



**Piotr
Ciępka**



**Adam
Reza**

Odrzut wzdłużny rowerzysty

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę odrzutu wzdłużnego rowerzysty w zależności od prędkości kolizyjnej. Podstawą do wykonania tej analizy były wyniki uzyskane podczas testów zderzeniowych i analiza rzeczywistych wypadków. Autorzy zwracają uwagę na duży rozrzut wyników, który nie daje możliwości jednoznacznego ustalenia prędkości kolizyjnej pojazdu na podstawie znanej wartości odrzutu wzdłużnego rowerzysty. W zależności od zakładanej niepewności można jednak uzyskać określony przedział prędkości kolizyjnej samochodu, a dalsze jego zawężenie może być zrealizowane tylko w połączeniu z innymi metodami rekonstrukcyjnymi lub przez wykonanie testu zderzeniowego.

Słowa kluczowe

Wypadek drogowy, rower, rowerzysta, prędkość kolizyjna, odrzut wzdłużny.

* * *

1. Wstęp

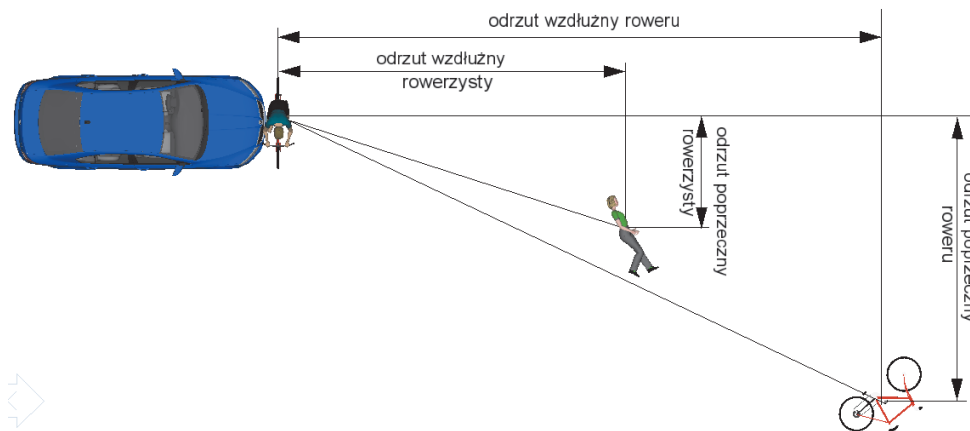
W Polsce, szczególnie w dużych miastach, lawinowo narasta udział rowerów w ruchu drogowym. Dzieje się tak z jednej strony za sprawą coraz większych trudności dotarcia do celu przy wykorzystaniu transportu zarówno prywatnego jak i publicznego (zakorkowane ulice miast), a z drugiej strony za sprawą rozwoju infrastruktury rowerowej (drogi dla rowerów, wypożyczalnie). Nie bez znaczenia wydaje się być również wzrost świadomości mieszkańców miast w obszarze zdrowego trybu życia i ekologii. Zwiększenie udziału rowerów w ruchu drogowym pociąga za sobą niestety również wzrost wypadków z udziałem rowerzystów, w tym wypadków ze skutkiem śmiertelnym. Według danych opublikowanych przez Europejską Radę Bezpieczeństwa Transportu, Polska zajmuje niechlubne, czołowe miejsce w ilości zgonów rowerzystów na milion mieszkańców. Sytuacja taka sprawia, że wzrasta również ilość spraw rozpatrywanych przez sądy, w których analizowane są wypadki z udziałem rowerzystów, a wiele z nich wymaga zasięgnięcia opinii biegłego. Biegli w czasie opiniowania natrafiają na problemy w prawidłowym odtworzeniu przebiegu wypadku, gdyż bardzo często liczba śla-

dów ujawniona na miejscu zdarzenia jest niewystarczająca do wykonania pełnej rekonstrukcji przebiegu wypadku. W analizie tego typu wypadków warto więc sięgać do wszelkich metod, które pozwalają na wykonanie rekonstrukcji. Jedną z metod pozwalających na ustalenie prędkości kolizyjnej samochodu jest wykorzystanie zależności wiążących odrzut wzdłużny rowerzysty z prędkością kolizyjną.

2. Podstawowe definicje

Odrzut wzdłużny rowerzysty jest to odległość pomiędzy miejscem uderzenia rowerzysty przez samochód, a powypadkowym położeniem rowerzysty – mierzona zgodnie z kierunkiem ruchu samochodu. Odległość tę odnosi się do środka masy ciała rowerzysty (ryc. 1). Odrzut wzdłużny składa się z trzech faz:

- kontaktu,
- lotu,
- sunięcia.



Ryc. 1. Odległości odrzutu wzdłużnego i poprzecznego rowerzysty i roweru.

Zasadniczo wypadki rowerowe, w których doszło do zderzenia samochodu z rowerem można podzielić ze względu na mechanizm zderzenia na trzy rodzaje:

- zderzenia boczne, do których dochodzi najczęściej na skrzyżowaniach,
- zderzenia tylne i czołowe w ruchu wzdłużnym, które różnią się między sobą jedynie kierunkiem jazdy roweru względem samochodu, oraz
- zderzenia skośne, do których dochodzi przy zmianie toru ruchu roweru (zmiana pasa ruchu, zawracanie).

Oprócz podziału ze względu na kierunek uderzenia roweru można wyróżnić zderzenia pełne, narożnikowe oraz otarcia boczne. Pod pojęciem pełnego zderzenia należy rozumieć sytuację, w której rowerzysta całą szerokością swojego ciała kontaktuje z przodem samochodu. Przy uderzeniu narożnikowym ciało rowerzysty

znajduje się w chwili zderzenia w linii jednego z boków pojazdu, co sprawia, że rowerzysta może być początkowo wieziony na nim, a następnie spada po zewnętrznej stronie toru jazdy samochodu. Przy otarciach bocznych ciało rowerzysty kontaktuje wyłącznie z bokiem samochodu.

3. Warunki wykorzystania odrzutu wzdłużnego rowerzysty

Warunkiem koniecznym do obliczenia prędkości kolizyjnej samochodu na podstawie wielkości odrzutu wzdłużnego rowerzysty jest ustalenie wartości tego odrzutu. Należy więc na podstawie materiału dowodowego jak najdokładniej ustalić bezpośrednio powypadkowe usytuowanie rowerzysty i miejsce zderzenia samochodu z rowerem. Te ustalenia powinny być dokonane na podstawie śladów ujawnionych na miejscu wypadku przez Policję.

Podstawowym warunkiem wykorzystania odrzutu wzdłużnego rowerzysty do ustalenia prędkości kolizyjnej samochodu jest pełne uderzenie, gdyż przy uderzeniach narożnikowych i otarciach bocznych nie występuje ścisła zależność pomiędzy wielkością odrzutu a prędkością kolizyjną.

Drugim istotnym warunkiem zastosowania zależności wiążącej odrzut wzdłużny rowerzysty z prędkością kolizyjną samochodu jest hamowanie samochodu w chwili uderzenia lub tuż po zderzeniu. Przyjmuje się, że „tuż po” zderzeniu, to czas nie dłuższy niż 0,6 s. Gdy czas ten jest dłuższy przyjmuje się, że w chwili zderzenia samochód nie był hamowany, a w takiej sytuacji może dojść do wiezienia rowerzysty na samochodzie na nieznanym odcinku drogi, co w sposób oczywisty wydłuża odległość pomiędzy miejscem, w którym znajdował się rowerzysta w chwili pierwszego kontaktu z samochodem, a miejscem, w którym znajdował się w położeniu powypadkowym.

Wykorzystując zależności wiążące odrzut wzdłużny rowerzysty z prędkością kolizyjną należy zachować ostrożność w zdarzeniach, w których ruch swobodny rowerzysty został zakłócony wskutek uderzenia rowerzysty w przeszkodę np. krawężnik, słup, rów. W takich przypadkach prędkość kolizyjna samochodu ustalona w oparciu o wielkość odrzutu rowerzysty będzie zaniżona.

4. Wyniki badań niemieckich

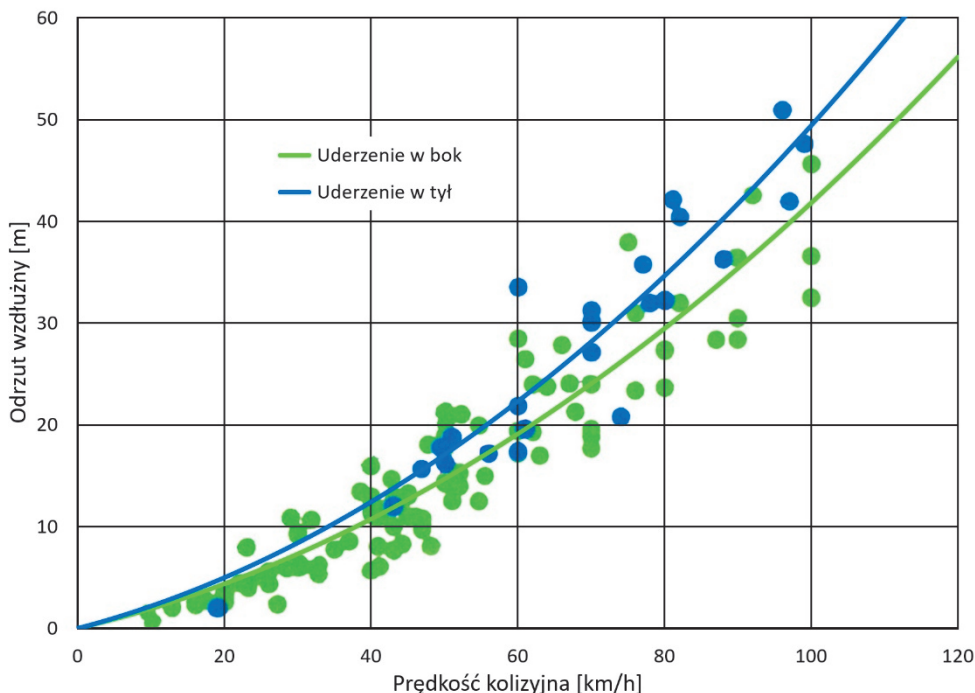
W roku 2017 opublikowany został w czasopiśmie *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* artykuł, w którym autorzy dokonali analizy 134 przypadków zderzeń samochodu osobowego z rowerzystą [2]. Jako podstawę do sporządzenia wykresów zależności odrzutu wzdłużnego rowerzysty od prędkości kolizyjnej wykorzystano wyniki testów i analizę rzeczywistych wypadków. Wzięto pod uwagę wyniki badań wykonanych przez:

- Dekra Automobil GmbH (w tym z AXA – Winterthur Versicherung),
- Unfallanalyse Berlin,

z problemów rekonstrukcji wypadków i opiniowania

- TU Berlin,
- Sachverständigenbüro Priester & Weyde,
- Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Otte,
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft.

W artykule [2] można znaleźć wyniki dla przypadków uderzenia bocznego i najechania od tyłu. Na rycinie 2 przedstawiony został wykres zbiorczy, obrazujący odległości odrzutu rowerzysty w zależności od prędkości samochodu dla zderzeń bocznych i uderzeń od tyłu, wraz z odpowiednimi liniami regresji.



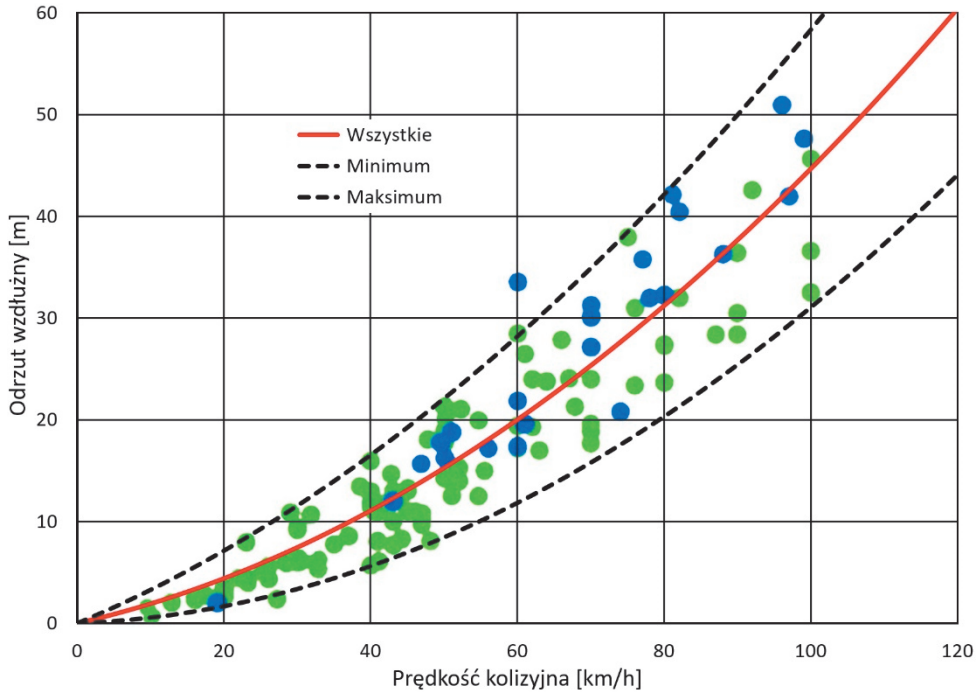
Ryc. 2. Diagram obejmujący zderzenia boczne i uderzenia od tyłu z znaczeniem linii regresji dla poszczególnych rodzajów zderzeń.

Równania funkcji regresji dla odległości odrzutu wzdłużnego rowerzysty w zależności od prędkości kolizyjnej samochodu (ryc. 2) mają następującą postać:

- dla zderzenia bocznego $S = 0,0025 v^2 + 0,17 v$,
- dla uderzenia w tył $S = 0,0031 v^2 + 0,19 v$.

W rekonstrukcji wypadków drogowych opieranie się na wartościach obliczonych na podstawie funkcji regresji nie jest prawidłowe, ponieważ nie obejmuje ono analizy rozrzutu wyników. Na rycinie 3 przedstawiony został ten sam zbiór, 134 przypadków, ale zaznaczono na nim granice przedziału ufności (linie przerywane). Porównanie wartości odrzutu wzdłużnego dla zderzeń w bok i w tył daje

podstawy do stwierdzenia, że nie występują między nimi duże różnice, dlatego na rycinie 3 zaznaczono jedną krzywą regresji dla wszystkich analizowanych przypadków (linia ciągła).



Ryc. 3. Diagram obejmujący zderzenia boczne i uderzenia od tyłu z znaczeniem linii regresji dla wszystkich przypadków i linii granicznych.

Równania krzywej regresji i krzywych granicznych dla wszystkich przypadków (ryc. 3) opisują następujące zależności:

- funkcja regresji $S = 0,0028 v^2 + 0,16 v$,
- minimum $S = 0,0028 v^2 + 0,3 v$,
- maksimum $S = 0,0028 v^2 + 0,027 v$.

5. Wyniki badań holenderskich

W czasie 26. Kongresu Europejskiego Stowarzyszenia Badania i Analizy Wypadków Drogowych zaprezentowane zostało wystąpienie pracowników Holenderskiego Instytutu Sądowego, poświęcone odrzutowi rowerzysty i roweru w zależności od prędkości kolizyjnej [1]. Autorzy poddali analizie 159 przypadków zderzeń samochodu z rowerem, pochodzących w większości z bazy danych Strzeletz'a, opublikowanej przez Hugemanna [3].

Sporządzenie wykresu całkowitej odległości odrzutu rowerzysty w zależności od prędkości kolizyjnej samochodu (ryc. 4) daje ogólny pogląd, że im większa

prędkość kolizyjna, tym większa odległość odrzutu. Do analiz wykonywanych na potrzeby sądowe potrzebny jest jednak lepszy wgląd w zbiór danych, który można uzyskać przez podejście statystyczne. Po przeanalizowaniu zbioru danych metodą regresji nieliniowej autorzy wystąpienia doszli do wniosku, że właściwym będzie określenie granic za pomocą następujących funkcji logarytmicznych:

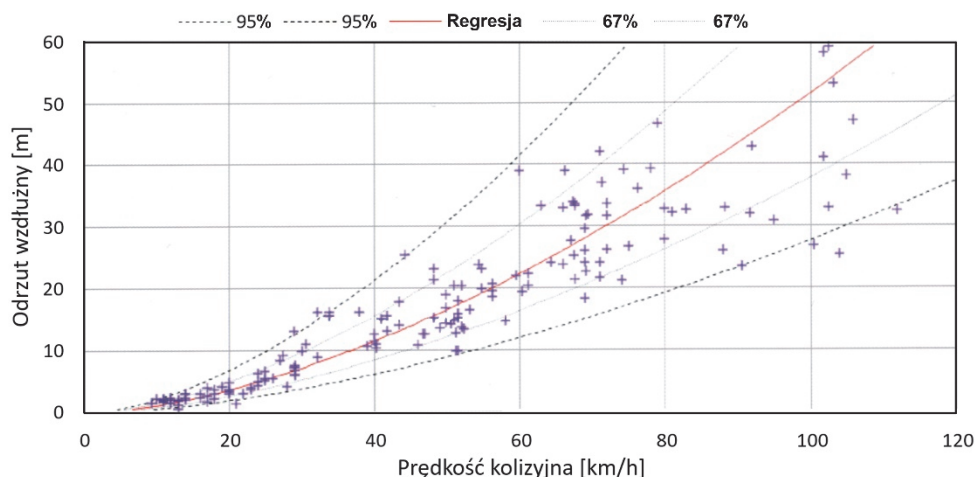
$$V'_{min} = e^{\ln(V') - x\sigma},$$

$$V'_{max} = e^{\ln(V') + x\sigma},$$

gdzie:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\ln(V') - \ln(V))^2}{(n-2)}},$$

$$\ln(V') = m \cdot \ln(D) + b.$$



Ryc. 4. Odrzut wzdużny rowerzysty w zależności od prędkości kolizyjnej pojazdu z znaczeniem linii regresji oraz granic dla poziomów ufności 67% i 95%.

6. Podsumowanie

Odtworzenie prędkości kolizyjnej samochodu w wypadkach, w których pojazd uderzył w rowerzystę, jest bardzo często zagadnieniem złożonym. Odległości odrzutu wzdużnego rowerzystów wykazują zbyt duże zróżnicowanie, aby było możliwe jednoznaczne wskazanie prędkości kolizyjnej pojazdu. Każda tego typu analiza związana jest z niepewnością obliczeń [4]. W takiej sytuacji należy wykorzystać granice przedziałów ufności, uzyskane na podstawie wyników analizy rzeczywistych przypadków i testów zderzeniowych. Z pewnością w większości przypadków takie podejście okaże się niewystarczające dla jednoznacznego ustalenia przyczyn wypadku. Przykładowo dla odzutu wzdużnego równego 20 m, można

na podstawie badań niemieckich podać, że do potrącenia mogło dojść przy prędkości kolizyjnej zawierającej się w przedziale 46–79 km/h (ryc. 3). Wykorzystując analizy holenderskie dla takiej wartości odrzutu wzdłużnego rowerzysty, należałoby stwierdzić, że przyjmując poziom ufności 67%, prędkość kolizyjna samochodu zawierałaby się w przedziale 46–68 km/h, natomiast dla przyjęcia poziomu ufności 95%, prowadziłoby do wskazania prędkości z zakresu 38–82 km/h (ryc. 4).

Przedział prędkości kolizyjnej uzyskany dla określonej wartości odrzutu wzdłużnego może jednak zostać ograniczony przez zastosowanie innych metod rekonstrukcyjnych. Przykładem może tu być biomechaniczna symulacja zderzenia, która uwzględnia wiele parametrów, takich jak na przykład kształt samochodu i wysokość, na jakiej znajdował się rowerzysta względem podłoża w chwili uderzenia. Parametry te są niezwykle istotne, ale w danych źródłowych brak jest szczegółowych informacji na temat wypadków i testów, które stanowiły podstawę do sporządzenia wykresów. Brakuje informacji o markach i modelach samochodów, intensywności hamowania samochodu, rodzaju i marce roweru, wzroście rowerzysty itp. Zdecydowanie większą przydatność ekspercką mają zależności zindywidualizowane, w których podane są podstawowe informacje o warunkach testów zderzeniowych lub informacje dotyczące rzeczywistych wypadków.

Jeśli zastosowanie innych metod nie przyniesie oczekiwanego zawężenia przedziału możliwych prędkości kolizyjnych samochodu, to nieodzownym może być wykonanie testu zderzeniowego. Szeroki przedział możliwych prędkości kolizyjnych uzyskany z analizy odrzutu wzdłużnego rowerzysty, przy braku możliwości jego zawężenia innymi metodami analitycznymi, może stanowić informację dla organu procesowego o konieczności wykonania testu zderzeniowego.

W Polsce w celach procesowych praktycznie nie wykonuje się testów zderzeniowych. Powodem takiej sytuacji są koszty, które w sprawach karnych – choćby tymczasowo – musiałby ponieść Skarb Państwa. Warto jednak zwrócić uwagę, że koszt wykonania testu polegającego na zderzeniu samochodu osobowego z rowerem może w wielu przypadkach nie przekraczać kosztu kilku opinii wydawanych do jednej sprawy, które z uwagi na brak dowodów mogą nie doprowadzić do jednoznacznego rozstrzygnięcia w zakresie przyczyn wypadku. Wykonanie testu zderzeniowego może być jednak realne pod względem finansowym w przypadku spraw rozstrzyganych przez sądy cywilne. Jeśli przedmiotem sporu jest np. wysokie odszkodowanie, to strony mogą być zainteresowane doprowadzeniem do jednoznacznego rozstrzygnięcia i mogą być skłonne ponieść wyższe koszty z tym związane.

Bibliografia

1. Hagendoorn., K., Wisse, E., Spek A. (2017). *Reconstruction of car to pedestrian and car to bicycle accidents using crash tests*, Proceedings from the 26th Annual Congress of the European Association for Accident Research and Analysis, Haarlem, The Netherlands, s. 187–200.
2. Ritter, S., Krieg, M., Moser, A., Strzeletz, R., Weyde, M. (2017). *Wurweiten von Radfahrern – neue Erkenntnisse für die Rekonstruktion von Fahrradunfällen*, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, 11, s. 372–377.
3. Strzeletz R. (2007). *Der Fahrradunfall*, [w:] *Unfallrekonstruktion*, Wolfgang Hügemann, Autorenteam GbR, Münster, s. 763.
4. Wach, W. (2014). *Wiarygodność strukturalna rekonstrukcji wypadków drogowych*, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych.

* * *

Throw distance of cyclist

Abstract

An analysis of throw distance of cyclist depending on the collision speed is presented. The analysis was based on the results of crash tests and real-life accidents. The authors emphasize a significant scatter of results, which makes it impossible to identify the vehicle collision speed based on the known throw distance. Considering an assumed uncertainty, however, a certain range of the collision speed can be obtained. It can be further narrowed down only in the combination with other reconstruction methods or by performing a crash test.

Key words

Traffic accident, bicycle, cyclist, collision speed, throw distance.