



**Wojciech  
Ambroszko**

## Badania prędkości przy użyciu wybranego urządzenia wspomagającego ruch

### Streszczenie

W artykule zaprezentowano wyniki badań parametrów ruchu osoby poruszającej się na różnych rodzajach rolek. Przeprowadzono analizę i ocenę wpływu konstrukcji rolek na osiągnięte parametry ruchu, w szczególności na prędkości, w aspekcie możliwości wykonywania rekonstrukcji i czasowo-przestrzennych analiz zdarzeń drogowych z udziałem osób poruszających się na rolkach. Badania zostały przeprowadzone na placu manewrowym oraz podczas przejazdów długodystansowych. Do badań wykorzystano urządzenie pomiarowe VBOX Sport. Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w rekonstrukcji wypadków drogowych. Na zakończenie, wykorzystując program V-Sim 5.0 przeprowadzono symulację upadku na rolkach, wskazując na wartości przyspieszeń i prędkości w chwili uderzenia głową o podłoże.

### Słowa kluczowe

Roleki, urządzenia wspomagające ruch, badania drogowe, parametry ruchu.

*Otrzymano 5 lipca 2022 r., zatwierdzono do druku 14 listopada 2022 r.*

*DOI: 10.4467/15053520PnD.22.012.16961*

### 1. Wprowadzenie

Motywy podjęcia badań doświadczalnych w warunkach naturalnych i rzeczywistych użytkowania urządzeń transportu osobistego (UTO) oraz urządzeń wspomagających ruch (UWR), były z jednej strony zamiłowanie i pasja do tego typu aktywności, a z drugiej strony obserwacja ruchu drogowego, w którym coraz więcej osób korzysta z takich urządzeń oraz analiza wzajemnego oddziaływania uczestników ruchu drogowego, w szczególności korzystających z UTO oraz UWR, w kontekście uzyskiwanych prędkości w odniesieniu do bezpieczeństwa i jego oceny.

W niniejszym artykule przedstawiono pierwszą część wyników prac realizowanych w Katedrze Inżynierii Pojazdów Politechniki Wrocławskiej, które zwią-

---

**Dr inż. Wojciech Ambroszko, prof. PWR**, Politechnika Wroclawska, Katedra Inżynierii Pojazdów, ORCID: 0000-0001-9991-5371.

zane są z badaniem oddziaływania na bezpieczeństwo ruchu pojazdów różnych czynników, takich np. jak hałas, elementy ergonomii, technika jazdy. Coraz częściej dochodzi do zdarzeń, w których jednym z uczestników jest osoba poruszająca się z wykorzystaniem urządzeń transportu osobistego (UTO) lub urządzeń wspomagających ruch (UWR). W zdarzeniach tych uczestnikami mogą być wszyscy użytkownicy dróg i do tych potrażeń może dochodzić w różnych konfiguracjach, tj. pojazd – osoba poruszająca się UTO lub UWR, pieszy – osoba poruszająca się UTO lub UWR, rowerzysta – osoba poruszająca się UTO lub UWR czy też osoba poruszająca się UTO (UWR) – osoba poruszająca się UTO (UWR).

Podczas badań na placu manewrowym dokonywano oceny możliwości manewrowych: hamowania, przyspieszania, nagłej zmiany kierunku jazdy oraz prędkości na łuku, natomiast badania długodystansowe miały na celu uzyskanie ogólnej charakterystyki ruchu w naturalnych warunkach zjazdu i podjazdu, jeździe z ustaloną prędkością, a także możliwości osiągnięcia maksymalnych prędkości.

## 2. Regulacje prawne

W dniu 20 maja 2021 roku weszły w życie przepisy dotyczące hulajnóg, urządzeń transportu osobistego oraz urządzeń wspomagających ruch [2]. Wymienione urządzenia zostały zdefiniowane w ustawie *Prawo o ruchu drogowym* [5], gdzie przedstawiono także prawa i obowiązki osób z nich korzystających. Poniżej przytoczono zapisy ustawy *Prawo o ruchu drogowym*, które dotyczą analizowanych urządzeń.

*Art. 2. Użyte w ustawie określenia oznaczają:*

- 17) *uczestnik ruchu – pieszego, osobę poruszającą się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch, kierującego, a także inne osoby przebywające w pojeździe lub na pojeździe znajdującym się na drodze;*
- 18a) *urządzenie wspomagające ruch – urządzenie lub sprzęt sportowo-rekreacyjny, przeznaczone do poruszania się osoby w pozycji stojącej, napędzane siłą mięśni;<sup>1</sup>*
- 47b) *hulajnoga elektryczna – pojazd napędzany elektrycznie, dwuosiowy, z kierownicą, bez siedzenia i pedałów, konstrukcyjnie przeznaczony do poruszania się wyłącznie przez kierującego znajdującym się na tym pojeździe;*
- 47c) *urządzenie transportu osobistego – pojazd napędzany elektrycznie, z wyłączeniem hulajnogi elektrycznej, bez siedzenia i pedałów, konstrukcyjnie przeznaczony do poruszania się wyłącznie przez kierującego znajdującym się na tym pojeździe<sup>2</sup>.*

---

<sup>1</sup> Np. rolki, wrotki, deskorolka.

<sup>2</sup> Np. deskorolka elektryczna, elektryczne urządzenie samopoziomujące, monocykl.

## Rozdział 2

### *Ruch pieszych oraz osób poruszających się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch*

#### *Art. 15a.*

1. *Osoba poruszająca się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch jest obowiązana korzystać z chodnika, drogi dla pieszych lub drogi dla rowerów. Osobę poruszającą się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch na drodze dla rowerów obowiązuje ruch prawostronny.*
2. *Przepisów ust. 1 nie stosuje się w strefie zamieszkania. W strefie tej osoba poruszająca się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch korzysta z całej szerokości drogi i ma pierwszeństwo przed pojazdem.*
3. *Osoba poruszająca się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch, korzystając z chodnika albo drogi dla pieszych, jest obowiązana poruszać się z prędkością zbliżoną do prędkości pieszego, zachować szczególną ostrożność, ustępować pierwszeństwa pieszemu oraz nie utrudniać jego ruchu.*
4. *Osoba poruszająca się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch, przekraczając jezdnię, jest obowiązana zachować szczególną ostrożność oraz korzystać odpowiednio z przejazdu dla rowerzystów albo przejścia dla pieszych.*
5. *Przekraczanie torowiska wyodrębnionego z jezdni przez osobę poruszającą się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch jest dozwolone tylko w miejscu do tego przeznaczonym.*
6. *Osoba poruszająca się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch jest obowiązana:*
  - 1) *poruszać się z prędkością zapewniającą panowanie nad tym urządzeniem, z uwzględnieniem warunków, w jakich ruch się odbywa;*
  - 2) *przy wymijaniu zachować bezpieczny odstęp od wymijanego pojazdu lub uczestnika ruchu;*
  - 3) *przy omijaniu zachować bezpieczny odstęp od omijanego pojazdu, uczestnika ruchu lub przeszkody;*
  - 4) *przed wyprzedzaniem upewnić się, czy ma dostateczne miejsce do wyprzedzenia bez utrudnienia komukolwiek ruchu;*
  - 5) *zbliżając się do przejścia dla pieszych, zachować szczególną ostrożność i ustąpić pierwszeństwa pieszemu znajdującemu się na przejściu.*
7. *Osobie poruszającej się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch zabrania się:*
  - 1) *poruszania się w stanie nietrzeźwości, w stanie po użyciu alkoholu lub środka działającego podobnie do alkoholu;*
  - 2) *przewożenia innej osoby, zwierzęcia lub ładunku;*
  - 3) *ciągnięcia pojazdu lub ładunku;*
  - 4) *czepiania się pojazdów;*
  - 5) *poruszania się tyłem.*

*Art. 20*

6. Prędkość dopuszczalna niektórych pojazdów, z zastrzeżeniem ust. 2, wynosi:

4) hulajnogi elektrycznej i urządzenia transportu osobistego – 20 km/h.

### **3. Charakterystyka urządzeń wspomagających ruch**

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań parametrów ruchu osób wykorzystujących jedną z grup urządzeń transportu osobistego, mianowicie rolki. Jednocześnie należy podkreślić, że do tej grupy urządzeń zaliczane są również wrotki oraz deskorolki. Od pewnego czasu można zaobserwować wzrost zainteresowania użytkowaniem tego typu urządzeń, a sprzyja temu rozwój infrastruktury drogowej związanej z budową nowych dróg dla rowerów. Z jednej strony użytkowanie tego typu urządzeń pozytywnie wpływa na zdrowie, ale z drugiej strony niesie ze sobą szereg zagrożeń, w tym związanych z faktem uczestniczenia w ruchu drogowym. W niniejszym artykule skupiono się przede wszystkim na elementach związanych z szeroko rozumianym bezpieczeństwem, wskazując na możliwości użytkowania przy wykorzystaniu tych urządzeń prędkości, które niosą za sobą konkretne zagrożenia. Podobnie, jak w przypadku pojazdów samochodowych, gdzie o ich osiągnięciach (np. prędkość, przyspieszenie) decydują parametry konstrukcyjne, tak i podobnie jest w przypadku UWR. Natomiast, ze względu na podstawową cechę UWR związaną ze „źródłem napędu”, o sposobie jazdy (prędkość, manewrowość, itd.) decyduje użytkownik, a na jego styl mają wpływ jego możliwości fizyczne oraz umiejętności. Rolki, jako urządzenie wspomagające ruch, mogą być wykorzystywane w różnych sytuacjach i okolicznościach. Niejednokrotnie wykorzystywane są wprost do przemieszczania się w warunkach miejskich, gdzie traktowane są, jako jeden ze środków sprawnego i szybkiego przebycia określonego odcinka drogi. Są one także wykorzystywane do zabawy, rekreacji oraz sportu, w tym również zaawansowanego, na wszelkiego rodzaju zamkniętych terenach (*skatepark*, tor rolkowy, itp.) lub na długich odcinkach tras (np. drogi dla rowerów). Dla każdego typu i rodzaju aktywności fizycznej przeznaczone są różnego rodzaju rolki. W niniejszym artykule przedstawiono jedynie kilka z wybranych charakterystycznych cech analizowanych urządzeń mających wpływ na wyniki badań. Podkreślić jednak należy, że zagadnienia te są bardzo złożone, a stosowane rozwiązania konstrukcyjne są zaawansowane technologicznie. Jednym z istotnych elementów mającym wpływ na ruch są oczywiście kółka jezdne. Zagadnienie wpływu kółek na parametry ruchu, bezpieczeństwo i osiągi, będzie przedmiotem osobnych badań i publikacji. Ze względu na stosowane średnice kółek, rolki można podzielić na kilka grup (tabela 1).

Tabela 1. Średnice kółek stosowanych w rolkach [6].

L.p.	Średnica kółka [mm]	Przeznaczenie – styl jazdy
1	55–80	agresywny
2	72–80	hokej
3	80–84	miejskie
4	90–100 (ew. 110)	rekreacyjne
5	90–125	szybki

Przedstawione w tabeli rodzaje kółek stosowane są w rolkach przeznaczonych do użytkowania na nawierzchniach utwardzonych o równych powierzchniach. Należy mieć na uwadze, że nie są to jedyne rodzaje rolek, jakie są użytkowane, dlatego też chcąc szerzej przedstawić zagadnienie, w niniejszym artykule zawarto również wyniki badań rolek terenowych, o znacznie większej średnicy kółek. Rolki terenowe oraz nartorolki, przeznaczone do poruszania się w terenie o nierównych nawierzchniach. Rolka taka zawiera dwa pompowane kółka. Technika jazdy na tego typu rolkach jest zupełnie inna niż w przypadku wcześniej wymienionej grupy rolek. Istotną różnicą jest wykorzystanie długich kijków, które umożliwiają nadanie odpowiedniej prędkości. Najczęściej stosowane koła mają średnicę 150 lub 200 mm. Oczywiście tego typu urządzenia można również wykorzystywać na nawierzchniach utwardzonych. Wszystkie opisane w artykule badania wykonano na nawierzchniach utwardzonych, natomiast w kolejnym etapie planowane są również badania w terenie, na nawierzchniach nieutwardzonych i nierównych.

Do badań wykorzystano trzy rodzaje rolek. Dwa rodzaje przeznaczone do poruszania się na nawierzchniach utwardzonych i jeden rodzaj z przeznaczeniem do poruszania się w terenie. Na ryc. 1 w widoku z boku zestawiono po jednej z badanych rolek, a w tabeli 2 przedstawiono ich charakterystyczne parametry konstrukcyjne. Prezentowane rolki różnią się od siebie liczbą, średnicą i rodzajem kółek oraz ich rozstawem, a także mają inny mechanizm hamulcowy. W przypadku rolek przeznaczonych do poruszania się na nawierzchniach utwardzonych, na jednej z nich, za ostatnim kółkiem zamontowany jest dodatkowy element w postaci „cylindra”, a hamowanie odbywa się w wyniku oddziaływania tego elementu na nawierzchnię poprzez dociskanie do niej części tylnej rolki. Skuteczność hamowania uzależniona jest oczywiście od wartości wytworzonej w ten sposób siły tarcia. W analizowanych urządzeniach elementy hamujące zostały zdemonstrowane (rolki nr 1 oraz nr 2 na ryc. 1), a hamowanie realizowane było w zależności od prędkości tzw. pługiem, metodą T-stop lub poprzez obrót. Najczęściej wykorzystywana była metoda T-stop, polegająca na wywołaniu tarcia pomiędzy nawierzchnią a kółkami jednej rolki, ustawionymi prostopadle do kierunku jazdy. W ten sposób wywołane siły tarcia na kołach jednej rolki powodują zmniejszenie prędkości, a druga rolka

jest rolką prowadzącą. Już z samej techniki hamowania tą metodą wynika, jak wiele czynników ma wpływ na skuteczność hamowania.

Z kolei w przypadku rolek terenowych (nr 3 na ryc. 1), dźwignia hamulca zamontowana jest obrotowo z tyłu buta rolki, a na drugim końcu tego układu znajdują się dwie nakładki oddziałujące na bezpośrednio na oponę. Hamowanie odbywa się poprzez odchylenie w kierunku tyłu górnej części buta, co powoduje mechaniczne oddziaływanie nakładek na oponę, wywołując w ten sposób tarcie pomiędzy tymi elementami. Skuteczność hamowania w tym przypadku jest uzależniona od współczynnika tarcia par trących, ale również od intensywności oddziaływania górnej części buta na dźwignię. W przypadku takiej techniki hamowania istotnym jest zatem wywołanie odpowiedniej siły oddziaływania kończyny dolnej użytkownika na mechanizm hamujący. Zastosowanie innych technik hamowania lub zatrzymania wymaga od użytkownika dużych umiejętności technicznych. Ocena skuteczności innych technik hamowania będzie przedmiotem kolejnego artykułu.



Ryc. 1. Rolki wykorzystane do badań: 1) Powerslide Imperial, 2) Rollerblade SG7, 3) Powerslide Nordic.

Tabela 2. Charakterystyka urządzeń wykorzystanych do badań.

L.p.	Rodzaj rolek	Parametr					
		Liczba kółek	Średnica kółka [mm]	Rozstaw kółek [mm]	Rozstaw skrajnych kółek [mm]	Charakterystyka kółka	Ciśnienie w oponie [MPa]
1	Powerslide Imperial	3	110	125	250	88A	nie dotyczy
2	Rollerblade SG7	4	90	90	280	85A	nie dotyczy
3	Powerslide Nordic	2	150	510	510	6 x 1 <sup>1/4</sup>	0,6

88A, 85A – charakterystyka twardości kółka

6 x 1<sup>1/4</sup> – rozmiar opony

#### 4. Cel i miejsce badań

Celem badań była analiza i ocena uzyskiwanych parametrów ruchu podczas przejazdów na przedstawionych w pkt. 2 urządzeniach w różnych warunkach terenowych. Pierwszy etap badań polegał na rejestracji przejazdów na terenie zamkniętym, natomiast drugi etap badań polegał na rejestracji przejazdów na wybranym odcinku pomiarowym, stanowiącym fragment drogi dla pieszych i rowerów. W obydwu przypadkach badania przeprowadzono na czystej i gładkiej nawierzchni asfaltowej. Badania przeprowadzono z udziałem jednej osoby, mężczyzny w wieku 55 lat, posiadającym wystarczające umiejętności użytkownika rolek.

##### 4.1. Badania na terenie zamkniętym

Badania na terenie zamkniętym polegały na przejeździe odcinka w pętli o długości około 200 m, w tym dwóch prostoliniowych odcinków o długości około 70 m każdy. W jednej części tej pętli przygotowano miejsce przeznaczone na wykonanie nawrotu z możliwie maksymalną prędkością. Fragment odcinka pomiarowego na terenie zamkniętym przedstawiono na ryc. 2.



Ryc. 2. Fragment odcinka pomiarowego na terenie zamkniętym (źródło: google earth).

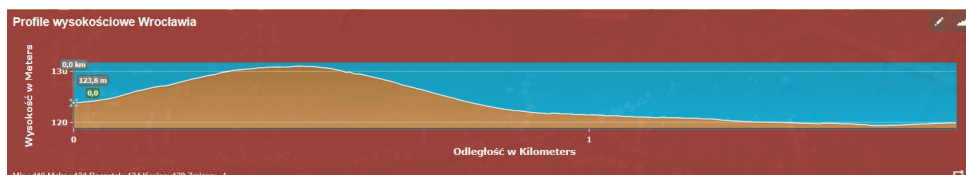
#### 4.2. Badania długodystansowe

Badania długodystansowe polegały na przejeździe i rejestracji parametrów ruchu na wybranym odcinku pomiarowym, stanowiącym fragment drogi dla pieszych i rowerów. Odcinek pomiarowy został wybrany w taki sposób, aby w naturalny sposób można było realizować podjazdy, zjazdy oraz przejazd płaski. Fragment odcinka pomiarowego na drodze dla pieszych i rowerów przedstawiono na ryc. 3, natomiast na ryc. 4 przedstawiono profil wysokościowy tego odcinka, na którym przeprowadzono badania. Długość odcinka pomiarowego wynosiła około 1800 metrów, a różnica wzniesień na tym odcinku wynosiła około 12 metrów.





Ryc. 3. Widok odcinka pomiarowego (źródło: google earth).



Ryc. 4. Profil wysokościowy odcinka pomiarowego (źródło: geoportal.wroclaw).

## 5. Urządzenie pomiarowe

Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu systemu pomiarowego VBox Sport firmy Racelogic, umożliwiającego poprzez system GPS rejestrację ruchu z częstotliwością 20 Hz [7]. Urządzenie to spełnia wymagania, jakie stawiane są w odniesieniu do urządzeń służących do pomiaru parametrów dynamiki ruchu pojazdów [3]. Zdecydowano się na wybór tego urządzenia ze względów praktycznych (masa, parametry geometryczne), mając jednak na uwadze to, że urządzenie umożliwia rejestrację parametrów tylko w jednym kierunku. Stąd pomimo realizacji przejazdów pomiędzy pachołkami na terenie zamkniętym, nie było możliwe zarejestrowanie parametrów poprzecznych. W kolejnych etapach badań zostanie rozważona możliwość zastosowania systemu VBox 3i, który zapewnia rejestrację większej liczby parametrów, w szczególności w kierunku poprzecznym. Istotnym elementem w technice przeprowadzania badań przy wykorzystaniu urządzenia VBox było prawidłowe umiejscowienie anteny GPS. Antenę tą umieszczono w centralnym miejscu kasku ochronnego, który ze względów bezpieczeństwa wykorzystywany był przy każdorazowym przejeździe. Urządzenie rejestrujące umieszczone było w osłonie i w pewny sposób przymocowane do ciała użytkownika. Na ryc. 5 przedstawiono widok urządzenia VBox Sport z podłączoną anteną GPS, zamontowaną na kasku ochronnym.



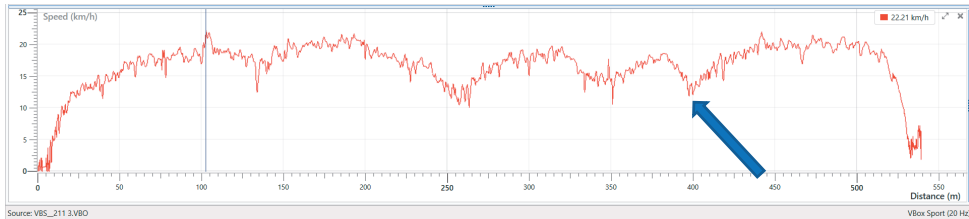
Ryc. 5. Urządzenie pomiarowe VBox Sport z anteną GPS, zamontowaną na kasku ochronnym.

## 6. Wyniki badań

Przejazdy na terenie zamkniętym, dla każdego z rodzajów wykorzystanych rolek realizowano trzykrotnie, a dla zachowania powtarzalności, były one przeprowadzone w ciągu jednego dnia. Dla każdego przejazdu zostały zarejestrowane parametry, które następnie poddano analizie w programie *VBox Test Suite*. W dalszej części artykułu przedstawiono wyniki badań dla poszczególnych etapów badań.

### 6.1. Wyniki badań – teren zamknięty

Badania na terenie zamkniętym, o ograniczonej długości prostoliniowych odcinków miały na celu ocenę prędkości osiąganych podczas poruszania się w warunkach rekreacyjnej jazdy, bez nadmiernego wysiłku fizycznego. Jednym z elementów tego badania, wymagającego jednak zaangażowania fizycznego, była próba nawrotu po okręgu o promieniu 2,5–3,0 m. W czasie tego badania uczestnik poruszał się po tym promieniu z możliwie maksymalną prędkością, ale taką przy której nie odczuwał dyskomfortu niebezpieczeństwa wywrotki, poślizgu czy utraty stateczności ruchu. Praktycznie każdy z zarejestrowanych przebiegów był inny, natomiast zauważalne były pewne tendencje i prawidłowości w zarejestrowanych przebiegach, w zależności od wykorzystywanych w danym badaniu urządzeń. Na ryc. 6 przedstawiono przebieg zmian prędkości rolkarza dla przejazdów z wykorzystaniem rolek oznaczonych w tabeli 1 numerem 1, natomiast na ryc. 7 przedstawiono fragment toru jazdy, na którym badano prędkości podczas nawrotu. Strzałkami zaznaczono odpowiadające sobie punkty pomiarowe.



Ryc. 6. Zmiany prędkości jazdy.



Ryc. 7. Miejsce badania prędkości podczas nawrotu.

Kolejnym parametrem, który analizowano było opóźnienie hamowania. Na podstawie otrzymanych przebiegów zmian prędkości w zależności od czasu, dla każdego z zarejestrowanych przebiegów dokonano obliczeń wartości opóźnienia hamowania. W celu określenia parametrów fizykalnych takiego hamowania, każdy z przejazdów kończył się zamierzonym, kontrolowanym hamowaniem. W przypadku rolek oznaczonych w tabeli 1 numerami 1 i 2, hamowanie odbywało się tzw. sposobem T-stop, a w przypadku wykorzystania rolki oznaczonej w tabeli 1 numerem 3, hamowanie odbywało się przy wykorzystaniu konstrukcyjnego hamulca rolki. Na ryc. 8 przedstawiono fragment zarejestrowanego przebiegu zmian prędkości w funkcji czasu, na podstawie którego określono wartość średniego opóźnienia hamowania.



Ryc. 8. Przykład analizy wykresu w celu określenia wartości opóźnienia hamowania.

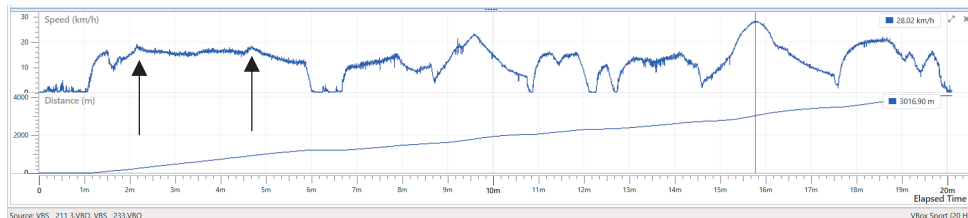
W tabeli 3 przedstawiono wartości prędkości maksymalnych, prędkości w czasie zawracania i opóźnienia hamowania.

Tabela 3. Wyniki badań rolek – teren zamknięty.

L.p.	Rodzaj rolek	Parametr		
		Prędkość max [km/h]	Prędkość na łuku [km/h]	Opóźnienie hamowania [m/s <sup>2</sup> ]
1	Powerslide Imperial	22,3	15,0	1,1
2	Rollerblade SG7	23,7	15,9	0,9
3	Powerslide Nordic	18,5	10,5	1,1

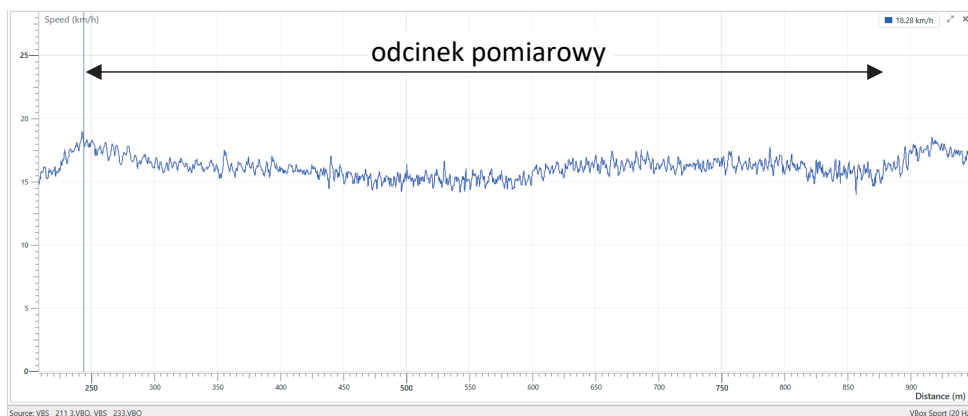
## 6.2. Wyniki badań – jazda długodystansowa

Badania długodystansowe miały na celu ocenę możliwości uzyskiwania prędkości poruszania się w warunkach rekreacyjnej jazdy na różnego typu rolkach, bez nadmiernego wysiłku fizycznego, ale także ocenę możliwości uzyskania większych prędkości, wynikających z większego zaangażowania fizycznego oraz sprzyjających warunków topograficznych. Badania przeprowadzono na odcinku drogi o długości ok. 3700 m (ryc. 3 i 4). Na ryc. 9 przedstawiono przykładowe przebiegi prędkości i drogi w zależności od czasu dla przejazdu z wykorzystaniem rolek oznaczonych w tabeli 1 numerem 1. Jest to pełen zapis ruchu na wybranym odcinku pomiarowym, podczas którego były realizowane podjazdy, zjazdy, przyspieszania oraz hamowania.



Ryc. 9. Przebieg prędkości i drogi w zależności od czasu dla wybranego przejazdu.

W czasie analizy wyników określano średnią prędkość na wybranych odcinkach z całej trasy przejazdu, podczas których starano się utrzymać stałą prędkość jazdy. Przykładowy analizowany w ten sposób odcinek pomiarowy o długości około 600 m przedstawiono na ryc. 10, natomiast na ryc. 9 zaznaczono strzałkami ten odcinek pomiarowy. W tabeli 4 przedstawiono maksymalne i średnie wartości prędkości uzyskane przy zastosowaniu rolek użytych w badaniach.



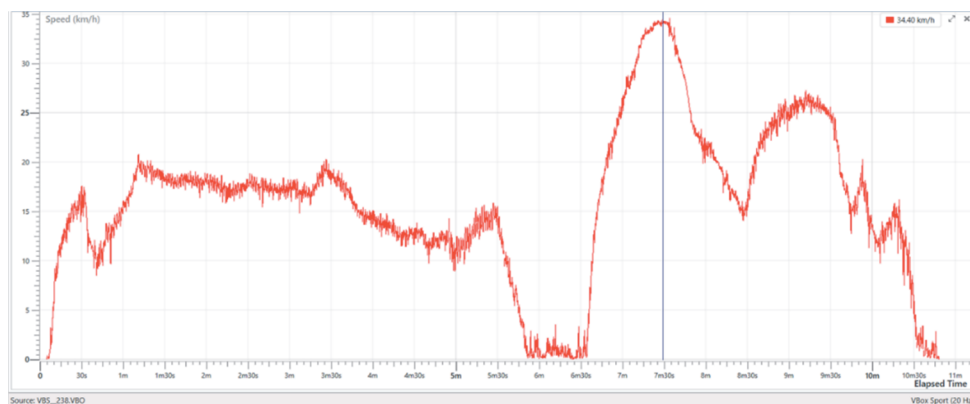
Ryc. 10. Przykładowy przebieg prędkości jazdy dla ruchu ustalonego – określenie średniej prędkości jazdy.

Tabela 4. Wyniki badań rolek – jazda długodystansowa.

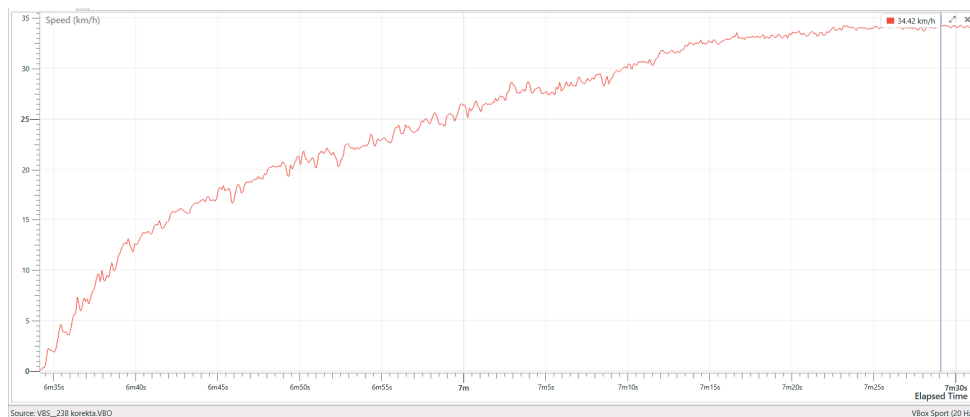
L.p.	Rodzaj rolek	Parametr	
		Prędkość max [km/h]	Prędkość średnia [km/h]
1	Powerslide Imperial	28,2	16,0
2	Rollerblade SG7	25,2	15,0
3	Powerslide Nordic	22,3	14,0

Z przeprowadzonych badań wynika, że spośród badanych urządzeń, rolki oznaczone numerem 1 (Powerslide Imperial) umożliwiają uzyskiwanie największych prędkości jazdy.

Dokonano również jednorazowego przejazdu w celu uzyskania możliwie największej prędkości jazdy. Badanie to przeprowadzono w sprzyjających warunkach, mianowicie przy zjeździe ze wzniesienia (spadek 3%), według schematu profilu wysokościowego zamieszczonego na ryc. 4. Na ryc. 11 przedstawiono zarejestrowany przebieg zmian prędkości podczas tego przejazdu, natomiast na ryc. 12 fragment wykresu podczas rozpędzania do uzyskania maksymalnej prędkości, która wynosiła 34,4 km/h.



Ryc. 11. Przebieg prędkości uzyskany w czasie próby osiągnięcia maksymalnej prędkości jazdy.

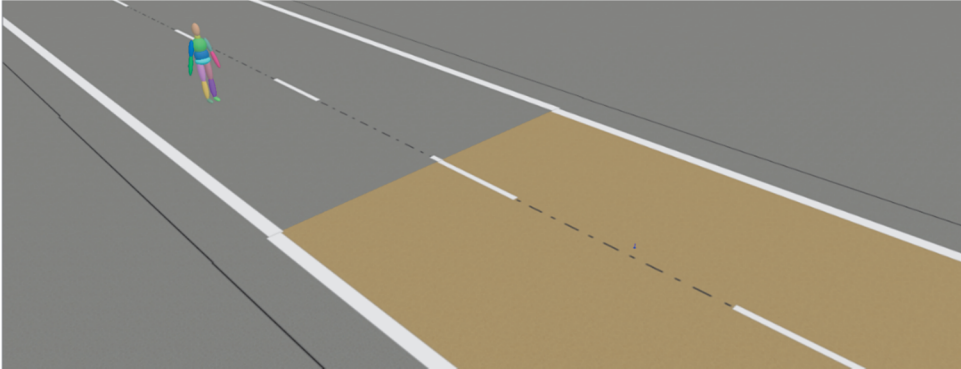


Ryc. 12. Przebieg prędkości uzyskany w czasie próby osiągnięcia maksymalnej prędkości jazdy – rozpędzanie.

## 7. Zagadnienia bezpieczeństwa

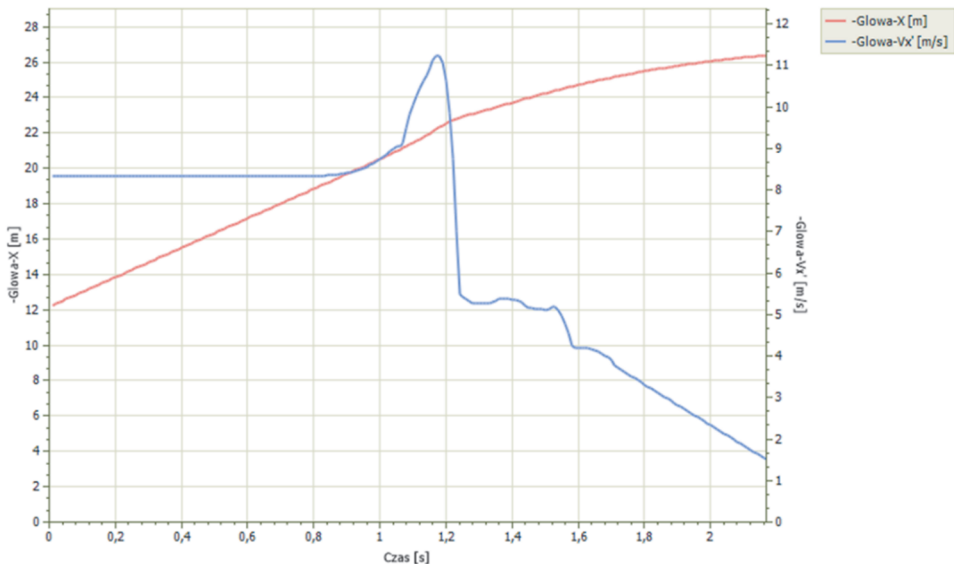
Jazda przy wykorzystaniu urządzeń transportu osobistego niesie ze sobą wiele radości, jest jedną z form aktywnego spędzania czasu, jest niejednokrotnie praktycznym sposobem na sprawne przemieszczanie się w warunkach zakorkowanych miast, ale jednocześnie jest ona związana z niebezpieczeństwem doznania urazu, kontuzji czy też bardziej poważnych uszkodzeń ciała, ponieważ użytkownik UWR jest niechronionym uczestnikiem ruchu drogowego. Dlatego też istotnym elementem jest odpowiednie zabezpieczenie przed skutkami zderzeń czy też upadków w postaci kasku chroniącego głowę oraz elementów zabezpieczających stawy. W artykule tym nie będzie rozwijany temat rodzaju tych zabezpieczeń, ich właściwości, stawianych wymagań, badań eksploatacyjnych i ich wyników, ale zostanie przedstawiony rzeczywisty przypadek upadku na rolkach. Do zdarzenia doszło przy prędkości około 30 km/h. Na drodze nagle nastąpiła zmiana rodzaju nawierzchni – w miejsce czystej i utwardzonej nawierzchni asfaltowej pojawiła się nawierzchnia piaszczysta, nieutwardzona. Wjazd rolkarza na tę nawierzchnię skutkowało zagłębieniem się kółek rolek w podłoże, w wyniku czego nastąpiło gwałtowne przewrócenie rolkarza w kierunku przodu i uderzenie głową o podłoże. Na szczęście poza lekkim potłuczeniem nic się stało, ale na kasku pozostał ślad od uderzenia w kamień. Dla autorów niniejszego artykułu konieczność stosowania środków zabezpieczania, przede wszystkim głowy, podczas użytkowania wszelkich UWR, UTO oraz hulajnóg elektrycznych jest podstawowym elementem dbania o własne bezpieczeństwo. To zdarzenie pokazało, że także bez udziału innego uczestnika ruchu, może dojść do zdarzenia skutkującego urazem. Uwzględniając indywidualne cechy konstrukcyjne UWR, w szczególności średnicę kółek i materiał, z jakiego są one wykonane, utrata stateczności ruchu może nastąpić dość szybko.

Opisany przypadek zamodelowano wykonując komputerową symulację w programie V-Sim 5.0, który posiada moduł obliczeniowy zawierający wielobryłowy model ciała człowieka [8]. W programie tym przygotowano prosty model obliczeniowy zawierający środowisko w postaci drogi z dwoma rodzajami nawierzchni: asfaltową i piaszczystą, na której zasymulowano ruch człowieka z prędkością 30 km/h. Na ryc. 13 przedstawiono ten obraz w chwili rozpoczęcia symulacji.



Ryc. 13. Widok środowiska, w którym przeprowadzono symulację ruchu początkowo po nawierzchni asfaltowej, a następnie po piaszczystej.

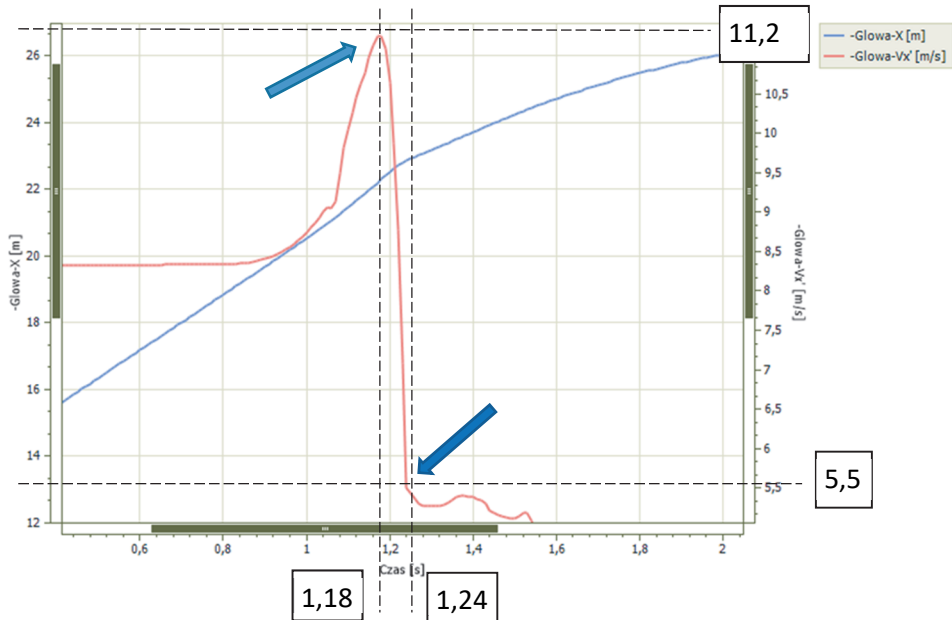
Po przeprowadzonej symulacji otrzymano szereg wyników obliczeń dotyczących ruchu człowieka. Dla oceny zdarzenia istotnym było zidentyfikowanie obciążeń oddziaływujących na głowę. Na ryc. 14 przedstawiono wykres zmian drogi oraz prędkości przemieszczania się głowy w czasie.



Ryc. 14. Zmiana drogi oraz prędkości przemieszczania się głowy w funkcji czasu.

Z analizy wykresu wynika, że podczas upadku głowa zwiększyła prędkość przemieszczania się do około 11,2 m/s, po czym prędkość ta szybko zmalała. Dla tego przypadku i analizowanego fragmentu wykresu przeprowadzono obliczenia wartości przyspieszeń, jakie występowały podczas tego zdarzenia i ustalono, że przyspieszenie głowy wynosiło  $96 \text{ m/s}^2$ . Na ryc. 15 przedstawiono graficznie tę analizę.





Ryc. 15. Zmiany prędkości i analiza przyspieszeń głowy podczas upadku.

## 8. Podsumowanie

W pierwszej kolejności należy wskazać, że przeprowadzone badania jazdy na rolkach umożliwiły pomiar prędkości i obliczenie przyspieszeń. Jednocześnie badania te stanowią pilotażowe przygotowanie do planowanych na szerszą skalę badań, przede wszystkim obejmujących dużą liczbę uczestników o zróżnicowanym wieku oraz umiejętnościach jazdy przy wykorzystaniu UWR. Parametry ruchu, w szczególności osiągnięte prędkości, związane są ściśle z rodzajem urządzenia wspomagającego ruch, umiejętnościami użytkownika oraz warunkami drogowymi i atmosferycznymi (nawierzchnia, wiatr, opady itp.). Dla każdego stylu jazdy na rolkach bez większego trudu można było uzyskać prędkość ruchu rzędu 15–20 km/h, a również – co nie było większą trudnością – możliwość poruszania się z prędkością powyżej 30 km/h. Poza aspektem poznawczym dotyczącym możliwości uzyskiwania różnych prędkości, istotnym jest ocena bezpieczeństwa i wynikająca z tego analiza w zakresie konieczności stosowania środków zabezpieczających, przede wszystkim kasku. Dlatego też koniecznym jest kontynuowanie badań z udziałem dużej liczby uczestników i różnych rodzajów urządzeń.

W niniejszym referacie przedstawiono wyniki części prac realizowanych w Katedrze Inżynierii Pojazdów Politechniki Wrocławskiej w zakresie wpływu różnych czynników na bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Artykuł ten jest kontynuacją prac zrealizowanych pod kierunkiem autora przez dyplomantów Krystiana

Karbowskiego oraz Rafała Wołczyńskiego, które związane są z kolei z badaniem oddziaływania hałasu na bezpieczeństwo w ruchu drogowym.

### **Bibliografia**

1. Chen, J., Xu, K., Ma, H., Ding, X. L. (2018). The Company of Biologists Ltd, *Biology Open*, 8, bio037713. DOI: 10.1242/bio.037713.
2. Ciępka, P. (2021). Diariusz prawniczy (2). *Paragraf na Drodze*, 2.
3. Ciępka, P., Janczur, R. (2019). Urządzenie Vbox Sport w praktyce biegłego i rzeczoznawcy samochodowego. *Paragraf na Drodze*, 4.
4. *Physics of the inline skate*. Pobrane z: <https://online-skating.com/skating-hardware/physics-of-the-inline-skate-wheel/> (dostęp: 12.05.2022 r.).
5. Ustawa *Prawo o ruchu drogowym*. Dz.U. 2022 poz. 988.
6. *Wszystko o kółkach*. Pobrane z <https://www.skatepro.com.pl/a15.htm> (dostęp: 12.05.2022 r.).
7. *VBOX Sport User Guide*. Pobrane z: [https://en.racelogic.support/VBOX\\_Motorsport/Product\\_Info/Performance\\_Meters/VBOX\\_Sport/VBOX\\_Sport\\_User\\_Guide](https://en.racelogic.support/VBOX_Motorsport/Product_Info/Performance_Meters/VBOX_Sport/VBOX_Sport_User_Guide) (dostęp: 7.05.2022 r.).
8. *V-Sim 5.0*. Pobrane z <https://cybid.com.pl/v-sim/> (dostęp: 7.05.2022 r.).
9. Żuk, M., Pezowicz, C. (2015). Kinematic Analysis of a Six-Degrees-of-Freedom Model Based on ISB recommendation: A Repeatability Analysis and Comparison with Conventional Gait Model. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2015 (503713). DOI: 10.1155/2015/503713.

\* \* \*

## Speed tests with the use of a motion assistive device

### **Abstract**

The article presents the results of research on the parameters of the movement of a person moving on various types of roller skates. An analysis and evaluation of the impact of the roller skate design on the achieved traffic parameters, speeds in particular, in terms of the possibility of reconstructing road events with the participation of roller skaters and conducting time-distance analyses was carried out. The tests were carried out in various road conditions, i.e. on the maneuvering yard and over long distances. The VBOX Sport measuring device was used for the tests. Using the V-Sim version 5.0, a simulation of a fall while roller skating was carried out, indicating the values of acceleration and velocity at the moment of hitting the head on the ground. The speed results obtained in various traffic conditions can be used in time-distance analyses, and the presented material indicates the complexity of the issue as well as the need for an in-depth analysis of a possible case.

### **Key words**

Roller skates, motion assistive devices, road tests, traffic parameters.