



SEBASTIAN WITCZAK

TPA Sp. z o.o.
sebastian.witczak@tpaqi.com

Przegląd polskich dokumentów technicznych dotyczących badań współczynnika tarcia zestawem SRT-3

Właściwości przeciwpoślizgowe stanowią jedną z podstawowych cech nawierzchni charakteryzujących jej aktualny stan techniczny, który zmienia się w trakcie eksploatacji drogi. Jest to parametr cechujący przyczepność pomiędzy nawierzchnią a oponami pojazdów, który w zasadniczym stopniu przyczynia się do skrócenia drogi hamowania, czyli do zapewnienia bezpieczeństwa ruchu. Właściwości przeciwpoślizgowe są najczęściej definiowane jako zdolność do wytworzenia siły tarcia między nawierzchnią (warstwą ścieralną) a kołami pojazdów – w warunkach wzajemnego poślizgu. Prace badawcze prowadzone w wielu krajach wykazały, że po przekroczeniu określonego poziomu właściwości przeciwpoślizgowych, wzrasta liczba wypadków na mokrych nawierzchniach [1].

Od kilku lat toczy się w Polsce dyskusja dotycząca badań właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych. W trakcie dyskusji często można usłyszeć zasadnicze pytania, na które nie zawsze udaje się uzyskać jednoznaczne odpowiedzi. Jedno z tych pytań brzmi: Czy w związku z częstymi zmianami opon używanych do pomiarów, zestaw SRT-3 stosowany w Polsce pozwala na uzyskiwanie wiarygodnych wyników? Czy poziom wymagań dotyczący współczynnika tarcia w Polsce zapewnia użytkownikom dróg odpowiednie bezpieczeństwo podczas hamowania pojazdów?

W zadawanych pytaniach pojawiają się charakterystyczne słowa kluczowe: opona, nawierzchnia oraz określony poziom wymagań, które zostaną dokładnie omówione w dalszej części artykułu.

Czynniki mające wpływ na wyniki badań współczynnika tarcia

Zacznijmy więc od początku, czyli od opon. Jakie pytania zadają sobie ich producenci i jak interpretują temat dotyczący właściwości przeciwpoślizgowych?

W artykule [2] pojawiło się bardzo dużo pytań: *W jaki sposób nawierzchnia wpływa na przyczepność opon? Czy możliwy jest taki rozwój mieszanek do warstw ścieralnych, aby lepiej współpracowały z oponami? Często mówi się, że opony mają kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa, gdyż są jedynym punktem kontaktu samochodu z nawierzchnią. No właśnie, co z nawierzchnią drogi? Chyba nikt nie zaprzeczy, że rodzaj i stan nawierzchni drogi też ma ogromne znaczenie dla bezpieczeństwa. O rozwoju w branży oponiarskiej słyszymy bardzo dużo. Opony zmieniają się również wizualnie. Producenci prześcigają się w deklaracjach*

odnośnie poprawy różnych parametrów. Lepsza przyczepność na suchej i mokrej nawierzchni, podwyższenie prędkości występowania aquaplaningu, mniejsza emisja hałasu i niższe opory toczenia – producenci cały czas pracują nad optymalizacją tych właściwości. Opony w widoczny sposób ewoluują. A co z drugą stroną kontaktu, czyli nawierzchnią? Czy tu też mamy do czynienia z postępowaniem? A jeśli tak, to czy jest on skorelowany ze zmianami mającymi miejsce w dziedzinie opon? Czy producenci opon współpracują z inżynierami drogownictwa odpowiedzialnymi za rozwój dróg? Dla właściwej przyczepności, opona musi się stykać z nawierzchnią, aby możliwe było aktywowanie mechanizmów adhezji cząsteczkowej (przylegania powierzchni opony do drogi) i wgnięcia. Na suchej drodze współczynnik tarcia (stosunek siły tarcia do siły nacisku) w minimalnym stopniu zależy od typu nawierzchni i jest zbliżony do 1–1,3. Jednak przy mokrej nawierzchni różnice w zależności od rodzaju drogi mogą być ogromne i zawierać się od 0,9 do 0,2 [2].

A jak do tematu właściwości przeciwpoślizgowych podchodzą drogowcy? Czy potrafią odpowiedzieć na pytania, które zadają producenci opon?

W sprawozdaniu IBDiM [6] można przeczytać: *Z dotychczasowych badań wynika, że największy wpływ na właściwości przeciwpoślizgowe mają:*

- rodzaj i stan techniczny nawierzchni,
- prędkość ruchu pojazdu,
- głębokość i stan rzeźby bieżnika opony,
- grubość filmu wodnego na powierzchni jezdni.

Wartość współczynnika tarcia maleje wraz ze wzrostem prędkości ruchu pojazdu. Maleje również przy zwiększaniu ilości wody na nawierzchni. Na pogorszenie właściwości przeciwpoślizgowych mają również wpływ nierówności podłużne, wskutek chwilowej utraty kontaktu opony z nawierzchnią oraz nierówności podłużne (koleiny), które akumulują grube warstwy wody.

Podstawowe zalecenia technologiczne, które mają wpływ na ułożenie warstwy ścieralnej o lepszych właściwościach przeciwpoślizgowych zostały określone w artykule [3]:

- mieszanki o drobniejszym uziarnieniu charakteryzują się lepszymi właściwościami przeciwpoślizgowymi,
- należy używać kruszyw o wysokim wskaźniku PSV (niskiej polerowalności),
- należy używać piasków łamanych zamiast piasków naturalnych z uwagi na ich ostre krawędzie,
- mieszanki o większej zawartości wolnych przestrzeni w zagęszczonej warstwie wykazują lepsze właściwości przeciwpoślizgowe,
- należy odpowiednio dobierać lepszycze do mieszanek, stosowanie asfaltu 50/70 do SMA nie jest zalecane z po-

wodu łatwości tworzenia się tzw. wypływów tego lepiszcza w śladach kół,

- nie należy przegrzewać mieszanek podczas produkcji i nie wbudowywać zbyt gorących,
- walce gumowe lub kombinowane nie powinny być używane na warstwie ścieralnej,
- wibrację należy stosować ostrożnie, aby uniknąć wyciskania lepiszcza na powierzchnię warstwy,
- stosowanie posypki do uszorstnienia powierzchni powinno być wykonane, gdy mieszanka jest gorąca, zaleca się stosowanie odpylonego kruszywa, otoczonego asfaltem,
- otwarcie drogi dla ruchu może nastąpić wyłącznie dopiero w momencie ostatecznego ostygnięcia zagęszczonej warstwy.

Dodatkowo można dodać jeszcze następujące zalecenia [4]:

- stosowanie w mieszance SMA mieszanek kruszyw o różnej podatności na ścieranie,
- stosowanie kruszyw sztucznych, np. z żużli o bardzo wysokich wskaźnikach PSV.

Producenci opon stale podnoszą ich jakość, która wpływa również na poprawę właściwości przeciwoślizgowych. W zakresie technologii produkcji i wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych (mma) mamy również ogromną wiedzę teoretyczną i praktyczną, dlatego więc od wielu lat w Polsce dyskutuje się o poważnych problemach związanych ze spełnieniem wymagań dotyczących właściwości przeciwoślizgowych? Skoro w innych krajach używa się takich samych opon samochodowych i wbudowuje analogiczne mma, czy tam również występują podobne problemy dotyczące właściwości przeciwoślizgowych, czy też problemem jest poziom wymagań określony w Polsce?

Dokumenty prawne w Polsce

Polskie przepisy zawierające wymagania względem właściwości przeciwoślizgowych nawierzchni drogowych [8, 9] od dawna budziły wiele wątpliwości – zarówno co do wymaganych procedur pomiarowych, jak i możliwości spełnienia tych wymagań [5]. Wątpliwości odnośnie rodzaju sprzętu pomiarowego stosowanego w Polsce (SRT-3) nie są głównym tematem niniejszego artykułu, chociaż w dalszej części będzie również opisana jego ewolucja (zmiana używanych opon), która w znaczący sposób może wpływać na możliwości spełnienia wymagań opisanych w dokumentach prawnych i technicznych w Polsce.

Pierwszym dokumentem prawnym w Polsce, w którym zostały określone parametry dotyczące właściwości przeciwoślizgowych dla autostrad płatnych (makrotekstura, współczynnik tarcia) było Rozporządzenie z 1997r., zastąpione później Rozporządzeniem [9] bez jakichkolwiek zmian w zakresie właściwości przeciwoślizgowych.

Zgodnie z Rozporządzeniem [9], badanie właściwości przeciwoślizgowych przy odbiorze ostatecznym nawierzchni autostrady powinno polegać na pomiarze głębokości makrotekstury metodą równoważną metodzie piasku kalibrowanego. Wzór podany w Rozporządzeniu nie dotyczy metody objętościowej, określenie „metodą równoważną” może sugerować np. metodę profilometryczną,

która w tamtym okresie nie była stosowana w Polsce, natomiast metoda piasku kalibrowanego nie została opisana w żadnej polskiej Normie. Dostępne były norma brytyjska BS 598:Part 105, ASTM E 956-87 lub Instrukcja IBDiM nr 4 z 1977r., które nie były równoważne, co powodowało wiele dyskusji podczas badań odbiorowych. Skutkowało to koniecznością obligatoryjnego wykonywania badań współczynnika tarcia, które zgodnie z Rozporządzeniem powinny być wykonywane jedynie wówczas, gdy zmierzone głębokości makrotekstury mieściły się między wartościami progowymi. Pomiar współczynnika tarcia powinien być wykonywany przy użyciu opony rozmiaru 5,60S × 13 z bieżnikiem D-97, przyczepką SRT-3 przy 100% poślizgu opony pomiarowej. Nawierzchnia powinna charakteryzować się wymaganymi wartościami wskaźników bezpośrednio po jej wykonaniu (tab. 1), chociaż w dalszym opisie doprecyzowano, że analogiczne wartości powinny być osiągnięte przy odbiorze ostatecznym i pogwarancyjnym.

Tabela 1. Wymagania wobec współczynnika tarcia wg Rozporządzenia [9]

Element nawierzchni	Miarodajny współczynnik tarcia przy prędkości:			
	30 km/h	60 km/h	90 km/h	120 km/h
Pasy ruchu zasadnicze i dodatkowe, awaryjne	0,45 (0,66*)	0,38 (0,55*)	0,32 (0,47*)	0,27 (0,39*)
Pasy włączania i wyłączania, jezdnie łącznic	0,46 (0,67*)	0,40 (0,58*)	0,35 (0,51*)	–
Pasy ruchu, pasy dodatkowe, utwardzone pobocza	0,43 (0,63*)	0,35 (0,51*)	–	–

* – wartości przeliczone na oponę PIARC

Dla czytelnej interpretacji wymagań podanych w dokumentach [8, 10, 13, 14], wszystkie wartości w tabelach 2–7 są również przeliczone z użyciem opisanych poniżej współczynników na obecnie stosowaną oponę PIARC.

Drugim dokumentem prawnym w Polsce, w którym zostały określone parametry dotyczące właściwości przeciwoślizgowych (współczynnik tarcia) dla dróg publicznych, w tym również autostrad, było Rozporządzenie [8].

Tabela 2. Wymagania wobec współczynnika tarcia wg Rozporządzenia [8]

Klasa drogi	Element nawierzchni	Miarodajny współczynnik tarcia przy prędkości zablockowanej opony względem nawierzchni			
		30 km/h	60 km/h	90 km/h	120 km/h
A	Pasy ruchu zasadnicze, dodatkowe, awaryjne	0,52 (0,55*)	0,46 (0,49*)	0,42 (0,44*)	0,37 (0,39*)
	Pasy włączania i wyłączania, jezdnie łącznic	0,52 (0,55*)	0,48 (0,51*)	0,44 (0,47*)	–
S, GP, G	Pasy ruchu, pasy dodatkowe, utwardzone pobocza	0,48 (0,51*)	0,39 (0,41*)	0,32 (0,34*)	0,30 (0,32*)

* – wartości przeliczone na oponę PIARC

Zgodnie z wymienionym dokumentem, badanie właściwości przeciwpoślizgowych powinno polegać na pomiarze współczynnika tarcia przy użyciu opony zabezpieznikowej rozmiaru 5,60S × 13, w domyśle z użyciem przyczepki SRT-3 (przy 100% poślizgu opony). Parametry miarodajnego współczynnika tarcia nawierzchni powinny być osiągnięte po dwóch miesiącach od oddania drogi do użytkowania (tab. 2), a wymagania miały obowiązywać po okresie 5 lat od dnia ogłoszenia.

Opony wskazane w obydwu Rozporządzeniach zostały błędnie opisane. Już w roku 2000 zostały opracowane pierwsze „Komentarze do warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie”, które były później aktualizowane w roku 2002, 2003, a w roku 2010 opracowano ekspertyzy SITK do obu Rozporządzeń. Zgodnie z tymi dokumentami, w Rozporządzeniu dla dróg publicznych powinna być podana opona „bezbieżnikowa rowkowana o wymiarach 165 R 13” [5] lub po prostu opona „165R13” [11]. W swoich sprawozdaniach [5, 6] IBDiM odnosi się do opony „F.O. Dębica o wymiarach 165 R 13” zwanej też „oponą gładką z obwodowymi rowkami”. Opona przywołana w Rozporządzeniu [9] została też opisana przez IBDiM [7] jako „opona z tzw. bieżnikiem generalskim, produkcji Stomil Olsztyn”.

W obydwu Rozporządzeniach zostały określone wymagania przy różnych prędkościach pomiarowych (30km/h, 60km/h, 90km/h oraz 120km/h), ale często pojawiały się wątpliwości, czy badania mają być wykonane przy różnych prędkościach, czy też przy jednej, wybranej dla danej klasy drogi. W sprawozdaniu IBDiM [5] podano, że: *dotychczasowe doświadczenia laboratoriów (w tym również Instytutu) wykazują, że wartości współczynników tarcia podane dla poszczególnych prędkości nie są spełniane jednocześnie; fakt ten nie wynika ze złego wykonawstwa lecz z niewłaściwie dobranych wartości granicznych; stwarza to ryzyko zakwestionowania parametrów właściwości przeciwpoślizgowych dla dobrze wykonanej nawierzchni.*

Ze sprawozdania IBDiM [5] wynika również, iż: *Podana procedura (w Rozporządzeniach) nie precyzuje, jakich miesięcy dotyczą przywołane, jako wymagane, poziomy miarodajnego współczynnika tarcia. Jest to sprawa bardzo ważna, ponieważ wiadomo, że współczynniki w miesiącach wczesnojesiennych i późnozimowych są wyższe, niż w okresie letnim.*

Ewolucja metodyki badawczej

W 1999 r. prowadzono w IBDiM program „Badanie opon handlowych w celu wyboru nowej opony testowej do zestawu SRT-3”, którego efektem był wybór opony Barum Bravura o rozmiarze 185/70R14. Opona ta była oponą kierunkową, ale zgodnie z zaleceniami IBDiM była zakładana na zestawy SRT-3 odwrotnie do kierunku jazdy. Przemieszczanie się tak założonej opony po nawierzchni powodowało dodatkowy napływ wody pod oponę w czasie wykonywania badań, stwarzając bardziej niekorzystne warunki badania (właściwe założenie opony kierunkowej powoduje odpowiednie odprowadzenie wody przez rowki bieżnika na zewnątrz podczas jazdy pojazdu i jego hamowania).

Właściwość zestawu SRT-3, polegająca na wykonywaniu badań przy 100% poślizgu (blokadzie) opony testowej było już od dawna kwestionowana przez branżę drogową jako nieodpowiadająca realiom (większość samochodów jest obecnie wyposażona w układ ABS zapobiegający blokowaniu się kół podczas gwałtownego hamowania), ponieważ powoduje to występowanie jeszcze bardziej niekorzystnych warunków podczas oceny współczynnika tarcia. Dodatkowe informacje o powyższych problemach można znaleźć w korespondencji dostępnej na stronach internetowych organizacji branżowych, m.in. PSWNA oraz OIGD.

Informacja o wspomnianej powyżej oponie Barum Bravura pojawiła się po raz pierwszy w dokumencie technicznym SOSN [13] w roku 2002, a wymagania wynikające z tego dokumentu zostały przedstawione w tabeli 3.

Tabela 3. Wymagania wobec współczynnika tarcia wg SOSN [13]

Klasa	Ocena stanu nawierzchni	Miarodajny współczynnik tarcia
A	Stan dobry	≥ 0,52 (0,51*)
B	Stan zadawalający	0,37 (0,36*) – 0,51 (0,50*)
C	Stan niezadawalający	0,30 (0,29*) – 0,36 (0,35*)
D	Stan zły	≤ 0,29 (0,28*)

* – wartości przeliczone na oponę PIARC

Zgodnie z wytycznymi SOSN [13] pomiary współczynnika tarcia były wykonywane wyłącznie z prędkością 60 km/h.

W dokumencie tym pojawia się również informacja, że jako względnie stały wzorzec właściwości przeciwpoślizgowych przyjmuje się oponę gładką z obwodowymi rowkami firmy Vredenstein (Holandia) o wymiarach 165 R 15, o właściwościach zgodnych z wymaganiami PIARC i o znanym współczynniku przeliczeniowym względem opony Barum Bravura (współczynnik Barum/PIARC = 1,115 lub współczynnik PIARC/Barum = 1/1,115 = 0,897). Opona ta była również testowana przez IBDiM w badaniach w roku 1999, ale ze względu na duże koszty związane z zakupem tych opon podjęto decyzję o stosowaniu opon handlowych [7].

Opony Barum Bravura używano również standardowo podczas odbiorów nawierzchni, dokonując oceny miarodajnego współczynnika tarcia zgodnie z wymaganiami Rozporządzeń [8, 9]. W tym celu zostały opracowane w IBDiM współczynniki, które pozwalały na przeliczanie wyników badań z użyciem opony Barum Bravura na wartości, które byłyby uzyskiwane przy zastosowaniu opon przywołanych w Rozporządzeniach [8, 9] lub odwrotne przeliczenie wymagań podanych w tych Rozporządzeniach na teoretyczne wartości, które powinny być osiągnięte na oponie Barum Bravura. Z korespondencji prowadzonej z IBDiM (w ówczesnym czasie współczynniki te nie były nigdzie publikowane) wynika, iż wyniki pomiarów uzyskiwanych w poszczególnych punktach pomiarowych na oponie Barum Bravura należało podzielić przez współczynnik 1,486 (w celu sprawdzenia spełnienia wymagań Rozporządzenia [9]) lub przez współczynnik 1,079 (w celu sprawdzenia spełnienia wymagań Rozporządzenia [8]) i dopiero wówczas należało obliczyć wartość miarodajną współczynnika tarcia.

W 2003 r. zrealizowano w IBDiM kolejny temat badawczy „Testowanie opon do badań właściwości przeciwpoślizgo-

wych”, którego efektem był wybór kolejnej opony Barum Bravuris o rozmiarze 185/65R14. Z informacji własnej (pismo IBDiM z 2004 r.), kiedy była już stosowana powszechnie opona Barum Bravuris, wynika, iż współczynniki przeliczeniowe na opony podane w obu Rozporządzeniach [8, 9] są analogiczne jak w przypadku opony Barum Bravura. Dopiero w późniejszym czasie, na podstawie informacji ze sprawozdania IBDiM [5] okazało się, iż współczynnik przeliczeniowy z opony Barum Bravura na oponę Barum Bravuris (1,007) został wprowadzony do oprogramowania urządzenia SRT-3, które umożliwiło zapisy wartości wyników badań w przeliczeniu na oponę Barum Bravura.

W tym samym sprawozdaniu IBDiM [5], pomimo powszechnego w tamtym okresie stosowania opony Barum Bravuris, wszystkie wymagane wartości z obu Rozporządzeń [8, 9] oraz SOSN [13] były przeliczane na oponę F.O. Dębica o wymiarach 165 R 13. Tak więc wartości wymagane przez Rozporządzenie [9] zostały przeliczone z użyciem kolejnego współczynnika, którego wartość wynosiła 1,377 (dla wyjaśnienia, jest to współczynnik 1,486 podzielony przez współczynnik 1,079) [7]. W ten sposób można było porównać wartości wymagane przez Rozporządzenie [8] oraz Rozporządzenie [9] i stwierdzić, iż *brak jest korelacji odnośnie wartości miarodajnego współczynnika tarcia dla autostrad wymaganych przez oba Rozporządzenia (różne wartości progowe)* [5].

Na początku roku 2009 ukazał się dokument „Wymagania techniczne WT-2 Nawierzchnie asfaltowe 2008”, w którym również zostały wprowadzone wymagania dotyczące współczynnika tarcia. Zgodnie z zapisami, *dopuszczalne wartości miarodajnego współczynnika tarcia nawierzchni ... są określone w rozporządzeniu dotyczącym warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne*. Można było przypuszczać, że chodzi tu o Rozporządzenie [8]. Wystarczy jednak dokładnie przeczytać pracę IBDiM [6] z 2009 r., by zorientować się, że autorzy mieli na myśli zupełnie inny dokument: *W ostatnim czasie, w IBDiM przygotowano na zlecenie GDDKiA nowe rozporządzenie, które scala trzy dotychczas obowiązujące: dla dróg publicznych, autostrad płatnych i obiektów inżynierskich oraz nowy dokument aplikacyjny „Wymagania Techniczne. Nawierzchnie asfaltowe na drogach publicznych WT-2”. Dokumenty te zawierają propozycje nowych procedur wykonywania badań współczynnika tarcia oraz wymagania i odnoszą się do obecnie stosowanej opony testowej. Uwzględniają również zgłaszane przez laboratoria oraz wykonawców problemy związane z uzyskaniem wymaganych wartości współczynnika tarcia nowych nawierzchni drogowych, w większości, na drogach krajowych wykonanych z warstwą ścierną w technologii SMA*. W sprawozdaniu IBDiM [6] podano również propozycję „obniżonych wymagań” dla współczynnika tarcia (tab. 4), która miała się znaleźć w nowym Rozporządzeniu. Propozycja ta jest jednak niekonsekwentna do powyższych uwag, ponieważ zaproponowano obniżenie wymagań dla dróg klasy A, GP i G, natomiast wymagania dla dróg klasy S zostały podwyższone (zrównano je z wymaganiami dotyczącymi dróg klasy A).

W sprawozdaniu IBDiM [6] pozostały odwoływania się do opony Barum Bravura i wszystkie wymagane wartości zostały przeliczone na tą oponę, pomimo iż w tym czasie była już powszechnie stosowana opona Barum Bravuris.

Tabela 4. Propozycje wymagań wobec współczynnika tarcia wg pracy IBDiM [6]

Klasa drogi	Element drogi	Miarodajny współczynnik tarcia przy prędkości zablokowanej opony względem nawierzchni	
		60 km/h	90 km/h
A, S	Pasy ruchu zasadnicze	–	0,40 (0,39*)
	Pasy włączania i wyłączania, jezdnie łącznic	0,47 (0,46*)	–
GP, G, Z	Pasy ruchu zasadniczego, dodatkowe, utwardzone pobocza	0,38 (0,37*)	–

* – wartości przeliczone na oponę PIARC

Nowe Rozporządzenie ze zmienionymi wartościami nigdy nie zostało opublikowane.

W 2013 roku, w związku z wyczerpaniem zapasu opon pomiarowych Barum Bravuris, podjęto decyzję, aby od 2014r. stosować w pomiarach współczynnika tarcia urządzeniem SRT-3 opony PIARC, z obwodowymi rowkami [7]. Miało to zapewnić stałą dostępność opon testowych i porównywalność wyników pomiarów z innymi jednostkami badawczymi, stosującymi tę oponę. I tu pojawia się kolejne pytanie. Czy wszyscy producenci wytwarzają opony o odpowiednich parametrach? Można mieć wątpliwości, ponieważ z raportu IBDiM [7] wynika, iż na podstawie badań przeprowadzonych w Holandii okazało się, że opony produkowane przez firmę Vredestein z Holandii oraz produkowane przez firmę Specialty Tires of America z USA różnią się od siebie.

Praca IBDiM [7] miała za zadanie określić zależności funkcyjne między wartościami współczynnika tarcia uzyskiwanymi na oponach PIARC (μ_P) i Barum Bravuris (μ_B). W pierwszej wersji raportu, która na krótko była dostępna na stronie internetowej GDDKiA podano, że w przeliczeniach proponuje się stosować funkcje liniowe, różne dla poszczególnych prędkości pomiarowych. W wersji trzeciej (oznaczonej „w.3”), dostępnej obecnie, przeliczenia dokonano w trzech wariantach. Wyznaczone funkcje regresji liniowej są odmienne od tych w wersji pierwszej, ponieważ zrezygnowano z niektórych odcinków pomiarowych. Za najwłaściwsze i najwygodniejsze uznano stosowanie funkcji liniowej dla wszystkich uśrednionych wartości współczynnika tarcia, niezależnie od prędkości pomiarowej. Badania porównawcze wykonywane na różnych nawierzchniach asfaltowych (beton asfaltowy, SMA, cienka warstwa na zimno, powierzchniowe utrwalenie) oraz nawierzchniach betonowych, przy różnych prędkościach pomiarowych (30, 60 i 90km/h) zostały w efekcie sprowadzone do jednego współczynnika ($\mu_P=0,974\mu_B$).

W raporcie IBDiM [7] przeliczono również wymagania podane w obydwu Rozporządzeniach [8, 9]. W celu wyznaczenia kryteriów np. w przypadku autostrad płatnych przeprowadzono następujące obliczenia: wartość kryterium dla danej prędkości i elementu nawierzchni mnożono przez 1,377 (przeliczenie z opony „Stomil” na oponę „Dębica”), wynik mnożono przez 1,079 (przeliczenie z opony „Dębica” na oponę Barum Bravura), uzyskaną z obliczeń wartość mnożono przez 1,007 (przeliczenie z opony Barum Bravura na oponę Barum Bravuris), a na koniec przeliczano wartość na oponę PIARC (w zależności od analizowanego wariantu). Podany tu sposób przeliczeń był zasadniczą podstawą do opraco-

wania wymagań odbiorowych w nowym Rozporządzeniu [10] dla dróg publicznych. Przykładowe wymagania dotyczące dróg publicznych wg „rekomendowanego” wariantu współczynnika przeliczeniowego przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Wymagania wobec współczynnika tarcia wg raportu IBDiM [7] dotyczące dróg publicznych

Klasa drogi	Element nawierzchni	Miarodajny współczynnik tarcia		
		30 km/h	60 km/h	90 km/h
A	Pasy ruchu zasadniczego	0,55	0,49	0,44
	Pasy włączania i wyłączania, jezdnie łącznic	0,55	0,51	0,47
S, GP, G	Pasy ruchu zasadniczego, dodatkowe, utwardzone pobocza	0,51	0,41	0,34

Przed ukazaniem się nowego Rozporządzenia [10], przeszło ono jeszcze w roku 2014 przez fazę opiniowania. Uwagi do projektu Rozporządzenia zgłosiła m.in. GDDKiA [15], określając urządzenie SRT-3 jako *jedno z mniej doskonałych na rynku*, posiadające poważną wadę, jaką jest pomiar pomiędzy śladami kół a nie w śladzie koła. Do Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju zostało również wysłane pismo z PSWNA z uwagami do projektu Rozporządzenia [16]. Główne uwagi merytoryczne, przygotowane przez specjalistów z branży drogowej, dotyczyły urządzenia wykorzystywanego do badań, dopuszczalnych wartości miarodajnego współczynnika tarcia oraz warunków przeprowadzania pomiarów. Niestety, żadna z uwag nie została uwzględniona [17] w finalnej wersji Rozporządzenia [10].

Nowe dokumenty prawne i techniczne w Polsce

W 2015 r. ukazało się nowe Rozporządzenie dotyczące dróg publicznych [10], w którym przedstawiono m.in. sposób oceny właściwości przeciwpoślizgowych z użyciem opony PIARC. Przedstawiono w nim również tablicę z nowymi wymaganiami wobec nawierzchni drogowych przed dopuszczeniem do ruchu oraz badanych powtórnie w śladzie koła w okresie 4 do 8 tygodni od oddania do eksploatacji (tab. 6).

Tabela 6. Wymagania wobec współczynnika tarcia wg Rozporządzenia [10]

Klasa drogi	Element nawierzchni	Miarodajny współczynnik tarcia przy prędkości zablokowanej opony względem nawierzchni		
		30 km/h	60 km/h	90 km/h
A, S	Pasy ruchu zasadnicze, dodatkowe, awaryjne	–	0,49*	0,44
	Pasy włączania i wyłączania, jezdnie łącznic	0,55**	0,51	–
GP, G	Pasy ruchu, pasy dodatkowe, jezdnie łącznic, utwardzone pobocza	0,51**	0,41	–

* wartość wymagana dla odcinków nawierzchni, na których nie można wykonać pomiarów z prędkością 90 km/h

** wartość wymagana dla odcinków nawierzchni, na których nie można wykonać pomiarów z prędkością 60 km/h

Z analizy danych w tabeli 6 wynika, iż wymagane wartości w nowym Rozporządzeniu [10] zostały po prostu przeliczone z użyciem opisanych powyżej współczynników ze starego Rozporządzenia [8] z równoczesnym podniesieniem wymagań wobec dróg klasy S.

W nowym Rozporządzeniu [10] znajduje się też zapis, że pomiary powinny być wykonywane w temperaturze otoczenia od 5°C do 30°C. W samej procedurze pomiarowej i w analizach wyników nie uwzględnia się jednak temperatur w jakich wykonywany jest pomiar. Z posiadanej korespondencji wynika, iż IBDiM wnioskował wielokrotnie do GDDKiA o wykonanie odpowiedniej pracy badawczej, której wyniki pozwoliłyby na określenie wpływu temperatury oraz wyznaczenie zależności funkcyjnych oraz zasad korekty wyników, jak to jest w niektórych krajach (np. w Niemczech, gdzie uwzględnia się wpływ temperatury powierzchni badanej warstwy).

Od roku 2015 na sieci dróg krajowych jest stosowany system DSN [14], który zastąpił m.in. wcześniej stosowany system SOSN [13]. Klasyfikację stanu nawierzchni wg DSN przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Klasyfikacja stanu nawierzchni – współczynniki tarcia wg DSN [14]

Klasa	Ocena stanu nawierzchni	Miarodajny współczynnik tarcia przy prędkości 60 km/h	
		drogi klasy A i S	drogi klasy GP i pozostałe
A	Stan dobry	≥ 0,49	≥ 0,41
B	Stan zadawalający	0,36 – 0,48	0,36 – 0,40
C	Stan niezadawalający	0,29 – 0,35	0,29 – 0,35
D	Stan zły	≤ 0,28	≤ 0,28

Z prostej analizy wynika, iż wymagane wartości w DSN [14] zostały generalnie po prostu przeliczone (kolumna z wymaganiami wobec dróg klasy A i S) z użyciem opisanych powyżej współczynników z dokumentu SOSN [13] z minimalnym obniżeniem najwyższych wymagań wobec dróg klasy A i S.

W roku 2016 ukazał się dokument WT-2 2016 – część II [18], w którym podano również wymagania dotyczące właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni zgodnie z nowym Rozporządzeniem [10]. W dokumencie tym, w różnych miejscach, pojawia się również kilka zaleceń dotyczących wpływu wykonawstwa na właściwości przeciwpoślizgowe, m.in.: *W celu poprawy właściwości przeciwpoślizgowych warstwę ściernalną należy układać w kierunku przeciwnym do przewidywanego kierunku ruchu – dotyczy nawierzchni dwujezdniowych oraz jednojezdniowych w przypadku przebudów i remontów układanych szerokością pasa ruchu*. Na myśl przychodzi kolejne pytanie. Czy były w tym zakresie prowadzone jakiegokolwiek badania?

Podstawowe informacje o badaniu współczynnika tarcia wg różnych dokumentów prawnych i technicznych w Polsce zostały zestawione w tabeli 8.

Ponadto należy wspomnieć o jeszcze jednym współczynniku, cechującym określony zestaw pomiarowy. W przy-

Tabela 8. Zestawienie podstawowych informacji o badaniu współczynnika tarcia

Dokument odniesienia	Prędkość pomiarowa [km/h]	Opona używana do badań	Współczynniki przeliczeniowe na oponę PIARC
Dz.U. 1997 nr 62 poz. 392 Dz.U. 2002 nr 12 poz. 116	30, 60, 90 lub 120	5,60S×13 z bieżnikiem D-97 (opona z tzw. bieżnikiem generalskim)	*1,377 *1,079 *1,007 *0,974
Dz.U. 1999 nr 43 poz. 430		Bezbieżnikowa 5,60S×13 (powinna być bezbieżnikowa rowkowana 165 R 13 lub gładka z obwodowymi rowkami)	*1,079 *1,007 *0,974
SOSN do 2004 r.	60	Barum Bravura 185/70R14	*1,007 *0,974
SOSN od 2005 r.		Barum Bravuris 185/65R14	*0,974
Dz.U. 2015 nr 0 poz. 329 Dz.U. 2016 nr 0 poz. 124	30, 60 lub 90	PIARC	–
DSN od 2015 r.	60		

padku wszystkich zestawów pomiarowych prowadzone są cykliczne przedsezonowe badania porównawcze, których efektem jest wyznaczenie tzw. współczynników zrównania zestawów pomiarowych, które są wprowadzane do plików konfiguracyjnych poszczególnych zestawów pomiarowych. Badania porównawcze są prowadzone na jednym odcinku testowym.

Podsumowanie

Podsumowaniem niniejszego artykułu może być kilka wniosków końcowych, które wynikają z analizy dostępnych dokumentów prawnych i technicznych w Polsce:

- trudne do spełnienia wymagania, które pojawiły się w Rozporządzeniach [8, 9] prawie 20 lat temu, do dzisiaj są stosowane po zastosowaniu współczynników opisanych powyżej,
- zmiany opon testowych w zestawach SRT-3 skutkowałą wyznaczaniem kolejnych współczynników przeliczeniowych (zawsze z opony poprzedniej na nową), które były wartościami uśrednionymi wobec wszystkich rodzajów testowanych nawierzchni, o różnej jakości, poddanych różnemu okresowi eksploatacji,
- czynniki wpływające na poprawę właściwości przeciwpoślizgowych są znane i generalnie przestrzegane przez wykonawców, co nie zawsze wiąże się z możliwością spełnienia wymagań odbiorowych i powoduje bardzo duże problemy w okresach gwarancyjnych,
- pomimo wielu uwag branży drogowej w Polsce o zbyt wysokich do osiągnięcia wymaganiach odbiorowych dla współczynnika tarcia i propozycjach IBDiM związanych z ich obniżeniem, wymagania dla dróg klasy S zostały podniesione w Rozporządzeniu [10],
- w Rozporządzeniu [10] wprowadzono konieczność wykonywania dodatkowych badań odbiorowych przed oddaniem drogi do użytkowania (w większości przypadków jeszcze z pozostałym uszorstnieniem), które nie mają żadnego związku z późniejszym bezpieczeństwem użytkowników drogi.

Bibliografia

- [1] Wasilewska M., Analiza właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych w początkowym okresie ich eksploatacji, Budownictwo i Architektura 13 (4)/ (2014)
- [2] Winter A., W jaki sposób nawierzchnia wpływa na przyczepność opon?, Opony.com.pl
- [3] Nolle B., Durable skid resistant asphalt roads. Technical principles and contractual aspects, Asphalt 5/2004
- [4] Błażejowski K., SMA. Teoria i praktyka, 2007
- [5] Mechowski T., Analiza i weryfikacja wymagań i procedur pomiarowych oceny właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni dróg publicznych i autostrad płatnych, TD-71, IBDiM, 2005
- [6] Mechowski T., Analiza zmienności właściwości przeciwpoślizgowych warstwy ścieralnej nawierzchni w początkowym okresie jej eksploatacji, TD-88, IBDiM, 2009
- [7] Mechowski T., Aktualizacja zależności funkcyjnych w pomiarach urządzeniem SRT-3 między wartościami współczynnika tarcia uzyskiwanymi na oponach PIARC i Barum Bravuris, TD-93, IBDiM, 2013
- [8] Rozporządzenie MTiGM z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. 1999 nr 43, poz. 430)
- [9] Rozporządzenie MI z dnia 16 stycznia 2002 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych (Dz. U. 2002 nr 12, poz. 116, który zastąpił Dz. U. 1997 nr 62, poz. 392)
- [10] Rozporządzenie MliR z dnia 17 lutego 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. 2015 nr 0, poz. 329 oraz tekst jednolity Dz. U. 2016 nr 0, poz. 124)
- [11] Ekspertyza dotycząca Rozporządzenia MTiGM z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. nr 43, poz. 430), SITK, 2010
- [12] Ekspertyza dotycząca Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych (Dz. U. nr 12, poz. 116 oraz z 2010r. nr 65, poz. 409), SITK, 2010
- [13] System Oceny Stanu Nawierzchni, SOSN, GDDP, 2002
- [14] Diagnostyka Stanu Nawierzchni i jej elementów – wytyczne stosowania, DSN, GDDKiA, 2015
- [15] Pismo nr GDDKiA-BP-WL-ps-023-24/14 z dnia 2.07.2014 r. do Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju
- [16] Pismo nr PSWNA/134/2014 z dnia 16.07.2014 r. do Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju
- [17] Pismo z Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju nr DDA-VI-gk-020-26.17/14-426 z dnia 16.09.2015 r. do PSWNA
- [18] Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych, WT-2 2016 – część II, Wykonanie warstw nawierzchni asfaltowych, GDDKiA, 2016

Od Redakcji: artykuł otwiera dyskusję, dotyczącą parametru techniczno-eksploatacyjnego nawierzchni, mającego istotny wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego. W tekście artykułu Autor zadaje liczne pytania, na które nie padają odpowiedzi. Uzupełnieniem niniejszej publikacji, głosem w dyskusji, jest kolejny artykuł przedstawiciela GDDKiA (strony: 337–344, III s. okł.). Zachęcamy do dyskusji również przedstawicieli IBDiM – m.in. projektantów oraz producentów zestawów SRT-3 oraz autorów prac naukowo-badawczych dotyczących przedmiotowych zagadnień.