

# NAWIERZCHNIE ASFALTOWE

Kwartalnik Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asphaltowych

Nr 4/2014<sup>(40)</sup>

ISSN 1734-1434

**Przez zyskowność do innowacji**  
Wyzwania dla branży

**Ocena szorstkości nawierzchni  
nowym urządzeniem pomiarowym ViaFriction**  
Metody pomiarów właściwości przeciwoślizgowych

**Ciche nawierzchnie  
– dwuwarstwowy asfalt porowaty**  
Doświadczenia z Gdowa

PSWNA

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców Nawierzchni Asphaltowych



# Spis treści

Nawierzchnie Asfaltowe nr 4/2014<sup>(40)</sup>

**4** . . . . . **Przez zyskowność do innowacji**

Rozmowa z Andrzejem Wszyński, prezesem Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

**6** . . . . . **Ciche nawierzchnie – dwuwarstwowy asfalt porowaty**

HALINA SARLIŃSKA

**10** . . . . . **Ocena szorstkości nawierzchni nowym urządzeniem pomiarowym ViaFriction**

WAŁAW MICHALSKI, MAREK DANOWSKI

**17** . . . . . **Doświadczenia i innowacje**

ANNA KRAWCZYK

Z okazji zbliżających się świąt Bożego Narodzenia  
życzymy Państwu spokoju i zdrowia  
a w Nowym 2015 roku wszelkiej pomyślności

zarząd i pracownicy PSWNA

## Misja Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

„Efektywne wspieranie wszelkich działań służących rozwojowi branży drogownictwa w Polsce, a w szczególności propagowanie nowoczesnych technologii, racjonalizacja przepisów prawnych i wytycznych technicznych, działalność edukacyjna i informacyjna”.

Czasopismo wspierane finansowo przez:



## NAWIERZCHNIE ASFALTOWE

Kwartalnik

Polskiego Stowarzyszenia  
Wykonawców Nawierzchni  
Asfaltowych

## ASPHALT PAVEMENTS

Quarterly

of the Polish Asphalt  
Pavements Association

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców  
Nawierzchni Asfaltowych  
działa od 1999 r.,  
a od 2000 r.

jest członkiem EAPA  
(Europejskiego Stowarzyszenia  
Nawierzchni Asfaltowych).



Celem PSWNA jest promowanie nawierzchni asfaltowych, rozwój technologii nawierzchni podatnych, a także transfer wiedzy i informacji w środowisku drogowym w Polsce. Stowarzyszenie zrzesza osoby prawne i fizyczne zainteresowane rozwojem nawierzchni asfaltowych w Polsce.

### WYDAWCA

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców  
Nawierzchni Asfaltowych

#### Skład zarządu

Andrzej Wszyński, prezes  
Adam Wojczuk, wiceprezes  
Tomasz Przeradzki, sekretarz  
Zbigniew Brzeziński, skarbnik  
Waldemar Merski, członek zarządu  
Igor Ruttmar, członek zarządu  
Zbigniew Krupa, pełnomocnik zarządu

### REDAKCJA

Anna Krawczyk, redaktor naczelna  
Joanna Reszko-Wróblewska, adiustacja  
Ewa Poptawska, korekta

### DTP

Tadeusz Krupa

Zdjęcie na okładce:  
Fotolia.com

Biuro zarządu, adres redakcji  
Jolanta Szulhaniuk  
Polskie Stowarzyszenie Wykonawców  
Nawierzchni Asfaltowych  
ul. Trojańska 7, 02-261 Warszawa,  
tel./fax: + 48 22 57 44 374  
tel. + 48 22 57 44 352  
e-mail: biuro@pswna.pl  
www.pswna.pl

ISSN 1734-1434





FOT. PSWNA

Koniec roku zmusza do podsumowań i refleksji. Jaki był 2014 dla branży drogowej? W moim odczuciu był to kolejny trudny rok. Trudność ta objawiała się mizerią robót drogowych i oczekiwaniami na nową perspektywę unijną. Co prawda sytuację uratowały wybory samorządowe i roboty na tej sieci dróg, ale to wciąż mało. Branża potrzebuje kapitału, aby wprowadzać innowacje. Te są nieuchronnie potrzebne w drogownictwie, wobec wymogu coraz to dłuższych gwarancji. Widziałbym kilka kierunków rozwoju i do tego zachęcam branżę. Po pierwsze w końcu uporanie się z problemami, które psują nasz wizerunek, czyli trwałość nawierzchni. Czas budować je długowieczne, tylko wówczas będziemy w stanie konkurować i udowodniać, że asfalt jest najlepszy do budowy dróg. Kolejna kwestia to recykling. Istnieją już możliwości wykorzystania 100% materiałów użytych do konstrukcji nawierzchni drogi. Rozwijajmy te technologie także w Polsce. Następnie – ciche nawierzchnie. Mamy już doskonały przykład budowy obwodnicy Gdowa. Jest to też przykład współ-

pracy i partnerskich relacji na budowie. Mam wrażenie, że ten dialog pomiędzy zamawiającym a wykonawcą ostatnio jest bardzo cichy, jeśli nie zamiera. Posłużę się pewnym przykładem. Proszę sobie wyobrazić położoną dziewiątkę. Na jednym jej krańcu stoi jeden człowiek i widzi 9, na drugim drugi i widzi 6. Za nic nie dają się przekonać, że jest inaczej. Do czasu, gdy zamienią się miejscami. Czy to tak trudno postawić się na miejscu drugiej strony? Dlaczego tego nie zrobić? W imieniu Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych chciałbym przekazać apel do administracji: jesteśmy gotowi do rozmów z wami, na wszelkie tematy, poczynając od technologii a kończąc na międzynarodowych doświadczeniach firm, które skupiamy, zaproście nas tylko do rozmów.

Życzę Państwu, aby święta upłynęły w rodzinnej, pełnej ciepła atmosferze, a Nowy Rok okazał się przełomowy dla branży drogowej.

Z życzeniami miłej lektury  
Andrzej Wyszyński



## Przez zyskowość do innowacji

Branża drogowa potrzebuje nowych technologii, a firmy z branży generowania zysków, które pozwolą na wdrażanie innowacji. O wyzwaniach stojących przed drogowcami z Andrzejem Wyszynskim, prezesem Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych, rozmawia Anna Krawczyk.

### Jakie wyzwania ma przed sobą branża asfaltowa?

Podstawowe wyzwanie to problemy dotyczące technologii. W dużej części uporaliśmy się już z tymi zagadnieniami, mamy bardzo du-

żo różnych rozwiązań i osiągnięć, natomiast trzeba tę kwestię dokończyć. Pozostały jeszcze do wdrożenia technologie rozwiązujące problemy z koleinowaniem, problemy z długowiecznością oraz technologią napraw. Drugim wy-

zwaniem są wszystkie techniki związane z recyklingiem, o których w Polsce mówimy już od dłuższego czasu i jest to również pole do popisu dla rodzimych firm. Za granicą szeroko stosuje się już materiały z recyklingu. U nas to do-

piero raczkuje i zamawiający wciąż mają obiekcje co do ich stosowania.

### **Dlaczego Pana zdaniem tak się dzieje?**

Moim zdaniem dzieje się tak z dwóch powodów. Po pierwsze ograniczenia wynikają z braku chęci stosowania przez inwestorów dostępnych nowych technologii, czyli nowych ofert producentów materiałów, wykonawców oraz dostawców maszyn. Druga sprawa to kwestie formalne, czyli przepisy techniczne, które w określonym stopniu pozwalają stosować te technologie. W związku ze stosowaniem nowatorskich technologii budowy nawierzchni bitumicznych, pojawia się jeszcze jedno wyzwanie: dopasowanie technologii do naszych warunków. Wszystko wymaga przetestowania. Robiliśmy już różne próby przykładowo z nawierzchniami redukującymi w znacznym stopniu hałas czy nawierzchniami drenażowymi. To samo dotyczy też możliwości stosowania w praktyce materiałów z recyklingu.

**Jeśli mówimy o potrzebach technologicznych, kolejne pytanie nasuwa się samo. Otóż, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju podpisało z Generalną Dyrekcją Dróg Krajowych i Autostrad porozumienie dotyczące konkursów na innowacje w drogownictwie. Wiadomo, że w nowej perspektywie finansowej Unii Europejskiej bardzo duży nacisk będzie położony na innowacyjność, ale rozumianą także jako współpracę nauki z biznesem. Jak Pan to ocenia? Gdzie widzi Pan tutaj pole do współpracy?**

Bardzo dobrze się stało, że GDDKiA dostrzeża ten fakt. W wielu krajach motorem postępu technologicznego jest właśnie administracja, dlatego to jest w mojej ocenie duży krok naprzód. Jednak na początek należałoby odpowiedzieć na pytanie, co to oznacza, że będziemy rozwijać innowacyjne technologie? Na pewno od pomysłu do opracowania takiej technologii upływa pewien okres, moim zdaniem kilka lat. Czyli tak naprawdę te innowacyjne działania, które zostaną zapoczątkowane teraz dadzą efekt za 5–7 lat. To będzie już po okresie nowej perspektywy unijnej. Dlatego w pewnym sensie, rozwijając innowacje, pra-

cujemy na okres mniejszego zapotrzebowania i mniejszych możliwości wykonawczych. To po pierwsze. Po drugie należy zapytać, czego oczekujemy od działań innowacyjnych, w jakim kierunku powinny one iść. To doprecyzowanie ukierunkowałoby również nasze dążenia.

### **Być może pomocne będą tutaj oczekiwania zamawiających wobec firm wykonawczych, które już dziś startują w przetargach i muszą im sprostać?**

Zgadza się. Przykłady są dzisiaj widoczne m.in. na odcinku koncesyjnym A1, gdzie zaprojektowano i wykonano nawierzchnię bitumiczną, która ma wytrzymać kilkadziesiąt lat bez większych zabiegów. Należy myśleć właśnie tymi kategoriami w odniesieniu do wszystkich klas dróg, nie tylko tych, które finansuje GDDKiA. Nasze działania powinny iść w kierunku uzyskania wyższego standardu na tych drogach, czyli wprowadzenia mieszanek o wysokim module sztywności z udziałem asfaltów modyfikowanych, które się nie koleinują, które nie zmieniają swoich parametrów w czasie. Można się spodziewać nacisku na poprawienie parametrów długowieczności. Te technologie w zasadzie cały czas ewoluują, producenci asfaltów robią coraz lepsze, coraz bardziej modyfikowane asfalty nawet na 50-letnie nawierzchnie. Tu postęp jest jakby niezależny.

W mojej ocenie duże pole do popisu dla większości firm wykonawczych istnieje w szerszym stosowaniu nawierzchni cichych, bo w tej kwestii korzystamy przede wszystkim z dorobku firm zagranicznych. Ten problem jest bardzo istotny, ponieważ dziś w cenie normalnej masy bitumicznej możemy mieć mieszanek o parametrach, która zmniejsza hałas o 5–6 decybeli, a to już jest bardzo dużo.

### **Zabrzmiło jak odezwa do branży, aby nie bała się wprowadzać innowacji. Ale jedna strona to producenci, a druga firmy wykonawcze...**

Tutaj znów trzeba by spojrzeć na przykłady zagraniczne i odpowiedzieć na pytanie, co to znaczy innowacyjność w firmach? Firma musi mieć zaplecze finansowe na tego typu działania. Obecnie w Polsce firmy wygrywają przetargi po ce-

nach, które pokrywają tylko i wyłącznie koszty wykonania pracy oraz zapewniają niewielką marżę. Z uwagi na to, w mojej ocenie w małych i średnich firmach nie ma żadnych środków finansowych na wprowadzanie innowacyjnych rozwiązań, na ich poszukiwanie, na właściwe wyposażenie laboratoriów zakładowych, na zatrudnienie wysokiej klasy specjalistów w działach technologicznych. To wszystko trzeba przecież finansować. Należy umożliwić firmom generowanie zysków na takim poziomie, który pozwoli wygospodarować środki na rozwój. Jeśli uda się przejść tę magiczną granicę zyskowności, to firmy, zwłaszcza te rozsądnie zarządzane, będą poszukiwały dobrych i trwałych rozwiązań innowacyjnych. Dlaczego? Tu znów działa ekonomia. Firmy dają gwarancję odbiorcom, więc jest to w ich interesie, aby oferowane wyroby nie degradowały się w czasie. Potencjał intelektualny w branży jest bardzo duży. Są ośrodki na uczelniach, jest Instytut Badawczy Dróg i Mostów, są centra badawcze w dużych firmach, z których wiedzy można korzystać.

### **Jak można podsumować mijający rok w branży asfaltowej?**

Mijający rok był specyficzny, dlatego że to jest okres niejako między unijnymi perspektywami finansowymi i znacząco spadła ilość wykonywanych prac. W mojej ocenie mamy do czynienia z lekkim zastojem, natomiast koncentrujemy się na nowej perspektywie i możliwościach przygotowania się do niej. Słowem, branża przygotowuje się do przyszłości.

### **Czego można życzyć Panu i branży drogowej w nadchodzącym roku?**

Aby firmy drogowe były traktowane we wszystkich działaniach jako partnerzy, aby mogły określać perspektywę swojego działania. Jeśli chodzi o branżę, to pożądana jest również stabilizacja w firmach. Ja osobiście chciałbym, aby pojęcie „drogowiec” kojarzyło się ludziom bardzo pozytywnie, aby udało nam się poprawić wizerunek drogownictwa w społeczeństwie. Gdyby to życzenie spełniło się w przyszłym roku, byłbym szczęśliwym człowiekiem.

**Dziękuję za rozmowę.** ■

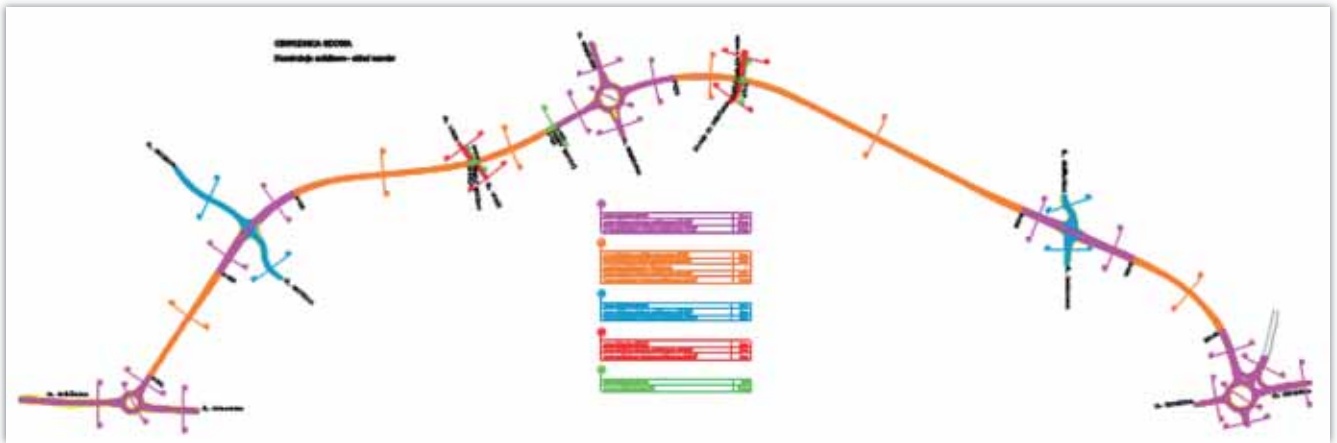
# Ciche nawierzchnie – dwuwarstwowy asfalt porowaty

Coraz częściej uwarunkowania środowiskowe dla inwestycji drogowych obejmują również problem hałasu.

Mamy dwa rozpoznane źródła hałasu drogowego: hałas wynikający z interakcji między oponą pojazdu a podłożem oraz hałas pochodzący z pracy silnika pojazdu.

w porównaniu do nawierzchni z AC, przy dwuwarstwowym asfalcie porowatym redukcja hałasu wynosi ok. 8 dB w porównaniu do nawierzchni z AC.

nawcą PRInż – 1 Grupa Kapitałowa Polimex – Mostostal S.A. Technologia cichej nawierzchni z podwójnego asfaltu porowatego została narzucona prawomocną decyzją środowiskową.



Schemat przebiegu realizowanego odcinka obwodnicy Gdowa

Znamy również sposoby zmniejszenia poziomu hałasu na drogach poprzez zastosowanie: ekranów akustycznych, wałów ziemnych, obniżenia prędkości pojazdów, redukcję natężenia ruchu oraz cichych nawierzchni asfaltowych.

Decydując się na zastosowanie cichych nawierzchni asfaltowych, musimy zdawać sobie sprawę z tego, jakie parametry mieszanki asfaltowej mają wpływ na redukcję hałasu. Są to przede wszystkim: tekstura nawierzchni, porowatość i grubość warstw porowatych.

Ciche nawierzchnie można wykonać z następujących mieszanek asfaltowych: asfaltu porowatego, dwuwarstwowego asfaltu porowatego, drobnych mieszanek asfaltowych o nieciąglym uziarnieniu: SMA5, SMA LA, BBTM.

Z dotychczasowych światowych doświadczeń wynika, że najbardziej efektywnym sposobem na obniżenie hałasu komunikacyjnego jest zastosowanie dwuwarstwowego asfaltu porowatego.

Przy jednowarstwowej nawierzchni z PA8 następuje redukcja hałasu od 3 do 5 dB w po-

Przykładem realizacji inwestycji w tej technologii jest obwodnica Gdowa w ciągu DW 967.

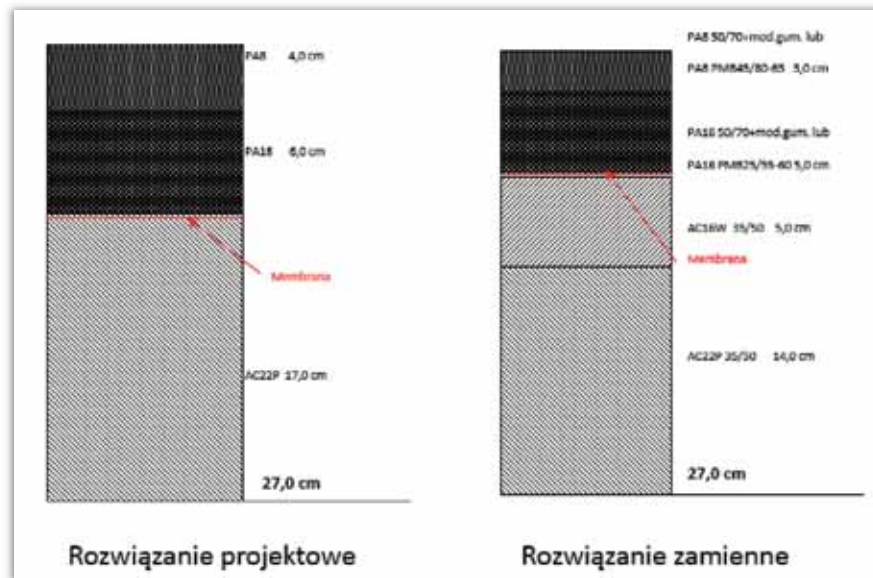
Inwestorem 2,7-km nowej drogi będącej przedłużeniem DW 967 był ZDW Kraków, wyko-

Tym samym po raz pierwszy w Polsce powstał odcinek drogi wybudowany w technologii podwójnego asfaltu porowatego, gdzie warstwę ścieralną stanowił asfalt porowaty PA8 o zawar-

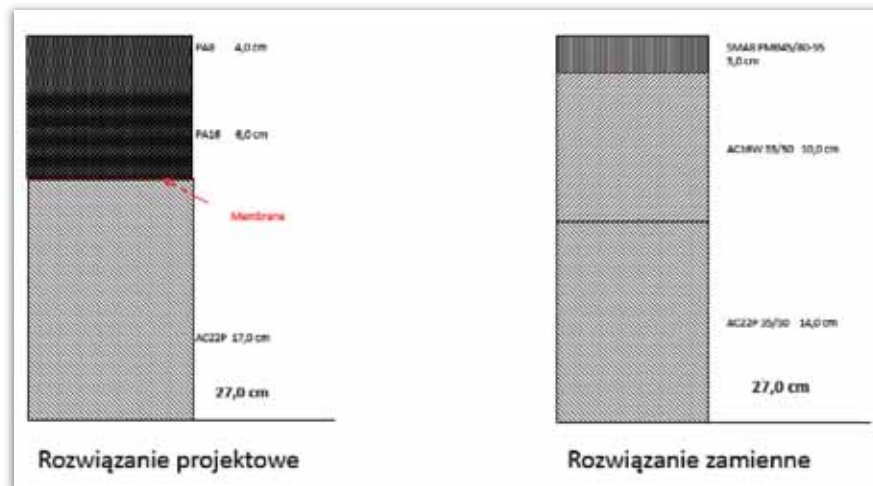


FOT. LOTOS ASFALT





Zmiany projektowe w zakresie konstrukcji warstw asfaltowych – Trasa Główna



Zmiany projektowe w zakresie konstrukcji warstw asfaltowych – ronda i skrzyżowania

tości wolnych przestrzeni w MMA 18–24%, a warstwę wiążącą stanowił PA16 o zawartości wolnych przestrzeni 24–28%.

### Zmiany projektowe

Narzucona technologia wymagała zmian projektowych. Uwarunkowania technologiczne stosowania nawierzchni z asfaltu porowatego są bardzo rygorystyczne. Nie zaleca się stosowania tej technologii w rejonie skrzyżowań, połączeń dróg, rond, przystanków autobusowych, przy prędkości pojazdów poniżej 50 km/h oraz w zatokach do parkowania. Należało wyłączyć z zakresu realizacji podwójnego asfaltu porowatego skrzyżowania, ronda strefy hamowania i drogi dojazdowe. Następnie należało dopasować konstrukcję warstw asfaltowych na wszystkich realizowanych odcinkach. Podstawą zmian rozwiązań projektowych w zakresie konstrukcji, w związku z brakiem odpowiednich zapisów w polskich dokumentach technicznych WT2 – 2010 i WT-2 2008 oraz brakiem polskich doświadczeń, były wymagania dla nawierzchni w układzie dwuwarstwowym z asfaltu porowatego zawarte w niemieckim dokumencie Merkblatt. Asphaltdeckschichten aus Offenporigem Asphalt M OPA.

### Technologia układania podwójnego asfaltu porowatego

Biorąc pod uwagę konieczność zachowania przepuszczalności nawierzchni z równoczesnym



FOT. ANDRZEJ MIROZWIŃSKI



FOT. ANDRZEJ MIROZINSKI

#### Skład PA 16 na warstwę wiążącą

Kruszywo grube 11/16	– 87%
Wypełniacz	– 6,5%
MODBIT 45/80-55 CR	– 6,0%
Stabilizator	– 1,0%

#### Parametry PA 16

Zaw. wolnych przestrzeni v/v	– 26,8%
ITSR	– 94%
Splywność	D – 0,27
Ubytek ziaren	PL – 43%



Test Cantabro PA16

#### Skład PA8 na warstwę ścieralną

Kruszywo grube 4/8	– 86%
Wypełniacz	– 6,5%
MODBIT 45/80-55 CR	– 6,5%
Stabilizator	– 1,0%

#### Parametry PA 8

Zaw. wolnych przestrzeni v/v	– 21,6%
ITSR	– 95%
Splywność	D – 0,19
Ubytek ziaren	PL – 14,3%



Test Cantabro PA8

zachowaniem szczepności warstw, wybrano do realizacji technologię asfaltowych warstw kompaktowych. Dodatkową korzyścią było skrócenie czasu realizacji.

Zastosowano zestaw specjalistycznych maszyn do rozkładania warstw kompaktowych z samobieżnym podajnikiem DYNAPAC, walec tandemowy CC1100 do wstępnego zagęszczania; walec DYNAPAC 232 oraz walec DYNAPAC 422 jako gładzik.

### Membrana

Jako warstwę hydroizolacji zastosowano membranę bitumiczno-lateksową o dużej elastyczności FLEXIGUM HP, aplikowaną poprzez natrysk wykonywany równolegle dwoma komponentami – emulsją bitumiczno-lateksową i koagulantem.

### Badanie Typu PA 16 i PA 8

W Laboratorium Bitumicznym Polimex – Mostostal S.A. opracowano dwa badania typu na PA16 na w-wę wiążącą i PA8 na w-wę ścieralną. Do obu mieszanek użyto asfaltu modyfikowanego z dodatkiem gumy MODBIT 45/80-55 CR, co pozwoliło na zmniejszenie ryzyka zakłóceń w produkcji mieszanek, wynikającego np. z osobnego dozowania asfaltu i granulatu

gumowego. Oprócz standardowych badań mieszanki asfaltowej, dodatkowo badano parametr ubytku ziaren PL – test Cantabro.

### Odcinek próbny

Odcinek próbny podlegał sfrezowaniu, dlatego został wykonany w miejscu, gdzie docelowo ułożono warstwę SMA8. Celem wykonania odcinka próbnego było ustawienie zestawu maszyn do kompaktasfaltu, ustalenie temperatury wałowania, liczby przejść walców oraz sprawdzenie zawartości wolnych przestrzeni w w-wie i wskaźnika zagęszczenia.

### Produkcja asfaltu porowatego

W związku z tym, że produkcja MMA odbywała się na jednej wytwórni, precyzyjnie wyliczono ilości MMA, określając proporcje PA16 i PA8, dobrano odpowiednią liczbę samochodów oraz zorganizowano stanowisko do czyszczenia samochodów.

Wyniki badań asfaltu porowatego w trakcie produkcji PA16 i PA8 przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Na końcówkach odcinków asfaltu porowatego, które podlegały odcięciu wycięto kilka próbek z nawierzchni w celu zbadania zawartości wolnych przestrzeni w warstwie i wskaźnika



FOT. LOTOS ASFALT



**Tabela 1. Wyniki badań asfaltu porowatego w trakcie produkcji PA16**

	Jednostka	Zakres	Średnia	Wymagania
Zawartość asfaltu rozpuszczalnego	%	5,6–5,9	5,7	5,8 ± 0,3
Zawartość wolnych przestrzeni	%	24,4–26,4	25,3	24–28

**Tabela 2. Wyniki badań asfaltu porowatego w trakcie produkcji PA8**

	Jednostka	Zakres	Średnia	Wymagania
Zawartość asfaltu rozpuszczalnego	%	6,1–6,3	6,2	6,3 ± 0,3
Zawartość wolnych przestrzeni	%	21,5–22,4	21,9	18–24

**Tabela 3. Zawartość wolnych przestrzeni w PA16**

	Jednostka	Zakres	Średnia	Wymagania
Wskaźnik zagęszczenia	%	99,0–100,9	99,8	>97
Zawartość wolnych przestrzeni	%	23,8–27,1	25,5	22–32

**Tabela 4. Zawartość wolnych przestrzeni w PA8**

	Jednostka	Zakres	Średnia	Wymagania
Wskaźnik zagęszczenia	%	97,6–98,1	97,9	>97
Zawartość wolnych przestrzeni	%	23,3–23,9	23,6	18–24

zagęszczenia. Próbkę wyciętą z nawierzchni wymagały rozcięcia piłą i usunięcia warstwy przenikania jednej warstwy w drugą.

Na podstawie wyników nasuwa się spostrzeżenie, że dobór liczby przejść walców

i temperatura zagęszczania jest niezwykle istotna i polega na znalezieniu złotego środka między zagęszczeniem w-wy wiążącej z PA16 mającej tendencję do przegęszczania i zagęszczeniem w-wy ścieralnej z PA8.



FOT. ANDRZEJ MROZINSKI

## Utrzymanie

Dokumentacja niemiecka zawiera dokładną instrukcję utrzymania letniego i zimowego nawierzchni z asfaltu porowatego.

Wymagania odnośnie utrzymania w okresie letnim:

- czyszczenie nawierzchni z PA specjalistycznym sprzętem przynajmniej raz w roku
- zakaz używania konwencjonalnych urządzeń czyszczących jezdnie oraz pojazdów ze szczotkami zamontowanymi z przodu
- niezwłoczne usuwanie z nawierzchni liści, martwych zwierząt, materiałów sypkich, chemikaliów, olejów, paliw, błota
- stosowanie odpowiedniego zabezpieczenia nawierzchni podczas prowadzenia wszelkiego typu prac konserwacyjnych poboczy, skarp, rowów
- zakaz bezpośredniego wjazdu pojazdów rolniczych z sąsiednich pól

Wymagania odnośnie zimowego utrzymania:

- zakaz używania pługów śnieżnych z metalowymi szynami z niewłaściwie ustawionymi lub uszkodzonymi zgarniakami
- zakaz stosowania substancji neutralizujących, poprawiających szorstkość: piaski, żuźle, popioły, kruszywa
- stosowanie prewencyjnego spryskania solanką.

Celem tych działań jest utrzymanie odpowiedniej porowatości nawierzchni, bezpośrednio odpowiedzialnej za redukcję hałasu i brak aquaplaningu.

Powyższy przykład realizacji jest dowodem na to, że nowe technologie nie są zastrzeżone dla dużych zagranicznych firm wykonawczych. Każda firma drogowa mająca doświadczenie w wykonawstwie nawierzchni asfaltowych na dobrym poziomie jest w stanie stosować z sukcesem innowacyjne rozwiązania technologiczne. Z drugiej strony, planując obniżenie poziomu hałasu drogowego, należy się wnikliwie zastanowić nad doбором rozwiązań technologicznych w odniesieniu do warunków technicznych przedsięwzięcia drogowego. ■

Halina Sarlińska  
Viakontrol Sp. z o.o.

# Ocena szorstkości nawierzchni nowym urządzeniem pomiarowym ViaFriction

W Niemczech standardowe pomiary szorstkości nawierzchni prowadzone są przy pomocy urządzenia SKM (niemiecka wersja urządzenia typu Scrim) oraz GripTester. W przypadku tych metod algorytmy poprawek korygujących zostały opracowane i wprowadzone do instrukcji wykonania, jak również do norm.

W przypadku urządzenia o nazwie ViaFriction ustalenia dot. poprawek nie zostały jeszcze dokonane. Dlatego podjęto i zrealizowano badania obejmujące pomiary szorstkości tym urządzeniem na wytypowanych rodzajach nawierzchni. W oparciu o uzyskane wyniki ustalone zostały współczynniki korygujące dla warunków brzegowych. Oceniano wpływ temperatury powietrza i wody używanej do zwilżenia nawierzchni, wpływ odchyłek od założonej prędkości pomiarowej i na tej podstawie ustalono funkcje korekcyjne.

## Szorstkość a bezpieczeństwo ruchu

Szorstkość mokrej nawierzchni stanowi jedną z najważniejszych cech nawierzchni drogowej, ponieważ ma ona bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego. Im lepsza szorstkość, tym mniejsze ryzyko wypadków podczas opadów.

Szorstkość nawierzchni nie jest jednak wartością stałą, ponieważ ulega zmianie wraz z upływem okresu eksploatacji. Polerujące oraz wygładzające oddziaływanie opon samochodowych na powierzchnię jezdni prowadzi do negatywnych oddziaływań w tym do obniżania szorstkości.

Pogarszanie się tej właściwości może doprowadzić do spadku współczynnika tarcia poniżej wartości minimalnej, zalecanej ze względu na bezpieczeństwo ruchu. W związku z tym w niemieckich przepisach technicznych dotyczących wykonania nawierzchni asfaltowych i betonowych (np. ZTV Asphalt-StB, ZTV Beton-StB) podane zostały wymagania dot. współczynnika tarcia obowiązujące zarówno w momencie przekazywania drogi do ruchu, jak rów-

nież po okresie upływu gwarancji. W przypadku dróg obciążonych ruchem ciężkim, jak autostrady i drogi ekspresowe, ta właściwość nawierzchni powinna być oceniana w regularnych odstępach czasu, przy wykorzystaniu różnych metod pomiarowych.

Dwie zasadnicze grupy metod pomiarowych to:

- pomiary punktowe oraz
- metody pomiaru ciągłego.

Umożliwiają one ocenę współczynnika tarcia na mokrej nawierzchni na podstawie ustalonej specyficznej wartości, przy określonych warunkach brzegowych. W razie stwierdzenia zbyt niskiego poziomu szorstkości nawierzchni, muszą zostać podjęte odpowiednie środki zaradcze. Pierwszy dotyczy inżynierii ruchu, drugi – różnego rodzaju zabiegów naprawczych polegających na uszorstnieniu nawierzchni. Zarówno pomiary jak i naprawy powinny być wykonywane zgodnie z zapisami zawartymi w „Wytycznych prowadzenia pomiarów szorstkości na mokrej nawierzchni” (skrót nazwy wytycznych: M BGriff 2012).

## Aktualne tendencje dotyczące pomiarów szorstkości

Zgodnie z wytycznymi M BGriff pomiary szorstkości nawierzchni można wykonywać w sposób cykliczny (tzw. metody punktowe) lub mierzyć współczynnik tarcia w sposób ciągły.

Metody punktowe obejmują pomiary wykonywane z reguły niewielkimi urządzeniami, umożliwiającymi ocenę szorstkości nawierzchni na niewielkiej długości. Pomiar taki wymaga stosunkowo niedużego nakładu pracy i posiada następujące zalety: niewielki koszt zakupu urządzenia pomiarowego, niewielki koszt prowadze-

nia badań w terenie. Wady metod punktowych dotyczą w pierwszym rzędzie poważnego zagrożenia dla personelu wykonującego pomiar na drodze, ograniczoność samego pomiaru, a ponadto możliwość jedynie wyrzykowej oceny. W dalszym ciągu do oceny szorstkości wykorzystywane jest wahadło angielskie SRT (Skid Resistance Tester), najczęściej w powiązaniu z wypływomierzem typu Moore, a także szereg innych urządzeń.

Metody umożliwiające pomiar ciągły mają istotną zaletę, jaką jest uzyskiwanie pełniejszej oceny szorstkości badanej drogi. Stosunkowo niewielkie są także stwarzane utrudnienia dla ruchu pojazdów. Najbardziej efektywne metody stosowane są w przypadku pomiarów współczynnika tarcia na długich odcinkach dróg, ponieważ duża prędkość pomiarowa łączy się z dużą wydajnością. Aktualnie w Europie jest stosowanych wiele urządzeń umożliwiających ciągły pomiar szorstkości nawierzchni, działają jednak na odmiennych zasadach. Szeroko stosowane w wielu krajach jest urządzenie Scrim. W przypadku Niemiec używana jest modyfikacja tego urządzenia oznaczona symbolem SKM. Inne urządzenia wykorzystywane do pomiarów współczynnika tarcia to: Grip Tester, Skiddometr BV 11 oraz przyczepka typu Stuttgart. W wielu krajach wykonywane są pomiary urządzeniami stanowiącymi rozwiązania własne, umożliwiające pomiar ciągły względnie zbliżony do ciągłego, jak np. Tatra Runway Tester, Road Star, SRT – 3.

Zagadnieniem oceny szorstkości nawierzchni w profilu podłużnym (LFC = Longitudinal Friction Coefficient) metodą ciągłą zajęła się norweska firma ViaTech przy współpracy z Norweskim Ministerstwem Komunikacji (Statens Vegvesen). Opracowana została metoda

pomiaru współczynnika tarcia przy zastosowaniu urządzenia ViaFriction. Obok standardowego pomiaru współczynnika tarcia na mokrej nawierzchni oraz przy określonym poślizgu koła pomiarowego, urządzenie umożliwia również ocenę tzw. maksymalnego potencjału nawierzchni drogi w zakresie szorstkości. Tarcie występujące pomiędzy oponą pomiarową a nawierzchnią drogi może być określane nie tylko przy stałej wartości poślizgu w trakcie blokowania koła pomiarowego, tak jak ma to miejsce w przypadku innych metod dokonujących ciągłego pomiaru współczynnika tarcia, ale tą metodą można wykonywać pomiary w warunkach zbliżonych do działania systemu hamowania przeciwoślizgowego, działającego tak jak system ABS.

Taki sposób oceny właściwości przeciwoślizgowych nawierzchni jest obecnie konieczny i zalecany z uwagi na powszechne montowanie systemów ABS zarówno w samochodach osobowych, jak również w pojazdach ciężarowych. Urządzenie ViaFriction umożliwia pełniejszą ocenę szorstkości nawierzchni mokrej, a z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu użytkowników dróg powinno być urządzeniem preferowanym.

W przypadku wszystkich dotychczasowych metod uzyskiwane wyniki obciążone są odchyłkami. Powodowane jest to w pierwszym rzędzie zmianami temperatury nawierzchni. W przypadku pomiarów ciągłych dotyczy to również odchyłek prędkości, która może odbiegać od zakładanej prędkości pomiarowej. Dodatkowo

wpływ na wyniki mają zmieniające się właściwości opony pomiarowej.

W Niemczech standardowe pomiary szorstkości wykonywane są również wahadłem SRT, urządzeniem Scrim (metoda SKM) oraz Grip Tester. W przypadku wymienionych metod pomiarowych opracowane zostały współczynniki korekcyjne dla uzyskanych wyników, które wprowadzono do instrukcji wykonania pomiarów oraz do odpowiednich norm.

W przypadku urządzenia ViaFriction został opracowany projekt Specyfikacji Technicznej CEN/TS 15901-14:2011 (E) – Stan na dzień 2011-06-09, w której nie zostały zawarte współczynniki korekcyjne. Zgodnie z założeniami zrealizowano kolejny cel obejmujący opracowanie korekt wyników uzyskanych omawianym urządzeniem. Pomiary przeprowadzono na reprezentatywnych odcinkach nawierzchni, co stworzyło podstawę do opracowania ocen wyników uzyskiwanych urządzeniem ViaFriction.

### Pomiar urządzeniem ViaFriction

Urządzenie ViaFriction składa się z pojazdu ciągnącego oraz przyczepki pomiarowej (rys. 1). Wewnątrz pojazdu ciągnącego przyczepkę znajduje się zbiornik na wodę o pojemności ok. 900 l. Ponadto w pojeździe zainstalowano całość oprzyrządowania i elektroniczne urządzenia pomiarowe, urządzenia sterujące oraz pozostałe wyposażenie. W celu zapewnienia stałej prędkości w trakcie prowadzenia po-

miarów, pojazd ciągnący wyposażony został w urządzenie do utrzymywania stałej prędkości jazdy, tzw. tempomat.

Zasadniczy element pomiarowy urządzenia ViaFriction został zainstalowany po prawej stronie przyczepki, tak aby pomiar współczynnika tarcia odbywał się w prawym śladzie kół pojazdów (rys. 1; str. prawa). Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe było wyeliminowanie znacznego wpływu na wyniki pomiarów łuków poziomych o małych promieniach, co ma miejsce podczas badań urządzeniem SKM. Podobne rozwiązanie zostało wypróbowane uprzednio w przypadku urządzenia GripTester. Po odpowiedniej adaptacji przyczepki, ViaFriction umożliwia wykonanie pomiarów również w lewym śladzie kół pojazdów, przy czym pomiary w takim układzie dotychczas nie były wykonywane.

Urządzenie ViaFriction określa na mokrej nawierzchni współczynnik tarcia podłużnego (Longitudinal Friction Coefficient – LFC). Pomiar następuje w trakcie hamowania gładkiej opony bezprofilowej o wymiarach 155/170 R 13 – przy zastosowaniu generatora elektrycznego, względnie hamulca elektrycznego. Pomiar współczynnika tarcia następuje przy określonym poślizgu opony, a generator spełnia rolę hamulca elektrycznego, zapewniając określoną wartość poślizgu. Mechanizm hamowania stwarza możliwość regulowania poślizgu opony pomiarowej w sposób bezstopniowy (ciągły). Oprócz pomiarów współczynnika tarcia przy stałym poślizgu, możliwe jest określenie zależności: współczynnik tarcia  $\mu$ /krzywa poślizgu, tzn.



Rys. 1. Zestaw pomiarowy składający się z pojazdu ciągnącego i jednostki (przyczepki) pomiarowej oraz widok systemu hamowania jednostki pomiarowej ViaFriction



oceny maksymalnego potencjału nawierzchni w zakresie szorstkości. Współczynnik tarcia występujący pomiędzy oponą pomiarową a nawierzchnią zostaje wyliczony przy uwzględnieniu prędkości pojazdu ciągnącego oraz ilości energii elektrycznej potrzebnej do zahamowania, tzn. potrzebnej do zlikwidowania poślizgu. Wytworzona energia elektryczna zostaje przetworzona na energię cieplną dzięki zastosowaniu oporników ceramicznych.

Określenie aktualnych warunków badania w zakresie temperatury i prędkości w trakcie pomiaru współczynnika tarcia następuje poprzez czujniki, w które wyposażono urządzenie. ViaFriction ma zainstalowane łącznie cztery czujniki temperatury, a ponadto jednostkę do rejestracji prędkości.

Czujniki umożliwiają określenie temperatury: wody na wylocie ze zbiornika, nawierzchni przed oponą pomiarową, powietrza w rejonie przyczepki (ok. 30 cm ponad powierzchnią) oraz opony w obrębie bieżnika.

Dane dot. temperatury bieżnika opony są wymagane warunkowo, ponieważ w dotychczasowym wyposażeniu urządzenia ViaFriction nie ma zaleceń odnośnie odrzucania filmu wodnego z powierzchni bieżnika, tak jak ma to miejsce np. w przypadku pomiaru urządzeniem SKM. W przyszłości powinno to znaleźć zastosowanie w wykonywanych pomiarach poprzez zainstalowanie odpowiedniego wyposażenia. Prędkość przyczepki i tym samym pojazdu ciągnącego

**Tabela 1. Standardowe warunki pomiaru urządzeniem ViaFriction**

Wymiary jednostki pomiarowej	2090 x 1780 x 780 (LxBxH)
Ciążar własny	200 kg
Opona tocząca	155/70 R13 75H
Koło pomiarowe	opona bezprofilowa ASTM R L2 4,00-8NHS, względnie opona profilowana ten sam typ
Ciśnienie w oponie	2 bary
Mierzony zakres temperatury	> 50C i < 500C
Obciążenie	600 N
Prędkość pomiarowa	15 km/h do 90 km/h
Teoretyczna grubość w-y wody	0,5–1,0 mm
Min. długość pomiaru	wg wyboru, minimum 10 cm
Mierzony przedział wsp. tarcia	0,1–0,9
Model pomiarowy	stały poślizg, zmienny poślizg w zakresie 0–80%; stała prędkość poślizgu
Kryterium dokładności pomiędzy dwoma pomiarami	$\Delta\mu \leq 0,04$ ; $\Delta\sigma \leq 0,01$ ;

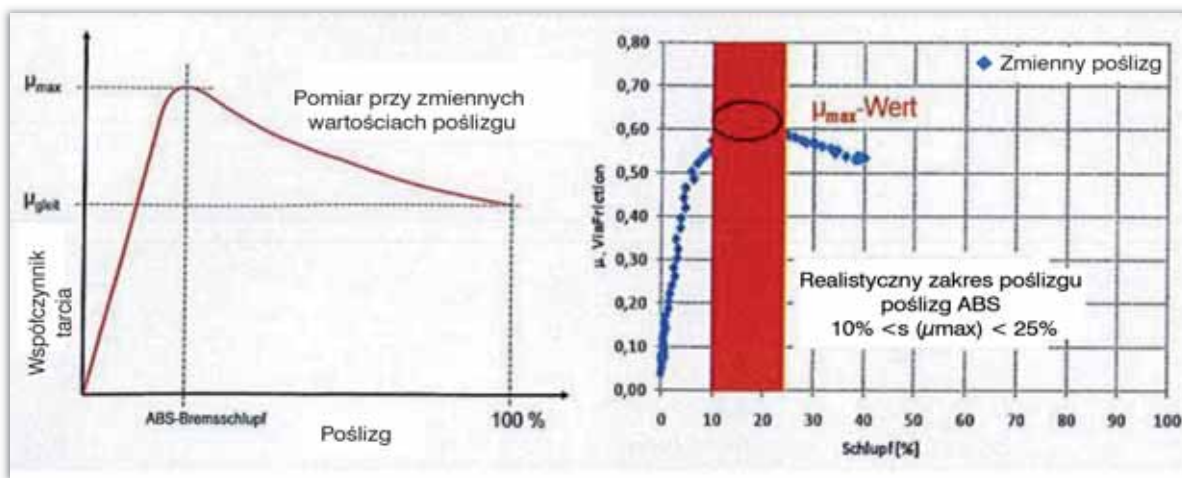
jest określana za pomocą impulsu na powierzchni tocznej.

W tabeli 1 zestawione zostały specyfikacje techniczne przyczepki ViaFriction, jak również jednostki pomiarowej.

Urządzeniem ViaFriction można dokonywać pomiarów współczynnika tarcia przy różnych prędkościach, w zakresie od 20 do 90 km/h. Zgodnie z wytycznymi StVO w Niemczech maksymalna prędkość pomiarowa wynosi 80 km/h.

Pomiary wykonywane są zgodnie z trzema przyjętymi modelami:

- model pierwszy: określane skrótem FIX-SLIP; współczynnik tarcia jest mierzony przy różnych, ale stałych wartościach poślizgu, np. 10, 20 lub 50%. W zależności od ustalonej wartości poślizgu dla określonej prędkości uzyskuje się zróżnicowane prędkości poślizgu. W przypadku większości urządzeń mierzących, pomiar dokonywany



Rys. 2. Porównanie zależności pomiędzy teoretycznymi wartościami współczynnika tarcia i poślizgiem koła pomiarowego (str. lewa) oraz pomierzonego współczynnika tarcia  $\mu$  w funkcji poślizgu

jest przy stałym poślizgu, podobnie jak ma to miejsce w przypadku np. urządzenia Grip-Tester (wartość poślizgu wynosi 15%).

- model drugi określany jako SLIP-SPEED – niezależnie od prędkości pomiarowej należy utrzymywać stałą wartość poślizgu pomiędzy oponą pomiarową a nawierzchnią. Współczynnik tarcia zostaje tym samym określony przy stałej prędkości poślizgu,
- model trzeci to VARIABLE-SLIP, który umożliwia ocenę potencjału w zakresie współczynnika tarcia jednorodnej nawierzchni, pomiar jest wykonywany przy danej prędkości a poślizg ustawiany w sposób stopniowy – od koła wolno toczącego się do w pełni zablokowanego, co przedstawia na rys. 2 krzywa zależności pomiędzy współczynnikiem tarcia  $\mu$  a poślizgiem koła.

- Minimalna długość odcinka rozbiegu

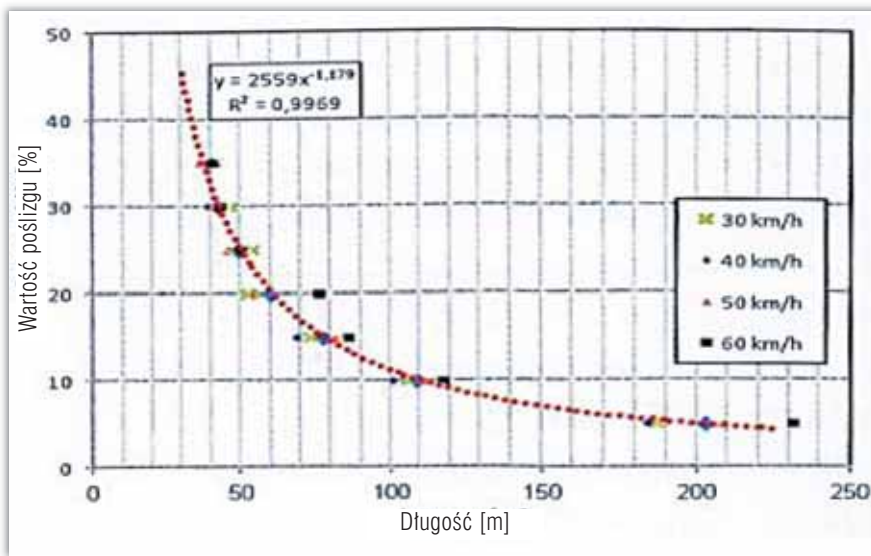
W przypadku pomiarów współczynnika tarcia metodą ciągłą, założony poślizg opony pomiarowej ustalany jest w sposób mechaniczny, względnie inny porównywalny sposób. W przypadku urządzenia ViaFriction ustalenie poślizgu następuje przy zastosowaniu hamulca elektrycznego. Z tego powodu wymagany jest odpowiednio długi tzw. odcinek rozbiegu urządzenia.

Jeśli poślizg regulowany jest odpowiednim ustawieniem opony pomiarowej w stosunku do kierunku poruszania się, jak ma to miejsce np. w przypadku metody SKM (Sideway-Friction-Coefficient – SFC), wtedy odcinek rozbiegu nie jest konieczny.

Ustalenie odcinka rozbiegu musi być skorelowane z możliwością prawidłowego ustawienia wartości poślizgu. W przypadku pomiarów prowadzonych w tym zakresie na odcinku testowym Instytutu Pojazdów Politechniki w Aachen w 2011 r., wykonany został odpowiedni zakres badań. Wynikało z nich wyraźnie, że ustabilizowaną na prawidłowym poziomie założoną wartość poślizgu uzyskano dopiero po przejechaniu pewnego odcinka. Odcinek rozbiegu obejmuje odcinek wynikający z reakcji systemu pomiarowego (tzn. istotny jest start w oprogramowanie oraz start samego urządzenia), jak również czas dla ustalenia się wartości poślizgu.

Ocena wartości współczynnika tarcia mierzonego przy różnych prędkościach oraz róż-

nych wartościach poślizgu uwidoczniła w sposób wyraźny, że długość odcinka nie zależy od prędkości pomiarowej (rys. 3). Jest ona jednak zależna od zakładanego poślizgu opony pomiarowej. Stwierdzono zależność wskazującą, że im mniejszy jest zakładany poślizg, tym dłuższy jest konieczny odcinek rozbiegu (rys. 3).



Rys. 3. Wymagany odcinek dodatkowy (rozbiegu) w zależności od zakładanej wartości poślizgu

Na podstawie wykonanej analizy statystycznej ustalono następującą zależność dot. długości odcinka rozbiegu:

$$L = 2559 \cdot s^{-1.179}; R^2 = 0,997 \quad (1)$$

gdzie:

L = długość odcinka rozbiegu [m]

S = poślizg koła pomiarowego [%]

W przypadku pomiarów szorstkości metodą ciągłą urządzeniem ViaFriction pomiar i ocena wyników powinny następować dopiero po przejechaniu odcinka o wyliczonej długości wg wzoru (1). Przy założeniu standardowego poślizgu wynoszącego ok. 20% oraz przyjęciu odcinka bezpieczeństwa o długości 50 m, pomiar powinien rozpoczynać się w odległości co najmniej 100 m przed początkiem odcinka poddawanej ocenie.

### Pomiary w celu określenia poprawek

Pomiar współczynnika tarcia metodami określanymi jako metody bezpośrednie, nastę-

puje w powiązaniu z parametrami takimi jak specjalna opona pomiarowa, względnie warunki otoczenia w trakcie pomiarów. Powoduje to, że konieczne jest stosowanie algorytmów korygujących, tak aby uwzględnione zostały odmienne w stosunku do założeń warunki pomiaru. W szczególności dotyczy to temperatury, jak

również wpływu temperatury na właściwości gumy opony pomiarowej. Czynniki te są w pierwszym rzędzie odpowiedzialne za występujące rozrzuty wyników, przy dokonywanej ocenie tej właściwości nawierzchni. Również prędkość pomiarowa odgrywa bardzo istotną rolę. W tym przypadku konieczne jest użycie algorytmów korygujących.

Algorytmy korygujące dla temperatury i prędkości są stosowane w przypadku najczęściej wykonywanych pomiarów urządzeniami GripTester oraz SKM, a które stanowią część składową odpowiednich norm względnie instrukcji roboczych. W przypadku urządzenia ViaFriction dotychczas nie były opracowane stosowne instrukcje pomiaru oraz normy, tak więc musiały zostać opracowane algorytmy również w przypadku odchytek prędkości oraz temperatury, co nastąpiło w ramach prac doświadczalnych. Dane z pomiarów w tym zakresie zostały uzyskane na wybranych jednorodnych odcinkach oznakowania poziomego, jak również na różnych nawierzchniach.



Rys. 4. Nakładanie oznakowania (str. lewa) i gotowe poletko badawcze w miejscowości Pier

- Ustalenie powierzchni do badań

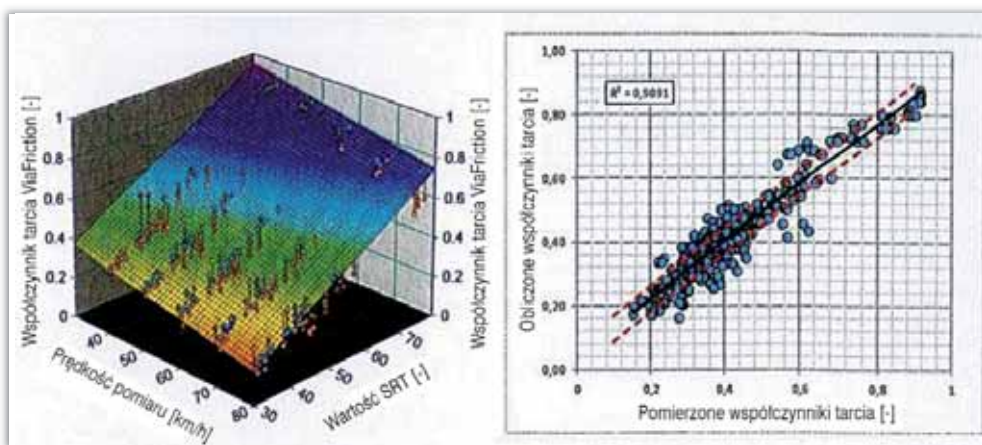
Bazę dla ustalenia algorytmów korekcyjnych tworzyły jednorodne odcinki badawcze, na których wykonano pomiary szorstkości urządzeniem ViaFriction, a wyniki poddano analizie w odniesieniu do zmieniających się warunków pomiarów.

Kryteria jakościowe dotyczące jednorodności zostały przyjęte zgodnie z założeniami tematu, w odniesieniu do Specyfikacji Technicznej dla urządzenia ViaFriction (CEN/TC, 2011). Zgodnie z tym przyjmowano: odchylenie standardowe wynoszące 0,04, natomiast współczynnik wariancji 5% – w odniesieniu do odcinka o długości 100 m, względnie do całego oce-

nianego odcinka. Pominięto także pomiary na łukach pionowych, w celu wyeliminowania przyspieszeń poprzecznych, jak również odcinki o znacznych pochyleniach podłużnych. Zwracano również uwagę na to, aby odcinki nie wykazywały kolein i innego rodzaju odkształceń. Koleiny mogą mieć wpływ na warunki styku nawierzchni z oponą, a tym samym wpływać na wyniki pomiarów współczynnika tarcia. Nierówności w profilu podłużnym, jak np. sfalowania, mogą powodować ruchy własne przyczepki, a tym samym przyczyniać się do zafałszowania wyników pomiarów.

Przy obliczaniu algorytmów korekcyjnych należy dążyć do uzyskania odpowiednio dużego

zakresu pomiarowego. W tym samym czasie, w ramach innego projektu, badaniom poddawano oznakowanie poziome. Zdecydowano się na włączenie do zakresu badań ww. sztucznie wykonanych powierzchni. W ten sposób możliwe było zrealizowanie pomiarów przy zróżnicowaniu współczynnika tarcia w przedziale 30–80 jednostek SRT. Na oznakowaniu poziomym określano współczynniki korekcyjne jedynie w odniesieniu do prędkości pomiarowej, natomiast na odcinkach nawierzchni – dotyczące temperatury. Wynikało to z faktu, że temperatury nawierzchni asfaltowej zmieniają się w zdecydowanie inny sposób aniżeli w obrębie oznakowania poziomego o jasnej barwie. Rozgrzana



Rys. 5. Zależność pomiędzy pomiarami urządzeniem ViaFriction i wahadłem SRT – przy różnych prędkościach pomiaru



**Tabela 2. Wyniki częściowej analizy korelacyjnej**

Zmienne kontrolowane		TA	TO	TW	TR	$\mu_{VF60-70}$	
V	TA	korelacja	–	,940	,441	,571	–,674
		znaczenie (dwustronne)	–	,000	,000	,000	,000
	TO	korelacja	,940	–	,323	,510	–,546
		znaczenie (dwustronne)	,000	–	,009	,000	,000
	TW	korelacja	,441	,323	–	,203	–,757
		znaczenie (dwustronne)	,000	,009	–	,108	,000
	TR	korelacja	,571	,510	,203	–	–,437
		znaczenie (dwustronne)	,000	,000	,108	–	,000
	$\mu_{VF60-20}$	korelacja	–,674	–,546	–,757	–,437	–
		znaczenie (dwustronne)	,000	,000	,000	,000	–

nawierzchnia asfaltowa zachowuje się inaczej niż oznakowanie.

- Badania na oznakowaniu poziomym

Na powierzchniach jednorodnych, jakie stanowi oznakowanie poziome, wykonano pomiary urządzeniem ViaFriction przy prędkościach 40, 50, 60, 70 i 80 km/h. W dalszej kolejności wykonywano pomiary wahadłem SRT. Przy podanych warunkach brzegowych, tzn. ukierunkowany przedział wartości SRT pomiędzy 30 i 80 jednostek SRT i prędkości, zanotowano wąski przedział temperaturowy.

Możliwe było ustalenie danych dotyczących wpływu różnych prędkości na wynikowe wartości współczynnika tarcia uzyskane urządzeniem ViaFriction.

Zależność pomiędzy prędkością, wartością SRT i współczynnikiem tarcia (ViaFriction) przedstawiono na rys. 5 (str. lewa).

Z tego wynika następująca zależność pomiędzy współczynnikiem tarcia, badaniem wahadłem SRT, względnie makroteksturą oraz prędkością pomiarową:

$$\mu = 0,142 + 0,012 \cdot \text{SRT} - 0,004 \cdot v \quad (2)$$

przy  $R^2 = 0,909$

gdzie:

$\mu$  = współczynnik tarcia pomierzony urządzeniem ViaFriction [-]

SRT = wartość pomierzona wahadłem SRT [jedn. SRT]

V = prędkość pomiarowa [km/h]

Po stronie prawej rysunku 5 przedstawiono zależność pomiędzy obliczoną i pomierzoną wartością współczynnika tarcia. Przedział ufności wyniósł  $\pm 0,004$  (czerwona linia, dokładność wg CEN/TC 2011); pomimo  $R^2 = 0,9091$  zawarte są w nim nie wszystkie wartości. Wiele wyników pomiarów znajduje się nadal poza ustalonym przedziałem.

- Badania wykonane na nawierzchni

Wybrany odcinek zlokalizowany na drodze L 366 znajdował się pomiędzy drogami lokalnymi K 5 i L 226 w pobliżu miejscowości Hompesch. W celu wykonania pomiarów dla określenia algorytmów korekcyjnych w odniesieniu do temperatury, dokonano podziału odcinka na 11 sekcji o długości około 100 m. Na każdym odcinku wykonano łącznie 440 pomiarów współczynnika tarcia, przy różnej temperaturze i o różnych porach dnia. Łącznie dysponowano 4840 wynikami pomiarów, których dokonywano przy standardowej prędkości 60 km/h i przy poślizgu 20% (współczynnik tarcia  $\mu_{F60-20}$ ). Przed wykonaniem oceny statystycznej przeprowadzono tzw. filtrowanie wyników, w celu wykluczenia wyraźnie wadliwych spowodowanych np. prędkością pomiaru. W pierwszym etapie prac pozostałe wyniki poddawano częściowej analizie korelacyjnej, co umożliwiło wyeliminowanie wpływu prędkości pomiarowej na uzyskane wyniki. W następnej kolejności przedstawiano wyniki analizy w formie tabelarycznej (tabela 2).

Częściowa analiza korelacyjna wykazała, że w szczególności pomiędzy temperaturą powietrza TA a temperaturą wody TW zachodzi zależność ze współczynnikiem tarcia  $\mu_{VF60-20}$ . Ustalono, że współczynniki korelacji wynoszą -0,674 dla temperatury powietrza oraz -0,757 dla temperatury wody.

Współczynniki korelacji pokazują znaną z literatury zależność. Wyższa temperatura powietrza, podobnie jak wyższa temperatura wody w trakcie pomiaru pozwalają wnioskować, że wystąpią niższe współczynniki tarcia w przypadku pomiarów ciągłych. Natomiast zależności pomiędzy temperaturą opony TR a współczynnikiem tarcia, względnie temperaturą nawierzchni TO, nie mogą zostać wykorzystane do dalszych ocen, ponieważ nie stanowią niezależnych wskaźników korelacyjnych, lecz wpływ na ich wartość ma temperatura powietrza.

Było to możliwe do stwierdzenia dla temperatury na powierzchni, gdzie wartość współczynnika korelacji wynosiła +0,940. Częściowe analizy korelacyjne wykonane dla innych odcinków pokazują porównywalne wyniki, względnie zależności, dlatego w dalszej analizie wpływ temperatury powierzchni i temperatury opony nie zostały uwzględnione.

Na podstawie statystycznej oceny wyników pomiarów i przy uwzględnieniu częściowej analizy korelacyjnej ustalono następującą zależność:

$$\mu_{\text{skorygowane}} = \mu_{\text{pomierzone}} + a \cdot (TA-20) + b \cdot (TW-20)$$

$$\text{lub } \mu = a \cdot (TA-20) + b \cdot (TW-20) \quad (3)$$

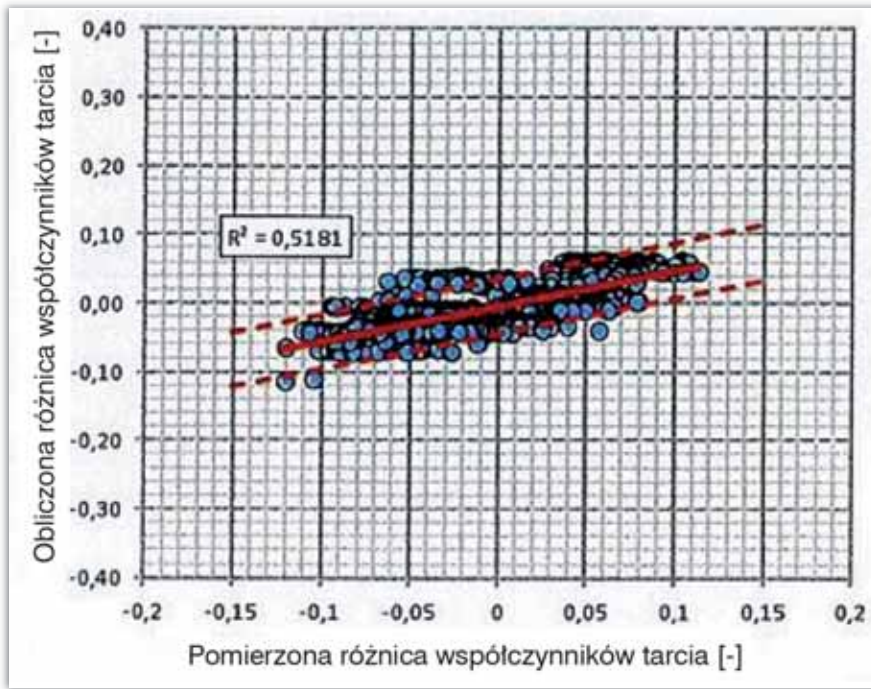
gdzie:

$\mu_{\text{skorygowane}}$  = skorygowany wsp. tarcia ze względu na temperaturę pomiaru

$\mu_{\text{pomierzone}}$  = wynik pomiaru współczynnika tarcia

$\Delta\mu$  = różnica w pomierzonych współczynnikach tarcia spowodowana zmianą temperatury.

W odniesieniu do zapisów instrukcji roboczej dla pomiarów szorstkości metodą LFC (urządzenie Grip Tester), jako referencyjny został zdefiniowany współczynnik tarcia – pomierzony przy temperaturze wody 20°C oraz w temperaturze powietrza 20°C.



Rys. 6. Zależność pomiędzy pomierzoną i obliczoną różnicą w pomiarach wywołaną temperaturą przy pomiarze urządzeniem ViaFriction i przedziały zaufania

Z zastosowaniem analizy regresji otrzymano następującą zależność zachodzącą pomiędzy temperaturą powietrza, temperaturą wody i współczynnikiem tarcia (rys. 6):

$$\Delta\mu = 0,00595 \cdot (TA - 20) + 0,00809 \cdot (TW - 20) \quad \text{gdzie: } R^2 = 0,518 \quad (4)$$

Przedziały zaufania opisują przy tym dokładność urządzenia pomiarowego, które zgodnie z podanymi przez (CEN/TC, 2011) wynosi  $\pm 0,04$ . Przy takiej dokładności ponad 80% wyników znajduje się wewnątrz przedziału ufności i to pomimo bardzo niskiej wartości  $R^2$  wynoszącej 0,518. Z tego można wyciągnąć wniosek, że przy zastosowaniu algorytmu temperatury możliwe jest uzyskanie przekonujących wyników.

### Podsumowanie

Właściwości przeciwpoślizgowe określone na podstawie pomiarów współczynnika tarcia na mokrej nawierzchni odgrywają bardzo ważną rolę w zapewnieniu bezpiecznego ruchu pojazdów. Można stwierdzić, że zagadnienie to ma wpływ nie tylko na sam przebieg ruchu na sieci dróg, ale oddziałuje na całą gospodarkę narodową. Regularnie przeprowadzane pomiary współ-

czynnika tarcia stanowią nieodzowny warunek efektywnego zarządzania siecią drogową, co ma na celu oszczędne gospodarowanie zasobami naturalnymi. Wszyscy zarządcy dróg, tzn. administracja państwowa, powiaty, miasta, względnie gminy, w ramach obowiązku zapewnienia bezpieczeństwa muszą okresowo kontrolować szorstkość na podległej sieci dróg. Zarządcy dróg, jak również firmy wykonawcze potrzebują zatem racjonalnej metody służącej do regularnego i bezpiecznego określania współczynnika tarcia.

Ważnym celem zrealizowanego tematu było stworzenie podstaw oceny pomiaru urządzeniem ViaFriction. Zrealizowane zostały pomiary przy zróżnicowanej prędkości, wielkości poślizgu oraz w warunkach zmiennej temperatury. Uwzględniając wpływ tych czynników na wartości współczynnika tarcia, uzyskano następujący algorytm korygujący dla pomiarów urządzeniem ViaFriction:

$$\mu = \mu(\text{mes}) + 0,00595 \cdot (TA - 20) + 0,0081 \cdot (TW - 20) + 0,004 \cdot (v - 60) \quad (5)$$

Ogólny algorytm korekcyjny wyników uzyskanych urządzeniem ViaFriction umożliwia dokonywanie analiz porównawczych współczynnika tarcia, mierzonego w zróżnicowanych warunkach.

Możliwe jest uwzględnienie wpływu odchylek prędkości od zakładanej, jak również temperatury (nawierzchni) w trakcie pomiaru. Urządzenie ViaFriction stanowi alternatywę dla znanych już urządzeń pomiarowych, takich jak GripTester oraz SKM. Algorytm jest poddawany weryfikacji w ramach kolejnych pomiarów sprawdzających.

W następnych latach realizowane będą pomiary porównawcze, z zastosowaniem urządzeń GripTester oraz SKM. W szczególności dotyczy to urządzenia GripTester, ponieważ bazuje ono na zbliżonym systemie pomiarowym. Istnieje możliwość porównywania wyników pomiarów uzyskanych tymi dwoma metodami, co umożliwiłoby stworzenie definicji wartości ostrzegawczych oraz progowych w odniesieniu do zapisów podanych w „Instrukcji oceny właściwości przeciwpoślizgowych mokrych nawierzchni drogowych” (M BGriff).

Urządzenie ViaFriction umożliwiać będzie zbieranie doświadczeń dzięki dwóm modelom pomiarowym określanym jako: VARIABLE-SLIP oraz SLIP-SPEED. W szczególności dotyczyłoby to oceny względnie szacowania maksymalnego potencjału nawierzchni drogowej w zakresie szorstkości przy użyciu modelu VARIABLE-SLIP. Model ten umożliwi szczegółowy wgląd w zagadnienia hamowania w warunkach przeciwdziałania poślizgowi dzięki działaniu systemu ABS.

Należy jednak pamiętać, że wszystkie stosowane metody pomiarów właściwości przeciwpoślizgowych (szorstkości nawierzchni) obarczone są błędami (odchyłkami) wywołanymi takimi czynnikami jak: zmieniająca się temperatura otoczenia, odstępstwa od założonej prędkości pomiarowej, względnie powodowane jest to zmieniającymi się w czasie eksploatacji właściwościami opony pomiarowej.

*Opracowano na podstawie artykułu Dawei Wang, Andreas Schacht, Stefan Schmidt, Markus Oeser i Bernhard Steinauer pt. „Grundlagen für die kontinuierliche Bewertung der Strassen-griffigkeit bei Nässe mit dem ViaFriction”, zamieszczonego w czasopiśmie „Strasse und Autobahn” nr 3/2013.*

W. Michalski, M. Danowski

# Doświadczenia i innowacje

W dniach 27–29 października odbyło się XXXI Seminarium Techniczne Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych. Tematem przewodnim spotkania była „Nowa perspektywa unijna – dlaczego asfalt?”

Podczas sesji otwierającej, w której uczestniczył dr inż. Tomasz Rudnicki, zastępca Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad, odbył się blok poświęcony zmianom przepisów technicznych. Bożena Woroszyło z białostockiego oddziału GDDKiA przedstawiła zmiany w Wytocznych Technicznych WT-2, a Bogdan Bogdański, zastępca dyrektora poznańskiego oddziału GDDKiA ds. technologii, omówił instrukcje odbioru prac i potrażeń.

Kontynuując tematykę dobrych praktyk, przedstawiono doświadczenia z budowy odcinka Gdańsk–Toruń autostrady A1. Zależenia projektowe i konstrukcję nawierzchni omówili Piotr Jaskała z Politechniki Gdańskiej oraz Roger Nilsson z firmy SKANSKA, a kwestie związane z utrzymaniem Grzegorz Kaleta z Gdańsk Transport Company. Aspekty technologiczne przybliżyła Agnieszka Kędzierska z LOTOS Asfalt.



Sesja otwierająca

FOT. PSWNA



Od lewej: Tomasz Rudnicki, Adam Wojczuk, Barbara Dzieciuchowicz

FOT. PSWNA





FOT. PSWNA

**Wystąpienie Wacława Michalskiego**



FOT. PSWNA

**Roger Nilsson**



FOT. PSWNA

**Piotr Jaskuła**

Przypomnijmy, że kontrakt na ten 152-kilometrowy, koncesyjny odcinek realizowany był w dwóch etapach. Pierwszy 90-kilometrowy odcinek przebiegał od Gdańska do Nowych Marzów, drugi 62-kilometrowy od Nowych Marzów do Torunia. Choć przyznanie koncesji na odcinek Nowe Marzy–Toruń spółce Gdańsk Transport Company nastąpiło już w 1997 roku, to dopiero jesienią 2005 roku zamknięto finansowanie pierwszego etapu inwestycji i przystąpiono do robót. Jeśli chodzi o 90-kilometrowy odcinek, nastąpiło to w lipcu 2009 roku.

Zakres rzeczowy pierwszego etapu to: 90 km autostrady, 86 obiektów mostowych, 6 węzłów, 6 punktów poboru opłat, 3 miejsca obsługi podróżnych, 2 obwody utrzymania autostrady.

Drugi etap przewidywał budowę: 62,4 km autostrady, 5 węzłów drogowych, 6 punktów poboru opłat, 4 par miejsc obsługi podróżnych, obwód utrzymania autostrady, 51 nowych obiektów mostowych i remont 15.

System pracy przy budowie autostrady przewidywał autocertyfikację. Chodzi w niej o przykładanie wszelkich starań, celem osiągnięcia jak najlepszych jakościowo efektów pracy, bez konieczności zewnętrznej kontroli. Każdy z pracowników był odpowiedzialny za dbałość o jakość, co przełożyło się na sukces całego projektu.



FOT. PSWNA

**Grzegorz Kaleta**



FOT. PSWNA

**Agnieszka Kedzierska**

Podstawą systemu autocertyfikacji jest olbrzymia odpowiedzialność za pracę całej kadry. W przypadku zdefiniowania jakiegokolwiek niezgodności wymagano szybkiego i zdecydowanego działania. Niezwykle ważna była także komunikacja i przepływ informacji. Współdziałanie polegało na dzieleniu się istotnymi dla projektu informacjami z innymi jego uczestnikami. Wymagano rzetelności i uczciwości w przedstawianiu wyników kontroli. Wszystkie badania by-

ły wykonywane przez wykwalifikowane laboratorium. Zatrudniało ono 50 pracowników: techników i лаборantów, którzy pracowali pod okiem doświadczonych kadry z Centralnego Laboratorium w Gdańsku.

Przy wytwórniach mas bitumicznych znajdowały się mniejsze laboratoria. Do obsługi badań zaawansowanych i bieżącej obsługi na budowie stworzono specjalną bazę sprzętową.



FOT. PSMWA

Od lewej: Zbigniew Krupa, Andrzej Wyszyński, Barbara Dzieciuchowicz, Dariusz Słotwiński

Zakres prac wykonywanych przez laboratorium obejmował roboty ziemne, nawierzchniowe i prace na obiektach mostowych.

W robotach ziemnych nie tylko kontrolowano materiały i jakość robót, ale także rozpoznawano teren pod względem geotechnicznym. W tym zakresie projektowano grunty stabilizowane spoiwem.

W sumie wbudowano 2,9 mln ton mieszanek mineralno-asfaltowych. Projekt konstrukcji nawierzchni przewidywał zmianę asfaltu drogowego na polimeroasfalt. Głównymi czynnikami sukcesu budowy, która teraz stawiana jest za wzór, było zaangażowanie, komunikacja, planowanie, organizacja pracy, a także zasoby sprzętowe i co ważniejsze kadrowe.

Podczas seminarium nie zabrakło innowacji. Francuska firma Eurovia od lat znana jest z ich wprowadzania. Podczas seminarium Oliwia Merska przedstawiła francuskie doświadczenia w zastosowaniu jasnych nawierzchni. W tym zakresie można rozróżnić nawierzchnie jasne wykonane na bazie lepiszcza syntetycznego z wykorzystaniem białych kruszyw i nawierzchnie rozjaśniane na bazie lepiszcza tradycyjnego i jasnego kruszywa. O ile w pierwszym przypadku

nawierzchnia wykazuje szczególnie wysoki współczynnik jasności w momencie oddania drogi do ruchu, w drugim – rozjaśnianie nawierzchni następuje na skutek mechanicznego usunięcia części lepiszcza pod wpływem ruchu samochodów. Rozwiązania te znajdują zastosowanie na typowych nawierzchniach drogowych, ale także na ścieżkach rowerowych, poboczach, w przestrzeni miejskiej. Co ważne wykazują one lepsze właściwości fotometryczne (odbicia światła) przez co pozwalają zaoszczędzić energię zużywaną do oświetlenia dróg.

Z kolei emisję CO<sub>2</sub> pozwala zmniejszyć zastosowanie mieszanek na ciepło. W Stanach Zjednoczonych ich procentowy udział w 2013 roku osiągnął poziom 30%. Od 2009 roku na całym świecie następuje lawinowy wzrost rozwoju tej technologii. Wówczas mieliśmy mniej niż 1% tego typu nawierzchni. Warto więc na szerszą skalę stosować je także w Polsce.

Antidotum na występujące w kraju problemy ma być technologia skropień międzywarstwowych, zabezpieczająca przed uszkodzeniami. Dominik Małasiewicz z Lhoist przedstawił rozwiązanie problemu. Jest nim preparat Asphacal TC. To koncentrat, który rozcieńcza się

wodą i natrykuje na powierzchnię emulsji w skropieniach międzywarstwowych w ilości 250 g/m<sup>2</sup>. Pojazdy mogą poruszać się po zabezpieczonej nawierzchni już po upływie 10–60 minut po naniesieniu preparatu. Na terenie Francji zabezpieczono w ten sposób ponad 15 mln m<sup>2</sup> nawierzchni. Jeśli chodzi o doświadczenia polskie, badania laboratoryjne zostały wykonane przez Politechnikę Świętokrzyską. Jest już kilkanaście odcinków dróg zabezpieczonych Asphacalem TC.

Nanotechnologie na drogi to nie science fiction tylko teraźniejszość. Dzięki zastosowaniu mikrogranulek Zycotherm możliwe jest rozwiązanie wielu problemów drogowców. Środek poprawia urabialność asfaltu w mieszankach z dodatkiem destruktu asfaltowego. Piotr Heinrich, reprezentujący Zydex Industries przedstawił zalety produktu. W tej chwili znajduje on coraz większe zastosowanie w Polsce, rekordy popularności bije w Szwecji.

Na kolejne XXXII Seminarium Techniczne zapraszamy już wiosną przyszłego roku. ■

Na podstawie materiałów seminaryjnych opracowała Anna Krawczyk





WIELE RADOŚCI  
Z OKAZJI NADCHODZĄCYCH  
ŚWIĄT BOŻEGO NARODZENIA  
I SZCZĘŚLIWEGO NOWEGO ROKU

ŻYCZY LOTOS ASFALT

**NOWOŚĆ**  
**WMA**  
WIĘCEJ MOŻLIWOŚCI ASFALTU

[www.lotosasfalt.pl](http://www.lotosasfalt.pl)

