobieństwo jej wystąpienia osiągnie wartość minimalną wynoszącą 0,3429, przy dalszym zwiększaniu rozpoznawania usterki przez diagnostę/ mechanika następuje zmiana sekwencji zdarzeń na sekwencję S21 z jednoczesnym wzrostem prawdopodobieństwa jej wystąpienia. Porównując otrzymane wartości można określić o ile można zmniejszyć wartość ryzyka zwiększając prawdopodobieństwo rozpoznawania usterki przez diagnostę/ mechanika.

Jeżeli za 100% przyjmujemy wartość prawdopodobieństwa zajścia sekwencji S28 dla $q(E)_{nom}$, a za x $q(S28)$ dla $q(E) = 0,48$ otrzymamy zależność:

$$x = \frac{(100 \cdot (q(S28)_{nom} - q(S28)_{0,48}))}{q(S28)_{nom}} \quad (12)$$

$$x = \frac{(100 \cdot (0,56043 - 0,3429))}{0,56043} = 38,8\%$$

W celu ustalenia o ile procent należy zwiększyć prawdopodobieństwo rozpoznawania przez diagnostę/ mechanika usterki należy skorzystać z analogicznej zależności:

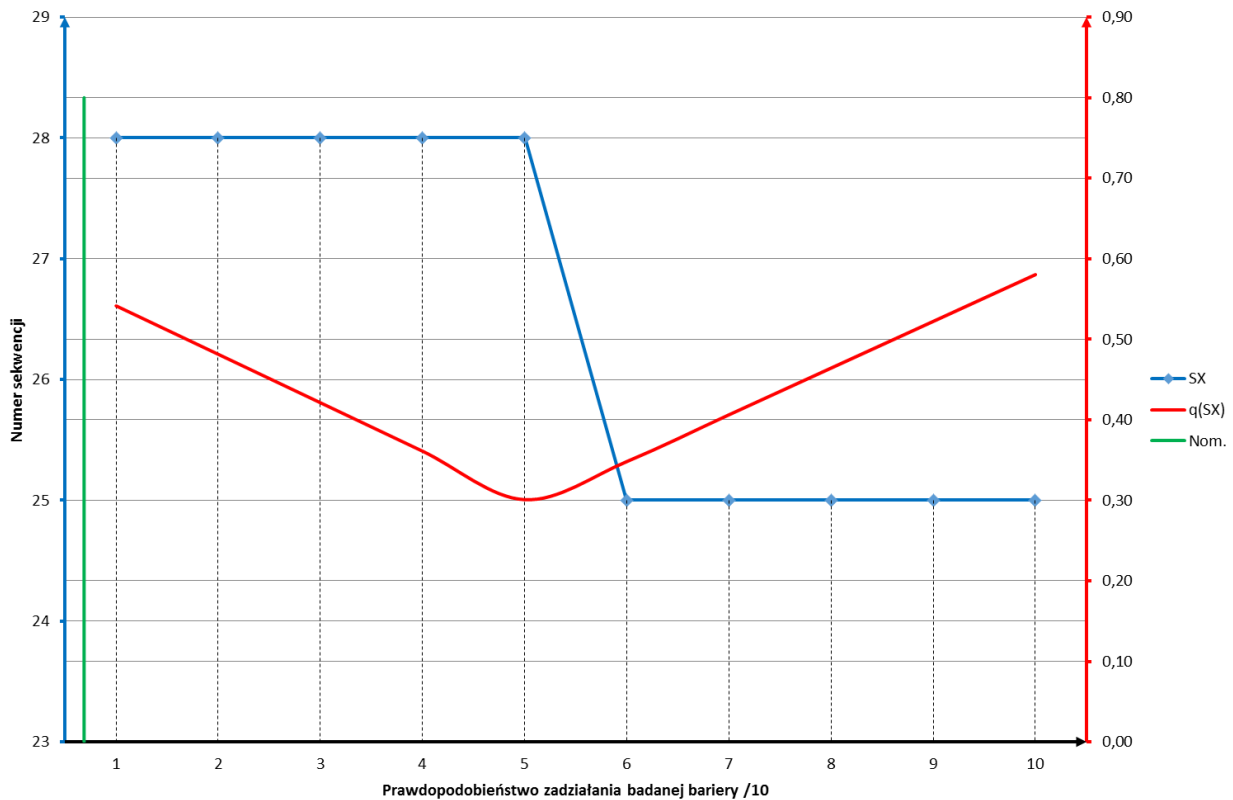
$$y = \frac{(100 \cdot |(q(E)_{nom} - q(E)_{0,48})|)}{q(E)_{nom}} \quad (13)$$

$$y = \frac{(100 \cdot |(0,1502 - 0,48)|)}{0,1502} = 219,6\%$$

Ostatecznie można stwierdzić, że zwiększenie wykrywania usterek na barierze E o 219,6% może zmniejszyć ryzyko strat w sekwencji zdarzeń S28 o 38,8% oraz zmniejszyć ilość angażowanych barier z dwóch do zera.

2.7.4. Ocena oddziaływania bariery F

Barierą realizowaną przez ITD w badaniach przy pomocy modelu jest bariera oznaczona literą F. Czyli jest ona związana z kontrolami drogowymi realizowanymi przez inspektorów ITD w zakresie zatrzymania pojazdu do kontroli. Po podstawieniu niezbędnych wartości wejściowych uzyskano wyniki przedstawione na rysunku 2.32.



Rys. 2.32. Charakterystyka zmian wartości prawdopodobieństwa zaistnienia określonej sekwencji zdarzeń dla bariery F (pojazd zatrzymany do kontroli przez ITD)

Analizując zachowanie modelu dla zmian $q(F)$ zachowania inspektorów kontrolujących pojazdy opisanych prawdopodobieństwem zatrzymania pojazdu do kontroli można zauważyć, iż sekwencja zdarzeń S28 będzie miała miejsce dopóki prawdopodobieństwo zadziałania bariery nie osiągnie wartości 0,5. Po jej przekroczeniu następuje zmiana sekwencji zdarzeń na sekwencję S25. Sekwencja S28 angażuje działanie jednej bariery H natomiast sekwencja S25 aż dwóch G i H.

Z badań wynika, iż Inspektorzy ITD zatrzymują pojazdy do kontroli z prawdopodobieństwem 0,0687 co przekłada się na występowanie sekwencji S28

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

z prawdopodobieństwem 0,56043. Sekwencja zdarzeń S28 będzie występowała do momentu osiągnięcia przez barierę wartości 0,5, wówczas prawdopodobieństwo jej wystąpienia osiągnie wartość minimalną wynoszącą 0,3009, przy dalszym zwiększaniu ilości pojazdów zatrzymanych do kontroli następuje zmiana sekwencji zdarzeń na sekwencję S25 z jednoczesnym wzrostem prawdopodobieństwa jej wystąpienia. Porównując otrzymane wartości można określić o ile można zmniejszyć wartość ryzyka zwiększając prawdopodobieństwo rozpoznawania usterki przez Inspekcję Transportu Drogowego.

Jeżeli za 100% przyjmiemy wartość prawdopodobieństwa zajścia sekwencji S28 dla $q(F)_{nom}$, a za x $q(S28)$ dla $q(F) = 0,5$ otrzymamy zależność:

$$x = \frac{(100 \cdot (q(S28)_{nom} - q(S28)_{0,5}))}{q(S28)_{nom}} \quad (14)$$

$$x = \frac{(100 \cdot (0,56043 - 0,3009))}{0,56043} = 46,3\%$$

W celu ustalenia o ile procent należy zwiększyć prawdopodobieństwo rozpoznawania przez Inspekcję Transportu Drogowego usterki należy skorzystać z analogicznej zależności:

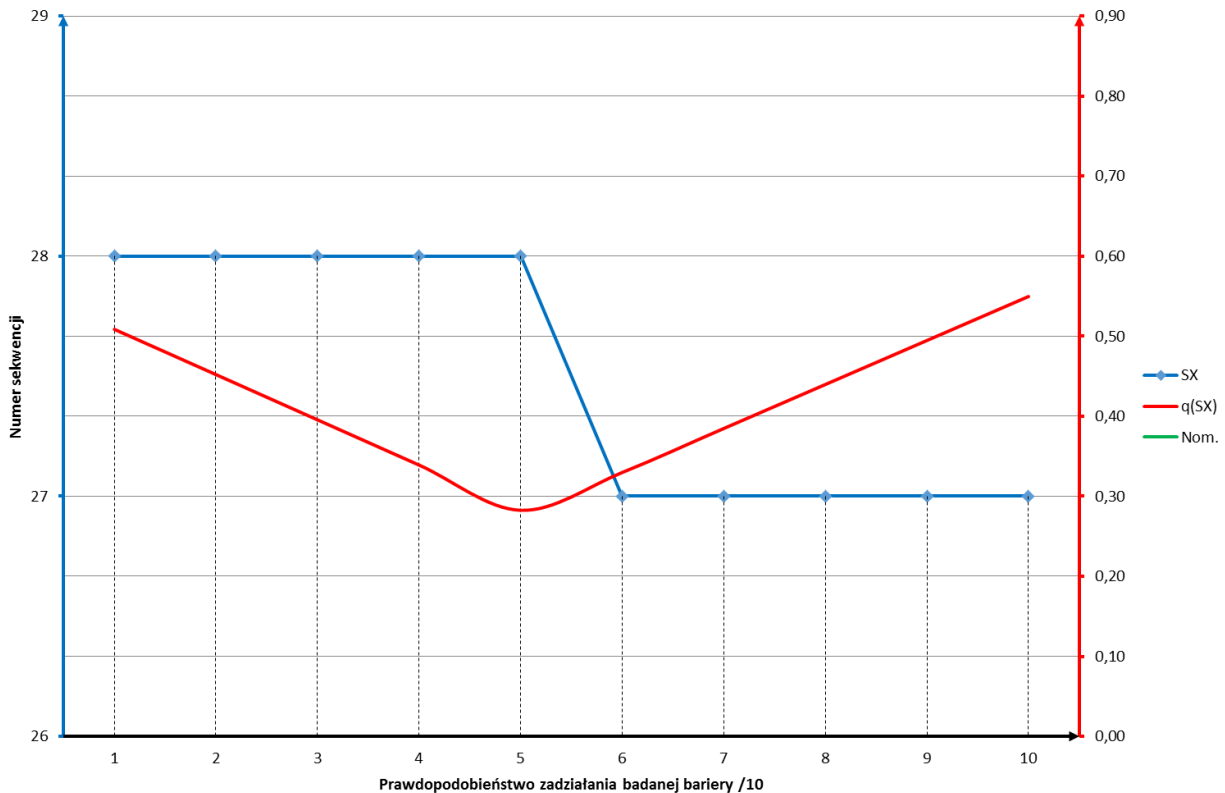
$$y = \frac{(100 \cdot |(q(F)_{nom} - q(F)_{0,5})|)}{q(F)_{nom}} \quad (15)$$

$$y = \frac{(100 \cdot |(0,0687 - 0,5)|)}{0,0687} = 627,8\%$$

Ostatecznie można stwierdzić, że zwiększenie wykrywania usterek na barierze F o 627,8% może zmniejszyć ryzyko strat w sekwencji zdarzeń S28 o 46,3% oraz zwiększyć ilość angażowanych barier z jednej do dwóch.

2.7.5. Ocena oddziaływania bariery H

Ostatnia z badanych przy pomocy modelu barier jest bariera oznaczona literą H, czyli związana z kontrolami drogowymi pojazdów dokonywanymi przez Policję. Po podstawieniu niezbędnych wartości wejściowych uzyskano wyniki przedstawione na rysunku 2.33.



Rys. 2.33. Charakterystyka zmian wartości prawdopodobieństwa zaistnienia określonej sekwencji zdarzeń dla bariery H (pojazd zatrzymany do kontroli przez Policję)

Analizując zachowanie modelu dla zmian wartości $q(H)$ opisanych prawdopodobieństwem zatrzymania pojazdu do kontroli przez Policję można zauważyć, iż sekwencja zdarzeń S28 będzie miała miejsce dopóki prawdopodobieństwo zadziałania bariery nie osiągnie wartości 0,5. Po jej przekroczeniu następuje zmiana sekwencji zdarzeń na sekwencję S27. Sekwencja S28 nie angażuje do działania żadnej bariery, natomiast sekwencja S27 jednej I.

Z badań wynika, iż Policja zatrzymuje pojazd do kontroli z prawdopodobieństwem 0,0083 co przekłada się na występowanie sekwencji S28 z prawdopodobieństwem 0,56043. Sekwencja zdarzeń S28 będzie występowała do momentu osiągnięcia przez barierę wartości 0,5

Model oceny ryzyka wystąpienia strat spowodowanych niesprawnością pojazdu ciężarowego

wówczas prawdopodobieństwo jej wystąpienia osiągnie wartość minimalną wynoszącą 0,2826, przy dalszym zwiększaniu rozpoznawania usterki przez Policję następuje zmiana sekwencji zdarzeń na sekwencję S27 z jednoczesnym wzrostem prawdopodobieństwa jej wystąpienia. Porównując otrzymane wartości można określić o ile można zmniejszyć wartość ryzyka zwiększając prawdopodobieństwo zatrzymania pojazdu do kontroli.

Jeżeli za 100% przyjmiemy wartość prawdopodobieństwa zajścia sekwencji S28 dla $q(H)_{nom}$, a za x $q(S28)$ dla $q(H) = 0,5$ otrzymamy zależność:

$$x = \frac{(100 \cdot (q(S28)_{nom} - q(S28)_{0,5}))}{q(S28)_{nom}} \quad (16)$$

$$x = \frac{(100 \cdot (0,56043 - 0,2826))}{0,56043} = 15,5\%$$

W celu ustalenia o ile procent należy zwiększyć prawdopodobieństwo rozpoznawania przez Policję usterki należy skorzystać z analogicznej zależności:

$$y = \frac{(100 \cdot |(q(H)_{nom} - q(H)_{0,5})|)}{q(H)_{nom}} \quad (17)$$

$$y = \frac{(100 \cdot |(0,0083 - 0,5)|)}{0,0083} = 5924,1\%$$

Ostatecznie można stwierdzić, że zwiększenie wykrywania usterek na barierze H o 5924,1% może zmniejszyć ryzyko strat w sekwencji zdarzeń S28 o 15,5% oraz zwiększyć ilość zaangażowanych barier z zera do jednej.

2.7.6. Ocena wpływu poszczególnych barier - podsumowanie

Uzyskane w rozdziałach 2.7.1 do 2.7.5 wyniki badania oddziaływania poszczególnych barier w analizowanym modelu można zestawić i wskazać kierunki dalszych działań. Badane bariery to: Bariera A – kierowca zauważa usterkę, Bariera D – diagnosta podczas okresowego badania technicznego wykrywa usterkę, Bariera E – diagnosta/ mechanik wykrywa usterkę, Bariera F – pojazd zatrzymano do kontroli ITD, Bariera H – pojazd zatrzymano do kontroli Policja. Uzyskane z modelu wyniki zestawiono w tabeli 2.7.6 zaznaczając wartości istotne, czyli takie, które powodują największe zmniejszenie ryzyka, najmniejsze wartości zmiany w działaniu bariery oraz najmniejszy stosunek koniecznych zmian, które należałoby wykonać w barierze do wartości zmniejszenia ryzyka. Wartości te zaznaczono wytłuszczoną czcionką w tabeli nr 25.

Tabela 25. Zestawienie wyników działania modelu dla określonych barier

Parametr	A	D	E	F	H
Zmniejszenie ryzyka (x) [%]	31,9	41,4	38,8	46,3	15,5
Zmiana w działaniu bariery (y) [%]	87,8	1498,5	219,6	627,8	5924,1
Stosunek działania/ryzyka (y/x)	2,8	36,2	5,7	13,6	382,2
Zmniejszenie(-) bądź zwiększenie(+) zaangażowanych barier	-2	-3	-2	+1	+1

Na podstawie analizy uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

- największą zmianę w funkcjonowaniu bariery, aby uzyskać tylko 15% zmniejszenie ryzyka należy wykonać w barierze H i jest to zmiana w działaniu o prawie 6000%,
- najmniej „pracy” trzeba włożyć w poprawę działania bariery A, aby uzyskać 32% zmniejszenie ryzyka wystarczy dokonać zmianę w jej działaniu na poziomie 88%,
- największe zmniejszenie ryzyka można uzyskać na barierze F jest to aż 46% przy czym niestety wymaga to dokonania zmiany w działaniu bariery o 628%,
- najmniejszy i zarazem najlepszy stosunek zmiany w działaniu bariery do zmniejszenia ryzyka występuje na barierze A i wynosi on 2,8.

3. Podsumowanie

Przewóz towarów wykorzystywanych w handlu najczęściej realizowany jest drogą lądową, stąd też transport drogowy jest niezwykle ważną gałęzią gospodarki nie tylko dla Polski, ale również dla całej Europy. Ma to swoje przełożenie na aspekty: ekonomiczny, techniczny ale również organizacyjny. To jak będzie przebiegał proces transportowy zależy od wielu czynników, najważniejsze z nich zdaniem autorki to sprawność pojazdu i działania człowieka. Analizując przedstawione w pracy zagadnienia można dojść do wniosku, że w największym stopniu na proces transportowy wpływa człowiek i można również wskazać go za najsłabsze jak i najmocniejsze ogniwo całego procesu. Najsłabsze, ponieważ popełnia najwięcej błędów, a najmocniejsze, ponieważ jest jedynym elementem, który może go kontrolować. Jest on częścią składową każdej z barier ochronnych wskazanych w pracy. Jego działania w dużej mierze wpływają na zaistnienie niebezpiecznych zdarzeń. Stąd też ważne jest systematyczne dokonywanie oceny ryzyka, aby ograniczyć bądź oszacować szkody, jakie mogą powstać.

W niniejszej pracy przedstawiono wybrane zagadnienia dotyczące ryzyka występującego w przewozie towarów. Udało się opracować uniwersalny system oceny ryzyka zaistnienia wypadku lub strat finansowych bazującego na modelu matematycznym do oceny ryzyka podczas przewozu towarów samochodami ciężarowymi wykorzystując do tego celu metodę drzewa zdarzeń. Zweryfikowano również jego działanie na przykładzie danych pozyskanych z rzeczywistych źródeł.

3.1. Odniesienie do celu i tej pracy

Do zrealizowania celu pracy niezbędnym było udowodnienie kilku tez postawionych w pracy.

Pierwsza z nich dotyczyła zakresu pozyskanych z różnych systemów i różnych instytucji danych, które umożliwiły określenie prawdopodobieństwa zadziałania każdej z założonych barier ochronnych. Została ona udowodniona w rozdziale 2.5 gdzie wykazano, iż zarówno dane statystyczne, analizy dokumentów sprzedażowych oraz osobowe źródła danych pozwalają po ich obróbce na wyznaczenie poszukiwanych wartości prawdopodobieństwa. Dane te były niezbędne do weryfikacji poprawności działania modelu stąd metody ich pozyskiwania i obróbki zostały szczegółowo w tym rozdziale opisane.

Teza druga dotyczyła możliwości zbudowania modelu matematycznego pozwalającego na obliczenie wartości ryzyka poniesienia strat podczas przewozu drogowego towarów. Udowodniono ją w rozdziałach 2.1 do 2.4 prezentując całą metodykę postępowania przy tworzeniu modelu zwracając uwagę na poszczególne elementy składowe. Ustalono warunki początkowe gdzie scharakteryzowano bariery ochronne, zdarzenia inicjujące oraz założenia wstępne. Korzystając z metody ETA zbudowano model, a poszczególne scenariusze zdarzeń opisano równaniami matematycznymi. Pozwoliło to na wyliczenie prawdopodobieństwa wystąpienia danego scenariusza zdarzeń dla określonych danych wejściowych, a po odpowiednim przekształceniu i uwzględnieniu kosztów transportu uzyskaniu konkretnej wartości ryzyka.

Teza trzecia mówiła o możliwości wykorzystania zbudowanego modelu do oceny wpływu poszczególnych barier na wielkość ryzyka powstania strat. Została ona udowodniona w rozdziale 2.7 gdzie zestawiono symulacje działania poszczególnych barier i ich wpływ na wielkość ryzyka podając przy tym procentowe wartości zmian w działaniu danej bariery oraz stosunek wymaganego działania do zmniejszenia ryzyka. Pozwoliło to na znalezienie bariery, która przy najmniejszej zmianie działania pozwoli uzyskać największe zmniejszenie ryzyka powstania strat.

3.2. Wnioski

Realizując prace wykazano możliwość zbudowania modelu oceny ryzyka bazując na metodzie ETA. Pokazano również, że dane rozproszone można integrować w taki sposób, aby uzyskać niezbędne do działania modelu wartości prawdopodobieństwa działania poszczególnych barier ochronnych. Uzyskane z modelu wyniki pozwalają na wyrobienie sobie poglądu na temat działania istniejących systemów nadzoru nad realizowanymi drogowymi przewozami towarów.

Jak wykazano w rozdziale 2.7.6 najmniej pracy trzeba włożyć w poprawę działania bariery A, którą stanowi sam kierowca gdzie, aby uzyskać 32% zmniejszenie ryzyka wystarczy dokonać zmianę w jej działaniu na poziomie 88%. Korzystając z uzyskanych informacji można wskazać kierunki działań, które pozwolą na poprawę istniejącej sytuacji oraz wskazać te kierunki działań, które wymagają najmniejszych nakładów w celu uzyskania efektu oczekiwanego, czyli minimalizacji ryzyka powstania strat, a co za tym idzie poprawy bezpieczeństwa na drogach.

3.3. Propozycje dalszych badań

Realizacja pracy wykazała obszary, które wymagają dokładniejszego zbadania. Można podzielić je na dwie grupy związane z symulacjami i badaniami eksperymentalnymi.

Do pierwszej grupy, czyli badań symulacyjnych można wskazać następujące kierunki działań:

1. Doprecyzowanie danych wprowadzanych do modelu umożliwi zwiększenie dokładności uzyskanych wartości wyjściowych;
2. Stworzenie oprawy graficznej pliku obliczeniowego, która pozwoli na łatwiejsze korzystanie z zawartych algorytmów obliczeniowych.

Zadania badawcze ze względu na uzyskane wyniki i stwierdzone możliwości poprawy bezpieczeństwa przy działaniach związanych z kierowcą można określić następująco:

1. Badania zdolności rozpoznawania usterek w pojeździe przez kierowcę;
2. Zbadać czas od pojawienia się usterki do jej zauważenia przez kierowcę lub system autonomiczny;
3. Badanie wpływu szkolenia na zdolność rozpoznawania niesprawności pojazdu ciężarowego przez kierowcę.

4. Literatura

1. Antonowicz M.: Model DTRM jako dynamiczna metoda pomiaru ryzyka w ruchu drogowym; TTS Technika Transportu Szynowego; 2013, nr 10, 1283 – 1391.
2. Batarlienè N.: Risk and damage assessment for transporttation of dangerous freight; Transport and Telecommunication, 19 (4), 2018, 356–363, DOI 10.2478/ttj-2018-00300
3. Bernatík A.: Analýza nebezpečí a rizik; Stowarzyszenie Inżynierii Pożarowej i Bezpieczeństwa z siedzibą w VŠB – Politechnika Ostrawska, Podręcznik akademicki, Ostrawa 2016r.
4. Bersani C., Boulmakoul A., Garbolino E., Sacile R., Advanced Technologies and Methodologies for Risk Management in the Global Transport of Dangerous Goods, Wydawnictwo IOS Press ,2008, ISBN: 978-1-58603-899-1.
5. Bęczkowska S., Grabarek I., Choromański W., Model oceny ryzyka w drogowym transporcie towarów niebezpiecznych – wybrane zagadnienia, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, 96, 2013, 77-87.
6. Bojar P.: Ocena ryzyka związanego z transportem drogowym materiałów niebezpiecznych; Logistyka 2/2012, 38-42.
7. Borghetti F., Gandini P., Maja R., Ventriglia V.: Safety of Dangerous Goods Transportation by Road: a Comparison Between QRAM and GIIS Software, CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS, v. 67, 2018, 769-774, DOI: 10.3303/CET1867129, ISBN 978-88-95608-64-8; ISSN 2283-9216
8. Borysiewicz M., Furtek A., Potemski S., Poradnik metod oceny ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi, Otwock-Świerk, 2000, Instytut Energii Atomowej, Monografie nr 1; Otwock- Świerk, 2000r., ISBN 83-914809-0-9.
9. Borysiewicz M., Kacprzyk W.: Risk Assessment of Rail Transportation of Dangerous Materials – Part I – Methodology, „Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych” 2011, nr 50.
10. Burciu Z., Bezpieczeństwo w transporcie morskim i zarządzanie w akcji ratowniczej, Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia 2011.
11. Caliendo C., De Guglielmo M.L.: Accident Rates in Road Tunnels and Social Cost Evaluation. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2012, 53, 166 – 177.

12. Caliendo C., De Guglielmo M.L.: Quantitative Risk Analysis on the Transport of Dangerous Goods Through a Bi-Directional Road Tunnel. *Risk Analysis*, 2017, 37(1).
13. Conca A., Ridella C., Saponi E.: A Risk Assessment for Road Transportation of Dangerous Goods: A Routing Solution; *Transportation Research Procedia* 14; 2016, 2890 – 2899.
14. Czajkowska K.: Metody identyfikacji ryzyka w zarządzaniu ryzykiem w przedsiębiorstwie; *Journal of Modern Management Process*, 1 (2)/2017, 40-48.
15. Czarnowska M., Migawa K., Analiza gotowości pojazdów ciężarowych eksploatowanych w systemie międzynarodowego transportu samochodowego, *Postępy w Inżynierii Mechanicznej* , 2(1), 2013, 5-13.
16. Czerwonka K., Cież M., Kowal M.: *Ryzyko*, Encyklopedia zarządzania, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie materiały elektroniczne mfiles.pl, 2008r.
17. Deczyński J.: Pokładowy system decyzyjny wspomaganie procesu eksploatacji środków transportu; *Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedza*; 2014, tom 68, 58-70.
18. Departament Audytu Sektora Finansów Publicznych; Kryteria oceny ustaleń stanu faktycznego oraz sposób klasyfikowania wyników dla poszczególnych kryteriów; http://www.mf.gov.pl/documents/764034/1091512/kryteria_oceny_ustalen_stanu_faktycznego_.pdf 05.06. 2018.
19. Drewek W.: Ryzyko powstania wypadku w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych; *Logistyka* 6/2014, 542 – 553.
20. Dyrektywa 2002/15/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 11 marca 2002 r. w sprawie organizacji czasu pracy osób wykonujących czynności w trasie w zakresie transportu drogowego.
21. Dyrektywa 2006/22/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie minimalnych warunków wykonywania rozporządzeń Rady (EWG) nr 3820/85 i nr 3821/85 dotyczących przepisów socjalnych odnoszących się do działalności w transporcie drogowym oraz uchylająca dyrektywę Rady 88/599/EWG.
22. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/47/UE z dnia 3 kwietnia 2014 r. w sprawie drogowej kontroli technicznej dotyczącej zdolności do ruchu drogowego

- pojazdów użytkowych poruszających się w Unii oraz uchylająca dyrektywę 2000/30/WE.
23. Dziennik Urzędowy Głównego Inspektoratu Transportu Drogowego z dnia 19.07.2019r. poz. 5; Zarządzenie nr 5/2019 Głównego Inspektora Transportu Drogowego w sprawie zasad planowania, prowadzenia oraz dokumentowania kontroli przewozów drogowych przez inspektorów Inspekcji Transportu Drogowego.
 24. Dziennik Ustaw z dnia 10 czerwca 2015r. poz. 776 w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania badań technicznych pojazdów oraz wzorów dokumentów stosowanych przy tych badaniach.
 25. ENISA: Risk Management: Implementation principles and Inventories for Risk Management/Risk Assessment methods and tools, 2006, 22, 22–23, 36, 31, 35, 36.
 26. Ennouri W.: RISKS MANAGEMENT: NEW LITERATURE REVIEW; Polish Journal of Management Studies ; 2013, t. 8, wydanie 1, 288-297.
 27. Fabiano, B., Currò, F., Palazzi, E., Pastorino, R.: A framework for risk assessment and decision-making strategies in dangerous good transportation, Journal of Hazardous Materials, Volume 93, Issue 1, 1 July 2002, Pages 1–15, ISSN 0304-3894
 28. Fabiano, B., Currò, F., Reverberi, A.P., Pastorino, R.: Dangerous good transportation by road: from risk analysis to emergency planning, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 18, Issues 4–6, July–November 2005, 403–413, ISSN 0950-4230.
 29. Garlikowska M. , Gondek P.: Metody akceptacji ryzyka w transporcie kolejowym; Zeszyty Naukowo – Techniczne SITK RP, Oddział w Krakowie; Nr 2(113)/2017 , 219-226.
 30. Główny Inspektorat Transportu Drogowego - dane statystyczne 2013-2017
 31. Hellwig Z.: Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej; Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.
 32. https://www.governica.com/Ryzyko_%28PRINCE2%29#ref-1, Encyklopedia /Zarządzaniem informatyką (dostęp 04.12.2017)
 33. <https://www.gov.uk/guidance/carry-out-daily-heavy-goods-vehicle-hgv-walkaround-checks> - (dostęp 25 listopad 2019r.).

34. https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=d48a1dc391217af183a60cceeb0fe1f86&mc=true&node=pt49.5.396&rgn=div5#se49.5.396_111 – (dostęp 25 listopad 2019r.).
35. <https://www.govinfo.gov/app/collection/cfr/2014/title49/subtitleB/chapterIII/subchapterB/part396/Section%20C%20A7%20396.11> – (dostęp 25 listopad 2019r.).
36. <https://www.ontario.ca/laws/regulation/070199#BK19> – (dostęp 30 listopad 2019r.).
37. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/833165/heavy-goods-vehicle-defect-report-form.pdf - (dostęp 25 listopad 2019r.).
38. <http://www.mto.gov.on.ca/english/trucks/commercial-vehicle-operators-safety-manual/module-8.shtml#sample-daily-inspection-reports> – (dostęp 30 listopad 2019r.).
39. <http://www.prawojazdywuk.co.uk/dzienne-sprawdzenie-ciezarowki-daily-check.html> - (dostęp 14 grudnia 2019r.).
40. <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/circle-check-guide.pdf#page=171> – (dostęp 25 listopad 2019r.).
41. <http://www.mto.gov.on.ca/english/trucks/pdfs/commercial-vehicle-operators-safety-manual.pdf> – (dostęp 30 listopad 2019r.).
42. <http://www.cepik.gov.pl/statystyki> 25.01.2019
43. <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fi.wpimg.pl%2F1200x0%2Fm.autokult.pl%2Fmsd-opole-5-6e50a4ceadc8f3270de2.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fautokult.pl%2F34064%2Csejm-za-zmianami-w-transporcie-wiecej-pelnych-kontroli-przy-drogach&tbnid=NzgPXO3VRYiROM&vet=12ahUKEwi5rtL48pzoAhWJsSoKHZKNDfsQMygVegQIARAI..i&docid=DofT8rG8ps7LBM&w=1200&h=900&q=mobilna%20stacja%20diagnostyczna%20itd&ved=2ahUKEwi5rtL48pzoAhWJsSoKHZKNDfsQMygVegQIARAI>
44. <https://www.google.com/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.cargonews.pl%2Fwp-content%2Fuploads%2F2019%2F07%2Fmobilna-stacja-kontroli-1.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.cargonews.pl%2Fmobilna-stacja-kontroli-pojazdow-w-akcji-2-dni-i-34-zatrzymane-dowody-rejestracyjne%2F&tbnid=kBD0->

- YTuuodbgM&vet=12ahUKEwi5rtL48pzoAhWJsSoKHZKNDfsQMygAegUIARDDAQ..i&docid=-
QZq7_In4weDyM&w=800&h=600&q=mobilna%20stacja%20diagnostyczna%20itd
&ved=2ahUKEwi5rtL48pzoAhWJsSoKHZKNDfsQMygAegUIARDDAQ
45. <https://olsztyn.wyborcza.pl/olsztyn/1,48726,19409469,policja-ma-supernowoczesna-mobilna-stacje-kontroli-pojazdow.html> , dostęp: 15.06.2018
 46. https://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/vehicles/inspection_pl - (dostęp 05.04.2020r.)
 47. ISO/IEC 31010:2019 Risk Management – Risk assessment techniques (EN)
 48. Idzikowski A.: Stan techniczny i wyposażenie pojazdów samochodowych a bezpieczeństwo ruchu drogowego; Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedza; 2011, tom 46, 94-106.
 49. Jacyna M., Szaciłło L.: Wybrane aspekty zarządzania ryzykiem w transporcie kolejowym; Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej; 2017, z. 119, 163 – 178.
 50. Jajuga K., Teoretyczne podstawy zarządzania ryzykiem, PWN, Warszawa 2005.
 51. Kengpol A., Tuamnee S.: The development of a decision support framework for a quantitative risk assessment in multimodal green logistics: an empirical study. International Journal of Production Research, 2016, 54(4), 1020-1038.
 52. Kiedrowicz M., Stanik J.: „Metodyka analizy i zarządzania ryzykiem procesów przetwarzających dokumenty o różnych poziomach wrażliwości”, w: Zarządzanie informacjami wrażliwymi. Otoczenie systemu, elementy i implementacja, rozdział w monografii, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2017, 71–96.
 53. Komenda Główna Policji Biuro Ruchu Drogowego – Wypadki Drogowe w Polsce w 2015r., 2017r., 2018r.; dane statystyczne (dostęp od 16. 10. 2015 do 15.06. 2019r.).
 54. Komenda Główna Policji Biuro Ruchu Drogowego – dane statystyczne dot. kontroli drogowych - udostępnione 09.11.2018r., 29.11.2019r.
 55. Komenda Główna Policji Biuro Ruchu Drogowego – dane statystyczne dot. wypadków samochodów ciężarowych- udostępnione 07.09.2018r.
 56. Krause M.: Praktyczne aspekty doboru metody oceny ryzyka zawodowego; Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Organizacja i Zarządzanie z. 59, Nr kol. 1864/ 2011, 173 – 190.

57. Kravchenko, A. , Kravchenko, K.: Monitoring of the technical condition of semi-trailer trucks; The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji; 2018, 81(3), 17-28.
58. Kreft K.: Zarządzanie ryzykiem IT; ZESZYTY NAUKOWE UNIWERSYTETU GDAŃSKIEGO, Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego; 9/2012, 181-192.
59. Kristiansen S.: Maritime Transportation: Safety Management and risk analysis; Oxford - Burlington, Mass. : Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005, ISBN 07506 59998. [1.2 Geneza i definicje ryzyka] [3.]
60. Krystek R.: Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu, Uwarunkowania rozwoju integracji systemów bezpieczeństwa transportu, Wyd. Komunikacji i Łączności Sp. z o.o., Gdańsk 2009, ISBN 978-206-1742-9.
61. Kumpiałowska A.: Skuteczne zarządzanie ryzykiem a kontrola zarządcza w sektorze publicznym, Wyd. C.H. Beck, Warszawa 2011, 51.
62. Kupiec A., Kupiec J., Jęsień Ł.: Analiza przyczyn niesprawności pojazdów ciężarowych; AUTOBUSY - Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 2018, nr 12; s. 115 – 120; p- ISSN 1509-5878; e- ISSN 2450-7725.
63. Łuczak, J.: Metody szacowania ryzyka - kluczowy element systemu zarządzania bezpieczeństwem informacji ISO/IEC 27001; Zeszyty Naukowe / Akademia Morska w Szczecinie; Wydawnictwo Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie; nr 19 (91); 2009, 63-70.
64. Łukasik Z., Olszańska S.: Wpływ przeglądów technicznych na bezpieczeństwo w transporcie drogowym; Autobusy 10/2016, str. 120 – 123.
65. Meng Q., Qu X., Yong K.T., Wong Y.H.: QRA Model-Based Risk Impact Analysis of Traffic Flow in Urban Road Tunnels. Risk Analysis, 2011, 31(12), 1872 -1882.
66. Modarres Mohammad: Risk Analysis in Engineering: Techniques, Tools, and Trends, Wydawnictwo CRC Press inc., 2006, ISBN: 978-1-57444-794-1.
67. Niewczas A., Móravski Ł., Dębicka E., Borucka A.: COMMERCIAL VEHICLES INCAPACITY RISK ANALYSIS IN THE TRANSPORT COMPANY; Journal of KONBiN 2019 tom 49, Issue 4; DOI 10.2478/jok-2019-0089.
68. Norma ISO 31000:2018 ang.

69. Obora H.: Metoda analizy błędów pracownika w układzie ergonomicznym HRA, Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Zeszyt Naukowy Nr 648, 2004 r.
70. Odważny F., Stasiuk – Piekarska A., Drzewiecka M.: Czynniki ryzyka w transporcie drogowym; Logistyka 4/2014, 976 – 983.
71. Ozier W.: 67 Risk analysis and assessment. CRC Press LLC, 2004.
72. Piekarski W. , Dudziak A. , Rudzińska J.: Zarządzanie ryzykiem w transporcie drogowym; Logistyka 6/2014, 290 – 295.
73. Piwowarski J.: Nauki o bezpieczeństwie. Zagadnienia elementarne; Monografia naukowa, Kraków 2017.
74. Polski Komitet Normalizacji, Norma PN –EN 61025:2007
75. Polski Komitet Normalizacji, PN-EN 61508-1:2010
76. Polski Komitet Normalizacji PN - EN ISO 12100:2010 Bezpieczeństwo maszyn. Ogólne zasady projektowania. Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka
77. Polski Komitet Normalizacyjny, PN-EN 62502:2011, Techniki analizy niezawodności -Analiza drzewa zdarzeń (ETA).
78. Polski Komitet Normalizacyjny, PN-ISO 31000:2012, Zarządzanie ryzykiem – Zasady i wytyczne ISO 31000,
79. PN-EN ISO 9000:2015-10 Systemy zarządzania jakością – Podstawy i terminologia.
80. Polski Komitet Normalizacji PN – EN 61882:2016 – 07 Badania zagrożeń i zdolności do działania (badania HAZOP) – Przewodnik zastosowań.
81. Prawo o ruchu drogowym Dz. U. z 2017r. poz. 1260.
82. Pruszkowski L.: HAZOP jako metoda wspomagająca zarządzanie bezpieczeństwem procesowym w przedsiębiorstwie; Acta Universitatis Nicolai Copernici. Zarządzanie; 2015 , t. 42 , nr 3 , 7-20.
83. Reber A. S., Reber E. S.: Słownik psychologii, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2008.
84. Rogalski G., Pyza D.: Zagrożenia w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych; Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, Wydział Transportu; 2018, zeszyt 120, 351-362.

85. Romanow P., Stajniak M., Konecka S.: Wybrane aspekty zagrożeń i ryzyka w transporcie; Autobusy: : technika, eksploatacja, systemy transportowe 12/2017, 621 – 624.
86. Romanowska – Słomka I., Słomka A.: Zarządzanie ryzykiem zawodowym; e-book, Tarbonus, , Kraków – Tarnobrzeg, wydanie VI, 2008r.
87. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 5 listopada 2019 r. w sprawie kontroli ruchu drogowego; Dz. U 2019, poz. 2141 tom1.
88. Rozporządzenie (WE) nr 561/2006 Parlamentu europejskiego i Rady z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie harmonizacji niektórych przepisów socjalnych odnoszących się do transportu drogowego oraz zmieniające rozporządzenia Rady (EWG) nr 3821/85 i (WE) 2135/98, jak również uchylające rozporządzenie Rady (EWG) nr 3820/85.
89. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i rady (WE) nr 1073/20009 z dnia 21 października 2009 r. w sprawie wspólnych zasad dostępu do międzynarodowego rynku usług autokarowych i autobusowych i zmieniające rozporządzenie (WE) nr 561/2006 (rozporządzenie stosuje się od 4 grudnia 2011 z wyjątkiem art. 29 dotyczącego zmian rozporządzenia 561/2006, który obowiązuje od 4 czerwca 2010).
90. Siewiera A.: Standardy zarządzania ryzykiem w projektach; Ekonomia i Organizacja Przedsiębiorstw; nr 9, 2015.
91. Standard zarządzania ryzykiem, FERMA, Brussels 2002 FERMA. Standard zarządzania ryzykiem. AIRMIC, ALARM, IRM, Bruksela 2002
92. Stażnik A., Babić D., Bajor I.: Identification and analysis of risks in transport chains ; Journal of Applied Engineering Science; 2017, vol. 15, br. 1, 61-70.
93. Stokłosa J.: Zarządzanie ryzykiem w łańcuchach transportowych; ZESZYTY NAUKOWE WSEI SERIA: TRANSPORT I INFORMATYKA; 1(1/2011), 87-98.
94. Szopa T.: Niezawodność i bezpieczeństwo, Wyd. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
95. Szymanek A.: Methodological aspects of risk management in road transport; Journal of KONBiN, 2015, 4(36); ISSN 1895-8281.
96. Szymonik A.: Zarządzanie ryzykiem w systemach logistycznych; Logistyka 6/2014; str. 13825 – 13830; ISSN 1231-5478.

97. Trzask, Everta, Michalski: Ilustrowana encyklopedia, Klub Wydań Encyklopedycznych, Warszawa – Poznań 1998.
98. Tubis A., Werbińska-Wojciechowska S.: RISK ASSESSMENT ISSUES IN THE PROCESS OF FREIGHT TRANSPORT PERFORMANCE; Journal of KONBiN, 2017, nr 42, 235 – 254; ISSN 1895-8281, ESSN 2083-4608
99. Tuncel G., Alpan G., Risk assessment and management for supply chain networks: A case study, Computers in Industry (61), 2010, 250–259.
100. Tylicki H., Ochodek B. , Surówka L.: Monitorowanie stanu technicznego pojazdów samochodowych; Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą; 2014 , tom 69, 225-235.
101. Umowa Europejska dotycząca pracy załóg pojazdów wykonujących międzynarodowe przewozy drogowe (AETR), sporządzona w Genewie dnia 1 lipca 1970 r. (Dz.U. 1999 nr 94 poz. 1086).
102. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o czasie pracy kierowców (Dz.U. 2004 nr 92 poz. 879).
103. Wiatrak L.: Zarządzanie ryzykiem wewnętrznym w organach administracji publicznej; Zeszyt Naukowy Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach; Nr 298-216; ISSN 2083-8611. (Współczesne Finanse 7).
104. Wróblewski D ., Abgarowicz G., Abgarowicz I., Banulska A., Gołębiowski J., Guzowski P., Kędzińska M., Małozieć D., Napiórkowski M., Połec B., Skomra W., Sobór E., Sowa T.; Stępień P., Trzcińska M.: Zarządzanie ryzykiem – przegląd wybranych metodyk, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego; Józefów 2015; ISBN 978-83-61520-18-4.
105. Zapłata S., Kaźmierczak M.: Ryzyko, ciągłość biznesu, odpowiedzialność społeczna. Nowoczesna koncepcja zarządzania; Wolters Kluwer Polska Sp. z o.o., Warszawa 2011.
106. Zapłata S.: Metody oceny ryzyka na potrzeby implementacji znormalizowanych systemów zarządzania; Współczesne Zarządzanie, 2012, 1, 9-19.
107. Zarządzenie Ministra Komunikacji z dnia 28 grudnia 1963 r. w sprawie planowo-zapobiegawczej obsługi technicznej i naprawy pojazdów samochodowych i przyczep. (Monitor Polski 1964 nr 6 poz. 28).

108. Zarządzenie Ministra Komunikacji z dnia 27 października 1972 r. w sprawie uchylecia przepisów dotyczących planowo - zapobiegawczej obsługi technicznej i naprawy pojazdów samochodowych i przyczep (Monitor Polski 1972 nr 52 poz. 278
109. Zarządzanie ryzykiem. Informacje ogólne, Departament Audytu Sektora Finansów Publicznych, Warszawa, 2011 Departament Audytu Sektora Finansów Publicznych, Ministerstwo Finansów: Zarządzanie ryzykiem, Informacje ogólne; Warszawa wrzesień 2011.
110. Andrzejczak K., Selech J.: Investigating the trends of average costs of corrective maintenance of public transport vehicles, Jurnal of Konbin – 2017, Vol. 41, nr 1, s. 207-226.
111. Selech J.: Prognozowanie kosztów obsługi korekcyjnego pojazdów transportu masowego, Wyd. Naukowe Inst. Technologii Eksploatacji – PIB, Poznań 2019.

5. Spis rysunków

Rys. 1.1. Proces zarządzania ryzykiem na podstawie ISO 31000:2018.....	18
Rys. 1.2. Schemat systemu bezpieczeństwa.....	27
Rys. 2.1. Drzewo zdarzeń dla analizowanego systemu.....	40
Rys. 2.2. Schemat działania modelu oceny ryzyka, oznaczenia opisano w tekście	42
Rys. 2.3. Schemat kolejności zastosowanych barier w modelu	43
Rys. 2.4. Okno dialogowe do wprowadzania danych.....	44
Rys. 2.5. Przykładowy formularz (raport) codziennego raport usterek pojazdów kierowców w Wielkiej Brytanii. Źródło własne	50
Rys. 2.6. Przykładowy formularz (raport) zgłoszenia usterek w przypadku samochodów ciężarowych [37]	51
Rys. 2.7. Przykładowy raport z codziennej inspekcji pojazdu silnikowego, który nie ciągnie przyczepy stosowany w USA [38].....	52
Rys. 2.8. Przykładowy raport z kontroli koła stosowany w Ontario wraz z większością kanadyjskich prowincji i terytoriach [40].....	52
Rys. 2.9. Liczba samochodów ciężarowych, którymi poruszali się ankietowani kierowcy.....	55
Rys. 2.10. Wyniki ankiety dotyczące działań, jakie podejmują kierowcy po wykryciu ustereki	56
Rys. 2.11. Proces pozyskiwania informacji z okręgowej stacji kontroli pojazdów.....	60
Rys. 2.12. Ilość skontrolowanych pojazdów ciężarowych na OSKP w latach 2014-2018	60
Rys. 2.13. Wyniki negatywne w stosunku do ilości skontrolowanych pojazdów ciężarowych na OSKP w latach 2014 - 2018	61
Rys. 2.14. Zestawienie usterek w samochodach ciężarowych z poszczególnych układów na przestrzeni rozpatrywanego okresu.....	68
Rys. 2.15. Zestawienie uśrednionych ilości usterek w samochodach ciężarowych z poszczególnych układów na przestrzeni rozpatrywanego okresu.....	69
Rys. 2.16. Pojazdy skontrolowane przez ITD w latach 2014 – 2018.....	71
Rys. 2.17. Mobilna stacja kontroli pojazdów Inspekcji Transportu Drogowego [43, 44]	73
Rys. 2.18. Pojazdy skontrolowane przez Policję w latach 2015 – 2018	80
Rys. 2.19. Mobilna stacja kontroli Volkswagen Crafter (Komenda Miejsca Policji Olsztyn) [45]	85
Rys. 2.20. Procentowa wartość wykrytych usterek w poszczególnych układach pojazdów ciężarowych przez Policję	88
Rys. 2.21. Procentowa wartość wykrytych usterek w poszczególnych układach wszystkich pojazdów przez Policję	89
Rys. 2.22. Schemat modelu z zaznaczonymi wartościami prawdopodobieństwa zaistnienia określonej sekwencji zdarzeń, kolor zielony to sekwencja najbardziej prawdopodobna a kolor czerwony najmniej prawdopodobna	91
Rys. 2.23. Graficzne przedstawienie prawdopodobieństwa wystąpienia sekwencji 28 dla poszczególnych zdarzeń inicjujących	93
Rys. 2.24. Rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych sekwencji dla układu kierowniczego	93

Rys. 2.25. Rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych sekwencji dla układu hamulcowego	94
Rys. 2.26. Rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych sekwencji dla układu zawieszenie, koła, opony	94
Rys. 2.27. Rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych sekwencji dla oświetlenia pojazdu	95
Rys. 2.28. Rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych sekwencji dla zdarzeń określonych jako inne	95
Rys. 2.29. Charakterystyka zmian wartości prawdopodobieństwa zaistnienia określonej sekwencji zdarzeń dla bariery A (kierowca zauważa usterkę)	97
Rys. 2.30. Charakterystyka zmian wartości prawdopodobieństwa zaistnienia określonej sekwencji zdarzeń dla bariery D (diagnosta zauważa usterkę).....	99
Rys. 2.31. Charakterystyka zmian wartości prawdopodobieństwa zaistnienia określonej sekwencji zdarzeń dla bariery E (diagnosta/ mechanik zauważa usterkę).....	101
Rys. 2.32. Charakterystyka zmian wartości prawdopodobieństwa zaistnienia określonej sekwencji zdarzeń dla bariery F (pojazd zatrzymany do kontroli przez ITD).....	103
Rys. 2.33. Charakterystyka zmian wartości prawdopodobieństwa zaistnienia określonej sekwencji zdarzeń dla bariery H (pojazd zatrzymany do kontroli przez Policję).....	105

6. Spis tabel

Tabela 1. Ilość zauważonych usterek w poszczególnych układach samochodów ciężarowych	54
Tabela 2. Prawdopodobieństwo zauważenia usterki przez kierowcę w poszczególnych układach samochodu ciężarowego.....	55
Tabela 3. Podział usterek wykrywanych podczas kontroli na OSKP w [%] niezwiązanych ze stanem technicznym pojazdu.....	62
Tabela 4. Podział usterek wykrywanych podczas kontroli na OSKP w [%] związanych ze stanem technicznym pojazdu w poszczególnych latach 2014 – 2018	63
Tabela 5. Prawdopodobieństwo otrzymania wyniku negatywnego podczas okresowego badania technicznego samochodu ciężarowego.....	64
Tabela 6. Prawdopodobieństwo wykrycia usterki w danym układzie na stacji kontroli pojazdów przez diagnostę w rozbiciu na lata 2014 - 2018.....	64
Tabela 7. Prawdopodobieństwo wykrycia usterki przez diagnostę w danym układzie w pojeździe, który pojawił się na badaniu technicznym na stacji kontroli pojazdów w rozbiciu na lata 2014 - 2018.....	65
Tabela 8. Ilości procentowe usterek w poszczególnych układach samochodów ciężarowych	67
Tabela 9. Prawdopodobieństwo wykrycia usterki w poszczególnych układach samochodów ciężarowych	69
Tabela 10. Liczba skontrolowanych pojazdów przez ITD w latach 2014 – 2018 (opracowanie własne na podstawie [30, 62]).....	70
Tabela 11. Prawdopodobieństwo zatrzymania pojazdu do kontroli w latach 2014 – 2018 przez ITD	72
Tabela 12. Ilość pojazdów skontrolowanych oraz wykrytych usterek przez ITD w latach 2014, 2015 – 2016, 2017 – 2018 w Polsce [30, 62]	74
Tabela 13. Ilość pojazdów skontrolowanych z podziałem na układy i zespoły układów przez ITD w latach 2014, 2015 – 2016, 2017 – 2018	75
Tabela 14. Usterki w samochodach ciężarowych w rozbiciu na lata 2014 - 2018.....	76
Tabela 15. Prawdopodobieństwo wystąpienia usterki w poszczególnych układach samochodów ciężarowych w rozbiciu na lata 2014 - 2018	77
Tabela 16. Ilość pojazdów zarejestrowanych w latach 2014 – 2018r. w Polsce [53]	78
Tabela 17. Ilość pojazdów skontrolowanych przez Policję w latach 2015 – 2016, 2017 – 2018 w Polsce [54, 55]	79
Tabela 18. Ilość pojazdów ciężarowych poruszających się po drogach w latach 2014 – 2018	82
Tabela 19. Prawdopodobieństwo zatrzymania pojazdu do kontroli w latach 2014 – 2018 przez Policję... ..	83
Tabela 20. Ilość pojazdów skontrolowanych przez Policję w latach 2015 – 2016, 2017 – 2018 w Polsce [54]	86
Tabela 21. Ilość pojazdów skontrolowanych z podziałem na układy i zespoły układów przez Policję w latach 2015 – 2016, 2017 – 2018 [54].....	87
Tabela 22. Prawdopodobieństwo wykrycia usterki w danym roku i układzie	90
Tabela 23. Prawdopodobieństwa zadziałania poszczególnych barier dla określonych zdarzeń inicjujących	90
Tabela 24. Wyniki działania modelu dla poszczególnych układów	92
Tabela 25. Zestawienie wyników działania modelu dla określonych barier	107

7. Załączniki

Aneks A:

ANKIETA DLA KIEROWCÓW

1. Iloma pojazdami realizuje Pan/i w ciągu roku transport drogowy (wpisz ilość średnią w ciągu jednego roku)?

.....

2. Jaki jest średni wiek pojazdów, którymi wykonuje Pan/i transport drogowy?

.....

3. Czy podczas jazdy bądź postoju pojazdu zauważa Pan/i usterki:

- Tak,
- Nie.

4. Z iloma usterkami z danego układu w przeciągu roku miał/a Pan/i do czynienia w pojazdach, którymi był realizowany transport drogowy (proszę wpisać ilość):

	do 2 usterek	od 3 do 5 usterek	od 6 do 10 usterek	od 11 do 15 usterek	od 16 do 20 usterek	od 21 do 25 usterek
ukł. kierowniczy						
ukł. hamulcowy						
zawieszenie						
oświetlenie						
osie, koła, opony						
inne						

5. Czy Pan/i reaguje na zaistniałe usterki w pojeździe:

- Tak,
- Nie.

6. W jaki sposób reaguje Pan/i na zauważone usterki (można zaznaczyć więcej niż jedną odpowiedź):

- naprawiam samodzielnie,
- zgłaszam dyspozytorowi,
- wzywam pomoc drogową.

7. Ile usterek Pan/i wykrywa w ciągu roku?

.....

8. Ile zgłasza dyspozytorowi?

.....

Aneks B (rozdział 2.5.9.):

WZÓR

strona 1

PROTOKÓŁ SZCZEGÓŁOWEJ DROGOWEJ KONTROLI TECHNICZNEJ ZAWIERAJĄCY WYKAZ KONTROLNY

1. Miejsce, data i godzina drogowej kontroli technicznej
2. Oznaczenie kraju rejestracji pojazdu i numer rejestracyjny
3. Numer identyfikacyjny pojazdu (VIN)/ numer nadwozia/podwozia/ramy.....
4. Kategoria pojazdu

- 1) N₂¹⁾ 3) O₃³⁾ 5) M₂⁵⁾ 7) T₅⁷⁾
- 2) N₃²⁾ 4) O₄⁴⁾ 6) M₃⁶⁾ 8) inna kategoria pojazdu⁸⁾

5. Wskazanie drogomierza pojazdu w czasie kontroli
6. Przedsiębiorca wykonujący transport
 - 1) nazwa i adres
 - 2) numer licencji wspólnotowej⁹⁾
7. Imię i nazwisko kierowcy

8. Wykaz kontrolny

Zakres kontrolowanych obszarów: ¹⁰⁾	Sprawdzono ¹¹⁾	Stwierdzono usterki poważne lub niebezpieczne ¹²⁾
0) identyfikacja pojazdu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1) układ hamulcowy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) układ kierowniczy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) widoczność	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) światła i wyposażenie elektryczne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) osie, koła, opony, zawieszenie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) podwozie i elementy przymocowane do podwozia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) inne wyposażenie, w tym tachograf i ogranicznik prędkości	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) uciążliwość, w tym emisja spalin oraz wycieki paliwa lub oleju	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) warunki dodatkowe dla pojazdów kategorii M2 i M3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) zabezpieczenie ładunku ¹³⁾	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Wynik kontroli:

- Pozytywny
- Wykryto usterki poważne lub niebezpieczne
- Zakaz lub ograniczenie używania pojazdu z powodu usterek zagrażających bezpieczeństwu

10. Różne/uwagi¹⁴⁾:

11. Organ/przedstawiciel lub kontrolujący, który przeprowadził kontrolę

Podpisy:

.....
 (Właściwy organ/przedstawiciel służb kontrolnych lub kontrolujący) (Kierowca)

Objaśnienia:

- 1) Pojazd zaprojektowany i wykonany do przewozu ładunków, mający maksymalną masę całkowitą przekraczającą 3,5 t, ale nieprzekraczającą 12 t.
- 2) Pojazd zaprojektowany i wykonany do przewozu ładunków, mający maksymalną masę całkowitą przekraczającą 12 t.
- 3) Przyczepa o maksymalnej masie całkowitej przekraczającej 3,5 t, ale nieprzekraczającej 10 t.
- 4) Przyczepa o maksymalnej masie całkowitej przekraczającej 10 t.
- 5) Pojazd zaprojektowany i wykonany do przewozu osób, mający więcej niż osiem miejsc oprócz siedzenia kierowcy i mający maksymalną masę całkowitą nieprzekraczającą 5 t.
- 6) Pojazd zaprojektowany i wykonany do przewozu osób, mający więcej niż osiem miejsc oprócz siedzenia kierowcy i mający maksymalną masę całkowitą przekraczającą 5 t.
- 7) Ciągnik kołowy o maksymalnej prędkości konstrukcyjnej przekraczającej 40 km/h.
- 8) Pojazd specjalny, pojazd używany do celów specjalnych lub maszyna samobieżna.
- 9) Jeżeli dotyczy.
- 10) Zgodnie ze sposobem identyfikowania pojazdu, zakresem i metodami badania jego stanu technicznego oraz kryteriami o cenie usterek stwierdzonych podczas tego badania, określonymi w załączniku nr 1 do rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 5 listopada 2019 r. w sprawie kontroli ruchu drogowego (Dz. U. poz. 2141).
- 11) Wyrażenie „sprawdzono” oznacza, że w danej grupie sprawdzono co najmniej jedną z pozycji wymienionych na drugiej stronie i stwierdzono drobne usterki lub usterek nie stwierdzono.
- 12) W przypadku stwierdzenia usterki poważnej lub niebezpiecznej, na stronie drugiej znakiem „X” zaznacza się pozycję, w zakresie której stwierdzono usterkę.
- 13) Skreślić w przypadku niewykonania kontroli zabezpieczenia ładunku.
- 14) Wpisać poszczególne pozycje wymienione drugostronnie, w zakresie których pojazd poddano szczegółowej drogowej kontroli technicznej.

strona 2

0. IDENTYFIKACJA POJAZDU	2.1.4. Działanie połączeń układu kierowniczego	4.7.2. Zgodność z wymaganiami	7.1.4. Napinacze wstępne pasów bezpieczeństwa
0.1. Tablice rejestracyjne	2.1.5. Wspomaganie układu kierowniczego	4.8. Światła odblaskowe, oznakowanie odblaskowe i tylne odblaskowe	7.1.5. Poduszki powietrzne
0.2. Numer identyfikacyjny pojazdu (VIN) / numer podwozia/nadwozia/ramy	2.2. Kierownica i kolumna kierownicy	4.8.1. Stan	7.1.6. System poduszki powietrznej SRS
1. UKŁAD HAMULCOWY	2.2.1. Stan kierownicy	4.8.2. Zgodność z wymaganiami	7.2. Gaśnica
1.1. Stan techniczny i działanie	2.2.2. Kolumna kierownicy oraz amortyzatory kierownicy	4.9. Wymagane wskaźniki kontrolne urządzeń oświetlenia	7.3. Zamki i urządzenia przeciw włamaniom
1.1.1. Sworzeń pedału hamulcowego/dźwigni ręcznej hamulca roboczego	2.2.2. Kolumna kierownicy oraz amortyzatory kierownicy	4.9.1. Stan i działanie	7.4. Trójkąt ostrzegawczy
1.1.2. Stan pedału hamulcowego/dźwigni ręcznej hamulca i skok elementu uruchamiającego hamulce	2.3. Luz sumaryczny na kole kierownicy	4.9.2. Zgodność z wymaganiami	7.5. Apteczka pierwszej pomocy
1.1.3. Pompa podciśnienia lub sprężarka i zbiorniki	2.4. Ustawienie kół	4.10. Połączenia elektryczne między pojazdem ciągniętym a przyczepą lub naczepą	7.6. Klipy zabezpieczające koła
1.1.4. Manometr lub wskaźnik ostrzegawczy niskiego ciśnienia	2.5. Obrót osi kierowanej przyczepy	4.11. Złącza i przewody elektryczne	7.7. Sygnał dźwiękowy
1.1.5. Zawór sterujący hamulca postojowego	2.6. Elektroniczne wspomaganie układu kierowniczego (EPS)	4.12. Dodatkowe światła i światła odblaskowe	7.8. Prędkościomierz
1.1.6. Urządzenie uruchamiające hamulec postojowy, dźwignia sterująca zapadką hamulca postojowego, elektroniczny hamulec postojowy	3. WIDOCZNOŚĆ	4.13. Akumulator (-y)	7.9. Tachograf
1.1.7. Zawory hamulcowe (nożne, luzujące, regulujące)	3.1. Pole widzenia	5. OSIE, KOŁA, OPONY I ZAWIESZENIE	7.10. Ogranicznik prędkości
1.1.8. Połączenie z hamulcami przyczepy (elektryczne i pneumatyczne)	3.2. Stan szyb	5.3. Zawieszenie	7.11. Drogomierz
1.1.9. Zbiornik sprężonego powietrza	3.3. Lusterka wsteczne lub inne urządzenia widzenia pośredniego	5.3.1. Resory sprężynowe i stabilizatory	7.12. Elektroniczny system stabilizacji (ESC)
1.1.10. Urządzenia wspomagające układ hamulcowy, pompa hamulców (układy hydrauliczne)	3.4. Wycieraczki przedniej szyby	5.3.2. Amortyzatory	8. UCIAŻLIWOŚĆ
1.1.11. Sztywne przewody hamulcowe	3.5. Spryskiwacze przedniej szyby	5.3.3. Drążki skrętne, drążki reakcyjne, wahacze	8.1. Układ tłumienia hałasu
1.1.12. Elastyczne przewody hamulcowe	3.6. Instalacja odmgławiająca	5.3.4. Sworznie wahaczy	8.2. Emisja spalin
1.1.13. Okładziny i klocki hamulcowe	4. ŚWIATŁA I WYPOSAŻENIE ELEKTRYCZNE	5.3.5. Zawieszenie pneumatyczne	8.2.1. Emisja spalin z silników o zaplonie iskrowym
1.1.14. Bębny hamulcowe, tarcze hamulcowe	4.1. Światła drogowe i mijania	6. PODWOZIE I ELEMENTY PRZYMOCOWANE DO PODWOZIA	8.2.1.1. Urządzenia kontrolne emisji spalin
1.1.15. Linki hamulcowe, drążki, mechanizm dźwigni, połączenia	4.1.1. Stan i działanie	6.1. Podwozie lub rama i elementy do nich przymocowane	8.2.1.2. Emisja zanieczyszczeń gazowych
1.1.16. Urządzenia uruchamiające hamulce (w tym hamulce sprężynowe lub cylindry hydrauliczne)	4.1.2. Ustawienie	6.1.1. Stan	8.2.2. Emisja spalin z silników o zaplonie samoczynnym
1.1.17. Korektor siły hamowania	4.1.3. Przełączniki	6.1.2. Rury wydechowe i tłumiki	8.2.2.1. Urządzenia kontrolne emisji spalin
1.1.18. Korektory i wskaźniki luzu	4.1.4. Zgodność z wymaganiami	6.1.3. Zbiornik paliwa i przewody paliwowe (w tym m zbiornik i przewody paliwowe do celów grzewczych)	8.2.2.2. Zadymienie spalin
1.1.19. Układ hamowania długotrwałego (o ile jest wymagany lub zamontowany)	4.1.5. Urządzenia do regulacji ustawienia świateł	6.1.5. Zamocowanie koła zapasowego	8.4. Inne pozycje związane z ochroną środowiska
1.1.20. Automatyczne działanie hamulców przyczepy	4.2. Przednie i tylne światła pozycyjne, światła obrysowe boczne i tylne oraz światła do jazdy dziennej	6.1.6. Urządzenia sprzęgające i przeznaczone do ciągnięcia	8.4.1. Wycieki płynów
1.1.21. Kompletny układ hamulcowy	4.2.1. Stan i działanie	6.1.7. Przeniesienie napędu	9. WARUNKI DODATKOWE DOTYCZĄCE POJAZDÓW KATEGORII M2 I M3 PRZEZNACZONYCH DO PRZEWOZU OSÓB
1.1.22. Połączenia testowe (o ile są wymagane lub zamontowane)	4.2.2. Przełączniki	6.1.8. Mocowanie silnika	9.1. Drzwi
1.1.23. Hamulec najazdowy	4.2.3. Zgodność z wymaganiami	6.1.9. Praca silnika	9.1.1. Drzwi wejściowe i wyjściowe
1.2. Skuteczność i sprawność hamulca roboczego	4.3. Światła stopu	6.2. Kabina i nadwozie	9.1.2. Wyjścia awaryjne
1.2.1. Sprawność	4.3.1. Stan i działanie	6.2.1. Stan	9.2. Odmgławianie i odmrężanie szyb
1.2.2. Skuteczność	4.3.2. Przełączniki	6.2.2. Mocowania	9.3. Wentylacja i ogrzewanie
1.3. Sprawność i skuteczność pomocniczego (awaryjnego) układu hamulcowego	4.3.3. Zgodność z wymaganiami	6.2.3. Drzwi i zamki	9.4. Siedzenia
1.3.1. Sprawność	4.4. Światła kierunkowskazu i światła awaryjne	6.2.4. Podłoga	9.4.1. Siedzenia pasażerów
1.3.2. Skuteczność	4.4.1. Stan i działanie	6.2.5. Siedzenie kierowcy	9.4.2. Siedzenie kierowcy
1.4. Sprawność i skuteczność postojowego układu hamulcowego	4.4.2. Przełączniki	6.2.6. Pozostałe siedzenia	9.5. Oświetlenie wewnętrzne i urządzenia do oświetlania celu podróży
1.4.1. Sprawność	4.4.3. Zgodność z wymaganiami	6.2.7. Wskaźniki i przyrządy kierowcy	9.6. Przejścia, miejsca dla pasażerów stojących
1.4.2. Skuteczność	4.4.4. Częstotliwość błysków kierunkowskazów	6.2.8. Stopnie kabiny	9.7. Schody i stopnie
1.5. Sprawność układu hamowania długotrwałego	4.5. Przednie i tylne światła przeciwmgłowe	6.2.9. Inne wyposażenie wewnętrzne i zewnętrzne	9.8. System komunikacji z pasażerami
1.6. Układ przeciwblokujący (ABS)	4.5.1. Stan i działanie	6.2.10. Błotniki, fartuchy przeciwblotne	9.9. Tablice informacyjne
1.7. Elektroniczny układ hamulcowy (EBS)	4.5.2. Ustawienie	7. INNE WYPOSAŻENIE	9.10. Wymogi dotyczące przewozu dzieci
2. UKŁAD KIEROWNICZY	4.5.3. Przełączniki	7.1. Pasy bezpieczeństwa /zapięcia pasów i inne urządzenia bezpieczeństwa	9.10.1. Drzwi
2.1. Stan techniczny	4.5.4. Zgodność z wymaganiami	7.1.1. Pewność mocowania pasów i zapięć	9.10.2. Wyposażenie sygnalizacyjne i specjalne
2.1.1. Stan przekładni kierowniczej	4.6. Światła cofania	7.1.2. Stan pasów i zapięć	9.11. Wymogi dotyczące przewozu osób o ograniczonej możliwości poruszania się
2.1.2. Mocowanie obudowy przekładni kierowniczej	4.6.1. Stan i działanie	7.1.3. Ograniczniki naprężenia pasów bezpieczeństwa	9.11.1. Drzwi, rampy i podnośnik
2.1.3. Stan połączeń układu kierowniczego	4.6.2. Zgodność z wymaganiami		9.11.2. Urządzenia zabezpieczające dla wózków inwalidzkich
	4.6.3. Przełączniki		9.11.3. Wyposażenie sygnalizacyjne i specjalne
	4.7. Światło oświetlające tylną tablicę rejestracyjną		
	4.7.1. Stan i działanie		

