Mateusz RYDLEWSKI

Wrocław University of Science and Technology (Politechnika Wrocławska)

THE INFLUENCE OF THE TRAFFIC LIGHTS ON BEHAVIOUR OF PEDESTRIANS AT THE ROAD CROSSINGS

Wpływ funkcjonowania sygnalizacji świetlnej na zachowania pieszych na przejściach przez jezdnię

Abstract: The article addressed the behaviour of pedestrians at road crossings based on the conducted studies. The introduction includes the discussed restrictions of pedestrian traffic in the city and basic data on pedestrian safety. The article presented the results of research including the behaviour of people at pedestrian crossings. The research included two types of pedestrian crossing: with and without traffic lights. Based on the observations made during the research and comparison of the results presenting the behaviour of pedestrians on both types of crossings, the influence of the traffic lights on behaviour of pedestrians at the road crossings was presented.

Keywords: pedestrian, traffic lights, pedestrian crossings

Streszczenie: W artykule omówiono zachowania pieszych na przejściach przez jezdnię na podstawie przeprowadzonych badań. We wprowadzeniu przedstawiono ograniczenia ruchu pieszego w mieście oraz podstawowe dane dotyczące bezpieczeństwa pieszych. Rozwinięciem obu tych zagadnień są wyniki badań dotyczących zachowania pieszych na przejściach przez jezdnię. Przeprowadzone badania obejmowały dwa rodzaje przejść dla pieszych: z sygnalizacją świetlną i te, na których ruch nie jest przez nią regulowany. Na podstawie obserwacji realizowanych w trakcie badań oraz porównania wyników przedstawiających zachowania pieszych na obu rodzajach przejść przedstawiono wnioski dotyczące wpływu sygnalizacji świetlnej na zachowania pieszych.

Słowa kluczowe: piesi, sygnalizacja świetlna, przejścia dla pieszych

1. Introduction

Pedestrian is the user of traffic in the city, which has one of the highest freedoms of movement. With the increase of this freedom, the risk of adverse events to which a pedestrian may be exposed increases. Traffic organization should first of all ensure the safety of users and only later influence the improvement of traffic parameters. Unfortunately, very often, the improvement of safety is realized at the expense of freedom of movement, which can be especially observed in the case of pedestrians.

The improvement of pedestrian traffic safety in the city can be implemented with the use of pedestrian traffic limitation in two possible ways. The first type are those restrictions that apply to the area in which the movement takes place, e.g. narrowing the cross-section of the surface used for movement or introducing a total traffic ban on the movement in a given area. These are most often temporary changes in traffic organization resulting, for example, from ongoing construction works. Other area restrictions, such as physically separating selected parts of the road from each other, are mainly infrastructure elements used to limit the occurrence of illegal behaviour.

The second type of pedestrian restriction refers to the normalization of time when pedestrians can move. The tool that allows to perform this function is a traffic light that allows or prohibits movement of the appropriate groups of traffic users at certain points of the traffic lights' programme.

The introduced restrictions are mainly aimed at improving the safety of pedestrian traffic [2]. In the case of traffic lights [4], in addition to improving safety, the aspect of increasing intersection capacity is also significant when it is installed, but it is mainly secondary. It is worth noting that pedestrians as unprotected traffic users are most exposed to adverse effects as a result of road accidents such as collisions or accidents.

The aim of the article is to present the effect of traffic lights on the behaviour of pedestrians crossing the road. In the following, aspects related to pedestrian safety were described, and the results of pedestrian behaviour at pedestrians' crossings, both with and without traffic lights, were presented. The inference allowed to describe the influence of traffic lights on the behaviour of pedestrians.

2. Pedestrian safety

One of the basic human needs is safety, defined [8] as a state that gives a sense of certainty and a guarantee of its preservation. Safety has its own reference to road traffic, which is *a set of rules for safe travel on the roads*.

Pedestrian safety can be considered in two basic aspects:

- Way of organizing the traffic:
 - solutions limiting the performance of dangerous and unlawful manoeuvres on the road - legal and infrastructure solutions,
 - solutions limiting the free movement of pedestrians (preventing crossing of roads in prohibited places, directing pedestrian streams in specific directions and others),
 - solutions in the field of motion control, e.g. by means of traffic lights.
- Pedestrian approaches to participation in road traffic:
 - awareness of threats resulting from participation in road traffic,
 - recognition of the hierarchy of traffic mainly in terms of security and the effects of possible traffic incidents.

Often, despite the specific organization of the movement, there are situations in which pedestrians do not adapt to the introduced restrictions and expose themselves to the danger resulting from illegal behaviour. This behaviour significantly affects the safety level of this group of users. Accident statistics [1] indicate a clear downward trend in the number of accidents caused by pedestrian guilt. A graph showing the share of accidents caused by pedestrian guilt in 2010-2017 has been presented in fig 1. There is a significant decrease from year to year and over the past 7 years the result has almost doubled. It can therefore be concluded that in addition to improving the level of pedestrian traffic safety (introduced solutions and traffic restrictions), the awareness of pedestrian traffic users is also increasing, which is extremely important.

Fig. 1. Number of accidents caused by pedestrian guilt in Poland in 2010-2017, own study based on [1]

The most common causes of accidents caused by pedestrian guilt are [2]:

- *Entering the road directly in front of an oncoming vehicle,*

- *Going to a forbidden place,*
- *Entering the road from behind a vehicle or obstacle,*
- *Cross the road at a red light,*
- *Being invisible on the road at dusk or in conditions of limited visibility.*

The number of accidents in the category of crossing the road on the red signal is variable over the years. Details are presented in table 1.

Table 1

Number of accidents caused by pedestrian entering the road on the red signal in Poland in 2010-2017, own study based on [1]

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Number of accidents	354	393	310	288	261	216	231	247

Statistics [1] indicate at the same time that among pedestrians in road accidents, pedestrians accounted for 20% of all those injured. These trends are similar to each other in annual statistics. It is worrying that Poland is a leader in Europe in terms of the number of pedestrians killed in road accidents [2]. The same source states that the share of fatalities in pedestrian crossings in this type of incidents is 17%.

3. The scope of the research carried out

The analysis of the impact of traffic lights on the behaviour of pedestrians was carried out on the basis of studies including the registration of pedestrian behaviour on two types of crossings:

- pedestrian crossings covered by the operation of traffic lights,
- pedestrian crossings not covered by the traffic lights.

In both cases, the registration of pedestrian behaviour was carried out using direct observation and formalized research sheets.

In the case of pedestrian crossings with traffic lights, due to the registration of pedestrian behaviour, it was possible to evaluate the operation of traffic lights from the point of view of pedestrian safety. Detailed observation allows to indicate the need to change the traffic lights' programme in order to limit the participation of illegal behaviour.

The results of research at pedestrian crossings without traffic lights allow to assess the behaviour of pedestrians in situations in which their passage through the

road depends on the traffic on the road and the decision on the possibility of passing is made individually by each of the respondents.

At the same time, it should be noted that the regulation of pedestrian traffic by means of a signalling device affects the characteristics of pedestrian traffic. Research [3] indicates that the speed of pedestrians' movement on non-signalled pedestrian crossings is higher than on those whose traffic is regulated by traffic lights. This may be due to the sense of security provided by the traffic lights, which at the time of displaying the green signal for pedestrians is synonymous with the information that vehicles have a red signal.

The research [5, 6, 7] was carried out on the 80 most important pedestrian crossings in Wrocław, including 70 marked ones. In total, over 30,000 pedestrian behavior patterns were recorded at signalled crossings and almost 1000 at non-signalled crossings.

In the research methodology at the pedestrian crossings with traffic lights, a sheet was used on which the number of statutory and non-statutory behaviour was recorded in each of the cycles of the traffic lights' programme. Illegal behaviour, i.e. crossing the roadway on the red signal, included three conventional types of red signal, which are described as follows [5]:

- late red signal - the period of red signal display for 3 seconds before the green signal is displayed,
- early red signal - the period of displaying the red signal for 3 seconds after displaying the green signal,
- red signal - the period of red signal display between early and late signals.

The use of such a division enables a detailed identification of a point in the cycle of traffic lights, in which the highest share of illegal behaviour occurs. Due to the limited number of pages of the article, all of the above types of red signal will be presented together as a red signal.

The method of research at pedestrian crossings without traffic lights was similar to that described at pedestrian crossings with traffic lights with two differences. The research was carried out for a specific time, not the number of cycles of the traffic light programme, until a representative group of pedestrians was obtained. The second difference was different variants of pedestrian behavior, in which they started crossing the passage. The distribution of this behaviour is shown in fig. 2.

Fig. 2. Types of pedestrian behavior at pedestrian crossings without traffic lights

During the research, there were situations in which other people joined the person crossing the crossing. In such situations, all additional persons passing through the group were not additionally registered.

4. Pedestrian behaviour at the pedestrian crossing with traffic lights

Among the pedestrian crossings on which the observations were carried out, it is possible to divide them into crossing the road and those leading only through tram tracks or bus lanes. Most of these transitions are covered by ITS (intelligent transport system). The results are presented in figs. 3-5.

Fig. 3. Percentage of crossing the road depending on the signal display. All pedestrian crossing. Source: [5,6,7]

Fig. 4. Percentage of crossing the road depending on the signal display. Pedestrian crossing by tram tracks and bus lanes. Source: [5,6,7]

Fig. 5. Percentage of crossing the road depending on the signal display. Pedestrian crossing only by lanes for individual vehicles. Source: [5,6,7]

The presented results clearly indicate that the passages at which the largest share of non-statutory behaviour occurs are those leading through the tram track or bus lanes. Nearly one in four people entered the pedestrian crossing on the red signal at these crossings. Analyzing the results of individual intersections and pedestrian crossings within them, you can indicate places where 50% of people cross the road on the red signal [5]. The share of illegal behaviour in places where the passage took place after the lanes of individual vehicles is almost three times lower and amounts to 9%.

In [7] hypotheses is presented why pedestrians cross the tracks on the red signal. They refer mainly to the predictability of trams (known traffic path, presence of stops requiring detention or low acceleration) and very good visibility of these vehicles. Another is also the rush and the desire to get to the public transport vehicle (in the case of pedestrian crossings next to stops). Pedestrians have a clearly greater tendency to take risky actions that threaten their safety.

5. Pedestrian behaviour at the pedestrian crossing without traffic lights

In the research carried out at non-signalled crossings, 5 different types of pedestrian crossings were distinguished:

- Pedestrian crossing A - crossings leading only through the tram track - 2 pedestrian crossings (including one during signalling failure),
- Pedestrian crossing B – crossings leading in the system of traffic lane: 1 + tram track + 1 - 5 pedestrian crossings,
- Pedestrian crossing C – crossings leading in the system of traffic lane: 2 + tram track + 2 - 1 pedestrian crossing,
- Pedestrian crossing D – crossings leading across a one-way street and buspass in the system of traffic lane: 2 + buspas - 1 pedestrian crossing (research during traffic lights failure) – 1 pedestrian crossing,
- Pedestrian crossing E – crossings leading across a two-lane one-way roadway only for individual vehicles - 1 pedestrian crossing.

The graph (fig. 6) shows the percentage share of individual behaviour in two groups depending on the presence of a vehicle approaching the transition. The results for transitions from the same group (in analogies to those described above A - E) have been summed up in the group area.

Conclusions based on results analysis

- Pedestrian crossings A:
 - no forcing by pedestrian have been registred,
 - everyone who cross the road was making sure of crossing clearance,
 - the largest share of road crossings was registered during passenger exchange at the tram (or bus) stops,
 - pedestrians were very rarely passed by the tram drivers.
- Pedestrian crossings B and C:
 - the share of forcing, both after and without stoppage by pedestrian, was low and for both types of transitions it was around 15%,
 - the pedestrians most often crossed the road after passing by drivers and the share of these behaviors was high (for pedestrian crossings B it was over 50%)
 - about 15% of pedestrians did not make sure about safe passage,
- Pedestrian crossing D and E:
 - in the case of a pedestrian crossing with buspas, the share of forcing the passage was only 5%, and for the passage without a bus, the share of these behaviour was 5 times higher,
 - for pedestrian crossing D was observed nearly 60% situation when pedestrians was passing by drivers.

Fig. 6. Percentage share of pedestrian behavior on various types of pedestrian crossings without traffic lights in Wrocław, own study based on [5]

Observations carried out during the tests at the B and C type crossings (with the tram in the axis of the roadway) allowed to observe that forcing the priority of pedestrian crossing was mostly for individual vehicles. The presence of the tram approaching the passage caused the pedestrian to wait for the passage. Among the passing of pedestrians by drivers at these passes, it happened that the tram stopped before passing. However, these situations took place only when the driver of the individual vehicle previously gave way to pedestrians and who was already crossing the road, which absolutely obliged the drivers to stop before the passage.

Summarizing this part of the research, it can be noticed that the highest share of forcing priority by pedestrians takes place at crossings through which public transport vehicles do not pass. In addition, at crossings, through which public transport vehicles do not pass, a smaller share of pedestrian confirmations about the possibility of crossing the road safely is also observed. What is important, no

priority extortion has been registered at the crossings of the tram track, which may be argued:

- a greater sense of hazard to trams than to individual vehicles,
- awareness of the need to prioritize public transport vehicles,
- in the case of the presence of a stop next to the pedestrian crossing, the pedestrians are sure about the possibility of entering the public transport vehicle because the tram will stop at the stop.

6. Summary

The research results presented in the article indicate that pedestrians are prone to take illegal and risky actions in order to cross the road at the time chosen by them. Comparing the behaviour of pedestrians on the two types of passage leading through tram tracks distinguished in the article, it can be stated that pedestrians are highly aware of the decisions made when entering the road and are able to assess the possibility of crossing the road safely without subordinating to the traffic control tools. It can be assumed that their actions are undertaken rationally to the level of real danger resulting from crossing the roadway on the red signal.

The high share of crossing the road on the red signal and the very low (in some cases zero) level of priority exclusion at non-signalled crossings leading through the track questions the legitimacy of using traffic lights in their current form in selected areas. The pedestrian-tramway relation clearly shows the superiority of the public transport vehicle, which can also be observed in pedestrian behaviour at the pedestrian crossings. The influence of traffic lights on the pedestrian crossing seems to be secondary here and an important factor determining the possibility of safe crossing by the pedestrian is the lack of real threat from the vehicle in the collision traffic.

In the case of pedestrian crossings by a road intended for individual vehicles, a significantly smaller share of crossing the road on the red signal is observed. At the same time, the number of forcing the passage on pedestrian crossings without traffic lights increases here. This may be due to a lower perception of risk by a pedestrian crossing the road in front of an individual vehicle than before the approaching tram. A pedestrian accident with a tram carries more negative consequences than if the car was hit. This is particularly justified in a city where the speeds of both types of vehicles are similar. The increased share of illegal behaviour among pedestrians crossing the road may also be caused by the "pedestrian-driver" social conflict observed for many years.

Traffic lights are a tool to improve safety, therefore it should perform its function in a way that does not question the validity of its use and indications. The research

presented in the article indicates that a large part of pedestrians, despite high awareness of safe movement on unassigned passes, ignores signals by taking illegal actions, exposing themselves to the risk of damage to health or loss of life as a result of collision or accident. The estimation of this level of risk remains in the individual assessment of pedestrians. This phenomenon may reduce the significance of traffic lights in the aspect of security and disregard its indications on a larger scale. The key is to prevent real danger in traffic by warning or prohibiting pedestrians from crossing the road.

7. References

1. Biuro Ruchu Drogowego Komendy Głównej Policji: Wypadki drogowe w Polsce w 20xx roku. Komenda Główna Policji, Warszawa 2011-2018, on-line: <http://statystyka.policja.pl/st/ruch-drogowy/76562,Wypadki-drogowe-raporty-roczne.html>
2. Jamroz K. (red.): OCHRONA PIESZYCH. Podręcznik dla organizatorów ruchu pieszego. Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Gdańsk, Kraków, Warszawa 2016.
3. Mrozik M.: Badania i ocena prędkości poruszania się pieszych użytkowników ruchu drogowego. Postępy Nauki i Techniki, 5, 2010.
4. Rychlewski J., Beim M.: Ruch pieszcy na skrzyżowaniach z inteligentną sygnalizacją świetlną. Transport Miejski i Regionalny, nr 11, 2005.
5. Rydlewski M., Analiza i propozycja zmiany organizacji ruchu na przejściach dla pieszych we Wrocławiu. MSc thesis, Wrocław University of Science and Technology, Wrocław 2018.
6. Rydlewski M.: Propozycja zmiany funkcjonowania sygnalizacji świetlnej w celu poprawy ruchu komunikacji zbiorowej i pieszej w obrębie placu Kościuszki we Wrocławiu. BSc thesis, Wrocław University of Science and Technology, Wrocław 2016.
7. Skupień E., Rydlewski M.: Analysis of pedestrian behavior at pedestrian crossings with public transport vehicle. Transport Systems. Theory and Practice 2018, Springer, Katowice 2018.
8. Zbyszyński M.: Bezpieczeństwo niechronionych uczestników ruchu drogowego – stan obecny i przyszły. Transport Samochodowy, nr 1, 2017.

WPŁYW FUNKCJONOWANIA SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ NA ZACHOWANIA PIESZYCH NA PRZEJŚCIACH PRZEZ JEZDNIĘ

1. Wprowadzenie

Pieszy jest tym użytkownikiem ruchu drogowego w mieście, który posiada jedną z najwyższych swobód przemieszczania się. Wraz ze wzrostem tej swobody wzrasta ryzyko wystąpienia zdarzeń niepożądanych, na które może zostać narażony. Organizacja ruchu powinna przede wszystkim zapewniać bezpieczeństwo użytkowników, a dopiero później wpływać na poprawę parametrów ruchu. Niestety bardzo często poprawa bezpieczeństwa odbywa się kosztem swobody ruchu, co można szczególnie zaobserwować w przypadku pieszych.

Poprawa bezpieczeństwa ruchu pieszego w mieście może być realizowana z wykorzystaniem organizacji ruchu ograniczającej ruch pieszy na dwa możliwe sposoby. Pierwszym rodzajem są te ograniczenia, które odnoszą się do obszaru, w którym odbywa się ruch, np. zwężenie przekroju powierzchni służącej przemieszczaniu się lub wprowadzenie całkowitego zakazu ruchu na danym obszarze. Są to najczęściej tymczasowe zmiany organizacji ruchu wynikające np. z prowadzonych prac budowlanych. Pozostałe ograniczenia obszarowe, takie jak fizyczne odgradzanie wybranych części drogi od siebie, to przede wszystkim elementy infrastruktury wykorzystywane w celu ograniczenia występowania zachowań nieprzepisowych.

Drugi typ ograniczania ruchu pieszego odnosi się do normowania czasu, w którym możliwe jest przemieszczanie się pieszych. Narzędziem pozwalającym realizować tę funkcję jest sygnalizacja świetlna, która w określonych punktach programu sygnalizacyjnego zezwala lub zabrania poruszania się odpowiednim grupom użytkowników ruchu.

Wprowadzane ograniczenia mają na celu głównie poprawę bezpieczeństwa poruszania się pieszych [2]. W przypadku sygnalizacji świetlnej [4] oprócz poprawy bezpieczeństwa istotny jest również aspekt zwiększenia przepustowości skrzyżowania, przy czym ma on głównie charakter drugorzędny. Warto zwrócić uwagę, że piesi jako niechronieni użytkownicy ruchu są w największym stopniu

narażeni na negatywne skutki wystąpienia zdarzeń drogowych takich jak kolizje czy wypadki.

Celem artykułu jest przedstawienie wpływu funkcjonowania sygnalizacji świetlnej na zachowania pieszych przekraczających jezdnię. W dalszej części zostały opisane aspekty związane z bezpieczeństwem pieszych oraz przedstawiono wyniki badań zachowań pieszych na przejściach przez jezdnię, zarówno osygnalizowanych, jak i nieosygnalizowanych. Przeprowadzone wnioskowanie pozwoliło opisać wpływ sygnalizacji na zachowanie pieszych.

2. Bezpieczeństwo pieszych

Jedną z podstawowych potrzeb człowieka jest bezpieczeństwo, definiowane [8] jako stan, które daje poczucie pewności istnienia i gwarancję jego zachowania. Bezpieczeństwo ma swoje odniesienie do ruchu drogowego, w którym stanowi zbiór zasad dotyczących bezpiecznego poruszania się po drogach.

Bezpieczeństwo pieszych można rozpatrywać w dwóch podstawowych aspektach:

- Sposób organizacji ruchu:
 - rozwiązania ograniczające wykonywanie niebezpiecznych i nieprzepisowych manewrów na drodze – rozwiązania prawne i infrastrukturalne,
 - rozwiązania ograniczające swobodę przemieszczania się pieszych (zapobiegające przekraczaniu jezdni w miejscach niedozwolonych, ukierunkowujące potoki piesze w określonych kierunkach i inne),
 - rozwiązania z zakresu sterowania ruchem, np. za pomocą sygnalizacji świetlnej.
- Podejście pieszych do uczestnictwa w ruchu drogowym:
 - świadomość zagrożeń wynikających z uczestnictwa w ruchu drogowym,
 - uznanie hierarchiczności ruchu głównie pod względem bezpieczeństwa i skutków ewentualnych zdarzeń drogowych.

Często pomimo określonej organizacji ruchu zdarzają się sytuacje, w których piesi nie dostosowują się do wprowadzanych ograniczeń i narażają się na niebezpieczeństwo wynikające z nieprzepisowych zachowań. Zachowania te znacząco wpływają na obniżenie poziomu bezpieczeństwa tej grupy użytkowników. Statystyki wypadków [1] wskazują wyraźną tendencję spadkową co do liczby wypadków z winy pieszych. Na rys. 1 pokazano wykres przedstawiający udział wypadków spowodowanych przez pieszych w latach 2010–2017. Widać znaczący spadek z roku na rok, a na przestrzeni siedmiu lat wynik ten uległ prawie dwukrotnemu zmniejszeniu. Można zatem

stwierdzić, iż oprócz poprawy poziomu bezpieczeństwa ruchu pieszego na drogach (wprowadzane rozwiązania i ograniczenia w ruchu) wzrasta również świadomość pieszych użytkowników ruchu, co jest niezwykle istotne.

Rys. 1. Liczba wypadków spowodowanych przez pieszych w Polsce w latach 2010–2017, opracowanie własne na podstawie [1]

Do najczęstszych przyczyn wypadków z winy pieszych zalicza się [2]:

- wejście na jezdnię bezpośrednio przed nadjeżdżającym pojazdem,
- przechodzenie w niedozwolonym miejscu,
- wejście na jezdnię zza pojazdu lub przeszkody,
- przejście na czerwonym świetle,
- bycie niewidocznym na drodze po zmierzchu lub w warunkach ograniczonej widoczności.

Dokonując analizy liczby wypadków w kategorii wejść na jezdnię na sygnale czerwonym, można zaobserwować, iż tendencja co do liczby wypadków na skutek nieprzestrzegania wskazań sygnalizatora świetlnej jest zmienna na przestrzeni lat. Szczegóły zostały przedstawione w tab. 1.

Tabela 1

Liczba wypadków spowodowanych wejściem na jezdnię przez pieszych na sygnale czerwonym w Polsce w latach 2010-2017, opracowanie własne na podstawie [1]

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Liczba wypadków	354	393	310	288	261	216	231	247

Dane statystyczne [1] wskazują jednocześnie, że wśród poszkodowanych w wypadkach drogowych piesi stanowili 20%. Tendencje te są zbliżone w corocznych statystykach. Niepokojący jest fakt, iż Polska jest liderem w Europie pod względem śmiertelności pieszych w wypadkach drogowych [2]. To samo źródło podaje, że udział ofiar śmiertelnych na przejściach dla pieszych w ogóle wypadków tego typu wynosi 17%.

3. Zakres przeprowadzonych badań

Analizę wpływu funkcjonowania sygnalizacji świetlnej na zachowania pieszych zrealizowano na podstawie badań obejmujących rejestrację zachowań pieszych na dwóch typach przejść przez jezdnię:

- przejścia dla pieszych objęte działaniem sygnalizacji świetlnej,
- przejścia dla pieszych nieobjęte działaniem sygnalizacji świetlnej.

W obu przypadkach rejestracja zachowań pieszych odbywała się na podstawie obserwacji bezpośredniej oraz sformalizowanych arkuszy badawczych.

W przypadku przejść osygnalizowanych, dzięki rejestracji zachowań pieszych, możliwe było przeprowadzenie oceny działania sygnalizacji świetlnej z punktu widzenia bezpieczeństwa pieszych. Szczegółowa obserwacja pozwala na wskazanie potrzeby zmiany programu sygnalizacji w celu ograniczenia udziału zachowań nieprzepisowych.

Wyniki badań na przejściach, gdzie ruch nie jest regulowany sygnalizacją świetlną, pozwalają ocenić zachowania pieszych w sytuacjach, w których ich przejście przez jezdnię uzależnione jest od ruchu pojazdów na drodze, a decyzja o możliwości przejścia podejmowana jest indywidualnie przez każdego z badanych.

Jednocześnie należy zwrócić uwagę na fakt, iż regulacja ruchu pieszego za pomocą sygnalizatora wpływa na charakterystykę poruszania się pieszych. Badania [3] wskazują, że prędkość poruszania się pieszych na nieosygnalizowanych przejściach jest wyższa niż na tych, których ruch regulowany jest sygnalizacją świetlną. Wynikać to może z poczucia bezpieczeństwa, jakie daje sygnalizacja świetlna.

Badania [5, 6, 7] przeprowadzono na 80 najważniejszych przejściach dla pieszych we Wrocławiu, w tym na 70 osygnalizowanych. Łącznie zarejestrowano ponad 30 000 zachowań pieszych na przejściach osygnalizowanych oraz prawie 1000 na przejściach nieosygnalizowanych.

W metodyce badań na osygnalizowanych przejściach dla pieszych wykorzystywano arkusz, na którym w każdym z cykli programu sygnalizacji

odnotowywano liczbę zachowań przepisowych i nieprzepisowych. Zachowania nieprzepisowe, czyli przekraczanie jezdni na sygnale czerwonym, obejmowały trzy umowne rodzaje sygnału czerwonego, które opisane są następująco [5]:

- późny sygnał czerwony – okres wyświetlania sygnału czerwonego do 3 sekund przed wyświetleniem sygnału zielonego,
- wczesny sygnał czerwony – okres wyświetlania sygnału czerwonego do 3 sekund po wyświetleniu sygnału zielonego,
- sygnał czerwony – okres wyświetlania sygnału czerwonego pomiędzy sygnałem wczesnym i późnym.

Zastosowanie takiego podziału umożliwia szczegółową identyfikację punktu w cyklu sygnalizacji świetlnej, w którym dochodzi do największego udziału zachowań nieprzepisowych. Ze względu na ograniczony charakter artykułu wszystkie powyższe rodzaje sygnału czerwonego będą przedstawiane zbiorczo.

Metoda przeprowadzania badań na przejściach nieosygnalizowanych była zbliżona do opisywanej dla osygnalizowanych z dwiema różnicami. Badania przeprowadzano przez określoną długość czasu, a nie liczbę cykli programu sygnalizacji świetlnej, do momentu uzyskania reprezentacyjnej grupy pieszych. Drugą różnicę stanowiły różne warianty zachowań pieszych wkraczających na przejście. Podział tych zachowań przedstawiono na rys. 2.

Rys. 2. Rodzaje zachowań pieszych na nieosygnalizowanych przejściach dla pieszych

Podczas przeprowadzania badań zdarzały się sytuacje, w których do osoby przekraczającej przejście dołączali inni piesi. W takich sytuacjach wszystkie dodatkowe osoby przechodzące w grupie wraz z pieszym, którego ruch był

rejestrowany, oraz te, które wykorzystywały możliwość przejścia w związku z zatrzymaniami pojazdów, nie były dodatkowo rejestrowane.

4. Zachowania pieszych na osygnalizowanych przejściach

Wśród osygnalizowanych przejść dla pieszych, na których przeprowadzane były obserwacje, można dokonać podziału na przejścia przez jezdnię oraz te prowadzące wyłącznie przez torowiska tramwajowe lub buspasy. Większość z tych przejść objętych jest działaniem ITS. Wyniki zostały przedstawione na rys. 3–5.

Rys. 3. Udział przejść przez jezdnię w zależności od wyświetlania sygnału. Wszystkie przejścia dla pieszych. Źródło: [5, 6, 7]

Rys. 4. Udział przejść przez jezdnię w zależności od wyświetlania sygnału. Przejścia dla pieszych przez torowiska tramwajowe i buspasy. Źródło: [5, 6, 7]

Rys. 5. Udział przejść przez jezdnię w zależności od wyświetlania sygnału. Przejścia dla pieszych wyłącznie przez pasy dla pojazdów indywidualnych. Źródło: [5, 6, 7]

Przedstawione wyniki wyraźnie wskazują, że przejściami, na których dochodzi do największego udziału zachowań nieprzepisowych, są te prowadzące przez torowiska tramwajowe lub buspasy. Na tych przejściach prawie co czwarty badany dopuszczał się przekraczania jezdni na sygnale zabraniającym. Analizując wyniki poszczególnych skrzyżowań i przejść dla pieszych, w ich obrębie można wskazać miejsca, w których co druga osoba przekraczała jezdnię na sygnale czerwonym [5]. Udział zachowań nieprzepisowych w miejscach, gdzie przejście odbywało się po pasach ruchu pojazdów indywidualnych jest prawie trzykrotnie niższy i wynosi 9%. W [7] przedstawiono hipotezy, dlaczego piesi mogą dopuszczać się przekraczania torowisk na sygnale czerwonym. Odnoszą się one głównie do przewidywalności sposobu poruszania się tramwajów (znany tor ruchu, obecność przystanków wymagających zatrzymania czy niskie przyspieszenie) oraz do bardzo dobrej widoczności tych pojazdów. Niewątpliwym czynnikiem skłaniającym pieszych do zachowań nieprzepisowych jest również pośpiech i chęć zdążenia do pojazdu komunikacji zbiorowej (w przypadku przejść w sąsiedztwie przystanków). Piesi w takich okolicznościach mają wyraźnie większą skłonność do podejmowania działań ryzykownych, które zagrażają ich bezpieczeństwu.

5. Zachowania pieszych na nieosygnalizowanych przejściach

W badaniach przeprowadzanych na przejściach nieosygnalizowanych wyróżniono pięć różnych typów przejść dla pieszych:

- przejścia A – poprowadzone wyłącznie przez torowisko tramwajowe – 2 przejścia (w tym jedno podczas awarii sygnalizacji),
- przejścia B – poprowadzone przez jezdnię i torowisko w układzie pasów: 1 + torowisko + 1 – 5 przejść,
- przejścia C – poprowadzone przez jezdnię i torowisko w układzie pasów: 2 + torowisko + 2 – 1 przejście,
- przejście D – poprowadzone przez jezdnię jednokierunkową i buspas w układzie pasów 2 + buspas – 1 przejście (badanie podczas awarii sygnalizacji),
- przejście E – poprowadzone przez dwupasmową jezdnię jednokierunkową wyłącznie dla pojazdów indywidualnych – 1 przejście.

Na wykresie (rys. 6) przedstawiono procentowy udział poszczególnych zachowań w dwóch grupach, uzależnionych od obecności pojazdu zbliżającego się

do przejścia. Wyniki dla przejść z tej samej grupy (w analogii do opisywanych powyżej A–E) zostały zsumowane w obszarze grupy. Wyciągnięto następujące wnioski:

- na przejściach przez torowiska tramwajowe (przejścia A):
 - nie zarejestrowano wymuszeń pierwszeństwa przez pieszych,
 - zaobserwowano 100% udział wyraźnego upewnienia się o możliwości przejścia przez jezdnię,
 - największy udział przejść zarejestrowano podczas wymiany pasażerów,
 - zarejestrowano bardzo niski wynik udziału przepuszczenia pieszych przez kierujących tramwajami;
- na przejściach przez jezdnie wraz z torowiskiem (przejścia B i C):
 - udział wymuszeń, zarówno po jak i bez zatrzymania, był niski i dla obu rodzajów przejść i wynosił ok. 15%,
 - piesi najczęściej przekraczali jezdnię po przepuszczeniu przez kierowców, a udział tych zachowań był wysoki (dla przejść typu B sięgał ponad 50%),
 - blisko 15% pieszych nie upewniło się co do bezpiecznej możliwości przejścia;
- przejścia przez jezdnię i jezdnię z buspasem (przejścia D i E):
 - zaobserwowano większy udział upewnień w przypadku przejścia przez dwa pasy ruchu w stosunku do analogicznego układu z dodatkowym buspasem,
 - w przypadku przejścia dla pieszych z buspasem udział wymuszeń stanowił jedynie 5%, zaś dla przejścia bez buspasa udział tych zachowań był pięciokrotnie wyższy,
 - dla przejścia D zaobserwowano bardzo duży udział przepuszczeń przez kierowców (blisko 60%) – może to być spowodowane awarią sygnalizacji na tym przejściu podczas przeprowadzania badań.

Rys. 6. Procentowy udział zachowań pieszych na nieosygnalizowanych rodzajach przejść dla pieszych z wyróżnieniem obecności pojazdu zbliżającego się do przejścia, opracowanie własne na podstawie [5]

Na przejściach typu B i C (z torowiskiem w osi jezdni) zaobserwowano, iż wymuszenia pierwszeństwa przez pieszych odnosiły się w przeważającej większości do pojazdów indywidualnych. Obecność zbliżającego się do przejścia tramwaju powodowała oczekiwanie pieszego na przejście. Wśród przepuszczeń pieszych przez kierowców na tych przejściach zdarzało się, że tramwaj zatrzymywał się przed przejściem. Sytuacje te miały jednak miejsce wyłącznie w sytuacji, gdy kierujący pojazdem indywidualnym uprzednio ustąpił pierwszeństwa przejścia pieszemu, a ten był już w trakcie przekraczania jezdni, co bezwzględnie obligowało kierujących tramwajem do zatrzymania przed przejściem.

Podsumowując tę część badań, można zauważyć, że największy udział wymuszeń pierwszeństwa przez pieszych ma miejsce na przejściach, przez które nie przejeżdżają pojazdy komunikacji zbiorowej. Ponadto na tych przejściach obserwowany jest również mniejszy udział upewnien się przez pieszych o możliwości bezpiecznego przejścia przez jezdnię. Co ważne, na przejściach przez torowisko nie zarejestrowano żadnych wymuszeń pierwszeństwa, co może być argumentowane:

- większym poczuciem zagrożenia ze strony tramwaju niż pojazdu indywidualnego,

- świadomością potrzeby uprzywilejowania pojazdów komunikacji zbiorowej, których pasażerami są bardzo często piesi – brak konieczności zatrzymania przed przejściem wpływa na brak powstawania opóźnień w kursowaniu,
- w przypadku obecności przystanku w bezpośrednim sąsiedztwie przejścia piesi mają pewność co do możliwości wejścia do pojazdu komunikacji zbiorowej, ponieważ tramwaj zatrzyma się na przystanku, w związku z czym dojście pieszego do pojazdu może odbyć się w momencie wymiany pasażerów i nie ma potrzeby wymuszania pierwszeństwa, aby znaleźć się na przystanku przed tramwajem.

6. Podsumowanie

Przedstawione w artykule wyniki badań wskazują na to, że piesi są skłonni do podjęcia działań nieprzepisowych i ryzykownych w celu przekroczenia jezdni w wybranym przez nich momencie. Porównując zachowania pieszych na wyróżnionych w artykule dwóch rodzajach przejść prowadzących przez torowiska tramwajowe, można stwierdzić, iż piesi mają wysoką świadomość podejmowanych decyzji w momencie wkraczania na jezdnię oraz potrafią ocenić możliwość bezpiecznego przejścia przez jezdnię bez podporządkowywania się narzędziom regulacji ruchu. Można przypuszczać, że ich działania podejmowane są racjonalnie, stosownie do poziomu realnego zagrożenia płynącego z przekraczania jezdni na sygnale czerwonym. Wysoki udział przejść na sygnale czerwonym oraz bardzo niski (w niektórych przypadkach zerowy) poziom wymuszeń pierwszeństwa na przejściach nieosygnalizowanych prowadzących przez torowisko poddaje w wątpliwość zasadność użytkowania sygnalizacji świetlnej w obecnej formie w wybranych obszarach. Relacja pieszy–tramwaj wyraźnie wskazuje wyższość pojazdu komunikacji zbiorowej, co również można zaobserwować w zachowaniach pieszych na przejściach. Wpływ sygnalizacji świetlnej na przejściu dla pieszych wydaje się mieć tutaj charakter drugorzędny, a istotnym czynnikiem determinującym możliwość bezpiecznego przekroczenia przejścia przez pieszego jest brak realnego zagrożenia ze strony pojazdu będącego w ruchu kolizyjnym.

W przypadku przejść dla pieszych przez jezdnię przeznaczoną dla pojazdów indywidualnych obserwuje się znacznie mniejszy udział przekroczeń na sygnale czerwonym przy jednoczesnym wzroście wymuszeń na przejściach nieosygnalizowanych. Może to być spowodowane mniejszym postrzeganiem ryzyka przez pieszego przekraczającego jezdnię przed pojazdem indywidualnym niż przed zbliżającym się tramwajem. Potrącenie przez tramwaj ze względu na jego gabaryty i charakter poruszania się niesie za sobą większe negatywne skutki niż w przypadku

potrącenia przez samochód. Ma to szczególne uzasadnienie w mieście, gdzie prędkości obu rodzajów pojazdów są do siebie zbliżone. Zwiększony udział zachowań nieprzepisowych wśród pieszych przekraczających jezdnię może być również spowodowany konfliktem społecznym pieszy–kierowca obserwowanym od wielu lat.

Sygnalizacja świetlna jest narzędziem służącym poprawie bezpieczeństwa, w związku z tym powinna realizować swoją funkcję w sposób nie poddający w wątpliwość zasadności jej użycia i wskazań. Przedstawione w artykule badania wskazują, że duża część pieszych pomimo wysokiej świadomości bezpiecznego poruszania się na nieosygnalizowanych przejściach lekceważy wskazania sygnalizatorów, podejmując działania nieprzepisowe i narażając się na ryzyko uszczerbku na zdrowiu lub utraty życia w wyniku kolizji lub wypadku. Oszacowanie poziomu ryzyka pozostaje w indywidualnej ocenie pieszych. Zjawisko to może powodować zmniejszenie znaczenia sygnalizacji świetlnej w aspekcie bezpieczeństwa i lekceważenie jej wskazań w szerszej skali. Kluczowe jest zapobieganie realnemu niebezpieczeństwu w ruchu drogowym przez ostrzeganie lub zabranianie pieszym możliwości przekraczania jezdni.

7. Literatura

1. Biuro Ruchu Drogowego Komendy Głównej Policji: Wypadki drogowe w Polsce w 20xx roku. Komenda Główna Policji, Warszawa 2011-2018, on-line: <http://statystyka.policja.pl/st/ruch-drogowy/76562,Wypadki-drogowe-raporty-roczne.html>
2. Jamroz K. (red.): OCHRONA PIESZYCH. Podręcznik dla organizatorów ruchu pieszego. Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Gdańsk, Kraków, Warszawa 2016.
3. Mrozik M.: Badania i ocena prędkości poruszania się pieszych użytkowników ruchu drogowego. Postępy Nauki i Techniki, 5, 2010.
4. Rychlewski J., Beim M.: Ruch pieszy na skrzyżowaniach z inteligentną sygnalizacją świetlną. Transport Miejski i Regionalny, nr 11, 2005.
5. Rydlewski M., Analiza i propozycja zmiany organizacji ruchu na przejściach dla pieszych we Wrocławiu. Praca magisterska, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2018.
6. Rydlewski M.: Propozycja zmiany funkcjonowania sygnalizacji świetlnej w celu poprawy ruchu komunikacji zbiorowej i pieszej w obrębie placu Kościuszki we Wrocławiu. Praca inżynierska, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2016.
7. Skupień E., Rydlewski M.: Analysis of pedestrian behavior at pedestrian crossings with public transport vehicle. Transport Systems. Theory and Practice 2018, Springer, Katowice 2018.
8. Zbyszyński M.: Bezpieczeństwo niechronionych uczestników ruchu drogowego – stan obecny i przyszły. Transport Samochodowy, nr 1, 2017.
- 9.