

**Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Zakład Diagnostyki Nawierzchni**

SPRAWOZDANIE

z pracy pt.:

„Zgromadzenie danych na temat właściwości przeciwpoślizgowych
nawierzchni drogowych w krajach europejskich”

Praca wykonana na zlecenie
Generalnej Dyrekcji Dróg Publicznych
wg Umowy nr 17/2001 z dnia 22.05.2001

Wykonawcy:

dr inż. Bogumił Szwabik
mgr inż. Tomasz Mechowski
mgr inż. Wojciech Hanula
inż. Beata Krzysztofowicz

Kierownik Zakładu

mgr inż. Tomasz Mechowski

Warszawa, listopad 2001

**Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Zakład Diagnostyki Nawierzchni**

SPRAWOZDANIE

z pracy pt.:

„Zgromadzenie danych na temat właściwości przeciwpoślizgowych
nawierzchni drogowych w krajach europejskich”

Praca wykonana na zlecenie
Generalnej Dyrekcji Dróg Publicznych
wg Umowy nr 17/2001 z dnia 22.05.2001

Wykonawcy:

dr inż. Bogumił Szwabik
mgr inż. Tomasz Mechowski
mgr inż. Wojciech Hanula
inż. Beata Krzysztofowicz

Kierownik Zakładu

mgr inż. Tomasz Mechowski

Warszawa, listopad 2001

ZAKRES PRACY

1. Zebranie danych dotyczących metod oceny właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni w krajach europejskich
2. Zgromadzenie danych o obowiązujących w krajach europejskich przepisach prawnych dotyczących właściwości przeciwpoślizgowych nowych i eksploatowanych nawierzchni
3. Ocena właściwości przeciwpoślizgowych według projektu normy europejskiej pr EN 13036-2:2001.
4. Porównanie możliwości pomiarowych zestawu SRT-3 z innymi europejskimi urządzeniami do badania współczynnika tarcia nawierzchni drogowych

Spis treści	str.
1. Wstęp	4
2. Charakterystyczne własności współczesnych metod pomiaru współczynnika przyczepności nawierzchni drogowych	6
3. Przykłady europejskich urządzeń pomiarowych stosowanych w badaniach przyczepności nawierzchni drogowych	10
4. Ocena korelacji wyników pomiarów	19
5. Rozrzut wyników pomiarów i jego przyczyny	20
6. Wymagania prawne i kryteria oceny współczynnika przyczepności nawierzchni drogowych	23
7. Ocena własności przeciwpoślizgowych wg projektu normy pr EN 13036-2:2001	30
8. Ogólna ocena projektu normy pr EN 13036-2:2001	40
9. Projekt HERMES i jego cele	42
10. Porównanie możliwości zestawu SRT-3 z innymi europejskimi urządzeniami do badania przyczepności nawierzchni drogowych	44
Załączniki	

1. Wstęp

W różnych krajach europejskich stosowane są różne metody i urządzenia pomiarowe do oceny własności przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych. Różnorodność metod pomiaru utrudnia wnioskowanie o rzeczywistych własnościach przeciwpoślizgowych badanych nawierzchni drogowych, tym bardziej, że różnym metodom pomiaru i reprezentującym je urządzeniom nadawczym przypisane są z reguły inne kryteria oceny. Tak np. inne są kryteria oceny dla urządzeń typu SCRIM, w których koło pomiarowe, swobodnie toczone (nie hamowane) odchylone jest w czasie pomiaru o kąt 20° , a inne w przypadku urządzeń LCPC Adhera i SRT-3, w których koło pomiarowe, ustawione równoległe do kierunku ruchu, pracuje ze 100 %-wym poślizgiem. Jest oczywiste, że uzyskiwane w tak odmiennych warunkach pomiaru liczbowe miary oceny własności przeciwpoślizgowych nawierzchni będą zupełnie inne, co w istotny sposób utrudnia korzystanie z wyników pomiarów – zarówno przez specjalistów drogownictwa podejmujących różnego rodzaju decyzje utrzymaniowe, jak i przez rzeczoznawców samochodowych, dochodzących przyczyn i przebiegu wypadku drogowego.

Różnorodność metod i urządzeń pomiarowych powoduje, że międzynarodowe władze drogownictwa (PIARC) i niektóre, silne ośrodki badań drogowych w Europie, jak BRRC (Belgia) i DWW (Holandia), postulują wprowadzenie, jako unormowanej skali oceny własności przeciwpoślizgowych Międzynarodowego lub Europejskiego Indeksu Tarcia (IFI lub EFI), który, w dość złożonej procedurze jego wyznaczania, uwzględnia miarę tekstury badanej nawierzchni drogowej, co rodzi różnego rodzaju kontrowersje.

O tym, że sprawa międzynarodowego lub Europejskiego Indeksu Tarcia nie dojrzała jeszcze do powszechnego wprowadzenia świadczy blisko 10-letni kres badań (eksperymentów) podejmowanych z udziałem prawie wszystkich liczących się urządzeń pomiarowych – w różnych krajach, w różnych okresach klimatycznych. Jednym z najważniejszych, nierozwiązanych do tej pory problemów, leżących u podstaw tych trudności, jest sprawa kalibracji względnej wszystkich urządzeń pomiarowych (tych państw, które zaakceptują normę jako dokument obligatoryjny).

Instytut Badawczy Dróg i Mostów dał wyraz swoim obawom w oficjalnej odpowiedzi na ankietę, rozesłaną w tej sprawie do wszystkich państw, będących członkami CEN oraz do wszystkich państw - obserwatorów, w tym Polski.

U podstaw naszego, krytycznego stanowiska w sprawie projektu normy (w obecnym kształcie) leży nasze własne, wieloletnie doświadczenie, związane z badaniami przyczepności

nawierzchni drogowych oraz stwierdzone sprzeczności w postulowanych procedurach obliczeniowych. Tym niemniej bierzemy czynny udział w kolejnych eksperymentach z naszym urządzeniem pomiarowym SRT-3, co spotyka się z uznaniem i wysoką oceną zagranicznych ośrodków i organizacji drogownictwa.

2. Charakterystyczne własności współczesnych metod pomiaru współczynnika przyczepności nawierzchni drogowych

Zróznicowanie urządzeń i metod pomiaru współczynnika przyczepności nawierzchni drogowych wynika głównie z tradycji utrwalonych w danym kraju lub ośrodku badawczym.

Interesującym pod tym względem przeglądem urządzeń i metod pomiaru był Międzynarodowy Eksperyment zorganizowany w 1992 roku przez PIARC na drogach Belgii i Hiszpanii – z udziałem 40 ekip z 16 krajów, w tym Stanów Zjednoczonych AP, Japonii, Niemiec, Szwajcarii, Szwecji i Polski. Głównym celem eksperymentu, opisanego już w kilku publikacjach [1, 2], było - dla przypomnienia - porównanie i harmonizacja różnych metod pomiaru współczynnika przyczepności i tekstury na odpowiednio wyselekcjonowanych odcinkach drogowych (28 odcinków testowych w Belgii i 25 odcinków testowych w Hiszpanii, w tym 4 odcinki na torach wyścigowych formuły 1 i 9 odcinków na pasach lotniskowych). W badaniach przyczepności uczestniczyło 27 różnych urządzeń pomiarowych, które pod względem metody pomiaru można podzielić na 4 grupy (są to do dzisiaj aktualne podziały urządzeń pomiarowych, stosowanych w Europie i na świecie):

1⁰ - Urządzenia mierzące współczynnik przyczepności poprzecznej (**Sideway-Force Coefficient**) poprzez pomiar siły bocznej znoszenia (**Sideforce**) koła swobodnie toczzonego, odchylonego od kierunku ruchu o pewien kąt α , któremu odpowiada obliczeniowy poślizg względny s :

- SCRIM (Anglia, Włochy, Francja, Hiszpania, Niemcy) $\alpha = 20^{\circ}$, $s = 34\%$
- Mu-Meter (Hiszpania, stosowany również w Anglii) $\alpha = 7,5^{\circ}$, $s = 13\%$
- Stradograph (Dania) $\alpha = 12^{\circ}$, $s = 20\%$

2⁰ - Urządzenia pracujące ze stałym poślizgiem koła pomiarowego (**Fixed slip**) – przy zerowym odchyleniu koła pomiarowego od kierunku ruchu, przy niepełnej blokadzie, mierzące współczynnik przyczepności obwodowej (wzdłużnej):

- Griptester (Anglia, Szkocja, Norwegia) $s = 14\%$
- DWW Trailer (Holandia) $s = 86\%$
- Skiddometer BV-8 (Szwecja, Szwajcaria) $s = 20\%$
(w jednej z opcji pomiarowych)
- Skiddometer BV-11 (Szwecja) $s = 18\%$
- Stuttgarter Reibungsmesser (Niemcy, Szwajcaria) $s = 20\%$
(w jednej z opcji pomiarowych)
- Norsemeter Oskar (Norwegia) $s = 20\%$

3⁰ - Urządzenia pracujące ze zmiennym poślizgiem koła pomiarowego (Variable slip)

- Norsemeter Oskar (Norwegia) s = 5 – 95%
(w jednej z opcji pomiarowych)
- Petra (Niemcy) s = 0 – 100%
- (Komatsu Skid Tester (Japonia)) s = 0 – 30%

4⁰ - Urządzenia pracujące przy pełnej blokadzie koła pomiarowego (Locked Wheel)

- LCPC Adhera (Francja)
- Stuttgarter Reibugsmesser (Niemcu, Szwajcaria) (w jednej z opcji pomiarowych)
- Skiddometer BV-8 (Szwecja, Szwajcaria)
(w jednej z opcji pomiarowych)
- (ASTM E – 274 (USA))
- Skid Resistance Tester (SRT-3) (Polska)

W niektórych krajach, mimo stosowania kilku różnych urządzeń badawczych, preferowane jest jedno, najwyżej dwa. Np. w Anglii na drogach głównych badania przyczepności wykonywane są przeważnie za pomocą urządzeń SCRIM, choć dość popularnym urządzeniem, ze względu na łatwość obsługi i transportu jest również Griptester.

Przedstawiony podział urządzeń badawczych ze względu na metodę pomiaru współczynnika przyczepności - stosowanych w Europie - nie jest pełny. Przed kilku laty zostało wprowadzone do eksploatacji urządzenie Norsemeter ROAR, które zdobywa dużą popularność w krajach północnych, zwłaszcza w Norwegii, Danii i Holandii.

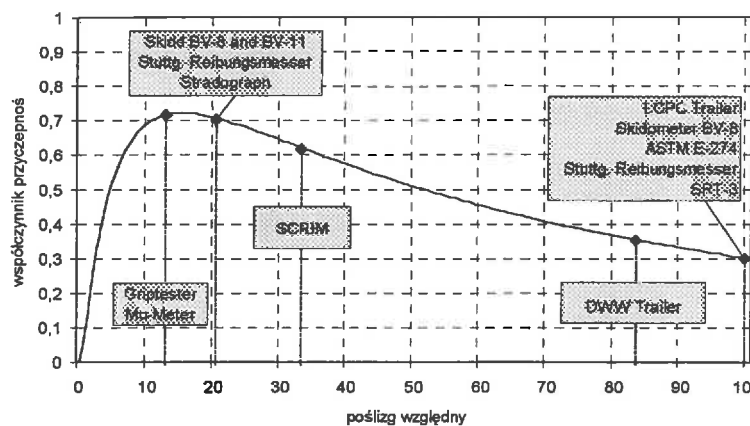
Podany podział nie obejmuje urządzeń specjalizowanych do badań nawierzchni lotniskowych, np. Saab Friction Tester (stosowanych również w Polsce). W kilku krajach (Anglia, Francja) są stosowane urządzenia amerykańskie ASTM E – 274,

Różnorodność metodyczną wymienionych urządzeń badawczych ilustruje rys. 1, na którym wszystkie reprezentatywne dla danej metody pomiaru urządzenia badawcze pokazane są na tle hipotetycznej charakterystyki przyczepności wzdłużnej $\mu=f(s)$ (w funkcji poślizgu względnego).

Analiza rys. 1. wykazuje, że każde z wymienionych urządzeń pomiarowych dokonuje pomiaru współczynnika przyczepności jakby w innej skali, w zasadzie w jednym tylko punkcie charakterystyki $\mu=f(s)$, przy poślizgu koła pomiarowego właściwym dla danej metody pomiaru.

Wynikiem pomiaru są więc pojedyncze wartości charakteryzujące przyczepność nawierzchni w danym punkcie pomiarowym, lub ciągi tych wartości przypisane kolejnym punktom pomiarowym lub kolejnym odcinkom drogowym, jako wartości uśrednione.

Do rzadkości należą urządzenia mierzące współczynnik przyczepności w dwu, ekstremalnych punktach charakterystyki $\mu=f(s)$: - w punkcie μ_{\max} (przy częściowym poślizgu) i w punkcie μ_1 (przy pełnej blokadzie). Jeszcze rzadsze są urządzenia, które mogą wyznaczać pełne charakterystyki przyczepności $\mu=f(s)$ w każdym hamowaniu przyczepy dynamometrycznej.



Rys. 1. Różnorodność metod pomiaru współczynnika przyczepności nawierzchni drogowych na tle przykładowej charakterystyki $\mu = f(s)$

Podany przykład zróżnicowania metod i urządzeń pomiarowych, stosowanych w badaniach przyczepności nawierzchni drogowych jest niezmiernie ważny dla zrozumienia trudności interpretacyjnych, z jakimi spotykają się wykonawcy i użytkownicy dróg przy próbie oceny ich własności przeciwpoślizgowych. Bardzo często dochodzi do przypisania danej nawierzchni drogowej współczynników przyczepności nie tyle błędnych co do wartości, ale pomierzonych „inną” metodą, odnoszących się do ściśle określonych warunków pomiaru. Na przykład urządzenie SCRIM mierzy siłę poprzecznego naporu, na jaki napotyka koło pomiarowe swobodnie toczące, odchylone od kierunku ruchu o pewien kąt α . Można wykazać, że kątowi odchylenia koła pomiarowego $\alpha = 20^\circ$ odpowiada poślizg poprzeczny równy składowej prędkości wzdłużnej, tj.

$$s_p = v \cdot \sin \alpha = v \cdot \sin 20^\circ = 0.34 \cdot v$$

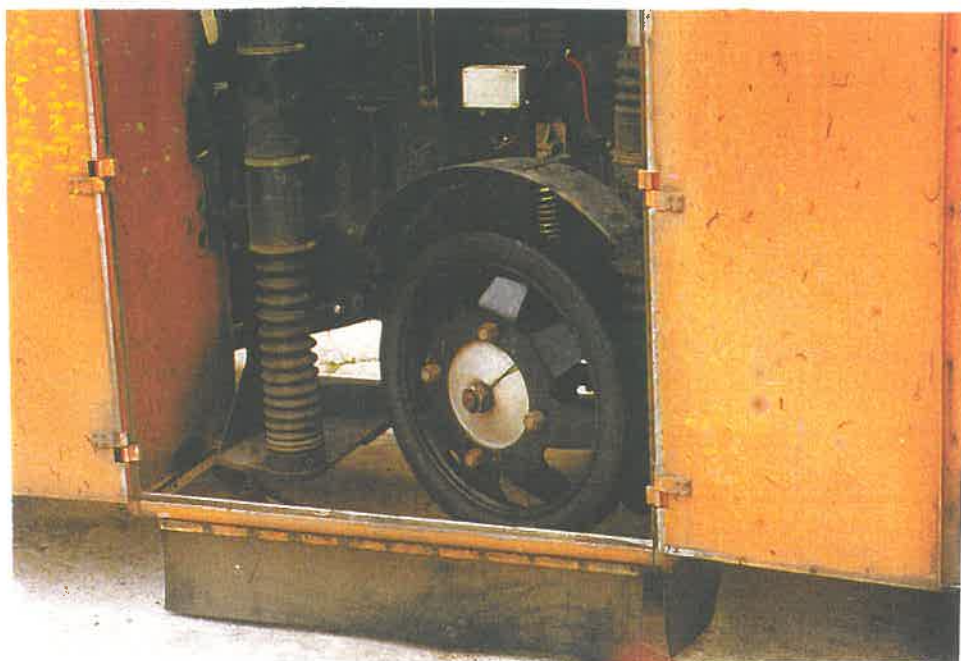
Przy prędkości urządzenia pomiarowego SCRIM $v=60$ km/h odpowiada to rzeczywistej prędkości względnej elementów koła pomiarowego i nawierzchni drogi zaledwie $v_s = 20.4$ km/h. Inaczej mówiąc wyniki pomiarów współczynnika przyczepności pomierzone urządzeniem SCRIM przy prędkości $v=60$ km/h odpowiadają wynikom pomiarów dokonanych urzą-

3. Przykłady europejskich urządzeń pomiarowych stosowanych w badaniach przyczepności nawierzchni drogowych



Urządzenie pomiarowe SCRIM, widok ogólny. Zasada działania:

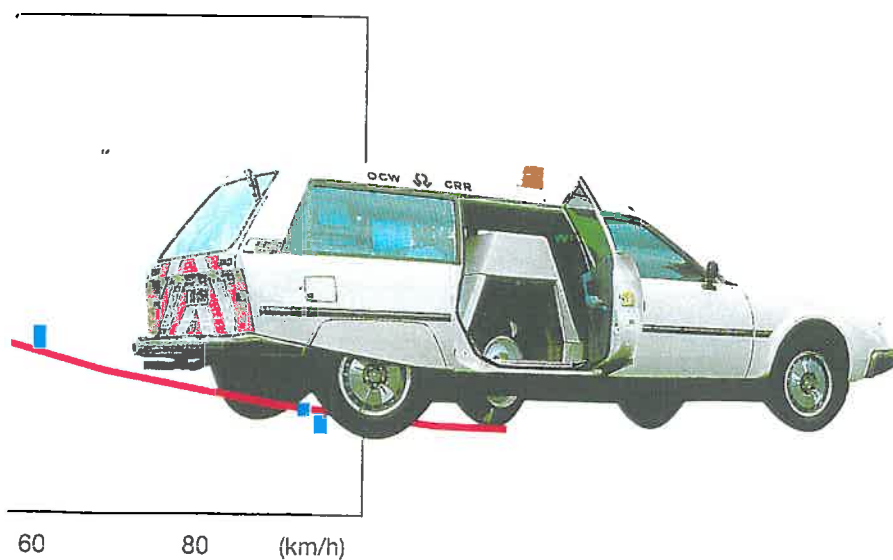
- koło pomiarowe swobodnie toczone odchylone od kierunku ruchu o 20° (obliczeniowy poślizg względny 34 %)



Mechanizm zawieszenia i prowadzenia koła pomiarowego w urządzeniu SCRIM



Urządzenie pomiarowe Norsemeter OSKAR. Jedno z kół pomiarowych umożliwia hamowanie do pełnej blokady, drugie - hamowanie z kontrolowanym poślizgiem



Urządzenie belgijskie Odoliograph. Koło pomiarowe (pod samochodem) swobodnie toczące, odchylone od kierunku ruchu o kąt 15° .
Przed samochodem jedzie polewaczka.



Angielskie urządzenie PFT wzorowane na amerykańskim urządzeniu ASTM E-274. Zasada działania: - jedno z kół jednoosiowej przyczepy (lub oba naprzemiennie) hamowane do pełnej blokady



Wewnątrz przyczepy, chronione przed wpływami atmosferycznymi, znajdują się siłowniki pneumatyczne i elementy sterowania podnośnikami pneumatycznymi (w procesie kalibracji)



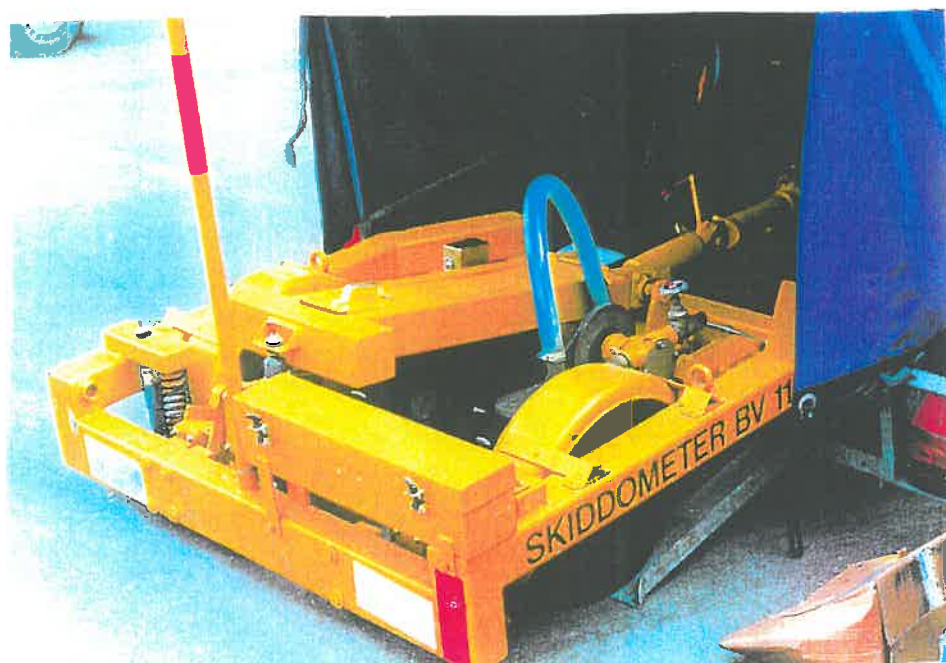
Urządzenie pomiarowe Mu – Meter z dwoma kołami wleczonymi skośnie (swobodnie) względem kierunku ruchu



Urządzenie pomiarowe Griptester. Zasada działania: - koło pomiarowe napędzane z poślizgiem 20 % od kół nośnych za pomocą przekładni łańcuchowej



Skiddometer BV – 8. Możliwość pomiaru współczynnika przyczepności w warunkach pełnej blokady koła pomiarowego i przy poślizgu względnym 20 %



Skiddometer BV-11. Jednofunkcyjne urządzenie do pomiaru współczynnika przyczepności przy poślizgu względnym 20 %



Stuttgarter Reibungsmesser – koło pomiarowe napędzane od specjalnej skrzyni przekładniowej. Możliwość pomiaru przy poślizgu 100 % i 20 %



W jednej z opcji sterowania koło pomiarowe hamowane jest z użyciem pulsatora (regulatora) typu ABS. Możliwość pomiaru maksymalnej wartości wsp. przyczepności



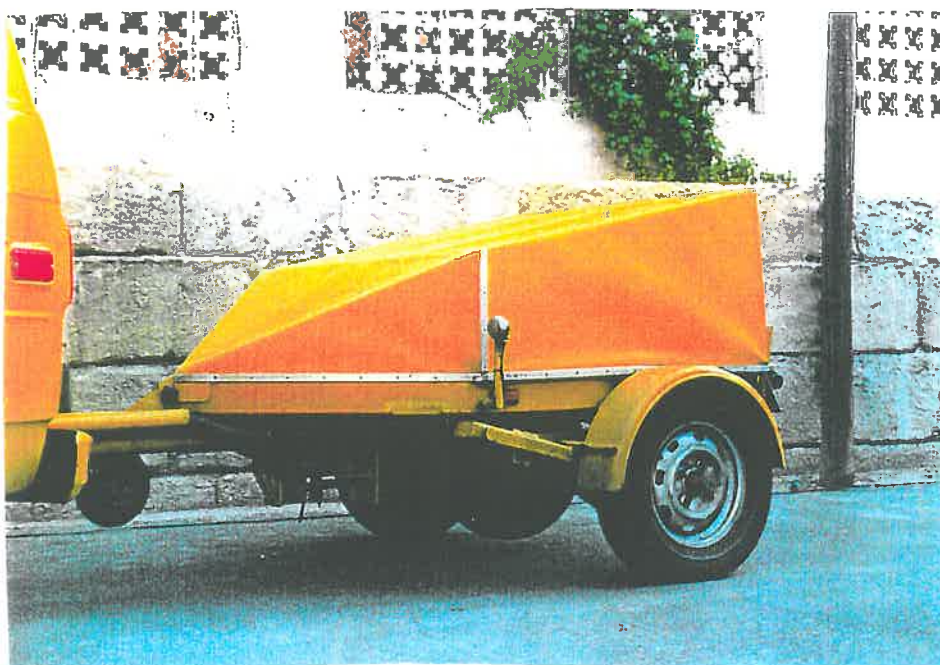
Urządzenie pomiarowe Norsemeter ROAR, zabudowane na specjalnej 4-kołowej przyczepce (ze zbiornikiem wody). Obok – po prawej stronie - SALTAR



Polski zestaw pomiarowy SRT-3 w czasie Eksperymentu w Anglii (w ramach projektu HERMES)



Urządzenie francuskie Adhera (w głębi). Na planie pierwszym polski zestaw pomiarowy SRT-3. Oba urządzenia pracują wg tej samej zasady (pełna blokada koła pomiarowego)



Holenderskie urządzenie DWW Trailer. Koło pomiarowe jest napędzane od kół bocznych z poślizgiem 86%



Duńskie urządzenie Stradograph. Pod autobusem znajdują się dwa koła pomiarowe, swobodnie toczone, odchyłone od kierunku ruchu o kąt 12°



Dwa urządzenia pomiarowe na jednym samochodzie: - SCRIM w części podstawowej oraz Stuttgarter Reibungsmesser za osią tylną

4. Ocena korelacji wyników pomiarów

Mimo dużego zróżnicowania metod pomiaru i urządzeń pomiarowych między poszczególnymi grupami metodycznymi występuje zaskakująco wysoka korelacją wyników pomiarów, zwłaszcza w porównaniu z metodą pomiaru reprezentowaną przez wahadło angielskie.

W tabeli 1 przytoczone są współczynniki korelacji wyników pomiarów dla różnych metod pomiaru, zaczerpnięte z końcowego raportu z Międzynarodowego Eksperymentu, jaki się odbył w 1992 r [1].

Tabela 1. Współczynniki korelacji dla różnych metod pomiaru współczynnika przyczepności nawierzchni drogowych.

Metoda pomiaru	Siła boczna	Stały poślizg	Pełna blokada	Wahadło
Siła boczna	0.863	0.819	0.795	0.665
Stały poślizg	0.819	0.834	0.783	0.732
Pełna blokada	0.795	0.783	0.843	0.670
Wahadło	0.665	0.732	0.670	0.830

Wysoka korelacja między różnymi metodami (i urządzeniami) pomiarowymi znajduje uzasadnienie w fakcie, że w istocie rzeczy współczynnik przyczepności jest określany przez porównanie dwóch tylko wartości: - siły tarcia, rozwijanej między kołem pomiarowym a nawierzchnią drogi, i obciążenia normalnego. Można założyć, że konstruktorzy urządzeń pomiarowych zapewnili poprawne funkcjonowanie systemów pomiarowych z precyzją właściwą dla danej metody pomiarów. Wysoka korelacja świadczy również o tym, że badane nawierzchnie drogowe cechowała dobra jednorodność własności ciernych, dzięki czemu uzyskane w czasie Eksperymentu wyniki pomiarów były generalnie zbieżne.

5. Rozrzut wyników pomiarów i jego przyczyny

W czasie badań przyczepności nawierzchni drogowych, niezależnie od metody pomiaru, obserwuje się znaczne rozrzuty wyników pomiarów, zarówno jako wartości pojedynczych, jak i (co jest zjawiskiem niepokojącym) jako wartości uśrednionych uzyskiwanych przez urządzenia należące do tej samej grupy metodycznej – na tych samych nawierzchniach drogowych. Duże różnice wartości średnich wyników podkopują zaufanie do urządzeń badawczych i stawiają pod znakiem zapytania wiarygodność wyników pomiarów, jako podstawę oceny i wnioskowania o własnościach przeciwpoślizgowych badanych nawierzchni drogowych.

Jako główne przyczyny rozrzutu wyników pomiarów można wymienić:

- naturalną zmienność współczynnika przyczepności w przekroju podłużnym i poprzecznym drogi (czynnik dominujący)
- odstępstwo od standardowej prędkości pomiarowej

Odstępstwo od standardowej prędkości pomiarowej daje się na ogół skompensować przez wyznaczenie parametrów funkcji $\mu = f(s)$ (dla danej drogi o cechach uogólnionych). Skutki nierówności, choć bliżej nieokreślone, przy odpowiednio długim czasie pomiaru, porównywalnym z okresem drgań własnych masy resorowanej (obciążającej), można zaniedbać.

Powstaje pytanie, gdzie tkwi rzeczywista przyczyna różnicująca uśrednione wyniki pomiarów, wykonywanych za pomocą identycznych lub pracujących wg tej samej metody urządzeń pomiarowych.

Problem zgodności wyników pomiarów jest o tyle istotny, że we wszystkich urządzeniach pomiarowych, niezależnie od metody pomiaru, współczynnik przyczepności jest określany wg tej samej definicji:

$$\mu = \frac{F}{Q} \quad (1)$$

w której jedynymi wielkościami obliczeniowymi są, jak to już zostało powiedziane, siła przyczepności F , rozwijana między kołem pomiarowym a nawierzchnią drogi i obciążenie normalne Q .

Dla zilustrowania poruszonego problemu warto przytoczyć wartości średnie wyników pomiarów uzyskanych przez urządzenia pomiarowe, pracujące wg. tej samej metody pomiaru, w czasie wspomnianego Eksperymentu w 1992 r na wszystkich odcinkach testowych w Belgii (tabela 2).

Można wyjaśnić, jako naturalne, różnice wyników średnich w przypadku różnych opon (o różnym bieżniku, wykonanych przez różnych producentów). Trudniej jednak wyjaśnić różnice o wartości 4 SN (w skali Skid Number) między urządzeniami Stuttgarter Reibungsmesser i Skiddometer BV-8 ekip szwajcarskich oraz różnicę o wartości 14 SN (!) między SCRIM-em belgijskim a francuskim, pracujących z taką samą oponą testową. Należy w tym przypadku wykluczyć błędy skalowania, ponieważ uśrednione wyniki dotyczą wielu od-cinków testowych, na których ewentualne błędy skalowania mogły być skorygowane.

Tabela 2. Wartości średnie wyników pomiarów w grupie urządzeń pracujących wg tej samej metody pomiaru w czasie ME na terenie Belgii

Urządzenie	Opona gładka		Opona gładka z obwodowymi rowkami		Opona 5,60 Sx13 (D-97)
	ASTM	PIARC	ASTM	PIARC	
x) ASTM E-274 (USA) LCPC Adhera (F) Stutt. Reib. (CH) Stutt. Reib. (A) Skiddometer BV-8 (CH) ASTM E-274 (USA) SRT-3 (PL)	0.37	0.44	0.46	0.50 0.52 048	0.41
Flemisch SCRIM (B)	0.55				
Geosica SCRIM (E)	0.59				
SCRIM (F)	0.69				
SCRIMTEX (UK)	0.64				

x) – przy pełnej blokadzie koła pomiarowego

Próba wyjaśnienia tak dużych różnic wyników pomiarów w przypadku podobnych urządzeń (pracujących wg tej samej metody pomiaru i z taką samą oponą testową) napotyka na poważne trudności interpretacyjne. Organizatorzy Międzynarodowego Eksperymentu, jaki miał miejsce w 1992 roku, traktują każde z urządzeń pomiarowych odrębnie, niezależnie od podobieństw konstrukcyjnych i eksploatacyjnych, i przypisują każdemu urządzeniu współczynniki przeliczeniowe, przy czym pomostem do zrównania wyników pomiarów ma być, wg projektu normy pr EN 13036-2001, tekstura badanych nawierzchni drogowych. To zagadnienie będzie omówione szczegółowo w p. 7, str.40.

W tym miejscu autorzy sprawozdania mogą z całą stanowczością stwierdzić (na podstawie wieloletniej praktyki, związanej z eksploatacją urządzeń SRT-3), że rejestrowane, niekiedy tak drastyczne, różnice wartości średnich wyników pomiarów podobnych, a nawet identycznych urządzeń pomiarowych, mają swoje źródło w różnym stanie zużycia opon te-

stowych w danym urządzeniu pomiarowym, a także w niejednakowej grubości filmu wodnego pod kołem pomiarowym we wszelkiego rodzaju testach na powtarzalność i odtwarzalność wyników pomiarów. Wydaje się, że jest to kluczowy problem, który bezskutecznie (jak dotąd) różne ośrodki badawcze i organizacje drogownictwa próbują rozwiązać.

6. Wymagania prawne i kryteria oceny własności przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych

W połowie roku IBDiM rozesłał ankietę do kilku dużych europejskich ośrodków badawczych z zapytaniem w sprawie obowiązujących w ich krajach przepisów prawnych i stosowanych w praktyce kryteriach oceny własności przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych – nowych i eksploatowanych. Oficjalnie otrzymano odpowiedzi z dwóch ośrodków: badawczych: - TRL w Anglii i BRRS w Belgii. Odpowiedź z FEHRL była wymijająca, odsyłająca do innych informatorów. Nie odpowiedziały na ankietę ośrodki badawcze w Norwegii: - RTD w Trondheim i NPRA w Oslo – mimo przyrzeczenia odpowiedzi.

Większość ze zgromadzonych przez nas informacji pochodzi z różnego rodzaju publikacji, nie ma więc charakteru oficjalnego.

W rozesyłanej ankiecie oczekiwaliśmy odpowiedzi na następujące pytania:

1. Jakie metody pomiaru stosujecie (preferujecie) w badaniach nawierzchni nowych (w badaniach odbiorczych) a jakie w badaniach nawierzchni już eksploatowanych (w badaniach inwentaryzacyjnych)
2. Jakie kryteria oceny (poziomy lub progi wymaganego współczynnika tarcia) stosujecie na drogach różnych kategorii w zależności od stosowanej metody pomiaru.
3. Czy w ocenie własności przeciwpoślizgowych występuje (i jaką ma wagę) kryterium wymaganej tekstury.
4. Czy wymagania w zakresie tekstury są powiązane z wymaganiami w zakresie przyczepności (współczynników tarcia nawierzchni).
5. Czy w procesie dociekania przyczyn wypadków drogowych brana jest pod uwagę tekstura nawierzchni, jako jeden z potencjalnych czynników własności przeciwpoślizgowych.

6. 1. Wymagania w zakresie przyczepności nawierzchni drogowych w Anglii:

1. Na nowych nawierzchniach nie stosują pomiaru współczynnika tarcia. Wychodzą z założenia, że użyte materiały i technologia wykonania nawierzchni, określone odpowiednimi normami, zapewniają wymagany poziom przyczepności.
2. W czasie eksploatacji, na drogach głównych zarządzanych przez Państwową Agencję Dróg (HA) wykonują badania przyczepności **co 3 lata za pomocą urządzeń typu SCRIM**. Na innych drogach, zarządzanych przez poszczególne hrabstwa, od czasu do czasu (z częstotliwością bliżej nieokreśloną) wykonują badania przyczepności za pomocą urządzeń SCRIM, ale również za pomocą urządzeń **Griptester**, odpowiednio skorelowa-

nych względem urządzeń SCRIM. Niektóre hrabstwa stosują kryteria oceny zgodne z kryteriami centralnymi (HA), niektóre mają własne kryteria, albo nie mają żadnych. Sprawa poziomów utrzymaniowych, zawartych w kryteriach oceny, ma z reguły charakter poufny.

3. We wszystkich pracach poznawczych stosowane jest zazwyczaj urządzenie PFT, odpowiadające amerykańskiemu urządzeniu ASTM E-274. Jest to urządzenie wymienione w p. 2 sprawozdania, jako występujące w pierwszym Międzynarodowym Eksperymentie, zorganizowanym przez PIARC w 1992 r. Z innych materiałów [3] wynika, że urządzenie to jest stosowane, jako referencyjne, również we Francji.
4. Tekstura nawierzchni jest ściśle określona dla wszystkich nowych nawierzchni, zgodnie z ich przeznaczeniem. W badaniach stosują zwyczajowo metodę piasku kalibrowanego, ale również metodę pomiaru laserowego dla szybkiej oceny. Stosują także monitoring tekstury z użyciem specjalnych, trakcyjnych i szybkich urządzeń laserowych, którego rezultaty są przydatne (pożyteczne) przy podejmowaniu decyzji utrzymaniowych. Nie ma jednakże specjalnych wymagań, dotyczących tekstury nawierzchni już eksploatowanych.
5. Podstawowym dokumentem związanym z badaniami przyczepności na drogach głównych zarządzanych przez Państwową Agencję (HA) jest poradnik pt.: **Design Manual for Roads and Bridges, Volume 7: Pavement Design and Maintenance, Skidding Resistance** wydany przez **Highways Agency, Scottish Office Development Department, Welsh Office y Swyddfa Gymreig, Department of the Environment for Northern Ireland** - prawie w całości poświęcony wymaganiom i prawidłowemu użytkowania SCRIM a, jako podstawowego urządzenia pomiarowego w Anglii, Szkocji, Walii i Północnej Irlandii.

Jest to szczegółowe opracowanie, w którym zawarte są definicje, procedury gromadzenia i przetwarzania wyników pomiarów, szczegółowe procedury kalibracji statycznej i dynamicznej, w tym docierania opon, a także niekonwencjonalne postępowania w miejscach wypadków drogowych. Podana jest przykładowa zmienność współczynnika przyczepności na przestrzeni całego roku, z zaleceniem stosowania odpowiednich poprawek.

W tabeli 3.1 (wg oryginału) o nazwie: **Investigatory Skidding Resistance Levels for Different Site Categories**, podane są wymagane poziomy współczynnika tarcia (dla urządzenia SCRIM) w 13 kategoriach utrzymaniowych, w zależności od warunków eksploatacyjnych i usytuowania drogi. Wymienia się 8 a praktycznie wyróżnia się 5 poziomów oceny, stopniowanych co 0.05

Poniżej przytaczamy wymagane poziomy przyczepności na drogach różnych kategorii (wg wymagań Highways Agency) dla urządzenia SCRIM:

Kategoria drogi	Charakterystyka drogi	Prędkość pomiarowa km/h	Współczynnik przyczepności
A	Autostrady (trasy główne)	50	0.35
B	Drogi dwupasmowe (szybkiego ruchu) - nie na wszystkich odcinkach	50	0.35
C	Drogi jednopasmowe (szybkiego ruchu) – nie na wszystkich odcinkach	50	0.40
D	Drogi dwupasmowe z małą liczbą skrzyżowań	50	0.40
E	Drogi jednopasmowe z małą liczbą skrzyżowań	50	0.45
F	Dojazdy do skrzyżowań	50	0.45
G1	Odcinki z nachyleniem 5-10% na długości większej niż 50 m	50	0.45
G2	Strome wzniesienia dłuższe niż 50 m (na drogach dwupasmowych tylko na zjazdach, na drogach jednopasmowych na zjazdach i podjazdach)	50	0.50
H1	Krzywizny (łuki) z dopuszczalną prędkością 40 mph (mil/h) lub mniejszą dla $R < 250$ m	50	0.45
J	Dojazdy do ronda	50	0.55
K	Dojazdy do sygnalizacji świetlnej, przejść dla pieszych, przejazdów kolejowych itp.	50	0.55
H2	Krzywizny (łuki) z dopuszczalną prędkością 40 mph (mil/h) lub mniejszą dla $R < 100$ m	20	0.60
L	Ronda	20	0.55

Na uwagę zasługuje stopniowanie wymagań na drogach kolejnych kategorii. Wbrew intuicyjnym odczuciom najniższe wymagania są na autostradach. Można to tłumaczyć ustabilizowanym ruchem pojazdów, choć odbywającym się z dużą prędkością. Inaczej traktowane są dojazdy do skrzyżowań, przejazdów kolejowych, przejść dla pieszych i rond, gdzie wymagania są zdecydowanie wyższe.

Na uwagę zasługuje również zalecany sposób pomiaru na drogach różnych kategorii. Tak np. na drogach kategorii A, B i C zaleca się tworzenie miarodajnych wartości współczynnika przyczepności z kolejnych odcinków drogi o długości 100 m każdy. Na drogach kategorii D, E, F, J i K zalecane są odcinki o długości 50 m, a dla kategorii L – 10 m.

B. Warunki pomiaru współczynnika przyczepności

Lp	Kraj	Warunki pomiaru	Wartość miarodajna	Długość odcinka pom.	Normy i procedury
1	Belgia Flandria	50 km/h, 20°C, 1 mm wody	współczynnik między 0 a 1.00	na całej długości	
2	Belgia Walonia	oczyszczona nawierzchnia przy temp. 5 – 35°C	jw	jw	CCT W10 + recommendations
3	Francja	50 km/h, 0.5 mm wody	jw	rezultat za każde 10 lub 20 m	NFP-98-220-3 i 220-4
4	Francja	1 mm wody	jw	20 m	NFP-98-220-2
5	Węgry	50 km/h, 0-40°C		20 m	Norma państwowa
6	Włochy	nawierzchnia mokra	wartość średnia	co najmniej na 10% długości	
7	Dania	0.23 mm wody	wartość średnia w każdym śladzie kół	na całej długości (po 10 lub 100 m)	Norma państwowa
8	Holandia	50 km/h, 0.5 mm wody	współczynnik między 0 a 1.00	100 m	Norma RAW Con.95,150
9	Hiszpania	nawierzchnia mokra 3 miesiące po oddaniu	BPN		NLT 150
10	Szwecja	nawierzchnia mokra	wartość średnia		ROAD94 VVMB 104
11	Szwecja	nawierzchni mokra	≥1m		ROAD94 VVMB 582
12	Polska	60 km/h 0.5 mm wody	wartość średnia dla czasu uśredniania 0.55 s	co 100 m	Procedura PB/TD-1/1 Roporządzenia MTiGM

Warunki pomiaru współczynnika przyczepności w poszczególnych krajach są bardzo zróżnicowane. Różnicowanie dotyczy nie tylko grubości filmu wodnego pod kątem pomiarowym (od 0.23 mm do 1 mm), ale również sposobu tworzenia wartości miarodajnej. Jest to szczególnie widoczne w przypadku urządzenia SCRIM, gdzie przyjmowane są różne długości dla uśredniania mierzonej wartości. Zastanawia grubość filmu wodnego w przypadku francuskiej ADHERY. Przy grubości filmu wodnego 1 mm i na oponie testowej gładkiej można spodziewać się aquaplaningu już w zakresie 80 – 90 km/h.. Prawdopodobnie tak duży wydatek

wody jest podyktowany koniecznością dużej liczby pomiarów na nawierzchniach z powierzchniowym utrwalaniem

C. Wymagane, minimalne poziomy utrzymaniowe

Lp	Kraj	Uwagi	Wymagany poziom współczynnika tarcia	wymagania szczególne
1	Belgia Flandria		0.45	
2	Belgia Walonia		$SFC \geq 0.45$	80 km/h na autostradach i 50 km/h na innych drogach
3	Francja	brak specyfikacji dla SFC		
4	Francja	brak specyfikacji dla BFC		
5	Węgry	wartości - średnia i minimalna są porównywalne z wartością wymaganą	na autostradach $SFC > 0.6 \pm 0.04$	
6	Włochy	$SFC > 0.47$ do 065 w zależności od rodzaju nawierzchni	0.55	na nowych nawierzchniach pomiary są wykonywane w 15 i w 180 dniu po oddaniu
7	Dania	SFC w każdym śladzie kół za 100 m drogi > 0.4	0.4	
8	Holandia	opona gładka PIARC - obciążenie 1962 N	0.52	wymagania konstrukcyjne 0.52 utrzymaniowe 0.45
9	Hiszpania	dla ruchu ciężkiego $BPN > 0.65$ dla ruchu lekkiego $BPN > 0.60$	0.60 i 0.65	
10	Szwecja	dot. urządzenia Skiddometer		wymagania konstrukcyjne 0.5 utrzymaniowe > 0.4
11	Szwecja	dot. wahadła		wymagania konstrukcyjne > 0.45
12	Polska	po zmianie opony testowej	w zależności od kategorii drogi	

Dane zawarte w tabelach A, B i C nie są pełne. Niektóre administracje drogowe i ośrodki badawcze traktują wyniki badań przyczepności nawierzchni drogowych jako poufne.

Tym niemniej w różnych publikacjach podawane są bądź wyniki pomiarów niektórych dróg, bądź poziomy utrzymaniowe, związane z danym urządzeniem pomiarowym. Tak np. w prospekcie reklamowym holenderskiego urządzenia DWW Trailer podana jest klasyfikacja dróg ze względu na pomierzoną wartość współczynnika przyczepności:

drogi niebezpieczne	$\mu < 0.24$
bardzo śliskie	$0.24 < \mu < 0.30$
śliskie	$0.31 < \mu < 0.37$
zagrożone	$0.38 < \mu < 0.44$
(poziom ostrzegawczy)	
umiarkowanie dobre	$0.45 < \mu < 0.51$
dobre	$0.52 < \mu < 0.72$
bardzo dobre	$0.72 < \mu$

Poważnym problemem jest bezpośrednio porównanie wymagań i poziomów utrzymaniowych w różnych krajach europejskich. Na przeszkodzie stoi brak jednoznacznego standardu w zakresie opon testowych i jednoznacznych, nie budzących wątpliwości współczynników przeliczeniowych. Takich oczekiwań nie spełnił pierwszy Eksperyment Międzynarodowy, w którym uczestniczyło 27 różnych urzędów z 16 krajów. Podane w tablicach współczynniki zrównania każdego z urzędów względem siebie nie są satysfakcjonujące (patrz p.7)

Należy żywić nadzieję, że obecny eksperyment – Projekt HERMES – przyczyni się do uściślenia skali wyników pomiarów między różnymi urządzeniami.

7. Ocena własności przeciwpoślizgowych według europejskiego projektu normy pr EN 13036-2:2001

W procesie oceny każdej nawierzchni drogowej istotną rolę odgrywa – poza oceną nośności i równości - ocena jej własności przeciwpoślizgowych.

Różnorodność urządzeń pomiarowych i stosowanych metod pomiaru powoduje, że publikowane w różnych krajach i przez różne ośrodki badawcze wyniki pomiarów nie są spójne, i, jak to już wykazano w p. 2, mają wybitnie umowny charakter, związany z danym typem urządzenia pomiarowego.

W połowie lat 90-tych narodziła się idea wprowadzenia unormowanej skali oceny własności przeciwpoślizgowych nawierzchni, opartej o wyniki badań różnych, europejskich i światowych urządzeń pomiarowych. W roku 1992 został zorganizowany Międzynarodowy Eksperyment pod patronatem PIARC, którego głównym celem było opracowanie metod kalibracji względnej różnych urządzeń pomiarowych, służących do badania przyczepności, ale z uwzględnieniem tekstury. Jest to idea, która ma zarówno zwolenników, jak i przeciwników. W istocie rzeczy przeciwnicy nie odrzucają tej idei, oczekują tylko wyjaśnienia szeregu niejasności. W tym celu organizowane są kolejne eksperymenty międzynarodowe, w których uczestniczy również ekipa polska z zestawem pomiarowym SRT-3. Udział ekipy polskiej w nowym, kilkietapowym eksperymencie o kryptonimie HERMES, omówiony jest w p.9.

Poniżej przedstawiony jest zarys koncepcji wyznaczania Europejskiego Indeksu Tarcia (EFI), jako odmiany Międzynarodowego Indeksu Tarcia postulowanego przez PIARC po Eksperymentcie w 1992 r.

U podstaw obu koncepcji leży matematyczny model współczynnika przyczepności (współczynnika tarcia opony samochodowej i nawierzchni drogi), zwany Penn State Model, który można opisać kilkoma równoważnymi zależnościami:

$$F(S) = F_0 \exp[-(S/S_0)] \equiv F_0 \cdot e^{\frac{-S}{S_0}} \quad (2)$$

w którym: $F(S)$ - współczynnik przyczepności jako funkcja prędkości poślizgu S między elementami opony samochodowej a nawierzchnią drogi.

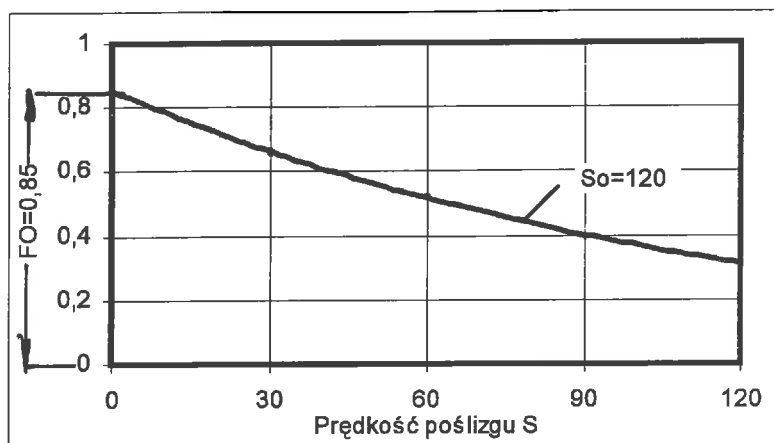
Uwaga :podając ten wzór zachowano oryginalną pisownię. W literaturze polskiej prędkość poślizgu stykających się elementów koła i nawierzchni drogi oznaczana jest jako v_s

F_0 - graniczna wartość współczynnika przyczepności dla $S \equiv v_s = 0$

S_0 - współczynnik (stały parametr) charakteryzujący charakter krzywej

$F(S) = f(S)$ o wymiarze prędkości (tzw Speed Number)

Przykładowy przebieg funkcji $F(S) = f(S \equiv v_s)$ zamieszczony jest na rys. 2



Rys. 2. Współczynnik przyczepności wg Penn State Model

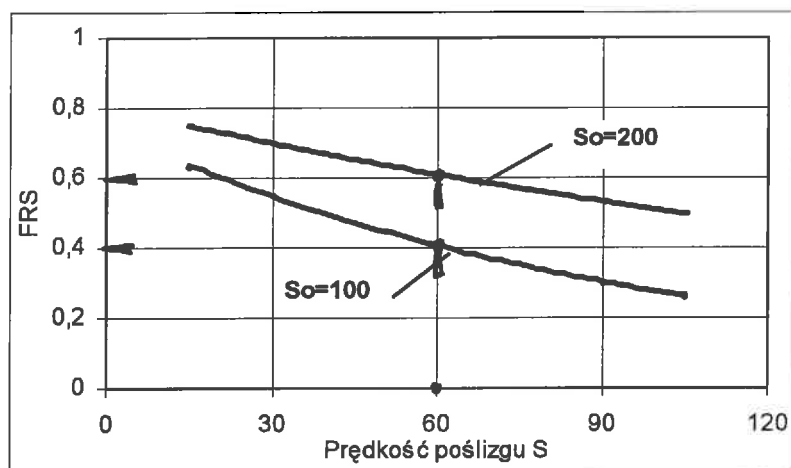
W praktyce nie określa się wartości granicznej F_0 , korzysta się natomiast z przetworzonych postaci Penn State Modelu, z wyróżnieniem współczynnika przyczepności, pomierzonego przy określonej prędkości poślizgu, np. przy prędkości $S \equiv v_s = 60$ km/h

$$FRS = FR_{60} \cdot \exp \left[\frac{(60-S)}{S_0} \right] \quad (3)$$

lub

$$FR_{60} = FRS \cdot \exp \left[\frac{(S-60)}{S_0} \right] \quad (4)$$

Równanie (3) pozwala na oszacowanie współczynnika przyczepności dla dowolnej prędkości poślizgu elementów opony i nawierzchni drogi, gdy tylko znany jest pomiar wykonany przy prędkości $S \equiv v_s = 60$ km/h (rys. 3), natomiast równanie (4) pozwala sprowadzać



Rys. 3. Wykres zmienności współczynnika przyczepności dla znanych wartości FR_{60} i S_0

wyniki pomiarów, wykonane przy dowolnej prędkości poślizgu, do umownej prędkości odniesienia, w tym przypadku do $S = 60$ km/h.

W przypadku urządzeń pracujących w warunkach pełnej blokady koła pomiarowego zachodzi oczywista równość $S \equiv v_s = v$, gdzie v jest prędkością ruchu urządzenia pomiarowego, co znacznie upraszcza proces obliczeniowy.

Kolejne etapy wyznaczania Europejskiego Indeksu Tarcia (EFI) są następujące:

- 1⁰ - Wyznaczenie na podstawie pomiaru tekstury (jedną z dwu dostępnych metod MPD lub MTD) współczynnika krzywej przyczepności $S_p \equiv S_0$ (we wzorach 2,3,4), charakteryzującego nachylenie charakterystyki $FRS = f(S_p)$ dla danej nawierzchni drogowej, z wykorzystaniem jednej z dwóch możliwości:

$$S_p = 57 + 56 \cdot MPD \quad (6)$$

lub
$$S_p = 43 + 70 \cdot MTP \quad (7)$$

przy wzajemnej zależności:
$$MTD = 0.2 + 0.8 \cdot MPD \quad (8)$$

- 2⁰ - Wyznaczenie estymowanej wartości europejskiego wskaźnika przyczepności SRI:

$$SRI = A + B \cdot F \cdot \exp[(S-30)/S_p] \quad (9)$$

gdzie: **A** i **B** - współczynniki związane z danym urządzeniem badawczym, określone w toku pomiarów kalibracyjnych z udziałem wielu różnych urządzeń pomiarowych

F - współczynnik przyczepności określony metodą właściwą dla danego urządzenia pomiarowego

Uwaga: Wzór (9) pozwala na sprowadzanie wyników pomiarów różnych urządzeń pomiarowych, niezależnie przy jakiej prędkości poślizgu koła względem nawierzchni one pracują, do umownej prędkości poślizgu $S = 30$ km/h. Uzasadnia się to faktem, że prędkość poślizgu większości urządzeń pomiarowych, mimo iż formalnie pracują ze standardową prędkością ruchu $v=60$ km/h, jest nawet niższa od tej umownej prędkości. Takie uzasadnienie spotyka się ze sprzeciwem tych ośrodków badawczych, których urządzenia pracują z poślizgiem koła pomiarowego względem nawierzchni równym standardowej prędkości ruchu w czasie pomiarów, tj. $v = 60$ km/h. W przypadku tych urządzeń obliczenia radykalnie się upraszczają, ponieważ w punkcie $S = v_s = v$ nie zachodzi potrzeba „sprowadzania” wyników pomiarów do innej, umownej prędkości pomiarowej. Dotyczy to również polskiego zestawu SRT-3.

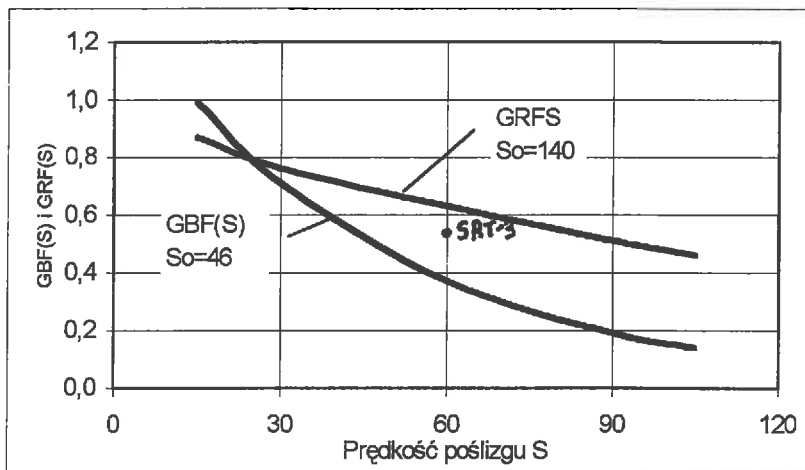
Jako wynik pomiaru w skali EFI (SRI) podawane są dwie liczby: - SRI i S_p .

Na uwagę zasługuje porównanie wzoru (9) ze wzorem (10), który określa Międzynarodowy Indeks Tarcia IFI

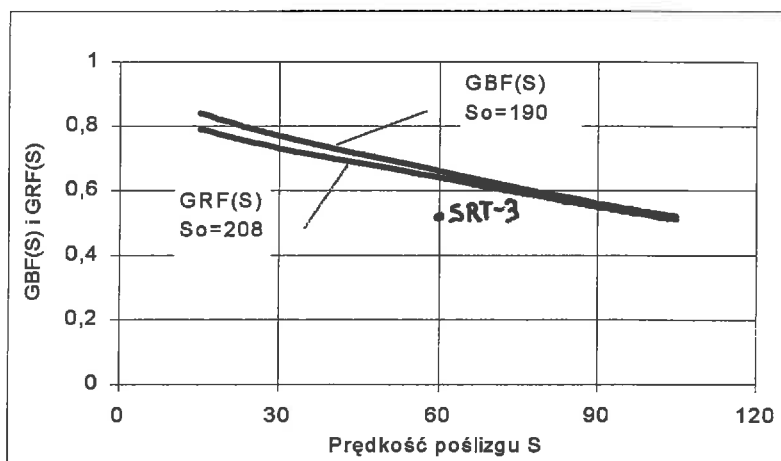
$$F60 = A + B \cdot FR60 + C \cdot T_x = A + B \cdot FRS \cdot \exp [(S-60)/S_p] + C \cdot T_x \quad (10)$$

ficzną krzywych przyczepności na obu odcinkach testowych, dla opon gładkich i rowkowanych, są rys. 4 i 5.

Rys. 4 potwierdza znaną prawdę, że opona gładka ma skłonność do aquaplaningu przy większych prędkościach ruchu względem nawierzchni gładkich, o drobnej teksturze (o małej wartości MTD). Na nawierzchniach bardziej „szorstkich”, zwłaszcza porowatych, jak na odcinku 26.2, opona gładka zachowuje się praktycznie tak samo, jak opona bieżnikowana. Prawdopodobnie w tym fakcie należy upatrywać uzasadnienie idei uwzględniania w ocenie własności przeciwpoślizgowych nawierzchni również jej tekstury.



Rys. 4. Odcinek testowy 26.1. Tekstura 0.295 MPD



Rys. 5. Odcinek testowy 26.2. Tekstura 3.8 MPD (Asfalt porowaty)

Na rys. 4 i 5 zaznaczone są punkty SRT-3 równe pomierzonym wartościom współczynnika przyczepności na obu odcinkach testowych przez polski zestaw pomiarowy. Dla oceny skuteczności obu algorytmów obliczeniowych dokonano estymacji Indeksów F60 i SRI z wykorzystaniem rzeczywistych danych odcinków 26.1 i 26.2.

Przykład obliczeniowy, estymacja F60

Odcinek testowy 26.1

(Dla SRT-3: $A = -0.02534$, $B = 0.80685$, $C = 0.067724$)

$$T_x = 0.525 \text{ MTD} = 0.295 \text{ MPD}$$

$$FRS_{(SRT-3)} = 0.53$$

$$F60_{(SRT-3 \text{ IFI})} = A + B \cdot FRS + C \cdot T_x = 0.416 \quad (FR60 = FRS0)$$

Odcinek testowy 26.2

$$T_x = 3.5 \text{ MTD} = 3.8 \text{ MPD}$$

$$FRS_{(SRT-3)} = 0.55$$

$$F60_{(SRT-3 \text{ IFI})} = 0.68$$

Na obu odcinkach (pasach startowych lotniska) współczynnik przyczepności, określony za pomocą polskiego urządzenia SRT-3 (w warunkach pełnej blokady koła pomiarowego, ma porównywalną wartość, uznawaną za dobrą. Tymczasem odcinek 26.1, pomierzony za pomocą urządzeń z oponą gładką, wykazał przyczepność niedostateczną, głównie ze względu na jej bardzo duży spadek przy większych prędkościach pomiarowych. Na odcinku testowym 26.1 estymowana **zgodnie z procedurą Międzynarodowego Indeksu Tarcia (IFI)** wartość współczynnika przyczepności dla polskiego zestawu pomiarowego (dla prędkości poślizgu $S = v_s = 60 \text{ km/h}$) wynosi 0.41, jest więc znacznie (o 13 jednostek w skali SN) zaniżona. Natomiast na odcinku testowym 26.2 estymowana dla polskiego zestawu pomiarowego wartość współczynnika przyczepności (też dla prędkości poślizgu $S = v_s = 60 \text{ km/h}$) wynosi 0.68, jest więc o 13 jednostek w skali SN zawyżona! Różnice są znaczne, co niezbyt dobrze świadczy o dokładności estymacji w oparciu o omówiony algorytm obliczeniowy.

Przykład obliczeniowy, estymacja SRI (sprowadzanie rzeczywistych wartości pomiarowych do umownej prędkości $S = v_s = 30 \text{ km/h}$)

Odcinek testowy 26.1

(Dla SRT-3: $A = 0.104$, $B = 0.886$ – patrz załącznik B do projektu normy)

$$FRS_{(SRT-3, s=60)} = F = 0.53$$

$$FRS_{(SRT-3, s=30)} = 0.64$$

$$SRI_{(SRT-3 \text{ EFI})} = A + B \cdot F \cdot \text{EXP} [(S-30)/S_p]$$

$$S_p = 43 + 70 \cdot \text{MTD} = 43 + 70 \cdot 0.525 = 79.75$$

$$SRI_{(SRT-3 \text{ EFI})} = 0.104 + 0.886 \cdot 0.53 \cdot \text{EXP} [(60-30)/79.75] = 0.78$$

Odcinek testowy 26.2

$$RFS_{(SRT-3, S=60)} = F = 0.55$$

$$FRS_{(SRT-3, S=30)} = 0.64$$

$$S_p = 43 + 70 * MTD = 43 + 70 * 3.5 = 288$$

$$SRI_{(SRT-3 \text{ EFI})} = 0.104 + 0.886 * 0.55 * \text{EXP} [(60-30)/288] = 0.64$$

Z porównania wartości pomiarowych i estymowanych wynika, że na odcinku testowym 26.1 estymowana wartość współczynnika przyczepności dla polskiego zestawu SRT-3 jest zawyżona względem wartości pomiarowej aż o 14 jednostek w skali SN. Natomiast na odcinku testowym 26.2 obie wartości są wyjątkowo zgodne.

Filozofia wyznaczania Międzynarodowych czy Europejskich Indeksów Tarcia nie zakłada zgodności estymowanych i rzeczywiście pomierzonych wartości współczynników przyczepności. Z natury tych indeksów wynika, że powinny być one rozpatrywane łącznie z obliczonymi (estymowanymi) wartościami parametru S_p , określającymi charakter krzywych przyczepności. O ostatecznej wartości wskaźników IFI lub EFI decydują zestawienia:

Dla IFI: - (F_{60} , S_p)

Dla EFI: - (SRI_{30} , S_p),

w których równie ważną rolę odgrywa poziom obu wymienionych wartości w każdym z wymienionych indeksów tarcia.

Niepokoje budzi fakt, że taki odcinek testowy jak 26.1, używany jako pas startowy na lotnisku, uzyskuje różne miary oceny jego własności przeciwpoślizgowych w zależności od przyjętej procedury obliczeniowej.

Interpretacja indeksów tarcia IFI i EFI

W materiałach z pierwszego Międzynarodowego Eksperymentu [1] zawarte są wskazówki, jak interpretować w praktyce uzyskiwane miary oceny własności przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych w postaci IFI, jako pary dwóch liczb: F_{60} oraz S_p . To samo można powiedzieć o EFI (SRI).

W pełnym równaniu, określającym F_{60} , wg IFI

$$F_{60} = A + B.FRS.exp [(S-60)/S_p] + C.T_x \quad (11)$$

znajdują się wielkości, które mają wartość stałą: - A , B , C , związane z danym urządzeniem badawczym oraz a i b , związane z urządzeniem mierzącym teksturę nawierzchni, a poprzez S_p

z gładką oponą testową, oraz takie, które mogą być określone jako **wielkości minimalne, nieprzekraczalne**: - $F60^*$ oraz S_p^* .

W wyrażeniu na S_p^* ukryty jest związek z minimalną, nieprzekraczalną wartością tekstury $T_{x_{min}}$

$$S_p^* = a + b \cdot T_{x_{min}} \quad (12)$$

lub

$$T_{x_{min}} = (S_p^* - a)/b \quad (13)$$

Traktując miarę tekstury T_x jako zmienną niezależną można określić **minimalną, pomiarową** wartość współczynnika przyczepności FRS_{min} (w przyjętej metodzie pomiaru), jako funkcję tekstury:

$$FRS_{min} = \frac{(F60^* - A - C \cdot T_x) \exp[(60 - S)/(a + b \cdot T_x)]}{B} \quad (14)$$

Dla SRT-3 wg tabeli 25 w materiałach z pierwszego Eksperymentu [1]:

$$A = -0.02534$$

$$B = 0.80685$$

$$C = 0.06672$$

$$S = v_s = 60 \text{ km/h}$$

oraz dla metody pomiaru tekstury za pomocą piasku kalibrowanego (MPD)

$$a = 14.23$$

$$b = 89.72$$

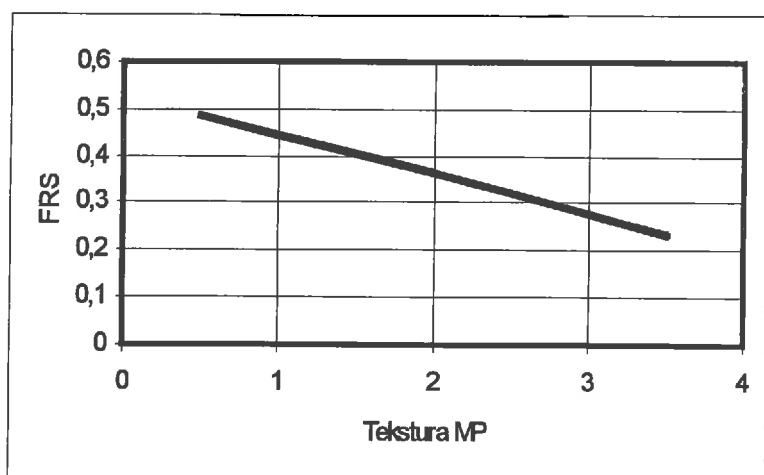
Dla podanych, jako przykład, minimalnych wartości parametrów Międzynarodowego Indeksu Tarcia (IFI) (ta sprawa jest przedmiotem dalszych dociekań w kolejnych eksperymentach, w tym w projekcie HERMES):

$$F60^* = 0.4 \text{ oraz } S_p = 100 \text{ (} T_{x_{min}} \cong 1.00 \text{)}$$

funkcja (14), z podstawieniem ww. wartości, redukuje się do postaci liniowej

$$FRS_{min} = \frac{0.42534 - 0.06672T_x}{0.80685} = 0.527 - 0.083T_x \quad (15)$$

jako funkcja tekstury T_x , co ilustruje rys. 6. Liniowość tej funkcji jest konsekwencją przyjęcia, zgodnie z procedurą IFI, jako prędkości poślizgu S , standardowej prędkości ruchu (prędkości pomiarowej) urządzenia SRT-3. W tym przypadku, w warunkach pełnej blokady koła pomiarowego, zachodzi kilkakrotnie już wspomniana równość $S = v_s = 60 \text{ km/h}$, co powoduje, że człon expotencjalny w równaniu (14) staje się jednością.



Rys. 6. Minimalna wartość współczynnika przyczepności jako funkcja tekstury wg procedury IFI (dla SRT-3)

Spróbujmy, dla porównania, określić minimalną wartość współczynnika przyczepności FRS_{min} , jako funkcji tekstury T_x , ale wg procedury Europejskiego Indeksu Tarcia (EFI).

W tym celu równanie (9)

$$SRI = A + B \cdot F \cdot \exp[(S-30)/S_p]$$

można przekształcić do postaci:

$$F_{min} = \frac{(SRI^* - A) \exp[(30 - S)/(57 + 56 \cdot MPD)]}{B} \quad (16)$$

Dla SRT-3 projekt normy pr EN 13036-2:2001, przewiduje następujące wartości współczynników A i B:

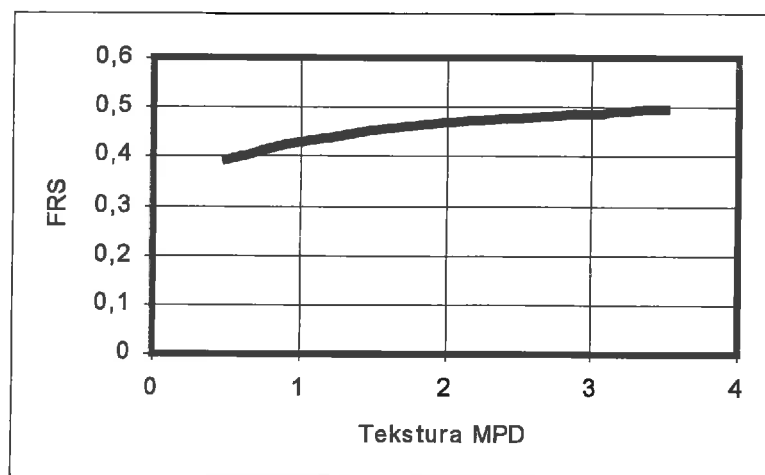
$$A = 0.104, B = 0.886$$

Dla SRT-3 jest również $S = v_s = 60 \text{ km/h}$

Przy założeniu, że minimalna wartość dla $SRI^* = 0.6$ (procedura EFI sprowadza wyniki pomiarów do umownej prędkości $v=30 \text{ km/h}$, co uzasadnia przyjęcie wyższej wartości dla SRI^* niż w przypadku IFI), równanie (16) redukuje się do postaci

$$F_{min} = 0.559 \exp [(-30)/(57 + 56 \cdot MPD)] \quad (17)$$

Na rys. 7 przedstawiona jest ilustracja graficzna tej funkcji



Rys. 7. Minimalna wartość współczynnika przyczepności jako funkcja tekstury wg procedury EFI (dla SRT-3)

Analiza rysunków 6 i 7 potwierdza wnioski, które już częściowo zostały sformułowane: - analizowane procedury wyznaczania unormowanej skali oceny własności przeciwpoślizgowych, zarówno EFI (SRI) jak i IFI, nie są spójne, a uzyskiwane za ich pomocą wyniki pomiarów nawet sprzeczne.

Rysunek 7 pozostaje w wyraźnej niezgodzie z hipotetycznymi, minimalnymi wartościami FRS_{min} lub F_{min} a teksturą nawierzchni T_x (o cechach hiperboli) - podawanymi w cytowanych materiałach, wyjaśniających sens stosowania Indeksów Tarcia [1, 2 oraz 4].

Zgodnie z ideą IFI, wyrażoną po pierwszym Międzynarodowym Eksperymentcie, przy większych wartościach tekstury wymagany, minimalny poziom współczynników przyczepności powinien być niższy (co potwierdza również ~~z~~ rys. 6) a wg EFI (SRI), jak to wynika z przytoczonych obliczeń i z rys. 7, jest odwrotnie! Mimo, iż rys. 7 jest poprawny pod względem matematycznym, zgodnym ze wzorem (16), jego sens fizyczny budzi poważne wątpliwości.

8. Ogólna ocena projektu normy pr EN 13036-2: 2001

W chwili obecnej można mówić o ideach i dużych nadziejach związanych z wprowadzeniem Międzynarodowego lub Europejskiego Indeksu Tarcia, jednakże procedury jego wyznaczania, w tym projekt normy pr EN 13036-2:2001, nie są dostatecznie dopracowane.

W p. 7 wykazano cały szereg niespójności i sprzeczności, które mogą przynieść więcej szkody niż pożytku..

Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że jednym z najważniejszych problemów w badaniach przyczepności nawierzchni drogowych jest zapewnienie wiarygodności wyników pomiarów, wykonywanym w zmiennych warunkach atmosferycznych, na drogach o różnej teksturze i o różnym poziomie współczynnika przyczepności. A więc najważniejszym problemem jest miarodajny pomiar współczynnika przyczepności (współczynnika tarcia między kołem pomiarowym a nawierzchnią drogi). Temu celowi służą różnego rodzaju testy na powtarzalność i odtwarzalność wyników pomiarów, dzięki którym udaje się wykryć szereg błędów procesu pomiarowego czy niesprawności urządzeń pomiarowych.

Tymczasem – zastosowanie w powszechnej praktyce obowiązku sprowadzania wyników pomiarów do umownego poziomu, który wyraźnie się różni z rzeczywistymi siłami tarcia (rzeczywistymi współczynnikami przyczepności) rejestrowanymi w danej metodzie pomiaru, może całkowicie zakłócić dotychczasowy proces kontroli, a tym samym naruszyć dotychczasową, i tak już dostatecznie krytykowaną, jakość i precyzję pomiarów.

Innym, bardzo ważnym aspektem sprawy jest fakt, współczynniki przeliczeniowe, których teoretycznym celem jest zapewnienie tej samej skali oceny własności przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych w różnych krajach, w różnych regionach geograficznych i w różnych warunkach atmosferycznych wszystkim urządzeniom, stosującym postulowane procedury pomiarowe, są związane ze ściśle określonym typem stosowanych opon testowych. Inaczej mówiąc wymiana opony w urządzeniu pomiarowym, chociażby w celach badawczych lub porównawczych, narusza warunki określone w przyjętej (jeśli do tego dojdzie) procedurze pomiarowej, przewidywanej projektem normy. Tak np. załącznik B do projektu normy jest aktualnie zupełnie nieprzydatny dla polskiego urządzenia SRT-3, w którym przed dwoma laty dokonano wymiany opony testowej na inny rodzaj.

Wydaje się, że pewnym wyjaśnieniem niespójności obu procedur pomiarowych (IFI i EFI) może być fakt, że obie operują tym samym wzorcem odniesienia dla wyznaczania parametru S_p , nazywanego „prędkością wzorcową” (Speed Number). Tym wzorcem jest opona gładka, z niską wartością parametru S_p , o bardzo stromym przebiegu charakterystyki $\mu=f(v_s)$.

W formule matematycznej, która „sprowadza” wyniki pomiarów do umownej prędkości poślizgu S za pomocą zmiennych w ogólnym przypadku współczynników A , B i C (związanych z urządzeniem badawczym), ale przy stałych współczynnika a i b (związanych z teksturą i gładką oponą testową) tkwi najwyraźniej sprzeczność między „wzorcowymi” parametrami opony gładkiej a odmiennymi (bliżej nieokreślonymi) parametrami opony rowkowanej lub bieżnikowanej, których ta formuła nie uwzględnia. Inaczej mówiąc proces „sprowadzania” wyników pomiarów uzyskiwanych na innej, niż opona gładka oponie testowej, umownego punktu prędkości poślizgu, odbywa się „nie po tej samej” krzywej.

Wydaje się, że postulat wprowadzenia Europejskiego (lub Międzynarodowego) Indeksu Tarcia (w najnowszej wersji SRI) oparty jest na iluzorycznym przeświadczeniu pomysłodawców, że o uznaniu danej nawierzchni drogowej lub lotniskowej za bezpieczną, może decydować umowny w istocie rzeczy wskaźnik IFI lub EFI, a nie rzeczywisty, określony w wyniku pomiarów (daną metodą pomiaru) poziom współczynnika przyczepności . W istocie rzeczy w świadomości badaczy(i użytkowników) utrwał się pewien stereotyp: - im wyższa wartość współczynnika przyczepności (w dowolnej metodzie i w dowolnej skali), tym wyższa klasa nawierzchni drogowej pod względem przyczepności. A ponadto – tym bardziej pomiarodajna jest ocena przyczepności, im bardziej własności cierne opon testowych są zbliżone do własności ciernych opon samochodowych i lotniczych. Bardzo trudno będzie przełamać ten stereotyp i rozszerzyć wnioskowanie o własnościach przeciwpoślizgowych nawierzchni również na drugą wartość składającą się na rekomendowane wskaźniki (indeksy) oceny EFI lub IFI – tj. na parametr S_p , zależny od tekstury, obliczeniowo przypisany do opony gładkiej.

Wszystko wskazuje na to, że do czasu wyjaśnienia wątpliwych kwestii i usunięcia oczywistych sprzeczności, tkwiących w postulowanych algorytmach obliczeniowych, poszczególne Administracje Drogowe będą stosować własne systemy pomiaru współczynnika przyczepności nawierzchni drogowych i własne kryteria oceny własności przeciwpoślizgowych – oparte na własnych zbiorach danych i własnym doświadczeniu – niezależnie od podejmowanych prób normalizacji w tym zakresie.

9. Projekt HERMES i jego główne cele.

Inicjatorem nowego Eksperymentu jest FEHRL. Pod wpływem krytycznych uwag zgłoszonych przez różne ośrodki badawcze, w tym przez IBDiM, uznano, że stan zaawansowania prac nad projektem normy w sprawie Europejskiego Indeksu Tarcia jest niedostateczny.

Główne cele Projektu HERMES (Harmonisation of European Routine and Measuring Equipment for Skid Resistance of Roads and Runways) można streścić w następujących punktach:

1. Udowodnienie powtarzalności i przydatności procedury kalibracji urządzeń pomiarowych opartej na EFI (Europejski Indeks Tarcia)
2. Ustalenie specyfikacji (wymagań technicznych) dla przyszłościowego urządzenia pomiarowego lub nawierzchni drogowej o cechach referencyjnych – w związku z przygotowaniem urządzeń nowej generacji.
3. Wykorzystanie rezultatów nowych badań dla uściślenia modelu tarcia w oparciu o EFI.

Organizacja: - Ustalono i rozdzielono budżet (900.000 EUR) między 7 Laboratoriów (TRL, LCPC, DWW, VTI, BRRC, DRI, BAST), które mają stanowić trzon w badaniach poznawczych i kalibracyjnych. Poszczególne Laboratoria są odpowiedzialne za określone zadania. Największy udział w planowanych na 3 lata pracach (2001 – 2003) przypadło belgijskiemu BRRC.

Polski zestaw pomiarowy SRT-3 został zaproszony do udziału w kolejnych etapach obecnego eksperymentu pod warunkiem pokrycia we własnym zakresie wszystkich kosztów, związanych z tym udziałem. Dyrekcja IBDiM wyraziła zgodę na taką formę udziału w Eksperymentcie w przeświadczeniu, że przyczyni się to nie tylko do wyjaśnienia wątpliwych kwestii, lecz również zgromadzenia własnego materiału badawczego o dużym znaczeniu poznawczym. Nie bez znaczenia jest w tym przypadku możliwość zaprezentowania udoskonalonej wersji urządzenia SRT-3 szerszemu gronu specjalistów w skali europejskiej.

Wynikiem Projektu HERMES powinno być:

1. Rewizja projektu europejskiej normy pr EN 13036-2: 2001 w sprawie unormowanej skali oceny własności przeciwpoślizgowych, definiowanej jako EFI (Europejski Indeks Tarcia) i

zawartej w nim procedury kalibracji względnej różnych urządzeń pomiarowych – w znowelizowanej postaci komitetowi normalizacyjnemu CEN/TC227/WG5.

2. Określenie zaleceń dla FEHRL w sprawie szczegółowej organizacji kalibracji urządzeń pomiarowych w Europie – łącznie z aspektami nietechnicznymi.
3. Opracowanie specyfikacji (wymagań technicznych) dla scharmonizowania w przyszłości systemu prac kalibracyjnych – opartego o referencyjne urządzenie pomiarowe (bliżej jeszcze nie określone) lub referencyjną nawierzchnię drogową.

Wydaje się, że przeprowadzenie uzupełniających badań jest nie tylko celowe, ale konieczne. Polski zestaw pomiarowy uczestniczył już w pierwszej turze badań w Anglii (w końcu października br. na terenie TRL w miejscowości Crowthorne), wyróżniając się mobilnością i dokładnością pomiarów. W szczególności ekipa polska zademonstrowała po raz pierwszy zagranicą pełne możliwości zestawu pomiarowego SRT-3, w tym możliwość wyznaczania pełnych charakterystyk przyczepności wzdłużnej $\mu=f(s)$ (w funkcji poślizgu względnego) w każdym hamowaniu przyczepy dynamometrycznej.

Wszystkie badania zostały przeprowadzone na terenie zamkniętym TRL, dysponującym własnym torem badawczym i bardzo dobrym zapleczem technicznym. Dla ekipy polskiej duże znaczenie miała możliwość zapoznania się z niektórymi prototypowymi rozwiązaniami nowych urządzeń do badania przyczepności nawierzchni drogowych, stwarzając tym samym podstawę do bardziej obiektywnej oceny naszego urządzenia SRT-3.

10. Porównanie możliwości pomiarowych zestawu SRT-3 z innymi europejskimi urządzeniami do badania współczynnika tarcia nawierzchni drogowych

Zestaw pomiarowy SRT-3 został opracowany na początku lat 90-tych jako kolejna, udoskonalona wersja rozwiązania konstrukcyjnego z końca lat 80-tych. Jest to oryginalna polska konstrukcja, chroniona dwoma patentami, z których jeden do dziś jest aktualny.

W porównywaniu możliwości pomiarowych z innymi urządzeniami do badania przyczepności nawierzchni drogowych trzeba przede wszystkim zwrócić uwagę na fakt, że urządzenie SRT-3 należy do rzadkiej już dziś grupy jednokołowych urządzeń pomiarowych opartych o równoległobok przegubowy, jako stosunkowo prostą strukturę konstrukcyjną.

Podobną strukturę kinematyczno-konstrukcyjną, jednak pozbawioną tych własności jakie posiada urządzenie SRT-3, ma jeszcze urządzenie francuskie LCPC Adhera oraz czeski Skid Resistance Trailer. W teorii urządzeń pomiarowych, wykorzystywanych do badania przyczepności nawierzchni drogowych, zalicza się taką strukturę konstrukcyjną do systemów pomiarowych z tzw. dwupunktowym prowadzeniem koła pomiarowego. Podstawową jego własnością jest to, że w procesie hamowania koła pomiarowego nie dochodzi (w ujęciu średnim) do zmiany reakcji pod kołem pomiarowym. Jest to istotna zaleta, ponieważ w prosty sposób pozwala wyznaczać współczynnik przyczepności zgodnie z klasyczną definicją tarcia:

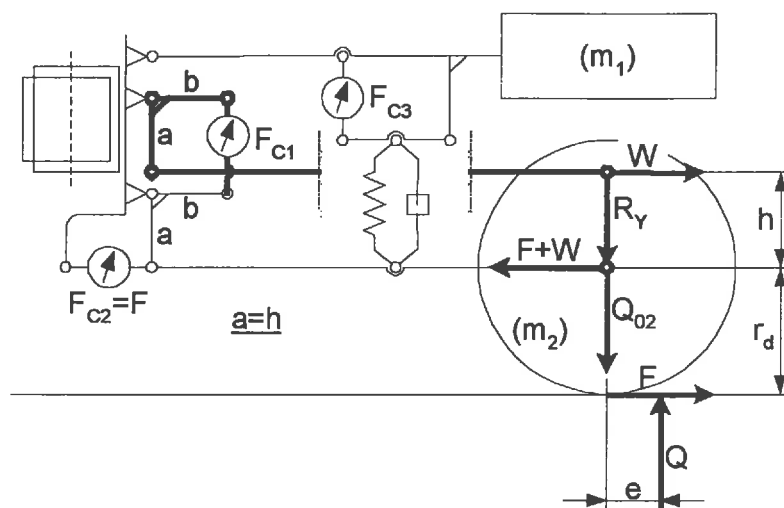
$$\mu = \frac{F}{Q} \cong \frac{F}{Q_0} \quad (1)$$

gdzie: F - wypadkowa sił tarcia rozwijanych między kołem pomiarowym a nawierzchnią drogi (uśredniana w pewnym przedziale czasu w badaniach rutynowych, lub traktowana jako funkcja czasu w badaniach poznawczych)

Q_0 - reakcja statyczna, przyjmowana jako najprostsze przybliżenie uśrednionej reakcji dynamicznej

Wadą klasycznego układu pomiarowego opartego o dwupunktowe prowadzenie koła pomiarowego jest to, że w przypadku pomiaru sił tarcia rozwijanych między kołem pomiarowym a nawierzchnią drogi za pomocą pomiaru momentu hamującego, jak to na najczęściej bywa, faza przejściowa procesu hamowania, która mogłaby być wykorzystana do pomiaru maksymalnej siły tarcia, a więc i maksymalnej wartości współczynnika przyczepności, jest zniekształcona przez moment stycznych sił bezwładności koła pomiarowego. Inaczej mówiąc faza przejściowa procesu hamowania, w której koło pomiarowe wytraca prędkość kątową od

wartości $\omega_k = \omega_0$ do wartości $\omega_k = 0$, jest praktycznie stracona dla pomiaru dynamicznych zjawisk, jakie zachodzą między kołem pomiarowym a nawierzchnią drogi. Tej wady nie ma system pomiarowy SRT-3, którego schemat kinematyczno-konstrukcyjny zamieszczony jest na rys. 1.



Rys. 1. Schemat kinematyczno-konstrukcyjny urządzenia pomiarowego SRT-3

W systemie pomiarowym SRT-3 występują dwie dźwignie kątowe o tej samej parametrze długości ramion, które wyrównowazają wewnętrznie oddziaływania od momentu stycznych sił bezwładności obciążające wahacz koła. Dzięki temu siła F_{C2} na czujniku C2 jest zawsze, w całym zakresie cyklu hamowania, równa sile tarcia F , rozwijanej między kołem pomiarowym a nawierzchnią badanej drogi.

Dzięki tej własności w systemie pomiarowym istnieją dwa równoważne, całkowicie niezależne tory pomiarowe, umożliwiające pomiar uśrednionych wartości współczynnika tarcia między kołem pomiarowym a nawierzchnią drogi (współczynnika przyczepności) dwoma metodami:

- poprzez pomiar momentu hamującego
- poprzez pomiar „czystej” siły tarcia, wolnej od oddziaływań momentu stycznych sił bezwładności koła pomiarowego.

Ta ostatnia własność, nie występująca w innych systemach pomiarowych z dwupunktowym prowadzeniem koła pomiarowego, okazuje się niezwykle cenna w badaniach przyczepności, umożliwia bowiem wyznaczanie pełnych charakterystyk przyczepności wzdłużnej $\mu=f(s)$ (w funkcji poślizgu względnego) lub $\mu=f(v_s)$ (w funkcji prędkości poślizgu bieżnika koła względem nawierzchni drogowej).

Podane cechy konstrukcyjne systemu pomiarowego SRT-3 pod wieloma względami mogą być uznawane za wzorcowe w badaniach przyczepności nawierzchni drogowych. Żaden inny układ pomiarowy nie oferuje takiej gamy możliwości pomiarowych jak układ SRT-3.

Aby porównać możliwości pomiarowe urządzenia SRT-3 z innymi urządzeniami do badania przyczepności nawierzchni drogowych należy odwołać się do rys. 1, zamieszczonego w p.2 niniejszej pracy.

Wszystkie przywołane na rys. 1. urządzenia pomiarowe reprezentują współcześnie znane i stosowane metody pomiaru współczynnika przyczepności nawierzchni drogowych. Są one „przypisane” do poszczególnych punktów przykładowej charakterystyki $\mu=f(s)$, która przedstawia realną zależność współczynnika przyczepności od poślizgu.

Tylko niektóre z przywołanych urządzeń pomiarowych mogą mierzyć współczynnik przyczepności w dwu punktach charakterystyki $\mu=f(s)$, co się podaje jako ich wielką zaletę.

Np. urządzenie szwedzkie Skiddometer BV może wykonywać pomiar współczynnika przyczepności przy poślizgu 100%, jako zadanie główne oraz przy poślizgu 20%, jako zadanie uzupełniające – gdy zachodzi potrzeba pomiaru w sposób ciągły. Podobną funkcję może pełnić Stuttgarter Reibungsmesser. Inne urządzenia dokonują pomiaru współczynnika przyczepności w jednym tylko punkcie charakterystyki $\mu=f(s)$, co powoduje, że w niektórych krajach na jednym samochodzie-matce występują dwa typy urządzeń pomiarowych.

Urządzenie SRT-3 na rys. 1 pokazane jest tylko w grupie urządzeń pomiarowych pracujących przy pełnej blokadzie koła (Locked Wheel System), ale jego możliwości pomiarowe są znacznie większe.

Poniżej omówione zostaną te możliwości pomiarowe, które nadają polskiemu urządzeniu SRT-3 rangę unikalności, nie tylko w skali europejskiej.

Możliwość pomiaru współczynnika przyczepności w dwu niezależnych, lecz równoważnych torach pomiarowych.

W badaniach przyczepności nawierzchni drogowych jednym z najważniejszych problemów jest zapewnienie odpowiedniej miarodajności wyników pomiarów, wykonywanym w różnych warunkach atmosferycznych, na drogach w ogólnym przypadku nierównych, przy bardzo dużych niekiedy zmianach współczynnika przyczepności badanych nawierzchni drogowych. Bardzo często obserwowane (rejestrowane) rozrzuty pomierzonych wartości współczynnika przyczepności są przypisywane „błędnemu” działaniu urządzeń pomiarowych. Jeśli taki problem występuje w czasie badań porównawczych lub kontrolnych może być szybko wychwycony i wyjaśniony. Gorzej, gdy wątpliwości co do poprawności wykonanych pomia-

rów, np. w wyniku uszkodzenia czujnika siły (jednego - w innym niż SRYT-3 systemie pomiarowym). Takie wątpliwości mogą dotyczyć zbiorów wyników nie tylko z jednego dnia, ale, w niektórych systemach pomiarowych, z całego tygodnia). Takich wątpliwości, co do prawidłowej pracy systemu pomiarowego, nie ma w przypadku zestawów pomiarowych SRT-3.

Dla przykładu w tabeli 1. przytoczone są wyniki pomiarów uzyskane na jednym z odcinków pomiarowych.

Tabela 1. Wyniki pomiarów na jednym z odcinków pomiarowych w czasie badań rutynowych

AD12PC-view										OPONY 10.srt	
SRT-3	IDM &	GRAPOL-ELECTRONIC	nr aparatu: 2				droga:OPONY km:		0.0	3.4	
lp	km	v	miM	miF	miK	Fz	dyst	d	data	config	diagnost
1	0.0	58.4	0.70	0.74	0.69	1.03	0	0	1.08.07	07082001	00000000
2	0.1	58.3	0.69	0.72	0.70	0.99	49	0	1.08.07	07082001	00000000
3	0.2	60.0	0.67	0.69	0.68	0.99	120	0	1.08.07	07082001	00000000
4	0.3	59.0	0.68	0.70	0.69	0.99	174	0	1.08.07	07082001	00000000
5	0.4	59.2	0.68	0.69	0.68	0.99	223	0	1.08.07	07082001	00000000
6	0.5	59.2	0.69	0.70	0.69	0.99	272	0	1.08.07	07082001	00000000
7	0.6	58.6	0.69	0.71	0.69	1.00	318	0	1.08.07	07082001	00000000
8	0.7	59.3	0.67	0.68	0.67	0.99	367	0	1.08.07	07082001	00000000
9	0.8	60.4	0.71	0.72	0.70	1.00	414	0	1.08.07	07082001	00000000
10	0.9	59.2	0.68	0.69	0.68	0.99	455	0	1.08.07	07082001	00000000
11	1.0	58.2	0.68	0.70	0.69	0.98	498	0	1.08.07	07082001	00000000
12	1.1	60.3	0.63	0.63	0.63	0.99	2810	0	1.08.07	07082001	00000000
13	1.2	59.1	0.59	0.60	0.60	0.97	2859	0	1.08.07	07082001	00000000
14	1.3	58.9	0.61	0.63	0.61	0.99	2901	0	1.08.07	07082001	00000000
15	1.4	58.2	0.69	0.70	0.69	0.99	2942	0	1.08.07	07082001	00000000

ODCINEK TESTOWY 1 badanie kontrolne

F1-statystyka F2-zapis(*.sr3) F3-kasowanie zbioru Esc-głowne MENU

Zwracają uwagę dwie kolumny wyników pomiarów: - miM (w torze momentu hamującego) i miF (w torze siły przyczepności).

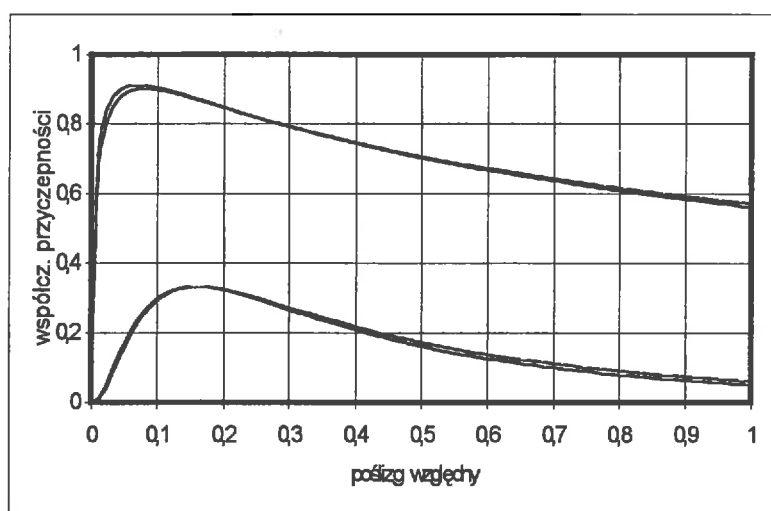
W poszczególnych punktach różnią się one nieznacznie między sobą, ale w ujęciu średnim są bliskie sobie, a nawet, co się często zdarza, identyczne. Tak się dzieje, mimo iż na drodze obserwuje się duże zmiany współczynnika przyczepności. Gdyby w układzie pomiarowym występował tylko jeden kanał pomiarowy, można by sądzić, że tak duże zmiany współczynnika przyczepności są zawinione przez urządzenie badawcze. Tymczasem w systemie pomiarowym SRT-3 tak długo, jak długo oba, niezależne tory pomiarowe, związane z tym samym kołem, wykazują zgodność wyników pomiarów (co można sprawdzić w opcji „statystyka”) tak długo można mieć pewność, że system pomiarowy SRT-3 działa poprawnie.

Zwraca również uwagę kolumna mik, w której podawane są wyniki skorygowane, z większą precyzją pomiaru, która uwzględnia zmiany reakcji dynamicznej pod kołem pomiarowym przyczepy dynamometrycznej.

Możliwość wyznaczania pełnych charakterystyk przyczepności wzdłużnej w każdym hamowaniu

System pomiarowy SRT-3, jako jedyny ze znanych współczesnych systemów innych urządzeń pomiarowych, pozwala na wyznaczanie charakterystyk przyczepności wzdłużnej $\mu=f(s)$ (w funkcji poślizgu względnego) i $\mu=f(v_s)$ (w funkcji prędkości poślizgu) w każdym dynamicznym hamowaniu koła pomiarowego, trwającym, jak w pojeździe, który wpada w poślizg, 0.2-0.3 s. Podobne możliwości są zapowiadane w najnowszym rozwiązaniu firmy Norsemeter o nazwie SALTAR.

Na rys. 2. zamieszczone są wykresy charakterystyk $\mu=f(s)$ wykonane przez zestaw pomiarowy SRT-3 na dwu odcinkach testowych w Anglii podczas ostatniego Eksperymentu (koniec października br.) w ramach realizacji Projektu HERMES. przez polski zestaw pomiarowy SRT-3



Rys. 2. Charakterystyki przyczepności wzdłużnej wyznaczone

Oba odcinki były radykalnie zróżnicowane pod względem przyczepności. Jeden z tych odcinków, o współczynniku przyczepności w warunkach pełnej blokady kół na poziomie średnim 0.05, imitował nawierzchnię oblodzoną. Polski zestaw pomiarowy, jako jedyny, przedstawił pełne charakterystyki tych dwóch odcinków, praktycznie się pokrywające, wykonane przy dwóch kolejnych pomiarach.

Możliwość wyznaczania maksymalnych wartości współczynnika przyczepności przy niepełnym poślizgu

System pomiarowy SRT-3 jest wyposażony w odmianę oprogramowania, która umożliwia określenie dwu granicznych wartości współczynnika przyczepności: - maksymalnej (tzw. Peak Friction), przy częściowym poślizgu i „minimalnej” $\mu_{100\%}$, przy pełnej blokadzie koła pomiarowego. Taką możliwość pomiaru, jako wnoszącą znacznie więcej w proces poznania własności przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych i opon niż pojedyncze wartości współczynnika przyczepności, wykonane jedną ze znanych metod pomiaru, przewiduje projekt normy ISO/FDIS/8349.

W tabeli 2. zamieszczone są przykładowe wyniki pomiarów wykonanych na odcinku testowym – z celowo pomierzoną maksymalną wartością współczynnika przyczepności $\mu_{\max} \equiv \max F$.

Tabela 2. Wyniki pomiarów współczynnika przyczepności na odcinku drogowym z zaznaczeniem wartości maksymalnych $\mu_{\max} \equiv \max F$.

SRT3-view												TORU 03.srt					
SRT-3 IBiDM & GRAPOL-ELECTRONIC PCI number: 0												Road:TORU km: 0.00 0.95					
no	km	v	miM	miF	maxF	Fz	dist	d	date	config	diagnost						
1	0.00	67.8	0.39	0.42	0.82	0.99	0	0	01.09.28	27092001	00000000						
2	0.05	64.9	0.43	0.45	0.80	0.98	51	0	01.09.28	27092001	00000000						
3	0.10	62.5	0.45	0.47	0.79	0.98	100	0	01.09.28	27092001	00000000						
4	0.15	61.7	0.44	0.47	0.84	1.00	151	0	01.09.28	27092001	00000000						
5	0.20	61.4	0.44	0.45	0.79	0.99	200	0	01.09.28	27092001	00000000						
6	0.25	61.7	0.45	0.47	0.75	0.99	251	0	01.09.28	27092001	00000000						
7	0.30	60.8	0.44	0.46	0.84	0.99	300	0	01.09.28	27092001	00000000						
8	0.35	60.8	0.45	0.47	0.75	0.98	351	0	01.09.28	27092001	00000000						
9	0.40	61.7	0.44	0.46	0.78	0.96	400	0	01.09.28	27092001	00000000						
10	0.45	63.1	0.44	0.46	0.79	1.00	451	0	01.09.28	27092001	00000000						
11	0.50	64.6	0.46	0.46	0.78	1.01	500	0	01.09.28	27092001	00000000						
12	0.55	63.4	0.41	0.43	0.75	1.01	551	0	01.09.28	27092001	00000000						
13	0.60	62.5	0.44	0.47	0.78	0.99	600	0	01.09.28	27092001	00000000						
14	0.65	62.0	0.44	0.46	0.79	0.98	651	0	01.09.28	27092001	00000000						
15	0.70	62.8	0.47	0.48	0.79	0.98	700	0	01.09.28	27092001	00000000						
ODCINEK TESTOWY 2 badanie kontrolne																	
F1-statistics												F2-save ASCII(*.srt)		F3-delete file		Esc-main MENU	

Z powyższego porównania możliwości pomiarowych urządzenia SRT-3 z innymi urządzeniami do badania przyczepności nawierzchni drogowych wynika, że aktualnie system pomiarowy SRT-3 najlepiej spełnia wymagania i oczekiwania, jakie można postawić przed tego typu urządzeniem badawczym. Niestety, posiada on również wady. Do najważniejszych jego „wad” – nie tyle pomiarowych, co użytkowych, należy mała objętość zbiornika wody, zainstalowanego wewnątrz samochodu ciągnącego pod stołem pomiarowym, co utrudnia prowadzenie badań o charakterze inwentaryzacyjnym. Nie przeszkadza to oczywiście w prowadze-

niu badań o charakterze poznawczym. Drugą wadą systemu SRT-3 jest to, co od innej strony jest jego zaletą: - przyczepka jednokołowa trudniej się prowadzi w śladzie kół pojazdów, co jest zalecane w instrukcjach obsługi. Zmusza to do poszukiwania równie wydajnego, ale opartego o inną zasadę działania urządzenia pomiarowego. Instytut ma już sprecyzowaną koncepcję takiego urządzenia badawczego, które mogłoby zastąpić wysłużone już pod wieloma względami urządzenia SRT-3.

Literatura

- [1] Antle CH., Wambold J.C., Henry J.J.: *International PIARC Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid-Resistance Measurements*, PIARC Committee on Surface Characteristics C1 1995.
- [2] Descornet G.: *Proposal for European Standard in Relation with The Skid Resistance of Road Surfacing*. Final report, Research kontrakt NO/C3/004, Brussels 1998.
- [3] Wambold J., C., Yager T., J.: *An International Research Project Aimed at Preventing Accidents on Hazardous Runways*. Routes – Roads N 312, IV – 2001.
- [4] Rado Z.: *Analysis of Road Surface in Relation to Vehicle Braking Performance and its Application to PMS*. 1st European Pavement Management Systems Conference. Budapest 1999

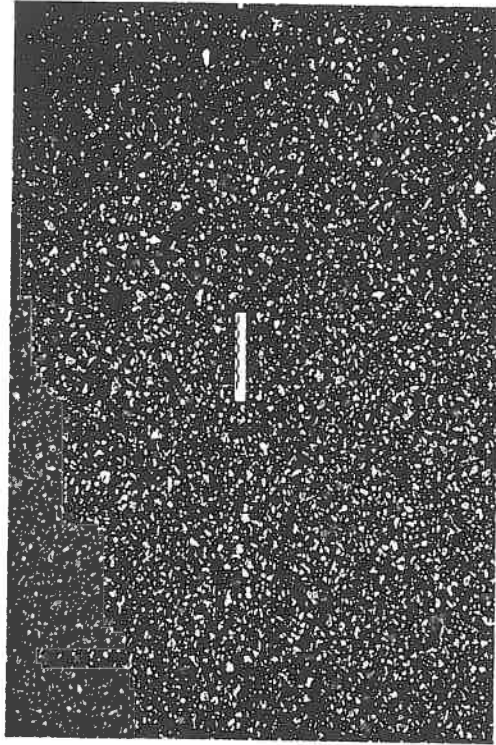
Z A Ł Ą C Z N I K I

- 1. Załącznik B9 do projektu normy pr EN 13036-2:2001-11-28**
- 2. Dokumentacja odcinka testowego 26.1 w Belgii w czasie Międzynarodowego Eksperymentu w 1992 r.**
- 3. Dokumentacja odcinka testowego 26.2 w Belgii w czasie Międzynarodowego Eksperymentu w 1992 r.**

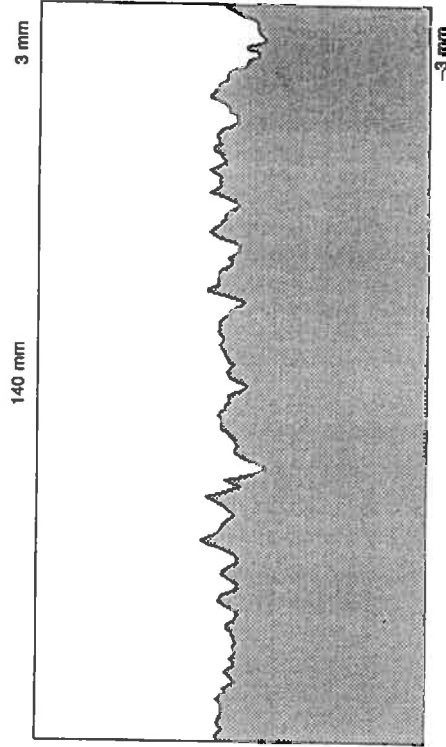
B9 Initial set of reference friction testing devices along with their A and B values

Device name	Origin (Lab / Country)	Testing conditions	A	B
STUTT. REIBUNGSMESSER	Swiss Federal Institute of Technology Zurich / Switzerland	BFC 100% / ribbed tyre	0,181	0,590
STUTT. REIBUNGSMESSER	Swiss Federal Institute of Technology Zurich / Switzerland	BFC 20% / ribbed tyre	0,144	0,667
SKIDMETER BV-8	Swiss Federal Institute of Technology Zurich / Switzerland	BFC 100% / ribbed tyre	0,347	0,340
SKIDMETER BV-8	Swiss Federal Institute of Technology Zurich / Switzerland	BFC 14% / ribbed tyre	0,087	0,842
SKIDMETER BV-11	VTI / Sweden	BFC 16% / patterned tyre	0,101	0,780
RoadSTAR	Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal, Ges.m.b.H Austria	BFC 100% / ribbed tyre	0,141	0,684
STUTTGARTER REIBUNGSMESSER	Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal / Austria	BFC 20% / ribbed tyre	0,038	0,895
SKID RESISTANCE TESTER	Road and Bridge Research Institute / Poland	BFC 100% / patterned tyre	0,104	0,886
FLEMISH SCRIM	LIN / Belgium	SFC 20° / blank tyre	0,060	1,011
DWW TRAILER	Dienst Weg en Waterbouwkunde Rijkswaterstaat / The Netherlands	BFC 86% / blank tyre	0,100	0,751
MOPT SCRIM	MOPTMA / Spain	SFC 20° / blank tyre	0,115	0,815
ROAR	The Road Directorate Danish Road Institute / Denmark	BFC 20% / blank tyre	0,082	0,749
WALLOON ODOLOGRAPH	MET / Belgium	SFC 15° / blank tyre	0,291	0,514
CRR ODOLOGRAPH	CRR / Belgium	SFC 20° / blank tyre	0,258	0,574
SCRIM	BAST / Germany	SFC 20° / blank tyre	0,117	0,754
SCRIM-GEOCISA	GEOCISA / Spain	SFC 20° / blank tyre	0,121	0,791
SCRIM	LCPC / France	SFC 20° / blank tyre	0,067	0,791
SUMMS	Autostrade S.P.A. / Italy	SFC 20° / blank tyre	0,026	1,017
SCRIMTEX	TRL / United Kingdom	SFC 20° / blank tyre	0,006	0,992
ADHERA-LCPC	LCPC / France	BFC 100% / blank tyre	0,203	0,700
GRIPTESTER	Findlay Irvine Ltd. / United Kingdom	BFC 18% / blank tyre	0,190	0,779
ASTM Trailer				

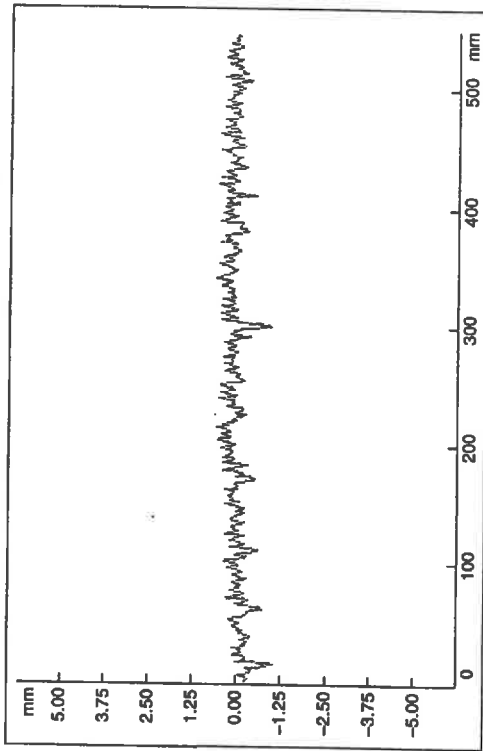
SITE: 26.1				
GF60: 0.371	GS: 46			
GRF10: 0.906	GRS0: 140			
IMe: 47.8 dB	IRI: ...			
SURFACE TYPE: Asphalt Runway				
ADT:				
Ta °C/φ				
DOT	MTD	BPN	AM	PM
1	0.525	71		21/ 48%
2		74		20/ 71%



SITE PHOTOGRAPH

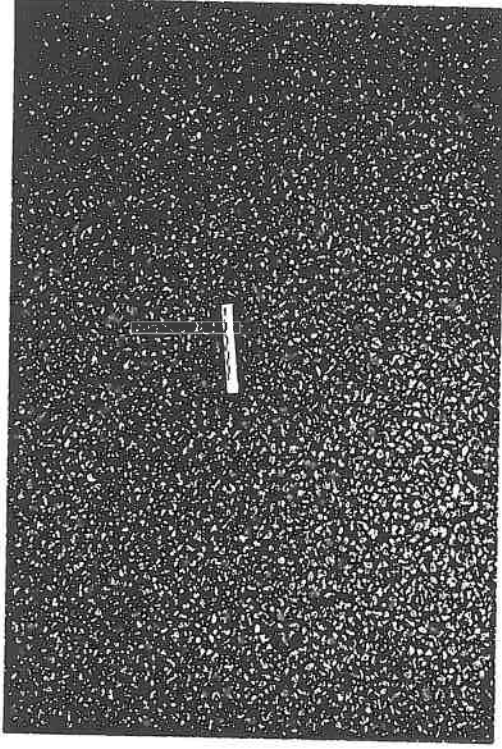


SAMPLE PROFILE FROM A2

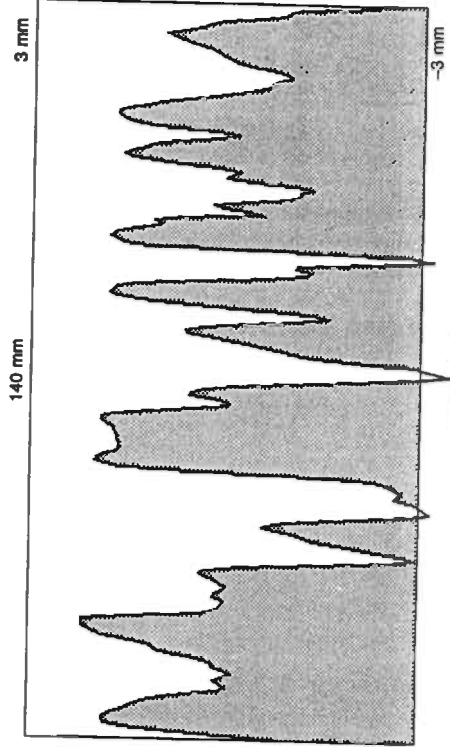


SAMPLE PROFILE FROM A5

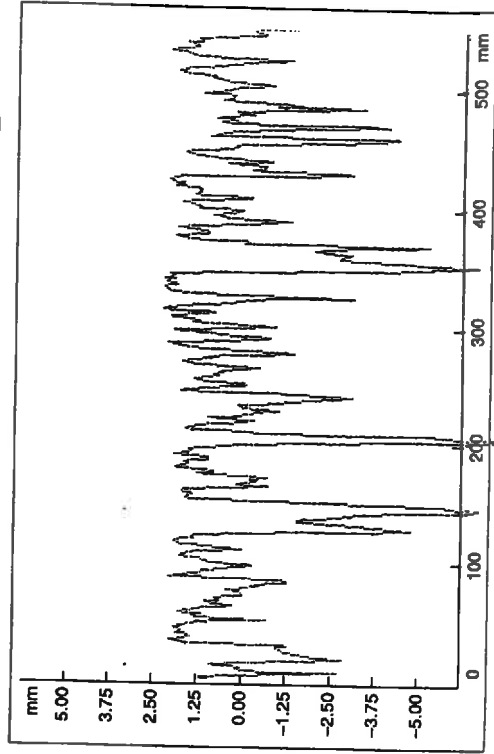
SITE: 26.2				
GF60: 0.659	GS: 190			
GRF10: 0.808	GRS0: 208			
IMe: 58.5 dB	IRI: ...			
SURFACE TYPE: Pervious Asphalt Runway				
ADT:				
Ta °C/φ				
DOT	MTD	BPN	AM	PM
1	3.5	74		21/ 48%
2		83		20/ 71%



SITE PHOTOGRAPH



SAMPLE PROFILE FROM A2



SAMPLE PROFILE FROM A5