

# ANALIZA PORÓWNAWCZA DROGI HAMOWANIA MOTOCYKLA Z WŁĄCZONYM I WYŁĄCZONYM UKŁADEM ABS

Marcin Witkiewicz, Mirosław Owczarz, Stanisław Taryma

*W artykule przedstawiono wyniki pomiaru drogi hamowania motocykla przy użyciu hamulca koła przedniego, koła tylnego oraz kombinacji obu tych hamulców. Próby intensywnego hamowania motocykla przeprowadzono na suchej nawierzchni asfaltowej z włączonym i wyłączonym układem ABS. Na podstawie zmierzonej drogi hamowania dokonano obliczenia średniego opóźnienia hamowania.*

**Słowa kluczowe:** droga hamowania, hamowanie motocyklem

## Wstęp

W Europie i Ameryce Północnej jazda motocyklem jest popularną rozrywką. Jednak na rynkach wschodzących motocykl to dla wielu osób często jedyny dostępny środek transportu. W Polsce w ostatnich latach widoczny jest zwiększony udział motocykli w ruchu ulicznym. Wiąże się to również z większą liczbą wypadków drogowych z udziałem pojazdów jednośladowych. Motocykle posiadają zazwyczaj dwa niezależne układy hamulcowe, jeden na przednie i drugi na tylne koło. Układ uruchamiania hamulców może być mechaniczny lub hydrauliczny. Z uwagi na konstrukcję elementu hamującego rozróżnia się hamulce bębnowe i tarczowe. Hamulce bębnowe stosuje się w starszych i lżejszych motocyklach, natomiast w hamulce tarczowe wyposaża się nowsze typy. Efektywne hamowanie motocyklem, szczególnie w sytuacji zagrożenia na drodze, wymaga od kierującego umiejętnego wykorzystania układu hamulcowego (hamowanie hamulcem przednim, tylnym, obydwoha hamulcami jednocześnie). W zależności od umiejętności kierującego możliwe jest uzyskanie różnych opóźnień motocykla w zależności od techniki hamowania, np. hamowanie jedynie hamulcem przednim, hamowanie tylko hamulcem tylnym bądź obydwoha z różnym ich udziałem. Zatem teoretycznie możliwe opóźnienia hamowania motocyklem (wynikające ze współczynnika przyczepności) mogą znacznie odbiegać od rzeczywistych uzyskanych w trakcie ekstremalnego hamowania. W wielu sytuacjach istnieją wyraźne różnice między założonym teoretycznie opóźnieniem hamowania, a tym, które w danych warunkach kierujący motocyklem mógł i potrafił osiągnąć. Problem ten w procesie rekonstrukcji jest często pomijany i sprowadzony do założenia, że kierujący motocyklem w sytuacji zagrożenia powinien być używać obydwoha hamulców,

wykorzystując przyczepność motocykla w sposób optymalny. Z doświadczenia biegłego sądowego do spraw rekonstrukcji wypadków drogowych i analizy akt spraw dotyczących zdarzeń z udziałem pojazdów jednośladowych wynika, że w zdecydowanej większości w trakcie gwałtownego hamowania będącego reakcją kierującego na powstałą na drodze sytuację zagrożenia używany jest hamulec (nożny) działający na koło tylne. Taki sposób hamowania motocykla spowodowany jest łatwością w uruchamianiu w/w hamulca, bowiem prawa noga kierującego spoczywa w bezpośredniej odległości od dźwigni hamulca nożnego bądź niejednokrotnie przednią częścią stopy dotyka go. Sprawia to, iż prowadzący motocykl nie musi zmieniać ustawienia kończyny i wykonywać dodatkowych, zbędnych ruchów wpływających zarówno na zwłokę czasową w zadziałaniu hamulca a przede wszystkim na utratę stabilności kierunkowej, skutkującą możliwością wywrócenia motocykla. W przypadku używania hamulca działającego na koło przednie – hamowanie stosowane przez posiadających duże doświadczeń motocyklistów – kierujący zmuszony jest do wykonania dodatkowych czynności opóźniających proces efektywnego hamowania. Postępowanie takie wymaga ponadto utrwalenia pewnych nawyków a także znajomości faktu, iż skuteczność hamowania hamulcem koła przedniego jest większa niż przy użyciu hamulca działającego na koło tylne, a w przypadku równoczesnego użycia obu daje bezwzględnie największe efekty. Ekstremalne hamowanie motocyklem znacząco różni się od ekstremalnego hamowania samochodem, gdzie nawet mało doświadczony kierowca jest w stanie ten manewr wykonać bezpiecznie, w przypadku motocykla umiejętności kierowcy w sposób decydujący wpływają na efektywność i bezpieczeństwo gwałtownego hamowania. Dlatego celowe wydaje się podjęcie wysiłku dotyczącego zmierzenia drogi hamowania dla wszystkich trzech możliwych sposobów wykorzystania układu hamulcowego motocykla, tj. hamowania samym hamulcem przednim, samym hamulcem tylnym i obydwoha hamulcami jednocześnie. Od 1 stycznia 2017 roku dla poprawy bezpieczeństwa ruchu pojazdów jednośladowych na terenie Unii Europejskiej dla nowych motocykli wprowadzono obowiązek wyposażania w układy ABS. Przy silnym hamowaniu (szczególnie na śliskiej

nawierzchni) ABS zapobiega zablokowaniu kół i nieuniknionemu w takim przypadku przewróceniu motocykla. Pierwsze układy ABS składały się z dużych oraz ciężkich elementów, takich jak modulator czy jednostka sterująca, co powodowało, że układ ważył nawet 10 kg. Firma Bosch rozpoczęła prace nad układem ABS dla motocykli pod koniec lat 80. Punktem wyjścia były układy przeciwblokujące dla samochodów osobowych. Z czasem podzespoły stały się coraz mniejsze, zmniejszyła się ich masa i zmieniły się elektroniczne procesy sterujące ich pracą. Każdy układ hamulcowy musi uzyskać homologację. W badaniach homologacyjnych określa się skuteczność działania hamulców motocykla podczas testów drogowych. Miarą skuteczności jest długość drogi hamowania i średnie opóźnienie. Pomija się przy tym wpływ czasu reakcji kierowcy, zatem mierzona jest długość drogi hamowania, a nie zatrzymania motocykla.

## 1. Metodyka

W celu uzyskania jednolitych warunków drogowych, wszystkie pomiary drogi hamowania wykonano tego samego dnia, na tym samym, prostym, poziomym odcinku pomiarowym. Próby wykonane zostały na suchej i czystej nawierzchni asfaltowej. Temperatura powietrza w czasie wykonywanych prób wynosiła ok. 15°C. Motocykl był rozpędzany do prędkości około 60 km/h (według wskazań prędkościomierza), następnie prędkość była stabilizowana, a po przejechaniu wyznaczonego punktu intensywnie hamowany. Badania drogowe zostały podzielone na dwie serie. Pierwsza seria obejmowała pomiary z wyłączonym układem ABS. Wykonano po pięć prób dla trzech możliwych sposobów wykorzystania układu hamulcowego motocykla tj. hamowania samym hamulcem przednim, hamowania samym hamulcem tylnym i obydwooma hamulcami jednocześnie. Drugą serię pomiarów wykonano przy włączonym układzie ABS również dla trzech możliwych sposobów wykorzystania układu hamulcowego motocykla. Podczas przeprowadzonych badań motocyklem kierował doświadczony zawodnik i instruktor sportów motocyklowych. Podczas każdej próby mierzono długość drogi hamowania. Przy wyłączonym układzie ABS hamowanie motocykla następowało na granicy blokowania koła hamowanego lub kół hamowanych.

## 2. Obiekt badań

Serię prób ekstremalnego hamowania wykonano motocyklem BMW F650 GS, rok produkcji 2003 (rys. 1 i rys. 2). Masa motocykla w stanie gotowym do badań z kierowcą wynosiła ok. 270 kg. Założone były opony szosowe o zalecanym przez producenta ciśnieniu powietrza. Wymiary: długość 2280 mm, szerokość 890 mm, wysokość 1240 mm. Pojemność skokowa silnika 652 cm<sup>3</sup> i moc maksymalna 37 kW przy 6500 obr/min. Motocykl fabrycznie wyposażony w układ ABS BMW Motorrad, który można było włączyć lub wyłączyć przyciskiem znajdującym się przy kierownicy. Hamulec przedniego koła uruchamiany pompą hamulcową umieszczoną na kierownicy. Z przodu zamontowana została pojedyncza tarcza hamulcowa o średnicy 300 mm oraz pływający zacisk dwutłoczkowy (rys.3). natomiast układ hamulcowy tylnego koła wyposażony został w tarczę hamulcową o średnicy 265 mm i pływający zacisk jednołoczkowy. Pompa hamulcowa umieszczona została pionowo przy prawym podnóżku.



Rys. 1. Motocykl BMW F650 GS użyty w badaniach



Rys. 2. Użyty w badaniach motocykl BMW F650 GS wraz z doświadczonym kierowcą podczas próby hamowania



Rys. 3. Widok układu hamulcowego przedniego koła motocykla BMW F650 GS z układem ABS

## 3. Wzory obliczeniowe

Długość drogi potrzebnej do zatrzymania motocykla oblicza się według wzoru [1]:

$$S_Z = S_R + S_H = V_o \cdot (t_r + \frac{t_n}{2}) + \frac{V_o^2}{2 \cdot a} [m] \quad (1)$$

Długość drogi hamowania oblicza się według wzoru [1]:

$$S_H = \frac{V_o^2}{2 \cdot a} [m] \quad (2)$$

gdzie:

- $S_Z$  [m] - długość drogi zatrzymania,
- $S_R$  [m] - droga przebyta w czasie reakcji kierowcy,
- $S_H$  [m] - długość drogi hamowania,
- $V_o$  [m/s] - prędkość początkowa pojazdu,
- $t_r$  [s] - czas reakcji kierowcy,
- $t_n$  [s] - czas narastania opóźnienia,
- $a$  [m/s<sup>2</sup>] - średnie pełne opóźnienie hamowania.

## 4. Wyniki badań

Pomiary długości drogi hamowania wykonano dla prędkości motocykla ok. 60 km/h (16,67 m/s).

### Hamowanie kołem tylnym bez układu ABS

W tabeli 1 zestawiono uzyskane wyniki pomiaru drogi hamowania i obliczonego, średniego opóźnienia hamowania motocykla przy intensywnym hamowaniu tylko kołem tylnym bez włączonego układu ABS.

**Tabela 1.** Hamowanie kołem tylnym bez układu ABS

Nr próby	ABS	a [m/s <sup>2</sup> ]	S <sub>H</sub> [m]
1	Nie	5,0	27,8
2	Nie	4,6	30,5
3	Nie	4,7	29,6
4	Nie	4,6	30,1
5	Nie	4,8	28,9
<b>średnia</b>	<b>Nie</b>	<b>4,7</b>	<b>29,4</b>

### Hamowanie kołem przednim bez układu ABS

W tabeli 2 zestawiono uzyskane wyniki pomiaru drogi hamowania i obliczonego średniego opóźnienia hamowania motocykla przy intensywnym hamowaniu tylko przednim kołem bez włączonego układu ABS.

**Tabela 2.** Hamowanie kołem przednim bez układu ABS

Nr próby	ABS	a [m/s <sup>2</sup> ]	S <sub>H</sub> [m]
6	Nie	9,8	14,1
7	Nie	9,7	14,3
8	Nie	9,7	14,3
9	Nie	10,0	13,9
10	Nie	9,8	14,2
<b>średnia</b>	<b>Nie</b>	<b>9,8</b>	<b>14,2</b>

### Hamowanie kołem przednim i tylnym bez układu ABS

W tabeli 3 zestawiono uzyskane wyniki pomiaru drogi hamowania i obliczonego średniego opóźnienia hamowania motocykla przy

intensywnym hamowaniu przednim i tylnym kołem bez włączonego układu ABS.

**Tabela 3.** Hamowanie kołem przednim i tylnym bez układu ABS

Nr próby	ABS	a [m/s <sup>2</sup> ]	S <sub>H</sub> [m]
11	Nie	10,5	13,3
12	Nie	10,5	13,2
13	Nie	10,8	12,9
14	Nie	10,6	13,1
15	Nie	10,6	13,3
<b>średnia</b>	<b>Nie</b>	<b>10,6</b>	<b>13,2</b>

### Hamowanie kołem tylnym z układem ABS

W tabeli 4 zestawiono uzyskane wyniki pomiaru drogi hamowania i obliczonego średniego opóźnienia hamowania motocykla przy intensywnym hamowaniu tylko kołem tylnym z włączonym układem ABS.

**Tabela 4.** Hamowanie kołem tylnym z układem ABS

Nr próby	ABS	a [m/s <sup>2</sup> ]	S <sub>H</sub> [m]
16	Tak	4,5	31,1
17	Tak	4,8	29,1
18	Tak	4,8	28,9
19	Tak	4,6	30,5
20	Tak	4,7	29,7
<b>średnia</b>	<b>Tak</b>	<b>4,7</b>	<b>29,9</b>

### Hamowanie kołem przednim z układem ABS

W tabeli 5 zestawiono uzyskane wyniki pomiaru drogi hamowania i obliczonego średniego opóźnienia hamowania motocykla przy intensywnym hamowaniu tylko kołem tylnym z włączonym układem ABS.

**Tabela 5.** Hamowanie kołem przednim z układem ABS

Nr próby	ABS	a [m/s <sup>2</sup> ]	S <sub>H</sub> [m]
21	Tak	7,3	19,0
22	Tak	7,4	18,7
23	Tak	7,7	18,2
24	Tak	7,4	18,9
25	Tak	7,6	18,4
<b>średnia</b>	<b>Tak</b>	<b>7,5</b>	<b>18,6</b>

### Hamowanie kołem przednim i tylnym z układem ABS

W tabeli 6 zestawiono uzyskane wyniki pomiaru drogi hamowania i obliczonego, średniego opóźnienia hamowania motocykla przy intensywnym hamowaniu kołem przednim i tylnym z włączonym układem ABS.

**Tabela 6.** Hamowanie kołem przednim i tylnym z układem ABS

Nr próby	ABS	a [m/s <sup>2</sup> ]	S <sub>H</sub> [m]
26	Tak	9,6	14,5
27	Tak	9,3	14,9
28	Tak	9,1	15,3
29	Tak	9,6	14,5
30	Tak	9,2	15,1
<b>średnia</b>	<b>Tak</b>	<b>9,3</b>	<b>14,9</b>

Porównanie średniej drogi hamowania i średniego opóźnienia hamowania motocykla dla włączonego i wyłączanego układu ABS w zależności od urzytego hamulca (hamulców) przedstawiono w tabeli 7.

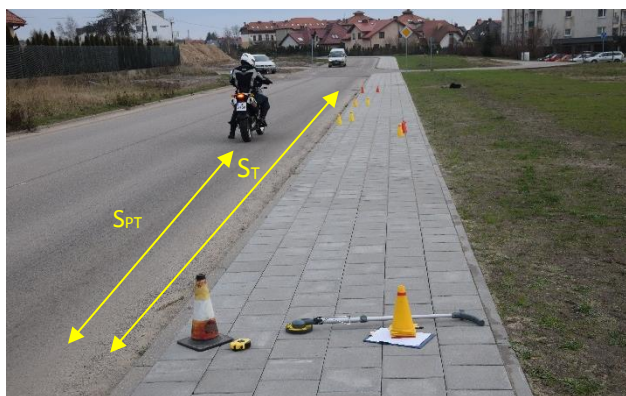
**Tabela 7.** Średnia droga hamowania i średnie opóźnienie hamowania motocykla przy włączonym i wyłączonym układzie ABS

Hamulec	ABS	a [m/s <sup>2</sup> ]	S <sub>H</sub> [m]
Tylny	Nie	4,7	29,4
Przedni	Nie	9,8	14,3
<b>Przedni i tylny</b>	<b>Nie</b>	<b>10,5</b>	<b>13,6</b>
Tylny	Tak	4,7	29,9
Przedni	Tak	7,5	18,6
<b>Przedni i tylny</b>	<b>Tak</b>	<b>9,3</b>	<b>14,9</b>

Na rys. 4 i 5 przedstawiono orientacyjne drogi hamowania motocykla BMW przy intensywnym hamowaniu samym hamulcem tylnym (S<sub>T</sub>) i obydwo hamulcami łącznie (S<sub>P</sub>T).



**Rys. 4** Widok drogi intensywnego hamowania motocykla.



**Rys. 5.** Widok drogi na której wykonywano pomiary

## Podsumowanie

- Wynik badań przedstawiono w powyższych tabelach.
- Próby intensywnego hamowania przeprowadzono na jezdni asfaltowej, poziomej, suchej w dobrych warunkach atmosferycznych.
- Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że droga hamowania przy użyciu hamulca koła przedniego, tylnego i obydwu jednocześnie była krótsza dla badania przeprowadzonego przy wyłączonym układzie ABS. Duże znaczenie odegrało tu doświadczenie kierowcy motocykla, który hamował na granicy poślizgu.
- Podczas hamowania z włączonym układem ABS motocyklista cały czas musiał naciskać na dźwignię, ponieważ hamowanie pulsacyjne spowodowałoby błędne pomiary.
- Droga hamowania jest drogą przebytą przez pojazd od momentu, gdy kierowca zaczyna uruchamiać sterowanie układu hamulcowego, aż do chwili, gdy pojazd zatrzyma się.
- Na jezdni o mniejszym współczynniku przyczepności wyniki pomiaru długości drogi hamowania oraz opóźnienia hamowania będą najprawdopodobniej zupełnie inne. Będzie to przedmiotem dalszych badań.
- Przy awaryjnym hamowaniu motocyklem zawsze należy korzystać z przedniego i tylnego hamulca. Głównie należy skoncentrować się na przednim hamulcu gdyż to on zapewnia większą siłę hamowania. Ale nie można dopuścić do jego zablokowania ponieważ może to zakończyć się upadkiem.

## Bibliografia

1. Unarski J., Zębała J. Zbiór podstawowych wzorów i równań stosowanych w analizie wypadków drogowych. Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 2006.

## Autorzy:

Mgr inż. **Marcin Witkiewicz** - Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny

Mgr inż. **Mirosław Owczarz** - Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny

Dr hab. inż. Prof. nadzwyczajny PG **Stanisław Taryma** - Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny

## A comparative analysis of a braking distance of a motorcycle with an on and off ABS

The article presents the results of measuring the braking distance of a motorcycle using a front wheel brake, a rear wheel brake and a combination of both these brakes.

Attempts of an intensive braking of a motorcycle were carried out on dry asphalt surface with both on and off ABS.

Based on the measured braking distance, the mean deceleration time was calculated.

**Key words:** Braking distance, motorcycle braking