

# KRYTERIA KLASYFIKACJI PRZEJAZDÓW KOLEJOWO-DROGOWYCH – NATĘŻENIE RUCHU DROGOWEGO

Adam Dąbrowski

mgr inż., Instytut Kolejnictwa, (22) 47 31 354, adabrowski@ikolej.pl

**Streszczenie.** Niniejszy artykuł stanowi kontynuację cyklu opracowań składających się na całościową analizę kryteriów klasyfikacji przejazdów kolejowo-drogowych w Polsce. Poprzednie trzy dotyczyły iloczynu ruchu, natężenia ruchu kolejowego oraz liczby torów na przejeździe, tym razem mowa o natężeniu ruchu drogowego. W pierwszej kolejności przedstawiono historyczne oraz aktualne znaczenie tego czynnika w systemie klasyfikacji. Następnie podjęto tematykę wpływu natężenia ruchu drogowego na ryzyko powstania kolizji, znaczenia czynnika ludzkiego oraz wpływu struktury ruchu drogowego na konsekwencje zdarzeń na przejazdach, a także problematykę dotyczącą wymiany danych ruchowych pomiędzy zarządcami kolei i dróg oraz formalnymi terminami wykonywania pomiarów. Opisując kryterium natężenia ruchu drogowego odwołano się do badań brytyjskich z 1987 r. (P. F. Stott) i 2008 r. (J. Heavisides, J. Barker) oraz polskich z lat 1985 – 2005 (E. Kononowicz, F. Pietrucha, S. Zimnoch), a także do przepisów prawa niemieckiego. Na podstawie wszystkich powyższych informacji zostały sformułowane wnioski końcowe.

**Słowa kluczowe:** przejazd kolejowo-drogowy, bezpieczeństwo, klasyfikacja, kryteria, natężenie ruchu drogowego

## 1. Wstęp

Obowiązująca dziś w Polsce – na podstawie *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usytuowanie* [1] – klasyfikacja przejazdów kolejowo-drogowych i przejść dla pieszych w poziomie szyn, czyli ich podział na kategorie od A do F, pochodzi z 1962 r. [2]. W ciągu 55 lat istnienia tej klasyfikacji, wraz z wprowadzaniem kolejnych zarządzeń oraz rozporządzeń (najważniejsze z nich wchodziły w życie w latach 1968, 1991, 1996 i 2015) lub zmian do tych aktów, korygowano co prawda interpretację kryteriów decydujących o zakwalifikowaniu przejazdu do określonej kategorii, jednak ogólne zasady pozostały niezmiennie. Filarami klasyfikacji są iloczyn ruchu oraz warunki widoczności, a spore znaczenie ma również prędkość pociągów.

Zmieniające się (wraz z rozwojem motoryzacji i kolejnictwa) uwarunkowania ruchu drogowego i kolejowego, galopujący postęp techniczny w dziedzinie informatyki i automatyki oraz dotychczasowe doświadczenia i badania (polskie i zagraniczne) dotyczące bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych uzasadnia-

ją postawienie pytania, czy istniejąca klasyfikacja przejazdów powinna być nadal stosowana. Życie pokazuje, że próby siłowego dostosowania przestarzałych przepisów do problemów i wymagań dnia dzisiejszego mogą przynieść skutek odwrotny do zamierzonego, powodując sporo zamieszania i trudności praktycznych. Szczególnie w okresie wzmożonej modernizacji infrastruktury z wykorzystaniem środków unijnych niesie to ryzyko komplikacji i powstawania opóźnień w procesie inwestycyjnym.

Badając rzeczywisty potencjał obowiązującej klasyfikacji przejazdów kolejowo-drogowych i kryteriów stosowanych w Polsce autor podjął się opracowania cyklu referatów dotyczących tej tematyki. Powstały już, i zostały zreferowane, publikacje na temat iloczynu ruchu [3], natężenia ruchu kolejowego [4] i liczby torów [5]. Istotą przygotowanego materiału ma być zebranie w jednym miejscu uporządkowanych informacji obejmujących, m. in. historię i ewolucję dzisiejszych wymagań (od lat 20-tych XX wieku), wskazanie charakterystycznych problemów z nimi związanych, a wreszcie – w miarę możliwości i dostępności odpowiednich źródeł – powołanie się na doświadczenia zagraniczne w podobnych obszarach wiedzy.

Niniejszy artykuł został poświęcony natężeniu ruchu drogowego. Jego zastosowanie jako samodzielnego kryterium jest ograniczone do sytuacji, w której po osiągnięciu wartości 10 000 pojazdów na dobę decyduje ono o konieczności zastosowania rozwiązania wielopoziomowego na nowobudowanym skrzyżowaniu linii kolejowej z drogą kołową. Istota oraz olbrzymia waga natężenia ruchu drogowego tkwi natomiast w fakcie, że stanowi ono drugi – obok natężenia ruchu kolejowego – czynnik najważniejszego w polskich przepisach wskaźnika iloczynu ruchu. Z tego względu pomiary, interpretacja i modelowanie ruchu drogowego na przejeździe są bardzo istotne. Już w tym miejscu można stwierdzić, że deterministyczna formuła iloczynu ruchu znacznie upraszcza interpretację ruchu drogowego na przejeździe. Nie jest brana pod uwagę ani jego skomplikowana natura, która w dużej mierze zależy od wzajemnego oddziaływania pojazdów drogowych na siebie, ani też jego struktura, która może mieć znaczący wpływ na konsekwencje zaistniałych zdarzeń.

W artykule przytoczono wnioski wynikające z badań zagranicznych oraz polskich, w których zwrócono uwagę na złożony charakter natężenia ruchu drogowego (m. in. na różne mechanizmy rządzące zachowaniem kierowców na przejazdach kolejowo-drogowych) i zalety zastosowania obliczeń o charakterze stochastycznym w rozpatrywaniu tego zagadnienia. Idzie za tym przekonanie autora, że znajomość dotychczasowych osiągnięć w tej dziedzinie może ułatwić wszelkie działania zmierzające do ulepszenia obowiązującego systemu klasyfikacji przejazdów kolejowo-drogowych oraz kryteriów decydujących o ich zabezpieczeniu.

## 2. Znaczenie oraz sposób pomiarów natężenia ruchu drogowego dla potrzeb klasyfikacji przejazdów kolejowo-drogowych w Polsce do 2015 r.

Rok 1921. Pierwszą znaną obecnie autorowi<sup>1</sup> regulacją uwzględniającą wpływ natężenia ruchu drogowego na organizację skrzyżowania linii kolejowej z drogą publiczną jest *Okólnik nr 21171/20 do wszystkich Dyrekcji Kolei Państwowych w sprawie zmian konstrukcyjnych w przejazdach z dnia 17 stycznia 1921 r.* [6]. Zgodnie z nim skrzyżowania linii kolejowych pierwszej kategorii<sup>2</sup> z szosami, ulicami miejskimi oraz ulicami miejskimi „o większym ruchu kołowym”<sup>3</sup> miały być zawsze zamykane, bez względu na warunki widoczności i ewentualne stosowanie innych zabezpieczeń. W przypadku linii kolejowych drugiej kategorii rogatki zamykane należało stosować – bez względu na ruch – na skrzyżowaniach z ulicami miejskimi, natomiast dla skrzyżowań z szosami i ulicami wiejskimi o większym ruchu kołowym było to wymagane wtedy, gdy dodatkowo nie odpowiadały one warunkom widoczności.

Rok 1923. Istotnym momentem w procesie kształtowania lub konsolidacji przepisów kolejowych po odzyskaniu przez Polskę niepodległości było przyjęcie *Rozporządzenia Ministra Kolei Żelaznych z dnia 10 marca 1923 r. nr 1744/23/22 w sprawie przepisów technicznych projektowania i budowy kolei żelaznych znaczenia ogólnego*<sup>4</sup> [7]. Jeden z rozdziałów tego aktu prawnego został poświęcony skrzyżowaniom kolei w poziomie szyn z drogami kołowymi, a z zawartych tam przepisów wynikało, że przejazdy „o ożywionym ruchu kołowym”<sup>5</sup> powinny być zabezpieczone rogatkami obsługiwanymi przez dróżników (w rozporządzeniu użyto określenia „strażników”) ręcznie lub mechanicznie (z odległości).

Rok 1924. Kolejne znane autorowi polskie regulacje prawne dotyczące wpływu natężenia ruchu drogowego na organizację skrzyżowania linii kolejowej z drogą publiczną pochodzą z *Rozporządzeniu Ministra Robót Publicznych i Ministra Kolei z dnia 2 lipca 1924 r. w sprawie przepisów o skrzyżowaniach dróg publicznych z kolejami żelaznymi* [8]. Natężenie ruchu drogowego przekraczające 1000 pojazdów na dobę w jednym kierunku, stanowiło czynnik współdecydujący o konieczności zastosowania skrzyżowania dwupoziomowego, o ile jednocześnie przecinana linia kolejowa była pierwszorzędna<sup>6</sup>, a ruch kolejowy na niej prowadzony przekraczał 30 par pociągów na dobę.

Rok 1932. Według *Rozporządzenia Ministra Komunikacji z dnia 3 lutego 1932 r. w sprawie przepisów o zabezpieczeniu ruchu na przejazdach kolejowych w poziomie szyn* [9]

1 W poprzednich referatach autor jako pierwszy znany akt prawny traktował Rozporządzenie [8]. W toku dalszych badań dotyczących historycznych uwarunkowań klasyfikacji przejazdów kolejowo-drogowych w Polsce, dzięki pomocy życzliwych osób, autorowi udało się uzyskać dostęp do jeszcze starszych regulacji.

2 Zgodnie z Okólnikiem [6] przejazdy dzieliły się na dwie kategorie: pierwszą (ruch pociągów z prędkością powyżej 40 km/h) oraz drugą (ruch pociągów z prędkością poniżej 40 km/h).

3 Okólnik [6] nie określa szczegółowych wartości ruchu, które definiują „większy ruch kołowy”.

4 Pojawia się nowy podział linii kolejowych w Polsce na: koleje znaczenia ogólnego (pierwszorzędne i drugorzędne) oraz koleje znaczenia miejscowego.

5 Uwaga analogiczna, jak w przypisie 3.

6 Obowiązywał podział linii kolejowych podany w przypisie 4.

obliczone w ciągu jednej godziny w najruchliwszej porze doby natężenie ruchu drogowego – w połączeniu z dobowym natężeniem ruchu kolejowego – składało się na tzw. sumę ruchu (1), czyli wskaźnik stanowiący przedwojenny odpowiednik dzisiejszego iloczynu ruchu, decydujący o tym, czy przejazd powinien być strzeżony. Sumę ruchu omówiono w [3].

$$S = K + D_G \quad (1)$$

gdzie:  $S$  – suma ruchu,  $K$  – liczba pociągów przejeżdżających przez przejazd w ciągu doby,  $D_G$  – liczba pojazdów mechanicznych przejeżdżających przez przejazd w obu kierunkach w ciągu godziny w czasie największego ruchu na drodze.

Ponadto natężenie ruchu drogowego (z uwzględnieniem jego struktury) warunkowało możliwość zakwalifikowania do kat. I przejazdów nie odpowiadających warunkom widzialności przy ruchu pociągów z prędkością nie większą niż 50 km/h. Taka kwalifikacja była możliwa wtedy, gdy na przejeździe odbywał się ruch drogowy o natężeniu nie większym niż 150 pojazdów zaprzęgowych na dobę w obu kierunkach łącznie, przy czym ruch samochodów odbywał się wyjątkowo i nie odbywał się stały większy ruch autobusowy<sup>7</sup>.

Częstotliwość pomiaru natężenia ruchu drogowego nie została określona w Rozporządzeniu [4], określano ją natomiast w stosownych okólnikach. Przykładowo w *Okólniku Ministerstwa Komunikacji z dn. 20 marca 1937 r. Nr U.J.III-211/8 w sprawie przepisów o zabezpieczeniu ruchu na przejazdach kolejowych w poziomie szyn* [10] znalazło się wymaganie, że badanie ruchu kołowego<sup>8</sup> na przejazdach (tzn. rejestracja przejeżdżających pojazdów) powinno być dokonywane periodycznie co 4 lata. W przypadkach, gdyby DOKP stwierdziło znaczne zwiększenie ruchu na przejeździe lub gdyby o takim zwiększeniu ruchu powiadomił władze kolejowe właściwy powiatowy zarząd drogowy, wówczas należało zarządzić nowe badanie ruchu kołowego na przejeździe, niezależnie od okresu czasu, jaki minął od ostatniego badania. Ponadto badanie ruchu kołowego należało przeprowadzać w odstępach corocznych na przejazdach, gdzie ruch kołowy obliczony poprzednio zbliżał się do wartości granicznych.

Badanie ruchu kołowego obowiązywało dla przejazdów kat. I, II i IV.

Badanie ruchu kołowego należało przeprowadzać w okresie największego natężenia ruchu drogowego (intensywne roboty polne, dni targowe itd.). Dwa motocykle uznawano za jeden pojazd mechaniczny, natomiast rowerów nie traktowano jako pojazdy mechaniczne.

Rok 1962. Ustalone przed wojną zasady obowiązywały również w okresie powojennym, aż do wejścia w życie *Zarządzenia Ministra Komunikacji z dnia 21 września 1962 r. w sprawie skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi* {2}, zmieniającego obowiązujący system. Wprowadzono w nim nową i używaną do dziś klasyfikację skrzyżowań (kat. od A do F), a jako jedno z kluczowych kryteriów

<sup>7</sup> Warto zauważyć, że w przedwojennych przepisach w pewnym zakresie zwracano uwagę na strukturę ruchu drogowego, tzn. np. kursowanie większej liczby autobusów. W 2017 r. ten aspekt jest pomijany.

<sup>8</sup> Choć nie wynika to wprost z przepisów, to zdaniem autora przez badanie ruchu kołowego należy rozumieć wspólnie badanie natężenia ruchu drogowego i kolejowego (określenie sumy ruchu).

przyjęto iloczyn ruchu, agregujący natężenie ruchu pojazdów drogowych i pociągów na przejeździe (2). Tym samym natężenie ruchu drogowego stało się czynnikiem współdecydującym o klasyfikacji przejazdów.

$$I = \frac{K \cdot D + k \cdot d}{2} \quad (2)$$

gdzie:  $I$  – iloczyn ruchu,  $K$  – średnie dobowe natężenie ruchu kolejowego w okresie największego natężenia ruchu drogowego,  $D$  – średnie dobowe natężenie ruchu drogowego w okresie największego natężenia ruchu drogowego,  $k$  – średnie dobowe natężenie ruchu kolejowego w okresie małego natężenia ruchu drogowego,  $d$  – średnie dobowe natężenie ruchu drogowego w okresie małego natężenia ruchu drogowego.

Zgodnie z Zarządzeniem [2] pomiary ruchu drogowego należało wykonać w dwóch różnych okresach obejmujących 4 doby kolejno po sobie następujące, w tym 1 dobę charakterystyczną (dzień świąteczny, dzień targowy, itp.). Okresy należało wybierać tak, aby jeden przypadał w czasie zazwyczaj największego natężenia ruchu, drugi zaś – gdy ruch jest mały. Przy obliczaniu ruchu drogowego należało uwzględnić wszystkie przekraczające przejazd pojazdy, z wyjątkiem rowerów i motorowerów, nie podlegających rejestracji jako pojazdy samochodowe.

Metodykę obliczania średniego dobowego natężenia ruchu drogowego według Zarządzenia [2] rozwinął Ryszard Danek w książce [11] z 1964 r., wprowadzając odpowiednie formuły matematyczne i system oznaczeń poszczególnych wielkości – patrz wzory 3 i 4:

$$D = \frac{1}{7} \cdot D_1 + \frac{2}{7} \cdot (D_2 + D_3 + D_4) \quad (3)$$

$$d = \frac{1}{7} \cdot d_1 + \frac{2}{7} \cdot (d_2 + d_3 + d_4) \quad (4)$$

gdzie:  $D$  – średnie dobowe natężenie ruchu drogowego w czterodobowym okresie największego natężenia ruchu,  $d$  – średnie dobowe natężenie ruchu drogowego w czterodobowym okresie małego natężenia ruchu,  $D_1$  – natężenie ruchu drogowego w trakcie doby charakterystycznej w okresie największego natężenia ruchu,  $D_2, D_3, D_4$  – natężenia ruchu drogowego w trakcie trzech pozostałych dób w okresie największego natężenia ruchu,  $d_1$  – natężenie ruchu drogowego w trakcie doby charakterystycznej w okresie małego natężenia ruchu,  $d_2, d_3, d_4$  – natężenia ruchu drogowego w trakcie trzech pozostałych dób w okresie małego natężenia ruchu.

Ponadto, zgodnie z Zarządzeniem [2] ustalenie natężenia ruchu pojazdów drogowych miało następować na podstawie pomiarów dokonywanych przez właściwe zarządy drogowe w miarę potrzeby, nie rzadziej jednak niż co 2 lata na drogach państwowych, a co 4 lata na drogach pozostałych.

Rok 1968. Zgodnie z Zarządzeniem nr 215 Ministra Komunikacji z dnia 10 grudnia 1968 r. zatwierdzające „Przepisy w sprawie warunków technicznych, którym powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi, zasad projektowania tych skrzyżowań i sposobu zabezpieczenia ruchu na tych skrzyżowaniach” [12] w kwestiach dotyczących natężenia ruchu drogowego wprowadzono nowe zapisy porządkowe, mówiące o tym, że:

- natężenie ruchu pojazdów drogowych ustala się na podstawie pomiarów dokonywanych przez właściwy dla danej drogi zarząd drogowy w miarę

potrzeby, nie rzadziej jednak niż co 2 lata na drogach państwowych, a co 4 lata na drogach pozostałych,

- pomiarami natężenia ruchu drogowego powinny być objęte wszystkie przejazdy i przejścia kat. A – E.

Ponadto w obliczeniach natężenia ruchu drogowego uwzględniono rowery i motorowery.

Sama formuła matematyczna stosowana do wyznaczenia średniego dobowego natężenia ruchu drogowego nie uległa zmianie – ważność zachowały wzory 2, 3 oraz 4.

**Rok 1991.** Wraz z wejściem w życie *Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 stycznia 1991 r. w sprawie skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi* [13] skorygowano definicję iloczynu ruchu i uproszczono formułę jego obliczania, odstępując od stosowania dwóch różnych okresów pomiarowych natężenia ruchu drogowego i kolejowego (tj. okresu największego i małego natężenia ruchu drogowego).

Do obliczenia iloczynu ruchu przyjmowano teraz średnie dobowe wielkości natężenia ruchu drogowego i średnie dobowe natężenie ruchu kolejowego – patrz (5).

$$I = K \cdot D \quad (5)$$

gdzie:  $I$  – iloczyn ruchu,  $K$  – średnie dobowe natężenie ruchu kolejowego,  $D$  – średnie dobowe natężenie ruchu drogowego.

Wprowadzono nowe zapisy porządkowe, według których pomiary natężenia ruchu drogowego miał wykonywać właściwy zarząd drogi nie rzadziej niż co 5 lat, a pomiarami tymi należało objąć wszystkie przejazdy kat. A – D.

W Załączniku nr 2 do Rozporządzenia [13] ujęto nowe zasady określania natężenia ruchu drogowego. Wielkości natężenia ruchu drogowego należało ustalać na przejazdach:

- na drogach krajowych – na podstawie pomiarów generalnych ruchu, przeprowadzanych co 5 lat, a w wyjątkowych przypadkach, gdy punkt pomiarowy był zlokalizowany w znacznej odległości od przejazdu – na podstawie bezpośrednich pomiarów ruchu drogowego,
- na pozostałych drogach – na podstawie bezpośrednich pomiarów ruchu drogowego na przejeździe.

Pomiary należało przeprowadzać we wrześniu lub w październiku, w ciągu dwóch dni (wtorek, środa), w godzinach od 6:00 do 18:00. Przy obliczaniu natężenia ruchu drogowego należało uwzględnić wszystkie pojazdy przekraczające przejazd, łącznie z rowerami i motorowerami. Średnie dobowe natężenie ruchu drogowego w danym dwudniowym okresie pomiarowym wyliczało się według (6):

$$D = 1,20 \cdot \left( \frac{D_1 + D_2}{2} \right) \quad (6)$$

gdzie:  $D$  – średnie dobowe natężenie ruchu drogowego,  $D_1, D_2$  – natężenia ruchu drogowego w trakcie dwóch dni pomiarowych, 1,20 – współczynnik uwzględniający ruch nocny.

### 3. Znaczenie oraz sposób pomiarów natężenia ruchu drogowego dla potrzeb klasyfikacji przejazdów kolejowo-drogowych w Polsce od 2015 r.

Według aktualnie obowiązującego Rozporządzenia [1] pomiary natężenia ruchu drogowego należy wykonywać na wszystkich przejazdach kolejowo-drogowych kategorii A, B, C lub D. Zastrzeżono również konieczność współpracy zarządcy drogi i kolei w zakresie wzajemnego udostępniania danych ruchowych (natężenia ruchu), które są wymagane do weryfikacji i zmian kategorii przejazdów kolejowo-drogowych.

W Rozporządzeniu [1] natężenie ruchu drogowego ponownie staje się kryterium mogącym mieć bezpośredni wpływ na zastosowane rozwiązanie skrzyżowania. Wynika to z §39, w którym mowa o tym, że w przypadku skrzyżowania nowobudowanego dla natężenia ruchu równego lub większego niż 10 000 pojazdów na dobę należy stosować skrzyżowanie wielopoziomowe. Wymaganie nie obowiązuje dla skrzyżowań przebudowywanych.

W Załączniku nr 1 do Rozporządzenia [1] przedstawiono nowy harmonogram wykonywania pomiarów ruchu drogowego na przejazdach kolejowo-drogowych, opisany w tab. 1.

Tabela 1. Harmonogram pomiarów ruchu drogowego na przejazdach kolejowo-drogowych

Kategoria przejazdu	Iloczyn ruchu (z ostatniego pomiaru)	Częstotliwość pomiarów
A, B, C	-	nie rzadziej, niż co 5 lat
D	$I < 20\ 000$	nie rzadziej, niż co 5 lat
	$20\ 000 \leq I \leq 40\ 000$	nie rzadziej, niż co 2 lata
	$I > 40\ 000$	nie rzadziej, niż co 1 rok

Pomiary należy przeprowadzać w miesiącach kwiecień – maj lub wrzesień – październik, w ciągu dwóch kolejnych dób, obejmujących pary dni: wtorek – środa lub środa – czwartek. Zarządca drogi powinien powiadomić zarządcę kolei o planowanym terminie przeprowadzenia pomiarów natężenia ruchu drogowego na przejeździe kolejowo-drogowym, a przedstawiciel zarządcy kolei ma także prawo uczestniczyć w takich pomiarach.

W pomiarach natężenia ruchu drogowego uwzględnia się wszystkie pojazdy drogowe przekraczające przejazd kolejowo-drogowy w okresie pomiarowym, w tym rowery i motorowery.

Średnie dobowe natężenie ruchu drogowego na przejeździe kolejowo-drogowym oblicza się jako średnią arytmetyczną z pomiarów natężenia ruchu drogowego na przejeździe, przeprowadzonych w ciągu dwóch kolejnych dób pomiarowych, tzn. według (7):

$$D = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (7)$$

gdzie:  $D$  – średnie dobowe natężenie ruchu drogowego,  $D_1, D_2$  – natężenia ruchu drogowego w trakcie dwóch dni pomiarowych.

W związku z tym, że w okresie 5 lat może dojść lokalnie do istotnych zmian natężenia ruchu drogowego, a także do pojawienia się nowych zagrożeń (lub zaistnienia wypadków), zgodnie z Załącznikiem nr 1 do Rozporządzenia [1] pomiary natężenia ruchu drogowego i kolejowego mogą być także wykonywane na żądanie właściwych organów, Państwowej Komisji Badania Wypadków Kolejowych lub komisji kolejowej, zarządcy drogi lub zarządcy kolei.

#### 4. Jak natężenie ruchu drogowego może wpływać na ryzyko wypadku?

**Uogólnienie wynikające ze stosowania iloczynu ruchu.** Iloczyn ruchu (5) jest bardzo prostym wskaźnikiem o charakterze deterministycznym. Jego interpretacja w *Rozporządzeniu* [1] i wszystkich poprzednich (tzn. od 1962 r.) polega w zasadzie tylko na tym, że im większa jest wartość iloczynu (a więc również jego czynników: średniego dobowego natężenia ruchu drogowego oraz średniego dobowego natężenia ruchu kolejowego), tym wyższa powinna być kategoria, do której należy zakwalifikować dany przejazd kolejowo-drogowy.

Uzasadnieniem dla takiego podejścia jest fakt, że iloczyn ruchu w swojej obecnej postaci może dosyć dobrze wyrazić ekonomiczne skutki ewentualnego zdarzenia na przejeździe. Zasada wydaje się tutaj oczywista: wraz ze wzrastającym iloczynem ruchu możemy spodziewać się coraz większych problemów i strat ekonomicznych wynikających z zamknięcia dla ruchu linii kolejowej lub drogi kołowej, organizacji tras objazdowych, opóźnień w ruchu itd.

Jeśli mówić jednak o względach bezpieczeństwa, to obowiązująca formuła iloczynu ruchu jest bardziej wątpliwa. Przede wszystkim w jej konstrukcji osadzony jest błąd jednakowego traktowania skrzyżowań o bardzo odmiennych warunkach ruchowych. **Przykładowo przejazd z ruchem 4 pociągów i 7 500 pojazdów na dobę oraz przejazd z ruchem 60 pociągów i 500 pojazdów na dobę to pod względem ruchowym dwie różne sytuacje, tymczasem polskie przepisy – ze względu na jednakowy iloczyn ruchu 30 000 – każą traktować je jako analogiczne.** Uwagę na ten problem zwracano już wiele razy, m. in. w pracy [14].

Sporo argumentów przemawia za tym, aby wpływ natężenia ruchu drogowego oraz natężenia ruchu kolejowego na zabezpieczenie przejazdów rozpatrywać albo niezależnie od siebie (tzn. w ogóle pomijając jakikolwiek wskaźnik agregujący), albo przy zastosowaniu znacznie bardziej rozwiniętych wskaźników lub metod opartych na rachunku probabilistycznym.

**Badania amerykańskie i brytyjskie.** Czy wzrost ruchu drogowego na przejeździe oznacza wzrost ryzyka powstania wypadku? Narzucającą się odpowiedzią na to pytanie jest odpowiedź twierdząca, czemu - chyba zbyt pochopnie – dano wyraz w pracach [3] i [4]. W praktyce zależność ta może mieć bardziej skomplikowany charakter, o czym przekonują zagraniczne i polskie publikacje dotyczące wpływu natężenia ruchu drogowego na ryzyko wypadku na przejeździe. Większość takich analiz opiera się na metodach stochastycznych, a w swej istocie odnosi



się do obliczenia czasu zajętości strefy niebezpiecznej przejazdu i probabilistycznej oceny możliwości zaistnienia kolizji w różnych scenariuszach (np. w badaniach amerykańskich z 1968 r. [15] wymienia się trzy podstawowe - na logikę oczywiste – przypadki: pociąg dojeżdża do przejazdu zajętego przez samochód, samochód dojeżdża do przejazdu zajętego przez pociąg, pociąg i samochód dojeżdżają do przejazdu jednocześnie).

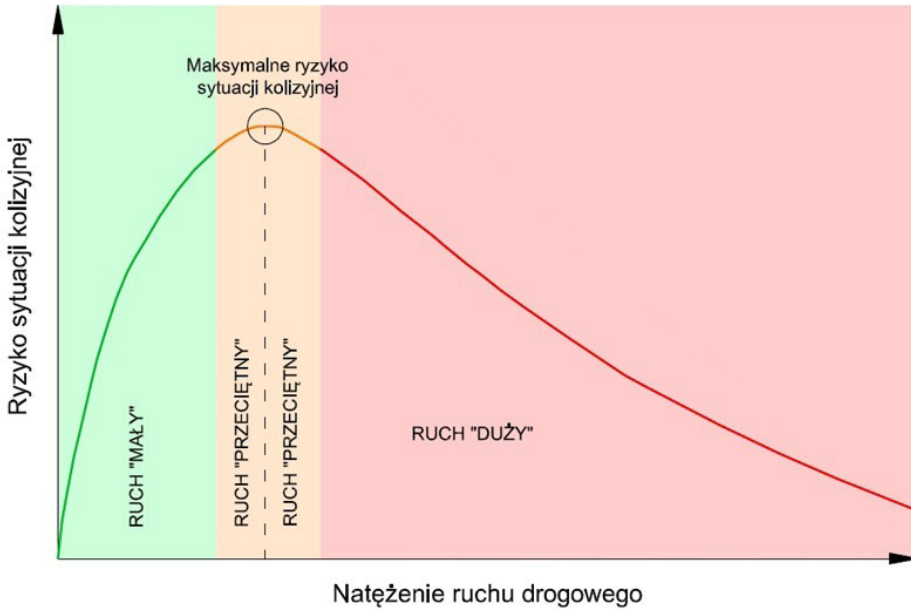
Bardzo ciekawe spojrzenie na temat wpływu natężenia ruchu drogowego na ryzyko kolizji przedstawił w 1987 r. w Wielkiej Brytanii Peter Frank Stott [16] w swoim raporcie dotyczącym bezpieczeństwa na brytyjskich przejazdach z sygnalizacją samoczynną bez półrogatek (AOLC)<sup>9</sup>. Raport jest dokumentem kompleksowym i obejmuje praktycznie całokształt zagadnień związanych z bezpieczeństwem ruchu na przejazdach. Jeśli jednak szukać w nim jakiejś najważniejszej myśli, to jest ona taka, że obok urządzeń zabezpieczających drugim – i na pewno nie mniej ważnym – czynnikiem wpływającym na bezpieczeństwo ruchu na przejeździe kolejowo-drogowym jest wzajemne oddziaływanie pojazdów drogowych na siebie, a w szczególności tzw. „efekt bariery”, czyli blokowanie przez pojazd prawidłowo oczekujący przed przejazdem kolejnych pojazdów zbliżających się do niego.

W odniesieniu do kierowców Stott przyjął trzy założenia w obszarze behawioralnym:

- prawdopodobieństwo prawidłowego zachowania kierowcy na przejeździe jest zdecydowanie większe, niż prawdopodobieństwo nieprawidłowego zachowania,
- samochód, który zatrzymał się przed przejazdem (co, zgodnie z poprzednim założeniem jest zdecydowanie bardziej prawdopodobne) stanowi „barierę” dla wszystkich kolejnych pojazdów zbliżających się do przejazdu, a więc również i dla tych, które dojeżdżając do przejazdu jako pierwsze mogłyby się zachować w sposób nieprawidłowy,
- wpływ zachowania typu „podążaj za poprzednikiem” (dosł. z ang. *follow my leader*), tzn. naśladowanie przez dany pojazd drogowy zachowania poprzedzającego go pojazdu bez względu na prawidłowość tego zachowania, jest pomijalny.

Na tej podstawie, w oparciu o obliczenia stochastyczne, Stott wyszedł z wnioskiem, że relacja między natężeniem ruchu drogowego a ryzykiem zaistnienia kolizji na przejeździe nie tylko nie jest liniowa, ale nawet nie jest monotoniczna. Po osiągnięciu pewnego poziomu natężenia ruchu drogowego dalszy jego wzrost będzie powodował spadek ryzyka zaistnienia kolizji na przejeździe – z uwagi na wspomniany „efekt bariery” (rys. 1).

<sup>9</sup> Raport został opracowany po katastrofie kolejowej z dnia 26 lipca 1986 r., kiedy to na przejeździe typu AOLC w Lockington na linii kolejowej Hull – Scarborough pociąg pasażerski relacji Bridlington – Kingston uderzył w samochód dostawczy Ford Escort i uległ wykołaceniu. 9 osób, w tym 8 jadących pociągiem, poniosło śmierć, do szpitala trafiło 59 osób, z czego 10 wymagało dłuższej hospitalizacji. Co ważne, przejazd w Lockington był świeżo po przebudowie z lat 1985/1986, kiedy to przekwalifikowano go ze strzeżonego z miejsca na automatyczny. W okresie przed wypadkiem zgłaszano przypadki błędnego działania sygnalizacji samoczynnej, jednak dochodzenie wykazało, że w chwili wypadku wszystkie urządzenia funkcjonowały prawidłowo [23].



Rys. 1. Ogólna zależność między natężeniem ruchu drogowego a ryzykiem sytuacji kolizyjnej według raportu [16] Petera Franka Stotta (opr. rysunku wg autora)

Argumentem przemawiającym za odwołaniem się do raportu [16] jest fakt, że jego omawiany element został wdrożony w procesie doboru zabezpieczenia przejazdów w Wielkiej Brytanii. Zgodnie z propozycją Stotta wprowadzono metodę przeliczania rzeczywistego natężenia ruchu drogowego na efektywne natężenie ruchu drogowego – patrz tab. 2 [17].

Tabela 2. Rzeczywisty i efektywny dzienny ruch drogowy w przepisach brytyjskich [17]

Dzienny ruch drogowy		Dzienny ruch drogowy	
Rzeczywisty	Efektywny	Rzeczywisty	Efektywny
250	230	<b>3 000</b>	<b>1115</b>
500	425	3 500	1115
750	580	4 000	1080
1 000	705	4 500	1040
1 250	810	5 000	990
1 500	890	6 000	885
1 750	955	7 000	765
2 000	1010	8 000	650
2 500	1080	9 000	540
<b>3 000</b>	<b>1115</b>	10 000	475

Raport Stotta został w zasadniczej części poświęcony przejazdom z sygnalizacją samoczynną bez półrogatek, jednak prace powstałe w późniejszych latach dowodzą, że podobne zjawiska występują również na przejazdach innego typu, np. wyposażonych w półrogatki [18].

**Badania polskie.** Również w Polsce prowadzone były badania nad wpływem ruchu drogowego na ryzyko zaistnienia wypadku na przejeździe kolejowo-drogowym. Np. w opracowaniach [14] i [19] autorzy zwrócili uwagę na wątpliwości związane z iloczynem ruchu, m. in. uogólnienie sytuacji ruchowej na przejeździe przy różnych udziałach natężenia ruchu drogowego i kolejowego (o czym wspomniano na wstępie niniejszego artykułu), uwzględnienie zbyt małej liczby parametrów charakteryzujących ruch drogowy i kolejowy, czy też wreszcie arbitralne przyjęcie wartości granicznych. Jako alternatywa zaproponowano użycie modelu teorii masowej obsługi do wyznaczania charakterystyk zakłóceń ruchu drogowego na przejeździe kolejowo-drogowym i opracowanie w ten sposób nowych kryteriów klasyfikacyjnych. Zdaniem autorów o stosowaniu skrzyżowań wielopoziomowych mogłaby decydować wartość oczekiwana czasu oczekiwania pojazdów drogowych przed przejazdem, natomiast sama klasyfikacja skrzyżowań jednopoziomowych oraz dobór systemu zabezpieczenia powinny bazować na wskaźniku prawdopodobieństwa możliwości wystąpienia kolizji. Podobnie, jak w przykładach zza granicy, istotę rzeczy stanowiłyby obliczenia stochastyczne.

**Czynnik ludzki.** Przyglądając się opisanym wyżej badaniom i doświadczeniom należy mieć na uwadze, że bazują one przede wszystkim na analizie probabilistycznej, w której przyjmuje się pewien teoretyczny model zachowania pojazdów drogowych i kolejowych na przejeździe. Dziś wiemy, że olbrzymią rolę w postawianiu różnego rodzaju wypadków odgrywa również czynnik ludzki, który znacznie trudniej zmierzyć i zamodelować. Najszerzej wiedzy na temat czynnika ludzkiego dostarczają te systemy, w których wymagany jest najwyższy poziom bezpieczeństwa, jak choćby lotnictwo czy energetyka jądrowa. Uzyskane w ten sposób doświadczenia można i należy przekładać również na inne dziedziny, m. in. transport kolejowy. Rozpatrując kwestię natężenia ruchu drogowego na przejeździe kolejowo-drogowym także można badać rzeczywisty udział czynnika ludzkiego, na przykład niżej wymienione aspekty:

- wpływ natężenia ruchu drogowego na sposób jazdy kierowcy, m. in. na stosowanie się do wskazań sygnalizacji przejazdowej oraz skłonność do wywierania presji na osoby obsługujące przejazd kolejowo-drogowy kat. A,
- wpływ natężenia ruchu drogowego na pracę dróżnika/dyżurnego ruchu,
- model zachowania „podążaj za poprzednikiem”, który choć zbagatelizowany w raporcie [16], zdaniem autora może być przedmiotem dalszych badań.

Przykłady psychologicznych i fizjologicznych czynników stresujących, które warto wziąć pod uwagę w analizie powyższych zagadnień, przedstawiono w pracy [5].

Potrzebę dalszej optymalizacji przedstawionego wcześniej brytyjskiego modelu P. F. Stotta pod kątem czynnika ludzkiego zauważono w pracy [18].

**Pominięcie wskaźnika agregującego na przykładzie Niemiec.** Przykładem kraju, w którym natężenie ruchu drogowego ma bardzo duży wpływ na zabezpieczenie przejazdów kolejowo-drogowych, są Niemcy. Urządzenia na przejazdach dzieli się tam na dwie podstawowe kategorie: zabezpieczenie techniczne (urządzenia aktywne) i zabezpieczenie nietechniczne (urządzenia pasywne). O stosowaniu

zabezpieczenia technicznego lub zabezpieczenia nietechnicznego decyduje podstawowa klasyfikacja, oparta na pięciu kluczowych kryteriach:

- rodzaj drogi: publiczna/niepubliczna, leśna, pieszka, rowerowa itd.;
- natężenie ruchu drogowego ( $n$  – liczba pojazdów na dobę): ruch mały ( $n \leq 100$ ), ruch umiarkowany ( $100 < n \leq 2500$ ), ruch duży ( $n > 2500$ );
- prędkość pociągów na linii kolejowej (np. 60 km/h, 80 km/h i więcej);
- znaczenie linii kolejowej: kolej główna, kolej boczna;
- liczba torów linii kolejowej: linia jednotorowa, linia wielotorowa.

Kryterium natężenia ruchu drogowego jest również używane do określenia szczegółowego zakresu zabezpieczenia technicznego, decydując m. in. o możliwości stosowania samoczynnej sygnalizacji przejazdowej bez półrogatek w określonych lokalizacjach [20].

## 5. Struktura ruchu – przemilczany problem

Średnie dobowe natężenie ruchu drogowego zawiera w sobie sumaryczny ruch wszystkich pojazdów drogowych, co w określonych warunkach może być niewystarczające. W celu realnej ewaluacji warunków bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych i zasadności stosowania różnych nowoczesnych systemów zabezpieczenia ruchu na przejazdach, zasadne byłoby osobne zliczanie ruchu pojazdów lekkich (np. samochody osobowe, motocykle, motorowery i rowery) oraz pojazdów ciężkich (samochody ciężarowe, autobusy, ciągniki rolnicze, itd.). Najechanie pociągu na ciężki pojazd w oczywisty sposób zwiększa ryzyko powstania wypadku z poważnymi konsekwencjami (a nawet katastrofy kolejowej), czego dowodzą m. in. zdarzenia zaistniałe w ostatnich latach w Polsce (rys. 2, tab. 3).



Rys. 2. Konsekwencje najechania pociągu towarowego na samochód ciężarowy na szlaku Starachowice Wschodnie – Kunów w dniu 20 maja 2016 r. {21}

Tabela 3. Poważne wypadki na przejazdach kolejowo-drogowych w Polsce w ostatnich latach

<i>Data i miejsce</i>	<i>Opis wypadku</i>
<b>16 maja 2007 r.</b> Stawiguda k. Olsztyna	Na przejeździe kat. D w Stawigudzie na szlaku jednotorowym Olsztynek – Gałgawki pociąg pospieszny relacji Olsztyn Główny – Kraków Główny uderzył w ciężarówkę przewożącą paszę do pobliskiej fermy drobiu, w efekcie czego lokomotywa i dwa wagony wypadły z szyn. Lokomotywa przewróciła się na pobliską drogę. W zdarzeniu rannych zostało czworo podróżnych. Kierowca i pasażerka wyszli ze zdarzenia bez większych obrażeń.
<b>15 listopada 2007 r.</b> Poledno k. Świecia n. Wisłą	Na przejeździe kat. C w Polednie na szlaku dwutorowym Parlin – Terespol Pomorski pociąg pospieszny relacji Gdynia – Zielona Góra najechał na samochód ciężarowy z belami papieru, w efekcie czego wykoleiła się lokomotywa oraz pięć wagonów. Śmierć poniósł maszynista i jedna pasażerka, zaś 16 osób zostało rannych. Kierowca nie odniósł większych obrażeń. Urządzenia na przejeździe działały prawidłowo.
<b>28 kwietnia 2011 r.</b> Mosty k. Lęborka	Na przejeździe kat. C w Mostach k. Lęborka na szlaku jednotorowym Godętowo – Lębork pociąg pospieszny relacji Katowice – Gdynia Główna najechał na ciągnik siodłowy z naczepą wypełnioną pustakami. Lokomotywa i cztery wagony wykoleiły się. Z osób podróżujących pociągiem zginęły dwie, rannych zostało 25 osób. Ranny był również kierowca tira. Urządzenia na przejeździe działały prawidłowo.
<b>20 maja 2016 r.</b> Staw Kunowski k. Starachowic	Na przejeździe kat. D w Stawie Kunowskim k. Starachowic na szlaku dwutorowym Starachowice Wschodnie – Kunów pociąg towarowy najechał na samochód ciężarowy do transportu szamba. Wykolejeniu uległa lokomotywa i siedem wagonów towarowych. Trzy osoby (maszynista pociągu, kierowca i pasażer samochodu ciężarowego) odniosły obrażenia. W składzie pociągu znajdowały się również wagony z materiałami niebezpiecznymi, jednak nie uległy one wykolejeniu.

Kwestię zasadności uwzględnienia w klasyfikacji przejazdów kolejowo-drogowych nie tylko natężenia ruchu drogowego, ale również jego struktury, podniesiono m. in. w artykule [22]. Autor zwrócił tam uwagę m. in. na niebezpieczeństwo związane z częstym pokonywaniem przejazdów kolejowo-drogowych przez autobusy komunikacji publicznej lub zakładowej.

## 6. Pomiar i sezonowość ruchu drogowego

Zgodnie z §14 ust. 3 Rozporządzenia [1] dla celów weryfikacji i zmian kategorii przejazdów kolejowo-drogowych i przejść oraz sposobów ich zabezpieczenia (a prościej rzecz ujmując – w celu obliczenia aktualnego iloczynu ruchu) zarządcy kolei i zarządcy dróg powinni przekazywać sobie wzajemnie aktualne wyniki pomiarów natężenia ruchu, odpowiednio kolejowego albo drogowego. Co do zasady zapis jest niewątpliwie słuszny, ale w praktyce różnie bywa z jego wykonywaniem. Doświadczenie pokazuje, że szczególnie dla skrzyżowań z drogami niższej kategorii pojawiają się trudności z dostępem do aktualnych wartości iloczynu ruchu, co zazwyczaj wynika z nieaktualizowanych (lub zbyt rzadko) wartości natężenia ruchu drogowego (ruch kolejowy pozostaje dziś pod stałą kontrolą). Warto przypomnieć, że zgodnie z Załącznikiem nr 1 do Rozporządzenia [1], za dostarczenie danych o natężeniu ruchu drogowego odpowiedzialny jest właściwy zarządca drogi. Badania takie można wykonywać na różne sposoby: zarówno tak jak dawniej, tj.

przy wykorzystaniu zespołów ludzkich pracujących w terenie, jak i z zastosowaniem nowocześniejszych technologii, tj. różnego typu rejestratorów lub nawet automatycznej analizy obrazu z nagrań filmowych (należy rozważyć możliwość wykorzystania w tym celu nagrań z telewizji techniczno-użytkowej).

Jednym z rozwiązań, które z pewnością ułatwiłyby utrzymanie zabezpieczenia przejazdów na wymaganym poziomie, byłoby opracowanie komputerowego systemu wymiany danych ruchowych pomiędzy zarządcami kolejowymi i drogowymi (lub odpowiednich interfejsów do istniejących systemów). Biorąc pod uwagę wzrastające możliwości automatyzacji pomiarów ruchu i eksportowania takich danych do systemu w czasie rzeczywistym, w przyszłości podobne rozwiązanie mogłoby umożliwić nie tylko okresową aktualizację iloczynów ruchu (lub innych wskaźników, jeśli zostaną wprowadzone), ale też dynamiczną reakcję na zjawiska ruchowe zachodzące na przejeździe w czasie rzeczywistym (np. stwierdzenie nagłego i znacznego wzrostu ruchu drogowego – np. z powodu zamknięcia innej drogi – mogłoby skutkować błyskawicznym zarządzeniem ograniczenia prędkości pociągów lub przedsięwzięciem dodatkowych czynności związanych z zabezpieczeniem skrzyżowania).

Z uwagi na zapisy Rozporządzenia [1] i poprzednich istnieje jeszcze jeden formalny problem związany z natężeniem ruchu drogowego na przejeździe. Określone w rozporządzeniu terminy pomiaru natężenia ruchu drogowego na przejazdach kolejowo-drogowych, tzn. w miesiącach kwiecień – maj lub wrzesień – październik nie są adekwatne dla przejazdów kolejowo-drogowych położonych na skrzyżowaniach linii kolejowych z drogami, na których natężenie ruchu rośnie w sezonie turystycznym, w szczególności prowadzącymi nad morze i w góry. Co prawda w praktyce dla takich przejazdów zwykle – na zasadzie odstępstwa – zdroworozsądkowo przyjmuje się maksymalne natężenie ruchu drogowego (tj. odpowiadające ruchowi sezonowemu), a czasem wręcz stosuje różne zabezpieczenie w zależności od pory roku (np. zabudowa samoczynnej sygnalizacji na czas sezonu i demontaż, z wprowadzeniem ograniczenia prędkości, po jego zakończeniu i wstrzymaniu planowego ruchu kolejowego), jednak wskazane byłoby formalne uregulowanie tej oczywistej kwestii.

## 7. Podsumowanie

W niniejszym artykule podjęto temat historycznego, aktualnego oraz potencjalnego znaczenia kryterium natężenia ruchu drogowego w klasyfikacji przejazdów kolejowo-drogowych, z uwzględnieniem polskich i zagranicznych zapisów prawnych, wyników polskich i zagranicznych badań oraz prac naukowych, a wreszcie własnych obserwacji i tez autora. Na podstawie przedstawionych informacji można sformułować niżej wymienione wnioski:

- 1) W rozpatrywanym okresie obejmującym lata 1921 – 2017 rola natężenia ruchu drogowego jako samodzielnego kryterium w klasyfikacji przejazdów kolejowo-drogowych zmieniała się, przy czym już od 1932 r. została istot-

- nie ograniczona. Wiązało się to z wprowadzeniem sumy ruchu, zastąpionej w 1962 r. iloczynem ruchu, czyli wskaźników agregujących natężenie ruchu drogowego i natężenie ruchu kolejowego.
- 2) Formuła iloczynu ruchu znacznie upraszcza zagadnienie ruchu drogowego, ograniczając je wyłącznie do średniego dobowego natężenia wyrażonego liczbą pojazdów. Podobnie dzieje się z ruchem kolejowym. Konsekwencją jest jednakowe traktowanie przejazdów o bardzo różnym udziale ruchu drogowego i kolejowego, ale zbliżonym bądź identycznym iloczynie ruchu, co z punktu widzenia bezpieczeństwa jest co najmniej wątpliwe.
  - 3) Doświadczenia brytyjskie pokazują, że newralgicznym czynnikiem wpływającym na bezpieczeństwo ruchu na przejeździe kolejowo-drogowym jest wzajemne oddziaływanie pojazdów drogowych na siebie, a w szczególności powstawanie tzw. „efektu bariery”, czyli blokowanie przez pojazd prawidłowo oczekujący przed przejazdem kolejnych pojazdów. Z uwzględnieniem tego zjawiska wdrożono w Wielkiej Brytanii metodę przeliczania rzeczywistego natężenia ruchu drogowego na efektywne natężenie ruchu drogowego.
  - 4) Nie tylko za granicą, ale także w Polsce prowadzono badania nad naturą ruchu drogowego na przejazdach kolejowo-drogowych. W przytoczonych pracach proponowano wprowadzenie nowych kryteriów związanych z ruchem drogowym, takich jak wartość oczekiwana czasu oczekiwania pojazdów drogowych przed przejazdem (decydująca o stosowaniu wiaduktów) oraz wskaźnik prawdopodobieństwa możliwości wystąpienia kolizji (decydujący o doborze urządzeń zabezpieczających dla przejazdu jednopoziomowego).
  - 5) Dalszych badań wymaga związek natężenia ruchu drogowego z tzw. czynnikiem ludzkim, np. wpływ zwiększonego ruchu na stres kierowców i pracowników obsługujących przejazdy kolejowo-drogowe, a także na model zachowania „podążaj za poprzednikiem”.
  - 6) Niemiecki system klasyfikacji przejazdów kolejowo-drogowych traktuje natężenie ruchu drogowego jako jedno z pięciu głównych kryteriów decydujących o przyjmowanym sposobie zabezpieczenia i nie agreguje go z natężeniem ruchu kolejowego.
  - 7) Aktualnie obowiązująca w Polsce klasyfikacja przejazdów kolejowo-drogowych w żaden sposób nie uwzględnia struktury ruchu drogowego, tzn. co najmniej podziału na pojazdy ciężkie (samochody ciężarowe, autobusy, ciągniki rolnicze itd.) i pojazdy lekkie (np. samochody osobowe, motocykle, motorowery i rowery). Tymczasem właśnie ta struktura może bardzo wiele powiedzieć o potencjalnych skutkach zdarzeń na przejazdach.
  - 8) Pomocne byłoby opracowanie specjalnego systemu komputerowego lub interfejsów do istniejących systemów, umożliwiających sprawną i bieżącą wymianę informacji o natężeniu ruchu drogowego i kolejowego między zarządcami dróg i zarządcami kolejowymi.

- 9) Wskazane jest uregulowanie w rozporządzeniu przejazdowym kwestii pomiarów ruchu na przejazdach kolejowo-drogowych, położonych na liniach kolejowych lub drogach, na których odbywa się ruch sezonowy. Obecnie narzucone terminy pomiarów ruchu (kwiecień – maj, wrzesień – październik) nie uwzględniają takiej ewentualności.

## Bibliografia

- [1] Prawo RP, Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usytuowanie, Dz. U. z 2015 r., poz. 1744.
- [2] Prawo PRL, Zarządzenie Ministra Komunikacji z dnia 21 września 1962 r. w sprawie skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi, Monitor Polski z 1962 r. Nr 76, poz. 354.
- [3] Dąbrowski A., Kryteria klasyfikacji przejazdów kolejowo-drogowych – iloczyn ruchu, X Konferencja Naukowo-Techniczna „Projektowanie, budowa i utrzymanie infrastruktury w transporcie szynowym INFRASZYN 2017”, Zakopane, 26-28 kwietnia 2017 r.
- [4] Dąbrowski A., Ochociński K., Kryteria klasyfikacji przejazdów kolejowo-drogowych – natężenie ruchu kolejowego, VII Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Technicznej „Rozwiązania skrzyżowań kolei z drogami kołowymi w poziomie szyn w aspekcie prawnym, ekonomicznym i technicznym”, Hucisko, 7-9 czerwca 2017 r.
- [5] Dąbrowski A., Kryteria klasyfikacji przejazdów kolejowo-drogowych – liczba torów, XIX Konferencja Naukowa „Drogi Kolejowe 2017”, Poznań-Wągrowiec, 18-20 października 2017 r.
- [6] Prawo RP, Okólnik nr 21171/20 do wszystkich Dyrekcji Kolei Państwowych w sprawie zmian konstrukcyjnych w przejazdach z dnia 17 stycznia 1921 r., Dz. Urz. Ministerstwa Kolei Żelaznych nr 5 z dn. 10 lutego 1921 r. Poz. 7
- [7] Prawo RP, Rozporządzenie Ministra Kolei Żelaznych z dnia 10 marca 1923 r. nr 1744/23/22 w sprawie przepisów technicznych projektowania i budowy kolei żelaznych znaczenia ogólnego, Dz. Urz. Ministerstwa Kolei Żelaznych nr 10 z dn. 26 kwietnia 1923 r. Poz. 31
- [8] Prawo RP, Rozporządzenie Ministra Robót Publicznych i Ministra Kolei z dnia 2 lipca 1924 r. w sprawie przepisów o skrzyżowaniach dróg publicznych z kolejami żelaznymi, Dz. U. z 1924 r. Nr 65, poz. 641.
- [9] Prawo RP, Rozporządzenie Ministra Komunikacji z dnia 3 lutego 1932 r. w sprawie przepisów o zabezpieczeniu ruchu na przejazdach kolejowych w poziomie szyn, Dziennik Taryf i zarządzeń kolejowych z 1932 r. Nr 13, poz. 81.



- [10] Prawo RP, Okólnik Ministerstwa Komunikacji z dn. 20 marca 1937 r. Nr U.J.III-211/8 w sprawie przepisów o zabezpieczeniu ruchu na przejazdach kolejowych w poziomie szyn, Dz. Urz. MK nr 18 z 1938 r. Poz. 191.
- [11] Danek R., Skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1964.
- [12] Prawo PRL, Zarządzenie nr 215 Ministra Komunikacji z dnia 10 grudnia 1968 r. zatwierdzające „Przepisy w sprawie warunków technicznych, którym powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi, zasad projektowania tych skrzyżowań i sposobu zabezpieczenia ruchu na tych skrzyżowaniach”, Dz. Bud. z 1969 r. Nr 2.
- [13] Prawo RP, Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 stycznia 1991 r. w sprawie skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi, Dz. U. z 1991 r. Nr 13, poz. 57.
- [14] Zimnoch S., Ocena warunków kwalifikacji przejazdów do poszczególnych kategorii, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej – Budownictwo, zeszyt nr 103 (1692), 2005.
- [15] Richards H. A., Bridges G. S., Railroad Grade Crossings, Traffic Control & Roadway Elements – Their Relationship to Highway Safety/Revised (Chapter 1), Department of Transport Operations, Texas Transportation Institute, Texas A&M University, 1968.
- [16] Stott P. F., Automatic Open Level Crossings – A review of safety, Department of Transport, London, 1987.
- [17] Office of Rail Regulation, Level Crossings: A guide for managers, designers and operators, Railway Safety Publication 7, 2011.
- [18] Heavisides J., Barker J., Impact of Traffic Flow on Level Crossing Risk, 10th World Level Crossing Symposium – Safety and Trespass Prevention, Paris, 2008.
- [19] Kononowicz E., Pietrucha F., Kryterium ruchowe klasyfikacji przejazdów kolejowych w ujęciu teorii masowej obsługi, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej – Budownictwo, nr 61 (842), 1985.
- [20] Freystein H., Muncke M., Schollmeier P., Entwerfen von Bahnanlagen – Regelwerke, Planfeststellung, Bau, Betrieb, Instandhaltung (3. Auflage), Eurail Press, 2015.
- [21] Kubalski J., Zderzenie pociągu z ciężarówką – przejazd zablokowany, Radio Kielce, <http://www.radio.kielce.pl/post-42801>, ost. dost. 2 października 2017 r.
- [22] Mikołajków L., Bezpieczeństwo ruchu na przejazdach kolejowych – uwagi krytyczne, Drogi Kolejowe, nr 3, 1989.
- [23] Wikipedia, Lockington rail crash, [https://en.wikipedia.org/wiki/Lockington\\_rail\\_crash](https://en.wikipedia.org/wiki/Lockington_rail_crash), ost. dost. 18 września 2017 r.

