



MARTA WASILEWSKA

Politechnika Białostocka
marta.wasilewska@pb.edu.pl
ORCID: 0000-0001-6834-5206



DOMINIK GRZYB

Politechnika Białostocka
dgrzyb3@wp.pl
ORCID: 0000-0002-4001-3119

Ocena właściwości przeciwpoślizgowych z wykorzystaniem urządzenia T2Go na przykładzie dróg gminnych o nawierzchni betonowej

Jedną z cech techniczno-eksplatacyjnych, która odgrywa istotną rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa na drodze, są właściwości przeciwpoślizgowe. Zapobiegają one zjawisku aquaplaningu, a tym samym determinują długość drogi hamowania pojazdów i bezpieczne wykonywanie manewrów [1, 16]. Są one definiowane jako zdolność do wytwarzania siły tarcia między oponą pojazdu, a powierzchnią nawierzchni w warunkach wzajemnego poślizgu określonej zgodnie z daną metodą pomiarową [2, 12, 17]. Miarą właściwości przeciwpoślizgowych jest współczynnik

tarcia, który może być wyznaczony za pomocą urządzeń dynamicznych lub przerośnych, zgodnie z procedurą pomiarową związaną z określonym rodzajem sprzętu.

Z uwagi na zamocowanie koła pomiarowego oraz stopień jego poślizgu została ustalona klasyfikacja, która wyróżnia dwie grupy urządzeń związanych z pomiarem wzdłużnych sił tarcia (z ang. *longitudinal friction measurement*) i bocznych sił tarcia (z ang. *side-force measurement*). W przypadku pierwszej z nich dodatkowo rozróżnia się urządzenia:

- z niskim stopniem poślizgu w zakresie 15–25%, bliskim maksymalnej wartości współczynnika tarcia (z ang. *longitudinal force measurement with low slip ratios (15–25%) close to peak friction*);
- z wysokim stopniem poślizgu powyżej 60% (z ang. *longitudinal force measurement with high slip ratios (over 60%)*) [17].

Najczęściej wykorzystywane do monitorowania właściwości przeciwpoślizgowych na sieci drogowej w większości krajów europejskich są urządzenia dynamiczne. Jednak do każdej grupy można zaklasyfikować od kilku do kilkudziesięciu różnych rodzajów urządzeń, produkowanych przez różnych producentów na świecie. Różnią się one dodatkowo obciążeniem koła pomiarowego, rodzajem opony oraz ilością wody dozowanej pod koło. Te szczegóły konstrukcyjne utrudniają porównywanie otrzymanych wyników [7, 12, 13]. Od kilkudziesięciu lat są prowadzone prace nad harmonizacją metod pomiarowych. Podstawą do korzystania ze wspólnej skali (z ang. *Common Scale*), opracowanej w ramach międzynarodowego, europejskiego projektu ROSANNE (*Rolling resistance, Skid resistance, And Noise*

Emission measurement standards for road surfaces) realizowanego w latach 2013–2016, będzie posiadanie urządzenia z europejską specyfikacją techniczną [17, 18]. W Polsce jedynie Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad (Oddział w Opolu i Krakowie) posiada dwa urządzenia dynamiczne tego typu (ViaFriction norweskiej firmy ViaTech), które spełniają ten warunek.

Jednak istnieją elementy dróg, na których pomiar urządzeniem dynamicznym jest bardzo trudny, a czasami niemożliwy. Są to na przykład obszary skrzyżowań drogowych, gdzie można wykorzystać przerośne urządzenia stacjonarne. Najbardziej popularnymi urządzeniami tego typu są wahadło angielskie oraz urządzenie DFT (*Dynamic Friction Tester*) [7, 10], które umożliwiają pomiar punktowy. Stosunkową nową grupą urządzeń do oceny właściwości przeciwpoślizgowych są urządzenia określone jako przerośne o bardzo niskim stopniu poślizgu (z ang. *devices with longitudinal very low slip ration*). Podobnie jak przy urządzeniach stacjonarnych, wymagane jest zamknięcie pasa drogowego, gdzie osoba prowadząca urządzenie musi poruszać się ze stałą prędkością. Wówczas urządzenie rejestruje współczynnik tarcia w sposób ciągły. Pewną niedogodnością pomiarów jest zapewnienie równomiernego podania stałej ilości wody pod koło pomiarowe. Jedne z bardziej popularnych urządzeń tego typu to: T2GO szwedzkiej firmy SARSYS-ASFT, micro GripTester produkowane przez brytyjską firmę Findlay Irvine Ltd. lub PFT (*Portable Friction Tester*) również produkowane przez firmę ze Szwecji – Coralba. Należy zaznaczyć, że urządzenia tego typu są popularnie stosowane do monitorowania stanu właściwości przeciwpoślizgowych obszarów przeznaczonych dla pieszych [8].

W Polsce monitoring właściwości przeciwpoślizgowych w okresie użytkowania nawierzchni jest wykonywany rocznie na około 1/3 długości sieci dróg krajowych oraz części sieci dróg wojewódzkich niektórych województw. Do tego celu wykorzystuje się urządzenie SRT-3 opracowane w latach 70 XX w., które rejestruje współczynnik tarcia z pełną blokadą koła pomiarowego [3]. W Europie tylko w Polsce do oceny jakości nawierzchni drogowych pod kątem ich właściwości przeciwpoślizgowych używa się urządzenia z pełną blokadą koła pomiarowego. Zostały one wycofane głównie z uwagi na niską wydajność pomiarową, gdyż nie umożliwiają wykonania pomiarów współczynnika tarcia w sposób ciągły, a jedynie punktowy [10, 17, 20]. Dodatkowo urządzenia, które określają współczynnik tarcia w zakresie poślizgu 15 do 25%, odzwierciedlają warunki hamowania pojazdów wyposażonych w system ABS. W Europie wykorzystuje się

urządzenia działające na zasadzie pomiaru bocznych sił tarcia lub/i wzdłużnych siły tarcia przy niskim stopniu poślizgu [12]. Obie te grupy są bardzo często w literaturze określane mianem rodziny urządzeń do ciągłego pomiaru tarcia (z ang. *Continuous Friction Measuring Equipment (CFME)*) [7, 13].

Polityka związana z oceną właściwości przeciwpoślizgowych w krajach europejskich jest różna. Większość prowadzi systematyczny monitoring stanu właściwości przeciwpoślizgowych, jednak są nim objęte tylko najważniejsze drogi w danym kraju. Ma to związek z ograniczoną liczbą urządzeń oraz kosztami ich zakupu i utrzymania. W krajach takich jak Wielka Brytania, Szwecja i Norwegia pomiary są wykonywane na większości nawierzchni dróg ogólnodostępnych. Dodatkowo w krajach skandynawskich wykonuje się ocenę właściwości przeciwpoślizgowych również w warunkach zimowych. Między innymi takie działania mają swoje odzwierciedlenie we wskaźnikach wypadków. To w tych krajach w Europie ryzyko bycia ofiarą śmiertelną jest około dwukrotnie niższe niż w Polsce. W raportach opracowanych przez TRL (*Transport Research Laboratory, UK*) podkreśla się, że szczególne znaczenie ma monitoring właściwości przeciwpoślizgowych na odcinkach dróg o znacznym pochyleniu podłużnym (powyżej 6%) oraz znacznej krętości, gdzie przeważają łuki poziome o promieniu mniejszym niż 250 m. Identyfikacja takich niebezpiecznych miejsc, które potencjalnie mogą być przyczyną poślizgu pojazdu i podejmowanie właściwych zabiegów utrzymaniowych, istotnie minimalizują ryzyko wystąpienia wypadków oraz ich wpływu na życie i zdrowie użytkowników dróg. Są to głównie drogi niższych klas technicznych [19].

Artykuł ma na celu przedstawienie możliwości zastosowania przenośnego urządzenia T2GO w celu porównania właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni betonowych dróg gminnych, teksturowanych różnymi technikami.

Program badań

Celem badań była ocena właściwości przeciwpoślizgowych na podstawie pomiarów urządzeniem przenośnym T2GO na wybranych odcinkach dróg gminnych wykonanych z betonu cementowego. Zakres badań obejmował pomiary:

- współczynnika tarcia μ za pomocą urządzenia T2Go;
- wartości *PTV* (*Pendulum Tester Value*) za pomocą waha-

dła angielskiego, zgodnie z normą PN-EN 13036-4 *Drogi samochodowe i lotniskowe – Metody badań – Część 4: Metoda pomiaru oporów poślizgu/poślizgnięcia na powierzchni: Próba wahadła,*

- średniej głębokości makrotekstury *MTD* (*Mean Texture Depth*), zgodnie z normą PN-EN 13036-1 *Cechy powierzchniowe nawierzchni drogowych i lotniskowych – Metody badań – Część 1: Pomiar głębokości makrotekstury metodą objętościową.*

Pomiary poszczególnych parametrów były wykonane w tym samym dniu (22.X.2019 r.) przy temperaturze powietrza 15–17°C.

Do badań wybrano cztery odcinki dróg gminnych, których górna warstwa nawierzchni jest wykonana z betonu cementowego. Różnią się one techniką teksturowania oraz okresem użytkowania:

- odcinek testowy OT-1 met. teksturowania nawierzchni – przeciąganie w kierunku podłużnym szczotką, rok wykonania 2019,
- odcinek testowy OT-2 met. teksturowania nawierzchni – przeciąganie w kierunku podłużnym szczotką, rok wykonania 2019,
- odcinek testowy OT-3 met. teksturowania nawierzchni – przeciąganie w kierunku podłużnym tkaniną jutową, rok wykonania 2018,
- odcinek testowy OT-4 met. teksturowania – zacieranie na gładko, rok wykonania 2017.

Długość odcinków pomiarowych OT-1, OT-3 i OT-4 wynosiła 1000 m, a OT-2 – 700 m.

Na fotografii 1 przedstawiono powierzchnię nawierzchni na poszczególnych odcinkach.

Opis procedur pomiarowych

Aparat T2Go mierzy współczynnik tarcia w sposób ciągły, przy stałym 20% poślizgu koła pomiarowego. Opona nie jest gładka jak w urządzeniach dynamicznych, tylko ma bieżnik [7, 8]. Urządzenie składa się z korpusu, gdzie znajdują się: komputer z systemem GPS oraz czujniki pomiarowe (fot. 2). W zestawie jest tablet, który służy do połączenia się z komputerem za pomocą modułu Bluetooth. Tablet posiada oprogramowanie służące do odczytywania oraz zarządzania danymi. Przed rozpoczęciem pomiarów należy wykonać kalibrację zgodnie z wytycznymi producenta [2].

Fot. 1.
Widok powierzchni nawierzchni poszczególnych odcinków testowych:
1) OT-1,
2) OT-2,
3) OT-3,
4) OT-4
(fot. M. Wasilewska)





Fot. 2. Urządzenie T2Go (fot. D. Grzyb)

Pomiary współczynnika tarcia μ odbywały się po zwilżonej powierzchni, prowadząc urządzenie ze stałą prędkością $0,7 \text{ m/s} \pm 0,3 \text{ m/s}$. Ważne jest, aby zachować odpowiedni kąt nachylenia uchwytu sterującego urządzenia. W przypadku przekroczenia kąta oraz prędkości pomiarowej, włącza się sygnał dźwiękowy. Wyniki są agregowane jako średnie wartości współczynnika tarcia z odcinków o długości $0,1 \text{ m}$. Pomiary wykonano w prawym śladzie pasa ruchu, wykonując trzy powtórzenia (fot. 3).



Fot. 3. Pomiar współczynnika tarcia urządzeniem T2Go na odcinku testowym (fot. M. Wasilewska)

Pomiary wahadłem angielskim zostały przeprowadzone zgodnie z PN-EN 13036-4 [14] (fot. 4). Wartość PTV jest określona na podstawie pomiaru tarcia pomiędzy krawędzią ślizgacza urządzenia wahadłowego, a testowaną powierzchnią przy długości przesuwu ślizgu ślizgacza gumowego równej $126 \pm 2 \text{ mm}$. Powierzchnię nawierzchni i ślizgacz wahała zwilżano wodą, a następnie zwolniono ramię wahała. Wartości V_i odczytano z „dużej” skali wahała. Czynność

tę powtórzono 5 razy. Wartość PTV obliczono na podstawie wzoru (1):

$$PTV = \frac{\sum V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5}{5} \quad (1)$$

gdzie: V_i – wartość odczytana ze skali wahała.



Fot. 4. Pomiar PTV wahadłem angielskim (fot. M. Wasilewska)

Ocenę makrotekstury wykonywano zgodnie z PN-EN 13036-1 [15] wyznaczając parametr średniej głębokości tekstury MTD (*Mean Texture Depth*). Za pomocą specjalnego naczynia o objętości $25\,000 \text{ mm}^3$ odmierzone kulki szklane o wymiarze $0,18/0,25 \text{ mm}$. Następnie za pomocą krążka rozprowadzono je na suchej i czystej nawierzchni w taki sposób, aby utworzyły koło, wypełniając całkowicie przestrzeń wynikającą z nierówności powierzchni. Czynność tę powtórzono cztery razy. Na podstawie pomiaru średnicy koła obliczono wartość MTD ze wzoru (2).

$$MTD = 4V / \pi D^2 \quad (2)$$

gdzie:

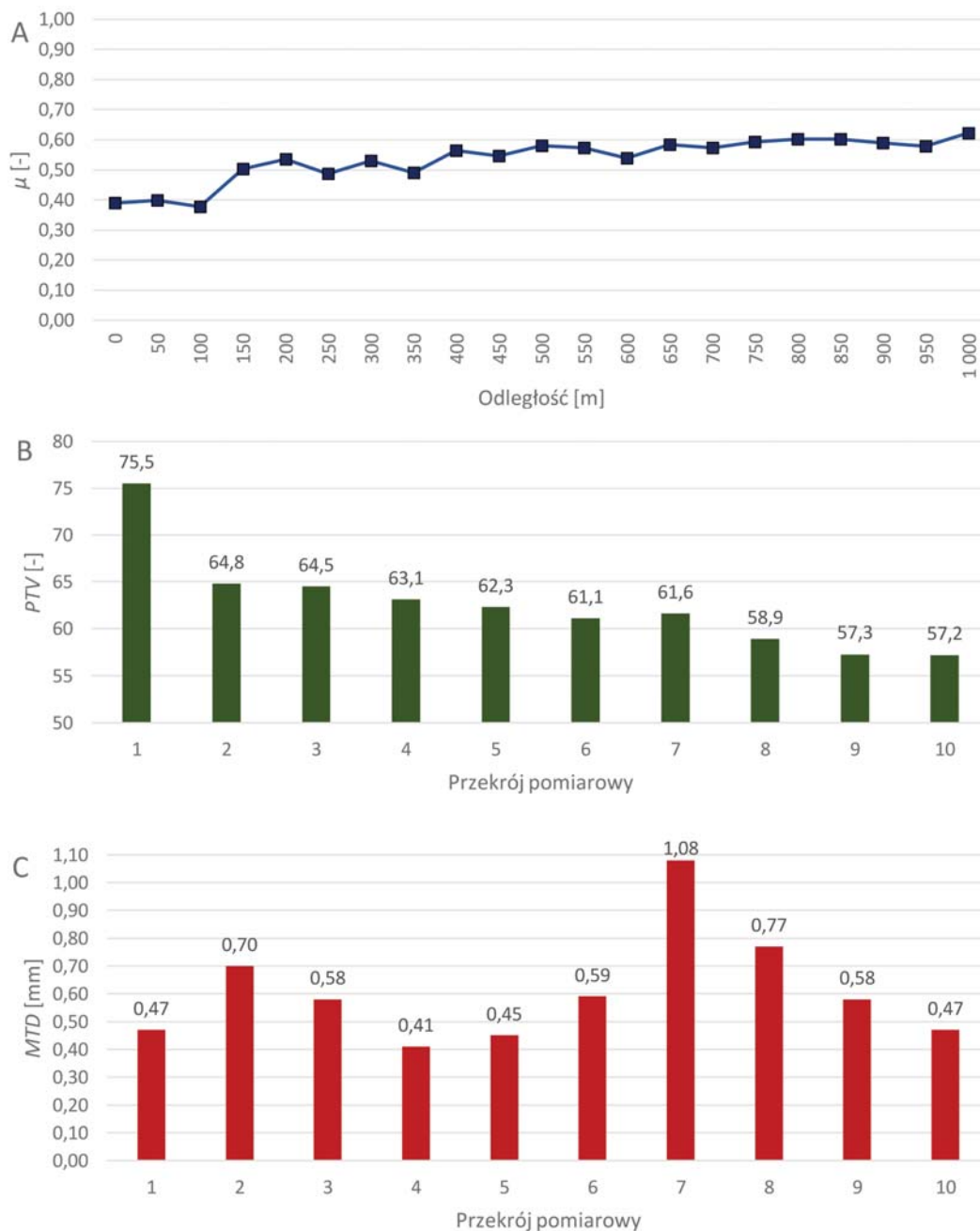
V – objętość kulek szklanych [mm^3];

D – średnia wartość średnicy z obliczona z czterech kół [mm].

W każdym z przekrojów pomiarowych zlokalizowanych co 100 m w prawym śladzie pasa ruchu, wykonano po trzy powtórzenia pomiarów wartości PTV i MTD . Z uwagi na długość odcinka OT-2 wynoszącą 700 m , przekroje pomiarowe były rozmieszczone co 70 m .

Wyniki i ich analiza

Na rysunkach od 1 do 4 przedstawiono średnie wartości poszczególnych parametrów w danych przekrojach pomiarowych na odcinkach testowych. W przypadku wyników otrzymanych urządzeniem T2Go obliczono średnie wartości współczynników tarcia otrzymane z pięciu średnich



Rys. 1. Wyniki pomiarów na odcinku OT-1 A) współczynnik tarcia μ , B) wartość PTV, C) parametr MTD

wartości współczynnika tarcia agregowanych z odcinków o długości 0,1 m.

Największą zmiennością zarejestrowanych wyników zarówno przy współczynniku tarcia μ , PTV, jak i MTD charakteryzuje się nawierzchnia na OT-1. W przypadku wartości otrzymanych na podstawie pomiarów urządzeniem T2Go, zauważono znaczny spadek współczynnika tarcia μ na odcinku od 0 do 120 m. Wynika to z zabrudzeń powierzchni, które zostały tam naniesione przez maszyny rolnicze poruszające się między polami uprawnymi. Zanieczyszczenia istotnie obniżają przyczepność opony samochodowej do nawierzchni, tym samym zwiększając ryzyko poślizgu. Taki stan nawierzchni stwarza szczególne niebezpieczeństwo podczas opadów deszczu, kiedy zanieczyszczenia nie zostaną dokładnie zmyte z powierzchni [1, 9]. Współczyn-

nik tarcia na odcinkach z zabrudzeniami wynosiły nawet 0,07. Natomiast wartości PTV na tym obszarze były wysokie. Ma to związek z tym, że pomiar waha-dłem angielskim umożliwia pomiar punktowy na powierzchni około 100 cm², który został starannie oczyszczony.

W przypadku parametru MTD na odcinku OT-1, zauważono znaczny rozrzut w wynikach od 0,41 mm do 1,08 mm. Ma to związek z metodą teksturowania górnej warstwy nawierzchni przy użyciu szczotek w świeżej mieszance betonowej.

Podczas hamowania lub rozpędu, na styku bieżnika opony i powierzchni nawierzchni występują większe siły tarcia niż podczas toczenia się opon samochodowych przy stałej prędkości [1]. Wytracanie lub zwiększanie prędkości są typowe w obszarach skrzyżowań, przejść dla pieszych, łukach poziomych, odcinkach włączy do ruchu. W konsekwencji obserwuje się tam spadek współczynnika tarcia w wyniku intensywności zjawiska polerowania w tych miejscach [5]. Odnotowano to na nawierzchni OT-2 na odcinku między 200 a 300 metrem. Wynika to z umiejscowienia łuku poziomego

o zwrocie w lewo oraz skrzyżowania na tym odcinku (rys. 5 (1)). Spadek wartości również zauważono analizując wyniki pomiarów waha-dłem angielskim. Zarejestrowano go w przekrojach 3, 4 i 5 w stosunku do wartości otrzymanych w przekrojach 2 i 6. Podobną tendencję zmian współczynnika tarcia zaobserwowano pomiędzy 500 a 650 metrem w przekrojach nr 8 i 9. Wynika to z umiejscowienia w tym miejscu łuku poziomego o zwrocie w prawo (rys. 5, punkt 2).

W przypadku oceny makrotekstury, podobnie jak na odcinku OT-1, zauważono istotny rozrzut parametru MTD od 0,50 mm do 0,98 mm. Jest to porównywalny poziom jak na nawierzchni OT-1. Zarówno OT-1, jak i OT-2 były teksturowane tą samą techniką oraz odznaczają się tym samym okresem użytkowania.



Rys. 2. Wyniki pomiarów na odcinku OT-2 A) współczynnik tarcia μ , B) wartość PTV, C) parametr MTD

Podobne zmiany właściwości przeciwpoślizgowych w obszarze łuków kołowych, zarejestrowane przez urządzenie T2Go odnotowano na odcinku OT-3 (rys. 5) pomiędzy 700 a 800 metrem. Różnice otrzymano również w przypadku

Tabela 1. Statystyki opisowe obliczone na pomiarów współczynnika tarcia μ na poszczególnych odcinkach testowych

Odcinek	$\bar{\mu}$ [-]	STD [-]	MIN [-]	MAX [-]	V [%]
OT-1	0,56	0,078	0,07	0,86	14,0
OT-2	0,63	0,058	0,16	0,83	9,2
OT-3	0,61	0,048	0,17	0,82	7,8
OT-4	0,55	0,056	0,13	0,73	10,0

statystyki opisowe (średnia, odchylenie standardowe STD, minimum MIN, maksimum MAX, współczynnik zmienności V) obliczone na podstawie pomiarów współczynnika tarcia μ , PTV oraz parametru MTD.

Tabela 2. Statystyki opisowe obliczone na podstawie pomiarów PTV na poszczególnych odcinkach testowych

Odcinek	PTV [-]	STD [-]	MIN [-]	MAX [-]	V [%]
OT-1	62,6	5,26	57,2	75,5	8,4
OT-2	70,3	2,02	67,9	73,8	2,9
OT-3	65,8	1,99	61,9	69,2	3,0
OT-4	60,6	3,78	54,7	65,6	6,2

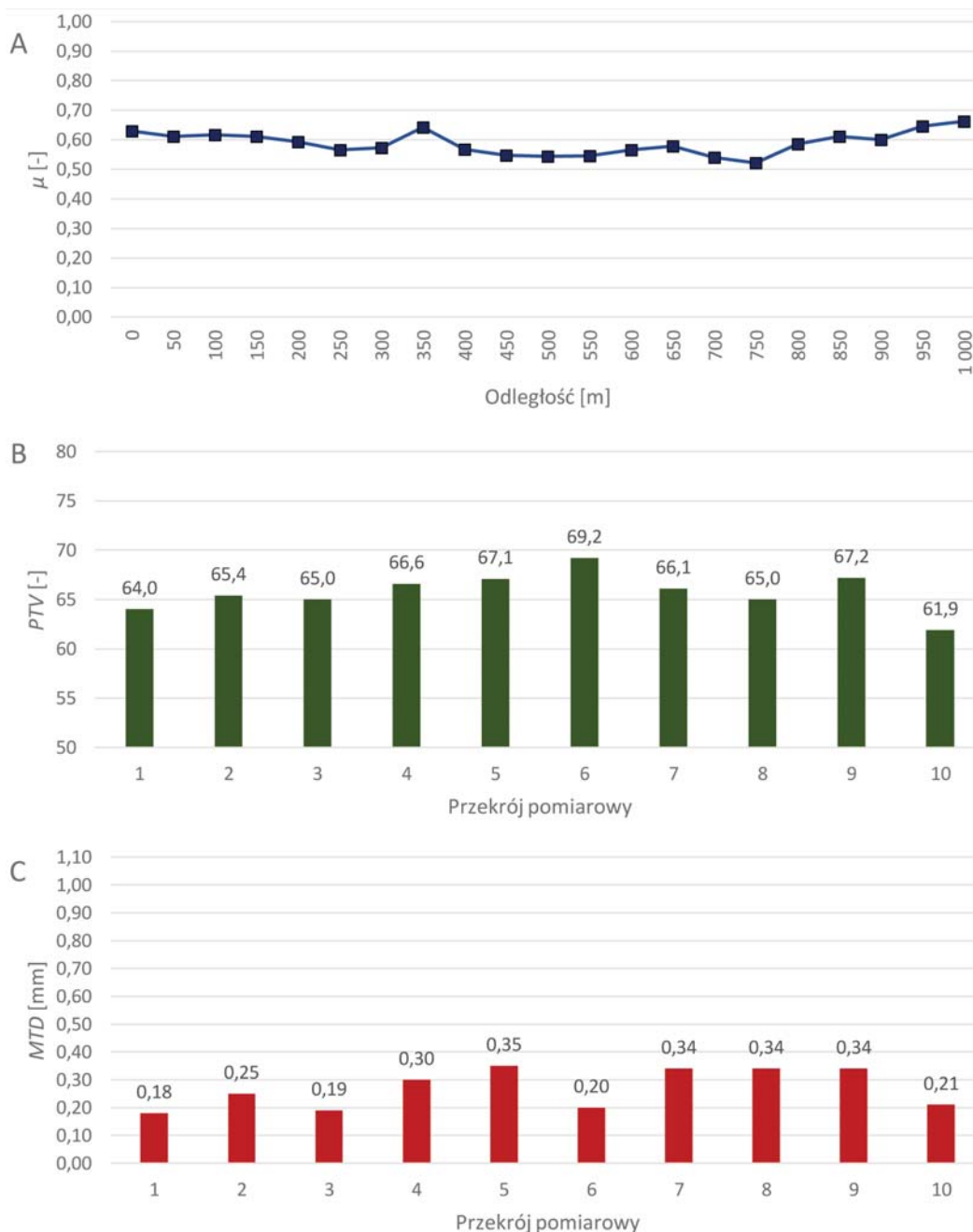
wyników PTV w tych obszarach.

Nawierzchnia OT-3 była teksturowana za pomocą ciągnięcia tkaniny jutowej po świeżej mieszance betonowej. Wyniki badań dowodzą, że ta technika pozwala osiągnąć makroteksturę w zakresie wartości MTD od 0,18 mm do 0,35 mm po okresie około 1,5 roku użytkowania.

Natomiast na odcinku OT-4 zarejestrowano niższe wartości współczynnika tarcia μ na odcinkach od 150 do 300 metra i od 450 do 550 metra oraz wartości PTV w przekrojach 3 i 5. Występują w tym obszarze zjazdy na prywatne posesje. Podobnie jak w obszarach łuków kołowych, tam również zachodzi wzrost intensywności hamowania lub napędu w związku z wyłączeniem lub włączaniem do ruchu.

Na odcinku OT-4 nie wykonano zabiegu teksturowania. Powierzchnia świeżej mieszanki betonowej została wygładzona za pomocą wycieraczki mechanicznej. W związku z tym makronierówności, które charakteryzują się wartościami MTD od 0,13 mm do 0,33 mm powstały na skutek oddziaływania ruchu samochodowego w okresie użytkowania nawierzchni.

W tabelach od 1 do 3 zestawiono podstawowe



Rys. 3. Wyniki pomiarów na odcinku OT-3 A) współczynnik tarcia μ , B) wartość PTV, C) parametr MTD

Na średnią wartość współczynnika tarcia na odcinku OT-1 miały wpływ zanieczyszczenia. Natomiast najniższe wartości otrzymane na OT-4 wynikają zarówno z najdłuższego okresu użytkowania tego odcinka oraz braku wykonania teksturo-

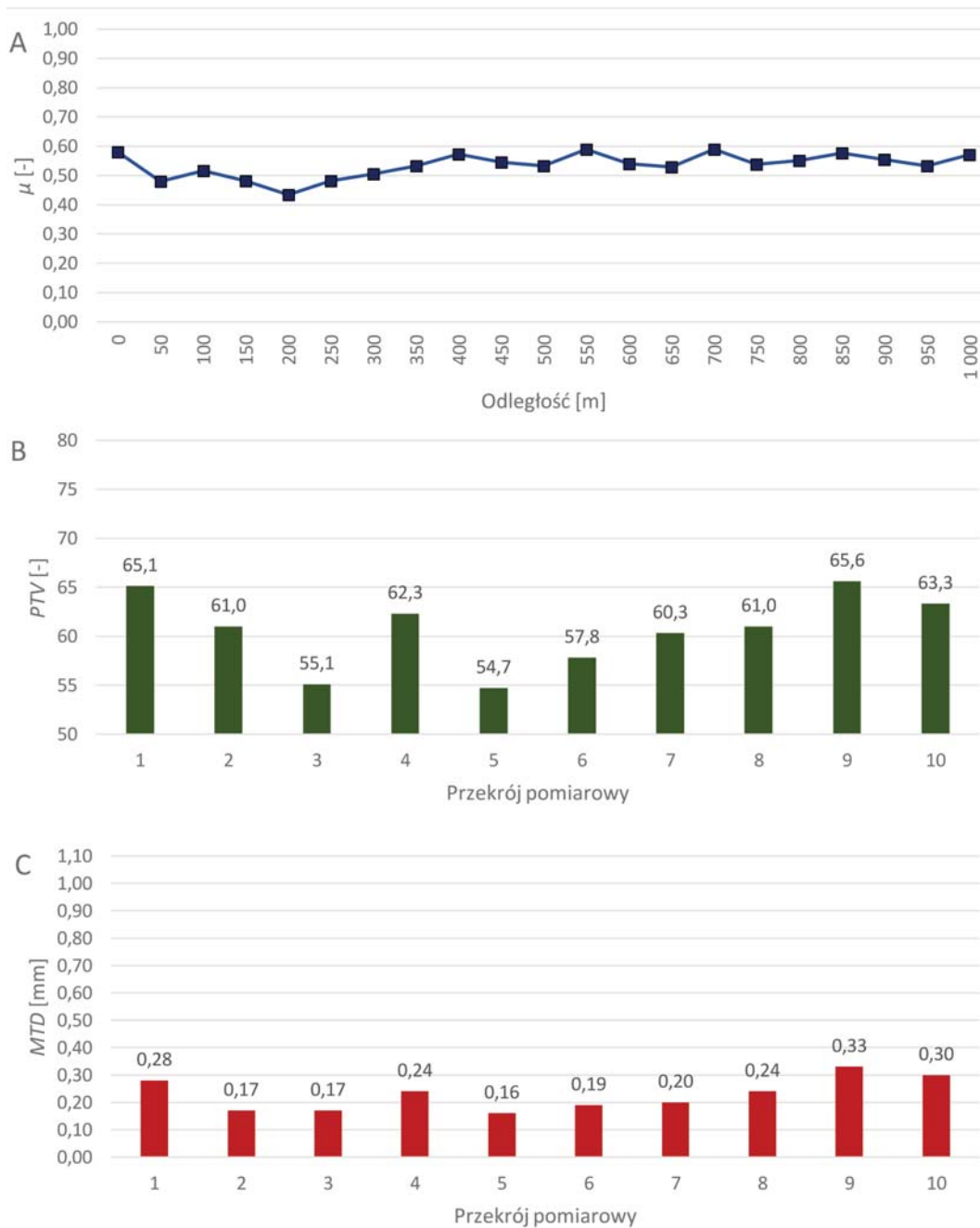
Tabela 3. Statystyki opisowe obliczone na podstawie pomiarów parametru MTD na poszczególnych odcinkach testowych

Odcinek	\overline{MTD} [mm]	STD [mm]	MIN [mm]	MAX [mm]	V [%]
OT-1	0,61	0,200	0,41	1,08	32,9
OT-2	0,73	0,149	0,50	0,98	20,3
OT-3	0,27	0,071	0,18	0,35	26,3
OT-4	0,23	0,060	0,16	0,33	26,2

do 5,0 mm jest związana ze składem mieszanki mineralno-asfaltowej warstwy ścieralnej lub techniką teksturowania nawierzchni betonowej. Natomiast mikrotekstura o długości fal poniżej 0,5 mm zależy od stanu wypolerowania wystających ziaren kruszywa grubego oraz ilości frakcji piaskowej w mieszance zastosowanej do górnej warstwy nawierzchni drogowej. Z uwagi na działania podejmowane na etapie ustalania technologii wykonania nawierzchni, wyboru materiałów drogowych itp. urządzenia, które są wykorzystywane do oceny właściwości przeciwoślizgowych, powinny być wrażliwe zarówno na zmiany w mikro-, jak i w makro-teksturze [7]. To jest między innymi jeden z powodów wycofania urządzeń dynamicznych mierzących współczynnik tarcia przy zablokowanym kole pomiarowym [12, 17, 20].

wania. Współczynnik tarcia μ na odcinku OT-3 jest zbliżony do wartości uzyskanej na odcinku OT-2. Podobnie jest w przypadku wyników otrzymanych wahadłem angielskim. Jednak te odcinki różnią się makroteksturą. Średnia wartość parametru MTD na odcinku OT-2 wynosi 0,73 mm, a na odcinku OT-2 wynosi 0,27 mm. Potwierdza to, że urządzenie T2Go podobnie jak wahadło angielskie jest wrażliwe tylko na zmiany w mikroteksturze [7, 12]. Wynika to z faktu, że te urządzenia pracują przy bardzo niskich prędkościach poślizgu na poziomie około 10 km/h [4]. Nawet jeśli koło pomiarowe w urządzeniu T2Go mierzy współczynnik tarcia przy 20% poślizgu koła, operator porusza się z niską prędkością. To sprawia, że warunki pomiaru z uwagi na prędkość poślizgu tych dwóch urządzeń są porównywalne [8].

Natomiast zarówno makrotekstura, jak i mikrotekstura są odpowiedzialne za zredukowanie i przerwanie filmu wodnego na styku opony i nawierzchni [6]. Tylko w takiej sytuacji może powstać sucha powierzchnia, na której generuje się siła tarcia [1]. Makrotekstura charakteryzowana przez nierówności w zakresie fal od 0,5 mm



Rys. 4. Wyniki pomiarów na odcinku OT-4 A) współczynnik tarcia μ , B) wartość PTV, C) parametr MTD



Rys. 5. Lokalizacja skrzyżowania i łuku poziomego o zwrocie w lewo (1) oraz łuku poziomego o zwrocie w prawo (2) na odcinku OT-2

Wykorzystując zarówno urządzenie T2Go, jak i wahadło angielskie należy mieć na uwadze, że kompleksową diagnostykę stanu nawierzchni pod względem właściwości przeciwpoślizgowych, zapewni uzupełnienie informacji o makroteksturze nawierzchni drogowej. W przeciwnym wypadku można dokonać błędnej oceny stanu nawierzchni.

Przeprowadzona ocena makrotekstury wykazała, że teksturowanie nawierzchni betonowych poprzez przeciąganie podłużne szczotką pozwoliło osiągnąć najwyższe wartości średniej głębokości tekstury, w przypadku OT-1 wynosi 0,61 mm, a OT-2 – 0,73 mm. Są to wartości wyższe niż są otrzymywane na warstwach ścieralnych wykonanych z betonu asfaltowego o maksymalnym uziarnieniu kruszywa 11 mm [20]. Jednak należy podkreślić, że ten sposób teksturowania charakteryzuje się znaczną niejednorodnością powierzchni. Świadczą o tym rozrzuty wyników. Te niejednorodności makrotekstury są wyraźnie widoczne na fotografii 5. Wynika to z techniki wykonania tego zabiegu na nawierzchni.

Makrotekstura powierzchni nawierzchni na odcinkach OT-3 i OT-4 są na tym samym poziomie. Pomimo że na nawierzchni OT-3 był wykonany zabieg teksturowania za pomocą tkaniny jutowej. Jednak po 1,5 roku użytkowania jej tekstura jest porównywalna z powierzchnią nawierzchni odcinka OT-4, która nie była poddana żadnemu zabiegowi teksturowania. Liczne prace dowodzą, że ten sposób teksturowania nawierzchni betonowych nie jest trwałym rozwiązaniem [11].



Fot. 5. Powierzchnia nawierzchni odcinka OT-2 (fot. M. Wasilewska)

Należy zaznaczyć, że na drogach gminy o znaczeniu lokalnym, zarządcy nie są w stanie zapobiec i wyeliminować zanieczyszczeń w postaci materiałów naniesionych głównie z pól i gospodarstw rolnych. Kierowcy powinni mieć świadomość, że stwarza to bardzo duże zagrożenie szczególnie na mokrych i wilgotnych nawierzchniach. Jednak bez opadów deszczu ich obecność też może przyczynić się do poślizgu pojazdu. Taki stan nawierzchni, na którym są zanieczyszczenia jest określany terminem „suchego lodu” [9].

Podsumowanie

W celu zminimalizowania ryzyka wystąpienia zdarzeń i wypadków drogowych na skutek poślizgu, ważne jest aby podejmować działania w kierunku monitorowania stanu właściwości przeciwpoślizgowych górnych warstw nawierzchni drogowych. W przypadku dróg o znaczeniu lokalnym do tego celu można wykorzystać urządzenia przenośne takie jak urządzenie T2Go lub wahadło angielskie.

Wahadło angielskie umożliwia jedynie wykonanie pomiaru punktowego. Natomiast dzięki urządzeniu T2Go jest możliwa rejestracja zmian współczynnika tarcia w sposób ciągły. Pozwala to na bardziej dokładną analizę właściwości przeciwpoślizgowych pod kątem ich zmienności na odcinku nawierzchni. Jednak wyniki otrzymane za pomocą tych urządzeń są wrażliwe na zmiany w mikroteksturze. Dlatego też w celu kompleksowej oceny właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni, należy uzupełniać je o pomiary parametrów opisujących makroteksturę.

Przeprowadzone badania wykazały, że dzięki zastosowaniu urządzeń przenośnych można przeprowadzić analizę porównawczą górnych warstw nawierzchni drogowych pod kątem ich właściwości przeciwpoślizgowych i określić najkorzystniejsze rozwiązanie.

Należy dodać, że urządzenie T2Go zostało zakupione w Polsce przez administrację drogową, instytuty naukowe oraz uczenie. Jednak nie były wykonane badania porównawcze, które pozwoliły określić poziom powtarzalności i odtwarzalności pozyskiwanych wyników. Wdrożenie tego urządzenia wymaga prowadzenia szerszego programu badawczego, który pozwoliłby dopracować procedurę pomiarową. Szczególnie ważne jest tu rozwiązanie dotyczące ilości dozowanej wody pod koło pomiarowe. Dodatkowo

bardzo istotną kwestią jest opracowanie wymagań wobec progowych wartości współczynników tarcia otrzymanych urządzeniem T2Go, które będą zweryfikowane na podstawie szczegółowych analiz bezpieczeństwa użytkowników.

Bibliografia

- [1] Andrzejewski R. Dynamika pneumatycznego koła jezdnego, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2020
- [2] ASFT Industries AB (2010) *Instrukcja obsługi przenośnego testera tarcia nawierzchni*, Szwecja
- [3] Bukowski L. Zagadnienia dotyczące współczynnika tarcia nawierzchni jezdni. *Drogownictwo* 10/2017
- [4] Chu, L., Guo, W., Fwa, T.F. Theoretical and practical engineering significance of British pendulum test. *Int. J. Pavement Eng.* 2020 DOI: 10.1080/10298436.2020.1726351
- [5] Chu L., Zhou B., Fwa T. F. Directional characteristics of traffic polishing effect on pavement skid resistance, *International Journal of Pavement Engineering*, 2021, DOI: 10.1080/10298436.2021.1874378
- [6] Do, M.-T.; Cerezo, V.; Yannick, B.; Kane, M. Influence of Thin Water Film on Skid Resistance. *J. Traffic Transp. Eng.* 2020, 2, 36–44
- [7] Hall J., Smith K., Titus-Glover L., Wambold J., Yager T., Rado Z. Guide for Pavement Friction. NCHPR Web-Only Document 108. Contractor's Final Report for NCHPR Project 01-43, Transportation Research Board of the National Academic, 2009
- [8] Han S, Liu M, T. F. Fwa, Testing for low-speed skid resistance of road pavements, *Road Materials and Pavement Design* 2018, 21 (5), 1312-1325 DOI:10.1080/14680629.2018.1552619
- [9] Hichri Y., Descartes S., Cerezo V. Do M.-T. Understanding the behavior of fine particles at the tire/road interface. *Tribology International* 2020, 149, 105635,
- [10] Gardziejczyk W., Wasilewska M., Gierasimiuk P., Motylewicz M. *Przegląd urządzeń do oceny właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych*, LVIII Techniczne Dni Drogowe, Wyd. ITE, Radom, s. 49-63, 2015
- [11] Gierasimiuk P., Wasilewska M., Gardziejczyk W. A Comparative Study on Skid Resistance of Concrete Pavements Differing in Texturing Technique, *Materials* 2021, 14(1), 178; DOI:10.3390/ma14010178
- [12] Kogbara, R.B.; Masad, E.A.; Kassem, E.; Scarpas, A.T.; Anupam, K. A state-of-the-art review of parameters influencing measurement and modeling of skid resistance of asphalt pavements. *Constr. Build. Mater.* 2016, 114, 602–617
- [13] Najafi S., Flintsch G. W., McGhee K. K. () *Assessment of operational characteristics of continuous friction measuring equipment (CFME)*. *International Journal of Pavement Engineering*, 2013, 14(8), 706–714
- [14] PN-EN 13036-4 *Drogi samochodowe i lotniskowe – Metody badań – Część 4: Metoda pomiaru oporów poślizgu/poślizgnięcia na powierzchni: Próba wahadła*
- [15] PN-EN 13036-1 *Cechy powierzchniowe nawierzchni drogowych i lotniskowych – Metody badań – Część 1: Pomiar głębokości makrotekstury metodą objętościową*
- [16] Pulgurtha, S.S. Relationship between Pavement Macrotexture and Crash Incidences on North Carolina Roads. In Final Report FHWA/NC/2007-12; North Carolina Department of Transportation: Charlotte, NC, USA, 2008
- [17] ROSANNE a report D1.1. Definition of boundaries and requirements for the common scale for harmonisation of skid resistance measurements including draft standard outline. 2016
- [18] ROSANNE b report D1.2. Analysis of data from the first round of tests and initial development of the common scale.2016
- [19] Wallbank, C.; Viner, H.; Smith, L.; Smith, R. The relationship between collisions and skid resistance on the Strategic Road Network. In Public Project Report Ppr806; TRL Limited: Crowthorne, UK, 2016
- [20] Wasilewska M. Gardziejczyk W., Gierasimiuk P. Comparison of measurement methods used for evaluation the skid resistance of road pavements in Poland – case study, *International Journal of Pavement Engineering*, 2020, 21:13, 1662-1668, DOI: 10.1080/10298436.2018.1562188