# NAWIERZCHNIE ASFALTOWE

Nr 3(51)/2017

KWARTALNIK POLSKIEGO STOWARZYSZENIA WYKONAWCÓW NAWIERZCHNI ASFALTOWYCH

ISSN 1734-1434

## ASFALTY W POLSKICH WARUNKACH KLIMATYCZNYCH

**Badania funkcjonalne oraz parametry dostępnych na rynku lepiszczy**

## MASY ZALEWOWE STOSOWANE DO ZABEZPIECZANIA SPĘKAŃ I DYLATACJI

**Klasyfikacja mas zalewowych w oparciu o obowiązujące od 2005 roku normy europejskie**

**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.

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 Wyszyński, prezes
Adam Wojczuk, wiceprezes
Tomasz Przeradzki, sekretarz
Ewelina Karp-Kręglicka, skarbnik
Waldemar Merski, członek zarządu
Zbigniew Krupa, pełnomocnik zarządu

**Redakcja**
Anna Krawczyk, redaktor naczelna
Danuta Kropiewnicka, redakcja językowa, korekta

**DTP**
Krzysztof Konarski – Inventivo.pl
Fotografia na okładce – Pixabay

**Biuro zarządu, adres redakcji**
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

# Spis treści
## Nawierzchnie Asfaltowe nr 3(51)/2017

**6** **Asfalty w polskich warunkach klimatycznych**
dr inż. Krzysztof Błażejowski, mgr inż. Marta Wójcik-Wiśniewska, inż. Wiktoria Baranowska

**13** **Masy zalewowe stosowane do zabezpieczania spękań i dylatacji**
dr hab. inż. Paweł Mieczkowski

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:

LOTOS Asfalt

Przed nami XXXVII Seminarium Techniczne naszego stowarzyszenia. Odbędzie się ono w dniach 25–27 października 2017 r. w Hotelu Windsor w Jachrance. Tematem przewodnim jesiennego spotkania uczyniliśmy asfalty wielowymiarowe.

Rozpoczynamy sesją Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, a otworzy ją sam Krzysztof Kondraciuk. Cieszy mnie bardzo współpraca z największym inwestorem drogowym w kraju. Tym bardziej dołożyliśmy wszelkich starań, aby program był bardzo merytoryczny i przedstawiał najistotniejsze zagadnienia technologiczne przy budowie nawierzchni asfaltowych.

Mówić będziemy o ochronie przed hałasem, optymalnym doborze lepiszczy w polskich warunkach klimatycznych. Przyjrzymy się dokładnie diagnostyce nawierzchni, w tym procedurom oceny poślizgowości i równości nawierzchni. Podążając za trendem ogólnoświatowym, zaprezentujemy zagospodarowanie destruktu asfaltowego w technologii na ciepło. Ostatnią sesję poświęcimy wariacjom na temat różnych zastosowań mieszanek mineralno-asfaltowych. Jak zwykle do grona prelegentów zaprosiliśmy ekspertów z kraju i ze świata. Już teraz serdecznie zapraszam Państwa do udziału i ożywionej dyskusji podczas obrad.

W tym wydaniu naszego kwartalnika przedstawiamy dwa ważne tematy. Pierwszy z nich wskazuje zalety i wady polskich i amerykańskich metod badań funkcjonalnych asfaltów oraz parametrów dostępnych na rynku asfaltów w aspekcie wymagań klimatu w Polsce.

Jego autorzy: dr inż. Krzysztof Błażejowski, mgr inż. Marta Wójcik-Wiśniewska oraz inż. Wiktoria Baranowska, opierając się na wynikach badań lepiszczy asfaltowych przeprowadzonych przez Orlen Asfalt Sp. z o.o., określili główne kierunki krajowej dyskusji o możliwych zmianach rodzajów stosowanych asfaltów, aby były lepiej dopasowane do polskiego klimatu. Dylematów do rozważenia jest sporo.

Kolejny artykuł autorstwa dr. hab. inż. Pawła Mieczkowskiego przedstawia klasyfikację mas zalewowych do zabezpieczania spękań, dylatacji oraz wszelkiego rodzaju nieciągłości w oparciu o obowiązujące od 2005 roku normy europejskie. Autor omawia w nim zakres badań oraz wymagania uwzględniające zalewy drogowe stosowane w technologii na gorąco i zimno. Wyniki badań czterech zalew drogowych na gorąco, pochodzących od dwóch producentów funkcjonujących na polskim rynku, świadczą o ich zróżnicowanych właściwościach. Oczywiście jak zwykle kluczem do sukcesu jest odpowiedni do warunków pracy dobór materiałów.

Z życzeniami miłej lektury
**Andrzej Wyszyński**

Zdjęcie: PSWNA

www.pswna.pl

# XXXVII Seminarium Techniczne PSWNA

PSWNA
Polskie Stowarzyszenie Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

# „Asfalty wielowymiarowe”

**25–27 PAŹDZIERNIKA,** HOTEL WINDSOR
Jachranka

Patronat honorowy nad Seminarium objęła:

Generalna Dyrekcja
Dróg Krajowych i Autostrad

# Program*

## ŚRODA 25.10.2017

**16.00–20.00** Przyjazd uczestników, zakwaterowanie
**16.00–18.00** Walne Zgromadzenie Członków PSWNA
**19.00** Kolacja, spotkanie towarzyskie

## CZWARTEK 26.10.2017

**07.00–09.00** Przyjazd uczestników, zakwaterowanie
**08.00–09.00** Śniadanie

### Sesja I – Sesja specjalna GDDKiA, administracji drogowej oraz zaproszonych gości

**09.00–09.30** Otwarcie Seminarium – Andrzej Wyszyński, prezes PSWNA
**09.30–10.00** Informacje o planach i realizacji trasy Via Carpatia – Krzysztof Kondraciuk, Generalny Dyrektor Dróg Krajowych i Autostrad
**10.00–11.00** Systemy ITS na sieci dróg krajowych
**11.00–11.30** Dyskusja
**11.30–12.00** Przerwa kawowa

### Sesja II – Rozwój Innowacji Drogowych – asfalty, ochrona przed hałasem, recykling

**12.00–12.30** „Ochrona przed hałasem drogowym" – prof. Karol Kowalski – Politechnika Warszawska/prof. Antoni Szydło – Politechnika Wrocławska
**12.30–13.10** „Właściwości niskotemperaturowe mieszanek mineralno-asfaltowych" – Dawid Ryś/Mariusz Jaczewski – Politechnika Gdańska
**13.10–13.30** „Nisko i wysokotemperaturowe właściwości lepiszczy asfaltowych a wymagania klimatyczne Polski" – mgr inż. Piotr Pokorski – Politechnika Warszawska
**13.30–14.00** Dyskusja
**14.00–15.00** Przerwa obiadowa

### Sesja III – Diagnostyka nawierzchni

**15.00–15.20** „RID – Zagospodarowanie destruktu asfaltowego w technologii nawierzchni asfaltowych na ciepło" – mgr inż. Adam Liphardt – Politechnika Warszawska
**15.30–16.00** „O zawiłościach procedury oceny poślizgowości (szorstkości, właściwości przeciwpoślizgowych) nawierzchni drogowych w aspekcie obowiązujących i proponowanych zmian wymagań technicznych" – Stanisław Szpinek/ dr Dariusz Godlewski – Polska Inżynieria/ Politechnika Warszawska
**16.00–16.30** Bartosz Brzeziński/Szymon Węgliński – Politechnika Poznańska
**16.30–17.00** „O zawiłościach procedury oceny równości nawierzchni drogowych w aspekcie obowiązujących dawniej i dziś wymagań technicznych" – Stanisław Szpinek/dr Dariusz Godlewski – Polska Inżynieria/Politechnika Warszawska
**17.00–17.30** „Sasobit – 20 lat zawsze w mieszance" – Paweł Raczkowski – Sasol Poland
**17.30–18.00** Dyskusja i podsumowanie pierwszego dnia Seminarium
**20.00** Uroczysta kolacja

## PIĄTEK 27.10.2017

**08.00–09.00** Śniadanie

### Sesja IV – Mieszanki mineralno-asfaltowe różnych zastosowań

**09.30–10.00** „Analizy LCCA konstrukcji nawierzchni drogowych z asfaltami wysokomodyfikowanymi" – dr Jan Król – Politechnika Warszawska
**10.00–10.30** „Benefits of Evotherm warm mix technology on compaction in cold climate conditions and on lowering the production temperature of asphalt mix" – Bernd Jannicke – IBA-Ingenieurbüro Jannicke, Niemcy
**10.30–11.00** „Nawierzchnie mostowe z lepiszczem wysokomodyfikowanym na przykładzie drogi ekspresowej S7 i DK 16 – Bartłomiej Zieliński/ Natalia Ignatiuk – Budimex SA
**11.00–11.30** „Recykling nawierzchni asfaltowych" – Przemysław Buczyński/Grzegorz Mazurek – Politechnika Świętokrzyska
**11.30–12.00** „Wielokryterialna ocena asfaltowych warstw przeciwspękaniowych Viasaf" – Wojciech Sorociak – Eurovia Polska S.A.
**12.00–12.30** Podsumowanie i zamknięcie obrad
**13.00** Lunch

*PSWNA zastrzega sobie prawo do zmian w programie.

Summary:

The authors discuss the preliminary results of a project titled: "RID-I/25 Road bitumen and modified bitumen in the Polish climate" announced recently by scientists from Warsaw and Gdańsk Universities of Technology. The article presents the advantages and disadvantages of Polish and American methods of bitumen functional testing and analyses the parameters of bitumen available on the Polish market in terms of the requirements of the Polish climate. Basing on the results of tests on bitumen binders carried out by Orlen Asfalt, Ltd., the authors delineated the focal points for a potential discussion about changing the types of bitumen used in Poland so that they would suit the Polish climate better. The authors also highlight the dilemmas that would have to be faced.

# Asfalty w polskich warunkach klimatycznych

Autorzy omawiają wstępne ustalenia projektu „Asfalty drogowe i modyfikowane w polskich warunkach klimatycznych RID-I/25", które zostały zaprezentowane w ostatnim czasie przez pracowników naukowych Politechniki Warszawskiej i Gdańskiej. W artykule wskazano zalety i wady zarówno polskich, jak i amerykańskich metod badań funkcjonalnych asfaltów oraz parametrów dostępnych na rynku asfaltów w aspekcie wymagań klimatu w Polsce. Opierając się na wynikach badań lepiszczy asfaltowych przeprowadzonych przez Orlen Asfalt Sp. z o.o., autorzy określili główne kierunki krajowej dyskusji o możliwych zmianach rodzajów stosowanych asfaltów na lepiej dopasowane do naszego klimatu oraz towarzyszące temu zagadnieniu dylematy.

Ciągły wzrost natężenia ruchu samochodowego na polskich drogach oraz zwiększające się obciążenia osi pojazdów powodują konieczność stawiania coraz wyższych wymagań wobec budowanych nawierzchni drogowych. Spełnienie tych wymagań staje się możliwe dzięki ciągłemu rozwojowi innowacyjnych materiałów, technologii oraz metod projektowania konstrukcji nawierzchni.

Prowadzone w latach 90-tych w Stanach Zjednoczonych w ramach programu SHRP (ang. *Strategic Highway Research Program*) obszerne badania lepiszczy oraz mieszanek mineralno-asfaltowych wykazały, że jedną z przyczyn zniszczeń nawierzchni, takich jak: odkształcenia trwałe, spękania zmęczeniowe czy spękania niskotemperaturowe, są nieodpowiednie dla danego położenia geograficznego właściwości lepiszcza asfaltowego. Opracowana w ramach programu SHRP metodyka badań funkcjonalnych asfaltów pozwala obecnie na przeprowadzenie kompleksowej oceny lepiszczy asfaltowych uwzględniającej wymagania wynikające z rzeczywistych warunków pracy nawierzchni drogowej.

W ramach programu Rozwój Innowacji Drogowych (RID), finansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, w projekcie „Asfalty drogowe i modyfikowane w polskich warunkach klimatycznych RID-I/25" dokonano wstępnej oceny warunków klimatycznych w Polsce oraz parametrów dostępnych na rynku asfaltów w aspekcie doboru lepiszczy asfaltowych do odpowiednich warstw nawierzchni drogowych, a jej wyniki zostały zaprezentowane w szeregu publikacji i prezentacji [7, 12, 21]. Jest to bez wątpienia krok do przodu w dyskusji o tym, jakie asfalty powinny być stosowane w Polsce.

W niniejszym artykule pragniemy odnieść się do niektórych wstępnych danych i wniosków udostępnionych publicznie na tym etapie badań programu RID, w tym do artykułu kolegów z Politechniki Gdańskiej opublikowanego w „Nawierzchniach Asfaltowych" 2/2017 [21].

## Wprowadzenie

Powszechnie wiadomo, że jednym z elementów trwałej nawierzchni drogo-

wej jest umiejętny dobór materiałów składowych mieszanki mineralno-asfaltowej, w tym lepiszcza asfaltowego. Opierając się na amerykańskim systemie Superpave, w doborze tym należy uwzględnić między innymi warunki temperaturowe (strefę klimatyczną), w jakich dana nawierzchnia będzie „pracować". Biorąc pod uwagę warunki klimatyczne Polski, strefa eksploatacyjna nawierzchni drogowej powinna mieścić się w granicach od -40°C do +70°C [1]. Podkreślmy, że szacujemy w ten sposób temperaturę nawierzchni, a nie temperaturę powietrza. W tak szerokim zakresie temperaturowym lepiszcze asfaltowe powinno wykazywać odpowiednie właściwości wysokotemperaturowe – duży wkład w odporność nawierzchni na deformacje trwałe latem – oraz niskotemperaturowe – odporność na spękania zimą.

Wiemy, że badania przeprowadzane wg norm europejskich nie dostarczają inżynierom informacji o właściwościach funkcjonalnych lepiszczy asfaltowych. Spełnienie wymagań normowych przez dane lepiszcze asfaltowe świadczy tylko o osiągnięciu zestawu ogólnych właściwości, które umożliwiają sklasyfikowanie wyrobu oraz wprowadzenie go do obrotu. Trudno znaleźć w normach EN właściwości funkcjonalne, co utrudnia ocenianie przydatności lepiszczy do określonych zastosowań. W przypadku właściwości w wysokiej temperaturze dostępne jest w zasadzie tylko badanie temperatury mięknienia PiK, ale jak już wiemy, stanowi ono tylko orientacyjny wskaźnik odporności na koleinowanie. Kolejną trudnością, którą napotykamy w ocenie właściwości lepiszczy asfaltowych jest określenie ich właściwości niskotemperaturowych. Badanie metodą Fraassa, ciągle powszechne w standaryzacji europejskiej, nie odzwierciedla rzeczywistego zachowania asfaltu w nawierzchni drogowej – może być co najwyżej pewnym ogólnym przybliżeniem. Znacznie skuteczniejsze są metody opracowane w ramach programu SHRP w USA oraz inne metody rozwijane współcześnie.

Badania w ramach programu SHRP wykazały, że lepiszcze asfaltowe decyduje o powstawaniu deformacji trwałych w 40%, o trwałości zmęczeniowej w 60%, natomiast o występowaniu spękań niskotemperaturowych aż w 90%. Oznacza to, że podczas projektowania warstw z mieszanki mineralno-asfaltowej (dalej mma) powinniśmy szczególnie zwrócić uwagę na dobór lepiszcza asfaltowego w zakresie jego wpływu na odporność nawierzchni na spękania niskotemperaturowe.

## System klasyfikacji asfaltów w Polsce i w USA

W Europie, w tym również w Polsce, od wielu lat stosuje się system klasyfikacji lepiszczy asfaltowych oparty na pomiarze penetracji w 25°C, który dzieli asfalty według ich twardości (konsystencji). Niemniej jednak podział ten ma wiele wad, ponieważ asfalty o zbliżonej twardości mogą znacznie różnić się właściwościami użytkowymi. Dobrym przykładem ilustrującym będą tutaj asfalty drogowe i asfalty modyfikowane polimerami o zbliżonej penetracji, które w znaczącym stopniu różnią się właściwościami funkcjonalnymi.

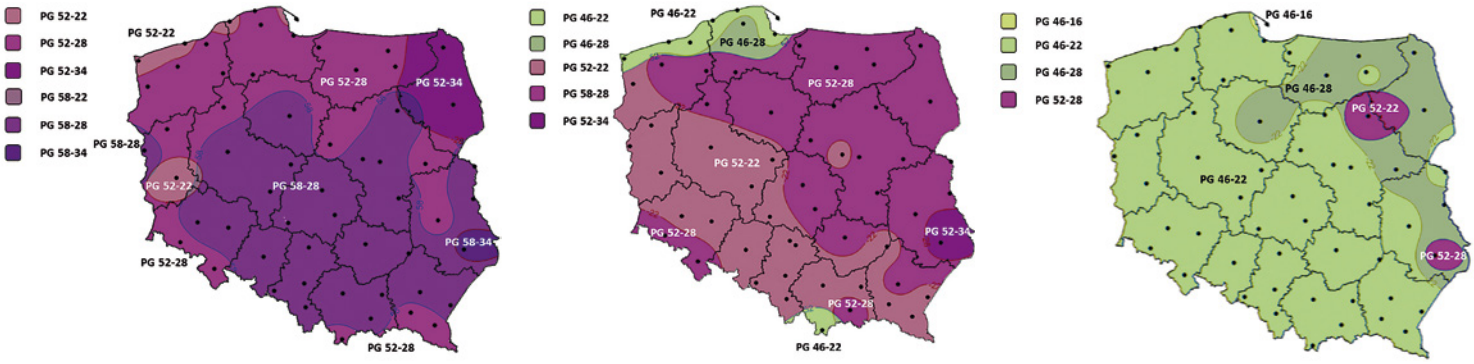
W Stanach Zjednoczonych przed wprowadzeniem metodyki opracowanej w SHRP stosowano podział asfaltów oparty o pomiar lepkości. Był to inny sposób klasyfikacji niż w Europie, ponieważ dwa asfalty o tej samej penetracji mogą charakteryzować się różnymi wartościami lepkości. Na podstawie lepkości asfaltu możemy ocenić jego udział w kształtowaniu odporności na koleinowanie danej mieszanki mineralno-asfaltowej [1]. System oparty o pomiar lepkości w określonej temperaturze jest więc jedną z najprostszych metod związanych z oceną właściwości funkcjonalnych lepiszczy asfaltowych.

Pomimo wielu zalet oceny właściwości asfaltów na podstawie tej metody w USA dostrzeżono także jej wady – nie miała ona związku z miejscem zastosowania danego lepiszcza, czyli miejscem wbudowania mieszanki mineralno-asfaltowej. Jest to szczególnie oczywiste w kraju o tak dużej rozpiętości klimatycznej jak USA.

Strategiczny Drogowy Program Badawczy – SHRP, zainicjowany w drugiej połowie XX wieku w USA, miał za zadanie stworzyć nowy system klasyfikacji lepiszczy asfaltowych, który umożliwiłby ich podział uwzględniający funkcje pełnione przez nie w nawierzchni [2]. Podstawowe zasady powstałego wtedy systemu klasyfikacji asfaltów – Performance Grade – zostały opisane w wielu publikacjach, także w artykule [21], nie będziemy więc robić tego po raz kolejny. Do dalszej dyskusji przywołamy jednak dane z tablicy 1 – listę rodzajów funkcjonalnych PG według normy AASHTO M 320-10 *Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder* [10].

**Tablica 1. Szereg rodzajów funkcjonalnych PG, zgodnie z normą AASHTO M 320-10**

| Wysoka temperatura („górne PG") X | Niska temperatura („dolne PG") -Y |
|---|---|
| PG 46- | -34, -40, -46 |
| PG 52- | -10, -16, -22, -28, -34, -40, -46 |
| PG 58- | -16, -22, -28, -34, -40 |
| PG 64- | -10, -16, -22, -28, -34, -40 |
| PG 70- | -10, -16, -22, -28, -34, -40 |
| PG 76- | -10, -16, -22, -28, -34 |
| PG 82- | -10, -16, -22, -28, -34 |




a) strefy klimatyczne dla warstwy ścieralnej

b) strefy klimatyczne dla warstwy wiążącej

c) strefy klimatyczne dla warstwy podbudowy

**Rys. 1. Strefy klimatyczne Polski (PG) w zależności od warstwy nawierzchni, dla dróg klasy A i S, z prawdopodobieństwem 98% [7, 21]**

## Strefy klimatyczne w zależności od rodzaju funkcjonalnego PG

Zgodnie z amerykańskim systemem wartości „górnego PG" i „dolnego PG" wyznacza się odpowiednio na podstawie najwyższej średniej siedmiodniowej temperatury nawierzchni oraz najniższej jednodniowej temperatury nawierzchni z danego, założonego okresu. Opierając się na historycznych danych meteorologicznych można stworzyć mapy z podziałem dowolnego kraju na strefy klimatyczne odpowiadające konkretnym rodzajom funkcjonalnym PG.

## Strefy klimatyczne Polski w odniesieniu do rodzajów funkcjonalnych PG lepiszczy asfaltowych

Analizę danych klimatycznych przeprowadzono również w Polsce. W ramach programu RID 1B opracowano strefy klimatyczne naszego kraju w oparciu o dane z 61 stacji meteorologicznych z okresu 30 lat [7, 21]. Poprzednio takie mapy stworzono w ramach prac prowadzonych przez IBDiM w latach 90. XX w. i opublikowanych w 2000 r. [19]. Choć mapy z 2000 i 2017 r. nieco różnią się zasięgiem oddziaływania wysokiej i niskiej temperatury, to generalnie zakresy PG nie uległy zmianie.

Na rysunku 1 przedstawiono podział stref klimatycznych Polski ustalonych w 2017 r. [7, 21], odpowiednio dla warstwy ścieralnej, wiążącej oraz podbudowy, określony z 98% prawdopodobieństwem, czyli dla dróg klasy A i S.

## Wyniki badań lepiszczy asfaltowych w Polsce

Zakresy funkcjonalne PG dla lepiszczy asfaltowych zbadane w ramach programu RID [12] oraz wewnętrzne wyniki badań ORLEN Asfalt opublikowane w Poradniku Asfaltowym z 2016 r. [6] przedstawiono w tablicy 2.

Analizując dane z tabeli 2, można zauważyć, że:

- zakres temperaturowy dla wszystkich badanych lepiszczy asfaltowych jest bardzo szeroki i zwykle przekracza wartość 80°C; dla większości lepiszczy uzyskuje się ten zakres przede wszystkim dzięki wysokiej wartości górnego PG,
- w odniesieniu do górnej temperatury PG wszystkie asfalty na rynku spełniają wymagania określone dla wszystkich warstw nawierzchni wg rys. 1,
- występują duże różnice w uzyskanych wartościach dolnego PG, które zawierają się w przedziale od

**Tablica 2. Zakresy funkcjonalne PG lepiszczy asfaltowych produkowanych w Polsce, wyniki ORLEN Asfalt [6] i RID [12]**

| Rodzaj lepiszcza asfaltowego | Zakres funkcjonalny PG wg AASHTO MP 1 RID [12] | Zakres funkcjonalny PG wg AASHTO MP 1 ORLEN Asfalt [6] |
|---|---|---|
| Drogowy 20/30 | PG 82 - 10 | PG 82 - 16 |
| Drogowy 35/50 | PG 70 - 10 | PG 70 - 16 |
| Drogowy 50/70 | PG 64 - 16 | PG 64 - 22 |
| Drogowy 70/100 | PG 64 - 22 | PG 58 - 22 |
| Modyfikowany 10/40-65 | PG 82 - 10 | PG 82 - 16 |
| Modyfikowany 25/55-60 | PG 82 - 10 | PG 76 - 22 |
| Modyfikowany 45/80-55 | PG 76 - 22 | PG 70 - 22 |
| Modyfikowany 45/80-65 | PG 82 - 22 | PG 76 - 22 |
| Modyfikowany 65/105-60 | --- | PG 64 - 28 |
| Wysokomodyfikowany 25/55-80 HiMA | --- | PG 94 - 22 |
| Wysokomodyfikowany 45/80-80 HiMA | --- | PG 82 - 28 |
| Wysokomodyfikowany 65/105-80 HiMA | --- | PG 76 - 28 |

-10°C do -22°C dla asfaltów drogowych i modyfikowanych oraz do -28°C dla asfaltów wysokomodyfikowanych – są więc zbyt wysokie w odniesieniu do polskich warunków klimatycznych; brak jest asfaltów o dolnym PG -34°C.

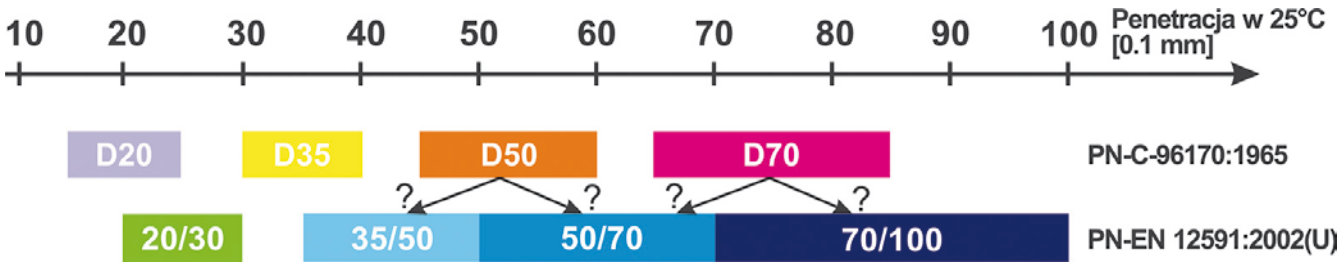
## Dyskusja – właściwości asfaltów a strefy klimatyczne

Analizując dane z map na rys. 1 oraz tab. 2, można stwierdzić, że od lat stosujemy w Polsce zbyt twarde lepiszcza i należy zastanowić się nad zmianą specyfikacji krajowych dla asfaltów. Jak widać, wszystkie lepiszcza z łatwością przekraczają wymaganą wartość górnego PG (rys. 1), i to z dużym zapasem, czasami sięgającym nawet 20°C. Widać jednocześnie, że dolny zakres PG powinien być niższy o około -20°C.

stosowany. Zamiast tego wykorzystuje się metodę MSCR i oddzielną klasyfikację na podstawie parametru Jnr3.2, który znacznie lepiej oddaje wkład lepiszcza asfaltowego w odporność nawierzchni na koleinowanie [22, 23]. Całość została ujęta w normie AASHTO M 332. Ideą nowej klasyfikacji jest podanie kodu literowego określającego, jaki ruch jest w stanie przenieść dane lepiszcze asfaltowe w temperaturze górnego PG. Zakładając, że na autostradach będzie ruch ekstremalny (ozn. E), to zastosowanie ma wymaganie MSCR Jnr3.2. < 0.5 [kPa-1] w 58°C, a wymagane lepiszcza to **PG 58E-34** oraz **PG 58E-28**. W komentarzach zamieszczonych dalej można znaleźć kolejne uwagi do tej metody.

Jak widać z powyższych dywagacji, oczekiwane są lepiszcza bardzo ela-

- Na rys. 2 przedstawiono zakresy penetracji asfaltów drogowych wg starej polskiej normy z 1965 r. i normy europejskiej z 2002 r. – jak widać nie pokrywały się one i należało podjąć decyzję, czy kierujemy się w stronę bardziej miękkich czy twardych rodzajów. Wybrano wtedy (GDDP + IBDiM) wariant twardszych lepiszczy, co było na tamten czas racjonalnym wyborem, dokonanym w celu przeciwdziałania koleinom. Przykładowo dawny asfalt D50, stosowany do warstw wiążącej i podbudowy, został zamieniony na asfalt 35/50, choć alternatywnie mógł zostać wybrany rodzaj bardziej miękki: 50/70. Podobnie dawny D70 mógł zostać zamieniony na 70/100, a został wskazany 50/70 (rys. 2).




**Rys. 2. Zakresy penetracji (twardości) lepiszczy wg PN-EN 12591:2002 i PN-C-96170:1965**

Podane na mapach wartości „górnego PG" sięgające 58°C dla warstwy ścieralnej autostrad mogą być wg starych zasad systemu PG podniesione o 6 lub 12°C (tzw. *grade bumping*), o czym piszą autorzy artykułu [21]. Zważywszy na fakt, że obciążenie ruchem na autostradach jest duże, można założyć, że GDDKiA podniosłaby górne PG o 12°C, czyli otrzymalibyśmy wymagania wobec lepiszczy na poziomie **PG 70-34** i **PG 70-28**. Jak widać zakres funkcjonalny sięgnął już 100°C, co oznacza, że w zasadzie w grę wchodzą wyłącznie asfalty modyfikowane i wysokomodyfikowane polimerami.

Niemniej jednak od 2010 roku w systemie PG wprowadzono inne zmiany i *grade bumping* nie jest już w zasadzie

styczne w niskiej temperaturze (dolne PG około -30°C) oraz o niezbyt wysokiej górnej temperaturze krytycznej (około 55–60°C).

Warto pokusić się o kilka słów dalszego komentarza:

- Rafinerie mogą produkować lepiszcza o twardości oczekiwanej przez rynek i ustalonej w specyfikacjach, a więc produkcja bardziej miękkich lepiszczy do mieszanek na gorąco nie jest problemem. Łatwiej produkuje się np. asfalt 50/70 niż 20/30.
- Przejście na twardsze lepiszcza odbyło się w Polsce w 2003 r. podczas pierwszego wdrożenia normy europejskiej PN-EN 12591:2002, kiedy asfalty wg PN-C-96170:1965 zamieniono na rodzaje europejskie.
- Jak napisano powyżej, twardsze lepiszcza miały pomóc w walce z koleinami i bez wątpienia tak się stało, niemniej jednak bardzo istotny problem właściwości niskotemperaturowych pozostał nierozwiązany. Na rysunku 1 a-c widać, że dolny zakres PG dla warstwy ścieralnej i wiążącej może dochodzić nawet do -34°C, natomiast dla warstwy podbudowy do -28°C. Biorąc pod uwagę zakresy funkcjonalne PG lepiszczy asfaltowych produkowanych w Polsce, można stwierdzić, że rodzaj (twardość) stosowanych asfaltów wymaga dalszej analizy, dyskusji i ewentualnej zmiany.
- O potrzebie takiej dyskusji ORLEN Asfalt przekonywał już wiele lat

temu, np. na seminariach w latach 2011–2013 [14, 15, 16, 17], w czasie których prezentowano wyniki badań górnego i dolnego PG asfaltów z porównaniem do map IBDiM z 2000 r. [19]. Już wtedy taka informacja była znana w branży drogowej.

- O ile w badaniach ORLEN Asfalt znajdziemy lepiszcza o dolnym PG równym -28°C, to w badaniach wykonanych w ramach programu RID nie uzyskano takich wyników. Nie podano natomiast wyników dla asfaltów wysokomodyfikowanych (albo jeszcze nie opublikowano tych danych). Oczekujemy zatem dyskusji w branży po zakończeniu całego programu RID.
- Skoro więc górne i dolne wartości PG są za wysokie, to logiczny wniosek jest taki, że zgodnie z mapami przedstawionymi na rys. 1 należy rozważyć stosowanie lepiszczy o rodzajach: PG 58-34, PG 58-28, PG 52-28, PG 52-22, PG 46-28, PG 46-22. Co to oznacza? Oznacza lepiszcza bardziej miękkie, np. asfalty drogowe 50/70 oraz 70/100, a jeśli modyfikowane, to raczej PMB 65/105-60 lub ewentualnie w najtrudniejszych przypadkach – PMB 65/105-80 HiMA.
- Bardziej miękki asfalt drogowy, jak np. 50/70 czyli PG 64, to asfalt bez problemu spełniający amerykańskie wymagania górnej temperatury krytycznej dla warstwy ścieralnej w Polsce (PG 58). Jest on lepiszczem trudnym w zastosowaniu w przypadku zaostrzonych wymagań wobec koleinowania mma. Każdy, kto projektuje mieszanki wie, że z tak miękkim lepiszczem uzyskanie dobrego WTSair i PRDair nie jest zadaniem trywialnym. A pamiętajmy, że w przypadku asfaltu 70/100 problemy będą jeszcze większe. Łatwiej uzyskać dobre wyniki odporności na koleinowanie w przypadku zastosowania asfaltów modyfikowanych typu PMB 65/105-60 czy PMB 65/105-80 HiMA.
- Od 8 lat w załączniku krajowym NA do normy PN-EN 14023 znaleźć można asfalt modyfikowany PMB 65/105-60, który charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami w niskiej temperaturze (por. rys. 3). W założeniu Komitetu Technicznego PKN nr 222 ds. Asfaltów dodanie tego lepiszcza do załącznika krajowego w 2009 r. miało na celu wprowadzenie do techniki drogowej miękkiego i elastycznego asfaltu do warstw ścieralnych. A jednak od lat popyt na ten produkt jest znikomy. Dlaczego tak jest, podpowiadają zapisy z kolejnych wydań WT-2 (2008, 2010, 2014), w których wyraźnie wskazano, że to lepiszcze może być stosowane tylko w przypadku mieszanek SMA/BBTM do cienkich warstw o grubości do 3,5 cm. Wydaje się, że za tym ograniczeniem stoi obawa o nadmierne koleinowanie warstw z tym lepiszczem.
- Jak napisano wcześniej, w ostatnich latach oprócz górnego PG stosuje się także wymagania związane z badaniem MSCR (ang. *Multiple Stress Creep Recovery*), wykonywanym w odpowiedniej temperaturze nawierzchni. Według map z rys. 1 mielibyśmy następujące parametry pomiaru MSCR:
  - warstwa ścieralna 58°C i 52°C,
  - warstwa wiążąca i podbudowy 52°C i 46°C.

W swoich dotychczasowych badaniach publikowanych w Poradnikach Asfaltowych, ORLEN Asfalt wykonywał pomiary najczęściej w temperaturze 64°C, ale zdarzyły się także wyniki dla temperatury 58°C i 70°C. Udowodniono w tych badaniach, że istnieje bardzo dobra korelacja pomiędzy wynikami parametru Jnr3.2 w 64°C (asfalt po RTFOT) a WTSair i PRDair w 60°C [18]. Jeśli chcielibyśmy dodać wymaganie z MSCR jako dodatkowe, oprócz górnego PG, to należy zastanowić się, jaką temperaturę badania trzeba wybrać. Czy zgodną z mapami z rys. 1?

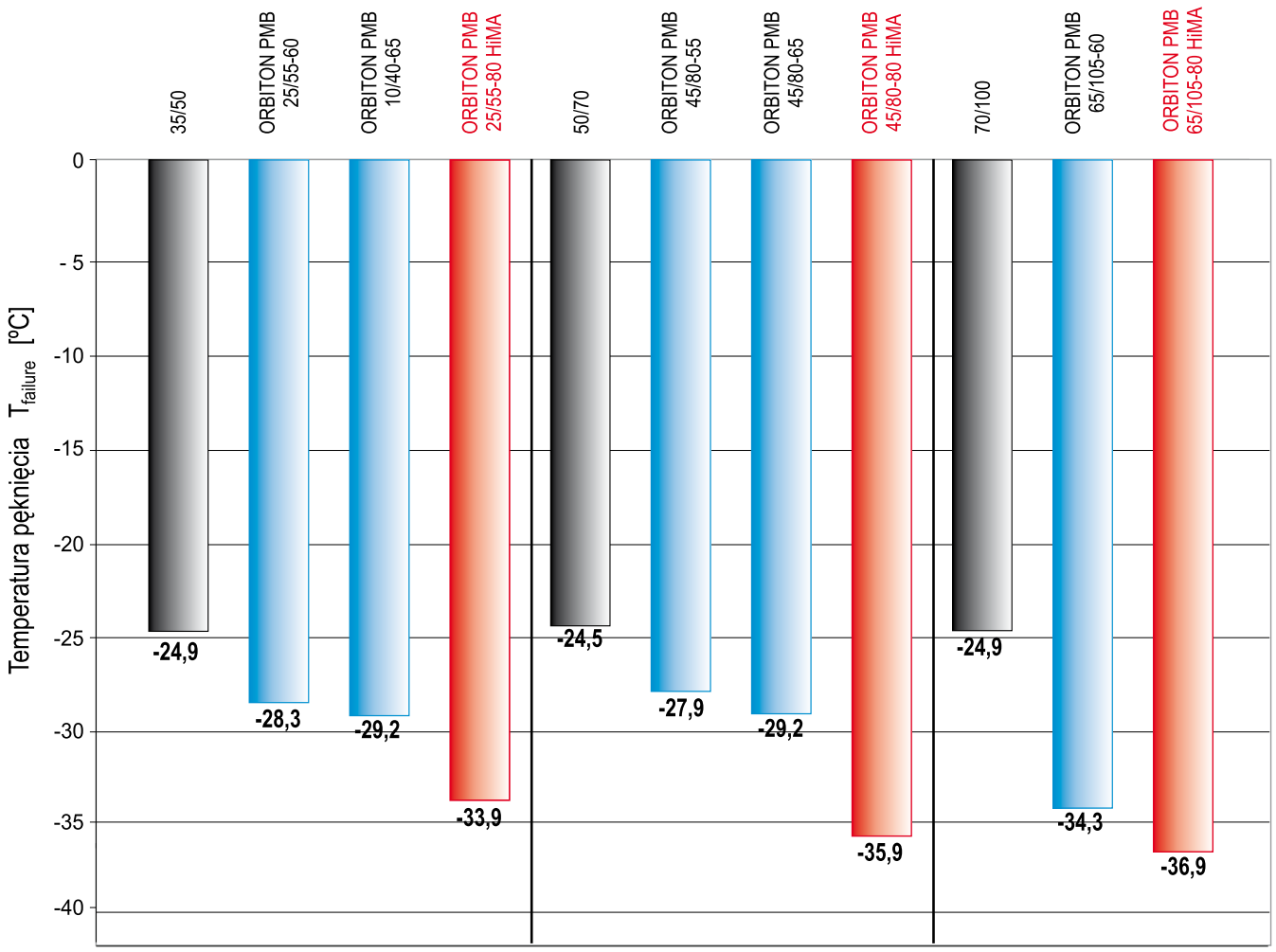
Biorąc pod uwagę wyniki badań MSCR asfaltów drogowych zamieszczone w Poradniku Asfaltowym 2016, odniesione do wartości górnego PG 52, można przyjąć, że asfalt 50/70 nadawałby się do warstw ścieralnych autostrad... Takie rejony zgodnie z mapą rys. 1a to część województwa lubuskiego i pas nadmorski (PG 52-22). W ten sam sposób asfalt 50/70 będzie nadawał się do warstw wiążących i podbudów autostrad na dużych obszarach Polski. Wszyscy się zgodzimy, że jest to zaskakujące i w sumie trudne do zaakceptowania.

**Tablica 3. Zakresy funkcjonalne PG lepiszczy asfaltowych odniesione do wartości górnego PG 58**

| Asfalt | Temperatura badania MSCR | Wynik Jnr3.2 [kPa-1] | Klasyfikacja wg PG dla ruchu [24, 25] |
|---|---|---|---|
| 35/50 | 58°C | 0,153 | ekstremalny |
| 50/70 | 58°C | 0,921 | bardzo ciężki |
| 70/100 | 58°C | 2,180 | standardowy |

Powyższy przykład można zakończyć stwierdzeniem, że opieranie się wyłącznie na systemie PG z USA i pomijanie krajowych doświadczeń w projektowaniu mieszanek mineralno-asfaltowych może nas zaprowadzić w ślepą uliczkę.

Rozważania o górnej temperaturze PG należy podsumować stwierdzeniem, że rola asfaltu jest ważna, ale nie kluczowa, ponieważ za odporność na koleinowanie w dużej mierze odpo-




**Rys. 3. Wyniki badań odporności na pękanie nawierzchni, metoda TSRST wg EN 12697-46 [20]**

wiada szkielet mieszanki mineralnej. Umiejętność jego projektowania może być kluczem do stosowania miękkich lepiszczy w Polsce.

Kwestia właściwości asfaltów w niskiej temperaturze, czyli dolnego PG, pozostaje do dyskusji pomiędzy producentami asfaltów i środowiskami naukowymi. Wymagania wg Superpave, tzn. górne PG, dolne PG i MSCR razem wzięte, muszą stanowić spójną całość – zarówno pod względem oczekiwanych właściwości użytkowych nawierzchni, możliwości zaprojektowania mma zgodnie z wymaganiami, a także wyprodukowania asfaltu w rafineriach (brak wykluczających się wymagań). Choć wydaje się to zaskakujące, uważamy, że w przypadku rozpoczęcia dyskusji o wprowadzeniu miękkich asfaltów, należy zacząć również rozmowy o kruszywach i metodach projektowania szkieletu mineralnego mieszanek mineralno-asfaltowych. Jedno bez drugiego nie może się obyć.

## Badania mieszanek

Ponieważ dane dotyczące lepiszczy asfaltowych to tylko część badań, na podstawie których powinno się oceniać właściwości danego asfaltu, w ORLEN Asfalt prowadzono również badania mieszanek mineralno-asfaltowych.

Wyniki badań właściwości niskotemperaturowych wykonanych metodą TSRST, zgodnie z normą PN-EN 12697-46 [13], przedstawiono na rys 3. Badania wykonano na mieszance porównawczej AC 16W.

Zaprezentowane temperatury pęknięcia mma nie są oczywiście dokładnie tymi, które wystąpią w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych nawierzchni. W rzeczywistości niezwykle rzadko zdarza się, aby spadek temperatury powietrza w zimie sięgał 10°C/godzinę (jak w metodzie TSRST). Można zatem założyć, że podane wyniki dotyczą ekstremalnych warunków, a w rzeczywistości temperatura pęknięcia mieszanki byłaby niższa, czemu sprzyjałby mniejszy gradient spadku temperatury.

Pomimo drastycznych warunków testu warto zauważyć, że wyniki właściwości niskotemperaturowych mma są znacznie lepsze (niższe) niż w przypadku badania czystych lepiszczy metodą amerykańską (dolne zakresy PG, na podstawie badań w BBR). Niemniej

jednak należy pamiętać, że w tym przypadku nie tylko właściwości lepiszcza są istotne, ale także właściwości mma (Vm, VMA, VFB itd.).

## Wnioski

Stosowane w Europie metody pomiarowe właściwości lepiszczy asfaltowych w małym stopniu pozwalają przewidzieć i ocenić ich zachowania w całym zakresie temperatury eksploatacyjnej. Największe trudności występują podczas oceny właściwości niskotemperaturowych lepiszczy asfaltowych. Badania temperatury łamliwości wg normy europejskiej metodą A. Fraassa charakteryzują lepiszcza tylko w sposób bardzo przybliżony. Jest to metoda empiryczna, bez dobrego odniesienia do rzeczywistego zachowania asfaltu w nawierzchni, ponadto o słabej precyzji samego pomiaru.

Znacznie skuteczniejsze są metody opracowane w USA w ramach programu SHRP. Ukierunkowano je na określenie właściwości funkcjonalnych lepiszczy asfaltowych. Na podstawie otrzymywanych wyników możliwe jest przewidywanie, jakie skutki będzie miało stosowanie konkretnego lepiszcza w danych warunkach klimatycznych. Można powiedzieć, że system Performance Grade lepiej służy uzyskiwaniu większej trwałości nawierzchni.

Gdy porównujemy wymagania PG asfaltów zgodnie z podziałem na polskie strefy klimatyczne, widać, że należy obniżyć „górne PG" i polepszyć „dolne PG", dzięki czemu uzyskamy lepiszcza bardziej miękkie, ale odporne na pękanie w niskiej temperaturze. Z kolei zmiana podejścia do twardości asfaltów w kierunku stosowania bardziej miękkich rodzajów będzie wyzwaniem dla projektantów mieszanek mineralno-asfaltowych, ponieważ odporność na koleinowanie zależeć będzie wówczas od jakości kruszyw i umiejętności projektowania szkieletu mineralnego.

Bardzo dobrze się stało, że w ramach programu RID podniesiono kwestię dopasowania asfaltów do klimatu w Polsce. Całość zagadnienia zdecydowanie wymaga szerokiej dyskusji całej branży drogowej w Polsce, ponieważ dotyczy wielu obszarów technologii asfaltowych jednocześnie – właściwości asfaltów, projektowania mma, właściwości użytkowych nawierzchni. Wszystkie te elementy muszą znajdować się w równowadze i nie mogą być nieopatrznie rozchwiane i pominięte. ■

Literatura


1. Radziszewski P., Piłat J., Kowalski K., Król J., Sarnowski M., *Weryfikacja wymagań i metod oceny właściwości lepkosprężystych krajowych asfaltów i asfaltów modyfikowanych*, Warszawa, 2011.
2. Bentsen Ross A., Fundamentals Course No. 13153: Reference Manual, Federal Highway Administration, 2000.
3. Anderson R. M., Butler K., *The Asphalt Binder Handbook*, Asphalt Institute, Manual Series No. 26 (MS-26), 2011.
4. Guidance on the Use of the MSCR Test with the AASHTO M320 Specification, Asphalt Institute Technical Advisory Committee, 2010.
5. WT-2 2016 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania techniczne.
6. Błażejowski K., Wójcik-Wiśniewska M., Poradnik asfaltowy, ORLEN Asfalt, 2016.
7. Pszczoła M., *Ocena warunków klimatycznych Polski w aspekcie doboru rodzaju funkcjonalnego PG asfaltu do warstw nawierzchni drogowych*. Prezentacja z XXXVI Seminarium Technicznego PSWNA, 29–31.03.2017.
8. Superpave Asphalt Mixture Design Workshop Workbook, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1999.
9. Elmore W. E., Kennedy T. W., Solaimanian M., McGennis R., *The use of the Superpave PG grading system for selecting asphalt binders for seal coats*, 1997.
10. AASHTO M 320-10 *Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder*.
11. Sybilski D. i Zespół Zakładu TN, *Zalecenia doboru materiałów, projektowania składu, wymagań empirycznych i funkcjonalnych mieszanek mineralno-asfaltowych betonu asfaltowego i SMA*, zadanie 7, na zlecenie GDDKiA, Warszawa, październik 2005.
12. Radziszewski P., *Asfalty drogowe i modyfikowane w polskich warunkach klimatycznych*, RID-I/25, prezentacja, Kielce, 2017.
13. PN-EN 12697-46 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco – Część 46: Pękanie niskotemperaturowe i właściwości w badaniach osiowego rozciągania. Metoda TSRST.
14. Błażejowski K., Olszacki J., Peciakowski H., *Badania asfaltów ORLEN Asfalt wg Superpave*, prezentacja z Seminarium eSeMA 2012, Zakopane, 16–17.02.2012.
15. Błażejowski K., Olszacki J., Peciakowski H., *Badania asfaltów ORLEN Asfalt wg Superpave*, prezentacja na Dniach Otwartych w Laboratorium Drogowym W. Bogacki, 14.02.2012.
16. Błażejowski K., *Mieszanki mineralno-asfaltowe w świetle nowych wymagań normowych*, Seminarium techniczne SITK o/Białystok, Augustów, 19–21.01.2011.
17. Błażejowski K., *Jaki asfalt na gorące lata i mroźne zimy?*, Seminarium techniczne SITK o/Ciechanów, Dalnia, 11.2013.
18. Błażejowski K., Olszacki J., Peciakowski H., *Nowe badania lepiszczy drogowych*, prezentacja z Seminarium „Dobre praktyki przy budowie dróg", Płock, 2012.
19. Sybilski D., Mirski K., *Zalecane lepiszcza asfaltowe w warstwach nawierzchni w Polsce z uwzględnieniem warunków klimatycznych i obciążenia ruchem*, prace IBDiM 1-2/2000.
20. Błażejowski K., Olszacki J., Peciakowski H., *Asfalty wysokomodyfikowane ORBITON HiMA*, Poradnik stosowania. ORLEN Asfalt 2014/2015.
21. Pszczoła M., Ryś D., Jaskuła P., *Dobór rodzaju funkcjonalnego PG asfaltów według metody Superpave w zależności od stref klimatycznych w Polsce*, „Nawierzchnie Asfaltowe", 2(50)/2017.
22. D'Angelo J., *New High-Temperature Binder Specification Using Multistress Creep and Recovery*, Transportation Research Circular E-C147. Developments in Asphalt Binder Specifications. TRB, December 2010.
23. Anderson R. M., *Understanding the MSCR Test and its Use in the PG Asphalt Binder Specification*, Presentation Asphalt Institute, 2011.
24. AASHTO TP 70: *Standard Method of Test for Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)*.
25. AASHTO M 332: *Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder Using Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test*.



**dr inż. Krzysztof Błażejowski,**
**mgr inż. Marta Wójcik-Wiśniewska,**
**inż. Wiktoria Baranowska,**
ORLEN Asfalt Sp. z o.o.

Summary:

The article discusses the classification of crack and joint sealants and sealants used for all kinds of gaps in a road surface in the light of the European requirements established in 2005. It takes into account both hot and cold applied sealants. The article presents the results of tests (standard and non-standard) on four hot applied sealants offered by two producers present on the Polish market. The results prove that the possibility to use the tested materials depends on operating conditions because these sealants' properties are varied.

# Masy zalewowe stosowane do zabezpieczania spękań i dylatacji

W artykule omówiono klasyfikację mas zalewowych do zabezpieczania spękań, dylatacji oraz wszelkiego rodzaju nieciągłości w nawierzchniach drogowych w oparciu o obowiązujące od 2005 roku normy europejskie. Przedstawiony zakres badań oraz wymagania uwzględniają zalewy drogowe stosowane w technologii na gorąco i zimno. Zaprezentowano wyniki badań (normowych i nienormowych) czterech zalew drogowych na gorąco od dwóch producentów funkcjonujących na rynku polskim. Świadczą one o zróżnicowanych właściwościach badanych materiałów, a tym samym i możliwościach ich stosowania w zależności od warunków pracy.

## Wprowadzenie

Górne warstwy konstrukcji drogowych (zarówno sztywnych, jak i podatnych) stanowią zabezpieczenie przed przenikaniem czynników zewnętrznych (np. wody opadowej, substancji chemicznych, promieniowania UV itp.) w głąb nawierzchni. Pełna szczelność zapewnia jej dłuższą żywotność, jak również komfort poruszania się dla pojazdów samochodowych. Wyjątek stanowią nawierzchnie drenażowe, w których jedna lub dwie wierzchnie warstwy (usytuowane na szczelnym podłożu) pochłaniają wodę opadową i odprowadzają ją do systemu kanalizacyjnego lub poboczy.

W przypadku nawierzchni szczelnych każda nieciągłość w strukturze materiału stanowi miejsce osłabienia, w wyniku którego pojawiają się uszkodzenia. Ich przyczyną będzie m.in. destruktywne oddziaływanie wody (również przy udziale procesów zamrażania i rozmrażania w okresie zimowym), procesy starzeniowe (ułatwiony dostęp promieniowania UV i tlenu z powietrza) oraz siły ssące i naprężenia na krawędziach warstwy powodowane przez poruszające się pojazdy. Wraz z czasem i kumulacją oddziaływań doprowadzi to do wzrostu uszkodzeń. Zapobieganie degradacji nawierzchni wiąże się z jak najszybszym, trwałym zabezpieczeniem nieszczelności, które to działania należy wykonać w jak najkrótszym okresie od ich identyfikacji.

Jednym z materiałów powszechnie wykorzystywanych do napraw powierzchniowych są masy zalewowe. Wykorzystuje się je do uszczelniania pęknięć nawierzchni, uzupełniania spoin dylatacyjnych, wykonawstwa podlewów podszynowych czy wypełniania ubytków miejscowych. Ich właściwości muszą być dostosowane do charakteru pracy, usytuowania w konstrukcji oraz oddziaływań czynników zewnętrznych, na jakie będzie ona narażona. Dodatkowo, jako wyroby budowlane, masy zalewowe muszą posiadać znakowanie CE, a tym samym spełniać wymagania obowiązujących norm.

W Polsce do marca 2005 roku obowiązywała norma branżowa BN-74/6771-04 „Drogi samochodowe. Masa zalewowa". Zapisy tej normy, obok właściwości, narzucały procentowe udziały poszczególnych składników. Należał do nich: asfalt drogowy D100 o penetracji w temperaturze 25°C, od 90 do 125x0,1 mm (45–50%), oraz składniki mineralne, tj. wypełniacz

**Tablica 1. Wybrane wymagania dla zalew drogowych na gorąco wg PN-EN 14188-1**

| Właściwość materiału | Typ zalewy drogowej | | | |
|---|---|---|---|---|
| | nieodporne na paliwo | | odporne na paliwo | |
| | N1 | N2 | F1 | F2 |
| Temperatura mięknienia wg PiK [°C] | ≥ 85 | ≥ 85 | ≥ 85 | ≥ 75 |
| Gęstość w 25°C [Mg/m$^3$] | wartość deklarowana przez producenta | | | |
| Penetracja stożkiem w 25°C, 5 s, 150 g, [0,1 mm] | 40–130 | 40–100 | 40–130 | 40–100 |
| Penetracja kulą i nawrót sprężysty w 25°C, kula o masie 75 g, 5 s [%] | ≥ 60 | ≤ 60 | ≥ 60 | ≤ 60 |
| Spływność, początkowa i po wygrzewaniu w 60°C, 5 h, kąt 75° [mm] | ≤ 2 | ≤ 3 | ≤ 5 | ≤ 10 |
| Przyczepność i wydłużenie:<br>– całkowite wydłużenie po 5 h [mm]<br>– temperatura badania [°C] | <br>≥ 5<br>-25 | <br>≥ 5<br>-29 | <br>≥ 5<br>-20 | <br>≥ 5<br>-10 |
| Kohezja (dla klimatu ciepłego i umiarkowanego): | | | | |
| – wydłużenie [mm] | 18 | 18 | 12 | 12 |
| – wydłużenie [%] | 75 | 75 | 50 | 50 |
| – liczba cykli | 3 | 3 | 3 | 3 |
| – temperatura badania [°C] | -20 | 0 | -20 | 0 |
| – maks. naprężenie rozciągające [N/mm$^2$] | 0,48±0,10 | 0,48±0,10 | 0,48±0,10 | 0,48±0,10 |
| – powierzchnia całkowitego odseparowania (adhezja) [mm$^2$] | < 50 | < 50 | < 50 | < 50 |
| – głębokość odseparowania (adhezja) [mm] | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 |
| – całkowita powierzchnia pęknięć (kohezja) [mm$^2$] | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 |
| – głębokość pęknięć [mm] | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 |
| Kohezja (dla strefy klimatu chłodnego): | | | | |
| – zakres zmian temperatury [°C] | +25/-30 | +25/-30 | +25/-30 | +25/-30 |
| – prędkość odkształcenia [mm/h] | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| – wydłużenie przy ściskaniu [%] | 3 | 3 | 3 | 3 |
| – wydłużenie przy rozciąganiu [%] | 60 | 15 | 60 | 15 |
| – liczba cykli | 3 | 3 | 3 | 3 |
| – zraszanie, czas całkowity +5°C/+20°C [%] | 20 | 20 | 20 | 20 |
| – uszkodzenie adhezyjne i kohezyjne po 60% rozciągnięciu w temp. pokojowej | brak | brak | brak | brak |
| – uszkodzenie adhezyjne i kohezyjne po ściśnięciu i ponownym rozciągnięciu do 60% z 2 mm nacięciem w jednym rogu | brak | brak | brak | brak |
| – maksymalne naprężenie rozciągające w niskiej temperaturze dla: | | | | |
| • mieszanki mineralno-asfaltowej [N/mm$^2$] | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| • betonu [N/mm$^2$] | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

wapienny (50–55%) i wełna mineralna (0–5%). W roku 2004 Europejski Komitet Normalizacyjny CEN wprowadził nowe normy dotyczące mas zalewowych, nazywanych obecnie zalewami drogowymi:

- EN 14188-1 „Wypełniacze szczelin i zalewy drogowe. Część 1: Wymagania wobec zalew drogowych na gorąco",
- EN 14188-2 „Wypełniacze szczelin i zalewy drogowe. Część 2: Wymagania wobec zalew drogowych na zimno".

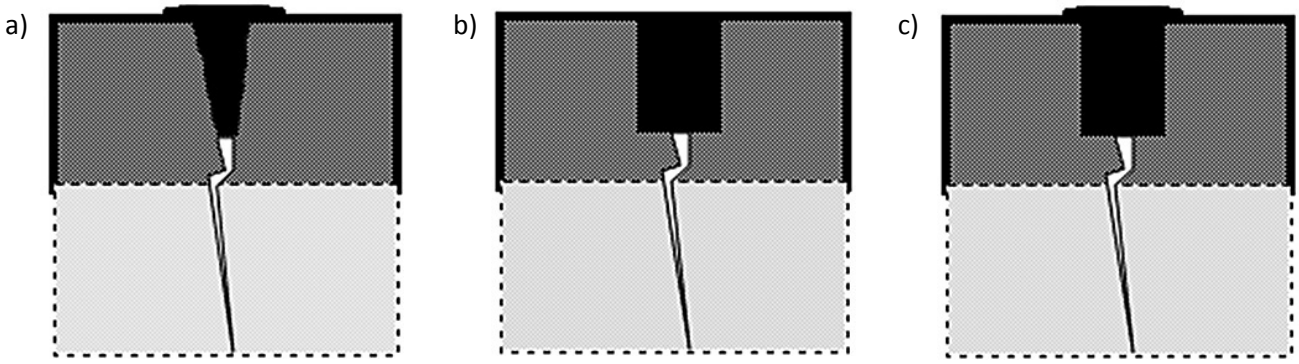
W Polsce uzyskały one status norm krajowych w 2005 roku, przy czym wersja w języku polskim została opublikowana w styczniu 2010 roku.

## 1. Klasyfikacja zalew drogowych

Zalewy drogowe, zgodnie z unifikacją europejską, dzieli się ze względu na temperaturę wbudowywania na: zalewy na gorąco (PN-EN 14188-1) i zalewy na zimno (PN-EN 14188-2). W normach przedmiotowych trudno doszukać się treści odnoszących się do rodzaju materiału, z których są wytwarzane. Zgodnie z zapisami zalewę drogową definiuje się jako materiał, który po wypełnieniu szczeliny w stanie jednorodnym, uszczelnia ją poprzez przyleganie do odpowiednich powierzchni w jej obrębie, aby zapobiec wnikaniu wody i szkodliwych substancji. W przypadku zalewy na gorąco doprecyzowano, że jest to materiał termoplastyczny, podgrzewany do temperatury wbudowania przed wypełnieniem szczelin. Normy nie wprowadzają ograniczeń materiałowych, narzucają wyłącznie funkcję, którą wybrany produkt musi spełnić.

**Tablica 2. Wybrane wymagania dla zalew drogowych na zimno wg PN-EN 14188-2**

| Właściwość materiału | System/typ zalewy drogowej | | | |
|---|---|---|---|---|
| | jednoskładnikowe | | wieloskładnikowe | |
| | sl | ns | sl | ns |
| **Parametry stosowania** | | | | |
| Wytłaczalność [ml/min] | – | ≥ 70 | – | ≥ 70 |
| Szybkość utwardzania | wartość deklarowana przez producenta | | | |
| Czas wysychania dotykowego | wartość deklarowana przez producenta | | | |
| Właściwości samopoziomujące | wartość deklarowana | – | wartość deklarowana | – |
| Spływność (nachylenie pionowe) [mm] | – | ≤ 2 | – | ≤ 2 |
| **Właściwości materiału** | | | | |
| Zmniejszenie objętości [%] | ≥ 5 | ≥ 5 | ≥ 5 | ≥ 5 |
| Zmiana po zanurzeniu w ciekłych chemikaliach dla klasy B, C i D: | | | | |
| – masy (bez wzrostu) [%] | ≤ -25 | ≤ -25 | ≤ -25 | ≤ -25 |
| – objętości [%] | ≤ ±30 | ≤ ±30 | ≤ ±30 | ≤ ±30 |
| Odporność na hydrolizę (zmiana twardości, stempel typu A) [%] | ≤ ±50 | ≤ ±50 | ≤ ±50 | ≤ ±50 |
| Odporność na płomień | brak spływania, spękań, łuszczenia, twardnienia, zapłonu | | | |
| **Właściwości funkcjonalne** | | | | |
| Kohezja (dla strefy klimatu chłodnego): | | | | |
| – dla stref klimatu umiarkowanego i gorącego (warunki badania: -20°C, ≤ 0,6 MPa) | bez uszkodzeń | | | |
| – dla strefy klimatu chłodnego (warunki badania -30°C, ≤ 1,6 MPa) | bez uszkodzeń | | | |
| Przyczepność i wydłużenie (moduł sprężystości przy rozciąganiu, przy wydłużeniu 100%) w temperaturze: | | | | |
| – 23°C [MPa] | ≤ 0,15 | ≤ 0,15 | ≤ 0,15 | ≤ 0,15 |
| – -20°C [MPa] | ≤ 0,6 | ≤ 0,6 | ≤ 0,6 | ≤ 0,6 |
| Nawrót sprężysty [%] | ≥ 70 | ≥ 70 | ≥ 70 | ≥ 70 |
| Odporność na starzenie promieniami UV (zmiana modułu sprężystości przy rozciąganiu, przy wydłużeniu 100%) [%] | ≤ ±20 | ≤ ±20 | ≤ ±20 | ≤ ±20 |
| Właściwości adhezyjne po zanurzeniu w płynnych chemikaliach dla klasy B, C i D | brak uszkodzeń | brak uszkodzeń | brak uszkodzeń | brak uszkodzeń |




**Rys. 1. Przekrój poprzeczny spękań uszczelnianych metodą: a) pasmową, b) frezowania wąskiego pęknięcia, c) kombinowaną (połączenie metod a i b) [1]**

**Rys. 2. Czynności wykonywane przy uszczelnianiu spękań nawierzchni asfaltowych: a) czyszczenie i nadtapianie krawędzi strumieniem gorącego powietrza z lancy, b) wypełnianie ubytków masą zalewową na gorąco, c) zabezpieczanie masy zalewowej przed jej „wyrwaniem" za pomocą piasku**

Zalewy na gorąco dzieli się na następujące typy:

- elastyczny (o dużej wydłużalności) – **N1**,
- normalny (o niskiej wydłużalności) – **N2**,
- o dużej wydłużalności i odporności na paliwo – **F1**,
- o niskiej wydłużalności i odporności na paliwo – **F2**.

Wybrane wartości normowe oraz warunki badania w zależności od typu zalewy na gorąco przedstawiono w tabl. 1.

Druga grupa mas zalewowych – zalewy drogowe na zimno – w zależności od ich pochodzenia chemicznego oraz składu występują w systemie jednoskładnikowym (S) lub wieloskładnikowym (M). Norma europejska dzieli je na typy ze względu na zdolność do samopoziomowania:

- sl (samopoziomujący),
- ns (nieosiadający).

Ze względu na odporność na oddziaływanie czynników chemicznych zalewy na zimno dzieli na cztery klasy:

A. – brak wymagań wobec odporności chemicznej,
B. – używane przy kontakcie z benzyną, olejem napędowym oraz chemikaliami odladzającymi;
C. – używane przy kontakcie z paliwem lotniczym oraz chemikaliami odladzającymi,
D. – używane przy kontakcie z chemikaliami w postaci płynnej.

Wymagania w stosunku do zalew drogowych na zimno w oparciu o normę PN-EN 14186-2 przedstawiono w tabl. 2.

Zalewy na gorąco i zimno należy stosować zgodnie z zaleceniami producenta. Dotyczy to zarówno temperatury wbudowania dla mas na gorąco, jak i spełnienia wszystkich warunków przy aplikacji mas na bazie żywic.

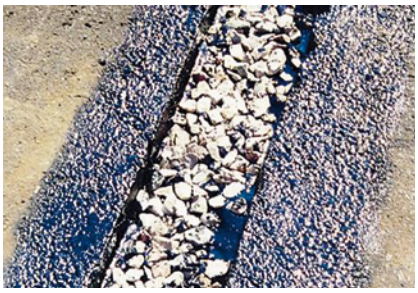
## 2. Zastosowania mas zalewowych

Dobór typu zalewy drogowej powinien wynikać z zadań i funkcji, które będzie ona wykonywać w okresie eksploatacyjnym. Masy zalewowe wykorzystuje się do napraw różnego rodzaju spękań, wypełniania przestrzeni w szczelinach dylatacyjnych, wykonawstwa torowisk tramwajowych (w obrębie styku nawierzchni i szyny) i innych celów, do zrealizowania których wymagane jest zabezpieczenie powierzchni przed wnikaniem wody, powietrza, promieniowania UV, paliw, czynników chemicznych. Jednym z podstawowych parametrów gwarantujących spełnienie tych wymagań jest zapewnienie dobrej przyczepności zalew do różnego rodzaju powierzchni, m.in.: z mieszanek mineralno-asfaltowych, betonu cementowego, stali, skał pochodzenia naturalnego i sztucznego (kostki kamienne, betonowe) itp. Pozostałe właściwości powinny być tak dobrane, aby zapewniać właściwą pracę masy w okresie jej użytkowania.

Miejsca spękań naprawia się w temperaturze powyżej 5°C, przy braku

Rys. 3. Urządzenie do frezowania (szczeliniarka) pęknięć nawierzchni drogowych [2]

a)



b)

Rys. 4. Wypełnianie pęknięć w technologii frezowania szerokiego: a) pierwsza warstwa zalewy drogowej z wypełnieniem kruszywem, b) posypka piaskowa po całkowitym wypełnieniu szczeliny [1]

opadów atmosferycznych. Krawędź wypełnianych ubytków musi być sucha, czysta i pozbawiona luźnych fragmentów. Wyróżnia się cztery główne metody napraw tego rodzaju uszkodzeń. W głównej mierze polegają one na wypełnieniu ubytku i jego uszczelnieniu odpowiednią metodą (rys. 1):

- pasmową,
- z wykonaniem poszerzenia frezarką,
- kombinowaną,
- dostosowaną do spękań siatkowych.

Uszczelnianie pasmowe w nawierzchniach asfaltowych polega na oczyszczeniu przestrzeni pomiędzy krawędziami pęknięć oraz ich powierzchni, a następnie nadtopieniu tego obszaru strumieniem gorącego powietrza z lancy (rys. 2). Tak przygotowaną przestrzeń wypełnia się masą zalewową na gorąco lub zimno, formując na powierzchni pas uszczelniający o grubości ok. 2 mm i szerokości uzależnionej od stopnia degradacji nawierzchni. Aby zapobiec przyklejeniu się wbudowanej zalewy do koła samochodu i jej „wyrwaniu", całość posypuje się piaskiem.

Technologia uszczelniania spękań z wykorzystaniem frezarki zależy od szerokości rozwarcia szczeliny. Przy pęknięciach o szerokości do 8 mm należy poszerzyć je specjalną frezarką (rys. 3) na szerokość od 12 do 15 mm i głębokość do 25 mm. Powierzchnię ścianek i przestrzenie pomiędzy nimi dokładnie oczyszcza się, a następnie wypełnia masą zalewową na gorąco lub zimno do poziomu powierzchni warstwy ścieralnej w okresie letnim (wysokie temperatury powietrza) bądź z meniskiem wklęsłym w okresie zimy (wzrost objętości zalewy w okresie letnim).

Pęknięcia z szerokimi szczelinami (od 20 do 300 mm) należy poszerzyć do wymaganej szerokości, co ma na celu usunięcie luźnych fragmentów mieszanki i wyrównanie krawędzi. Głębokość frezowania powinna wynosić ok. 2/3 szerokości, lecz nie więcej niż grubość warstwy ścieralnej. Tak przygotowane powierzchnie należy dokładnie oczyścić szczotkami mechanicznymi oraz osuszyć krawędzie. Celem poprawy przyczepności masy do istniejącej mieszanki mineralno-asfaltowej (oraz szczelności układu) stosuje się preparaty gruntujące, zgodnie z zaleceniami producentów. Przygotowaną przestrzeń wypełnia się masą zalewową (na grubość warstwy kruszywa), a następnie zasypuje odpylonym kruszywem o uziarnieniu 5/8 mm lub 8/11 mm (rys. 4). Czynność tą powtarza się do całkowitego wypełnienia ubytku, a ostatnią warstwę zasypuje się piaskiem. Rodzaj kruszywa (jego wielkość) zależy od szerokości i głębokości rozwarcia. Zapewnia ono wypełnionej przestrzeni odporność na deformacje oraz zapobiega wyrywaniu zalewy na skutek działania ruchu drogowego.

W nawierzchniach betonowych, ze względu na ich wrażliwość na oddziaływania termiczne oraz wilgotnościowe, wykonuje się szczeliny poprzeczne i podłużne. Tym samym w strukturze konstrukcji nawierzchni pojawiają się nieciągłości wymagające uszczelnienia. Sposób ich zabezpieczenia zależy od rodzaju szczeliny.

Szczeliny dylatacyjne (skurczowe i rozszerzania) wykonuje się poprzez nacięcie płyty na odpowiednią grubość i szerokość. Pierwsze cięcie wykonuje się w czasie do 24 godzin od momentu rozłożenia mieszanki betonowej. Jest to uzależnione m.in. od temperatury otoczenia, rodzaju cementu i wytrzymałości betonu na ściskanie, która powinna być wyższa niż 12 MPa. Wykonuje się szczelinę na głębokość ok. 1/3 grubości płyty i na szerokość ok. 3 mm. Kolejne cięcie, zwiększające rozwartość dylatacji, robi się po 7 dniach. Głębokość poszerzenia zależy od rodzaju szczeliny i technologii wypełnienia (z kordem lub bez) i powinna wynosić od 20 do 50 mm. Podobnie jest z szerokością dodatkowego nacięcia dylatacji, która powinna się mieścić w zakresie od 8 do 15 mm dla szczelin skurczowych i konstrukcyjnych oraz 15–20 mm dla szczelin rozszerzania.

Wypełnianie szczelin powinno odbywać się w sprzyjających warunkach atmosferycznych, przy bezwietrznej pogodzie i braku opadów. Dopuszcza się prowadzenie robót przy temperaturze powietrza niższej niż 5°C po osuszeniu i ogrzaniu szczelin lancą gorącego powietrza. Proces aplikacji masy zalewowej powinien zapewnić całkowite wypełnienie wolnej przestrzeni oraz gwarantować uzyskanie pełnej

**Tablica 3. Uśrednione wyniki badań wybranych zalew drogowych na gorąco**

| Właściwość | Rodzaj zalewy drogowej na gorąco | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | B1 | B2 | H1 | H2 | H3 |
| Gęstość [g/cm$^3$] | 1,081 | 1,355 | 1,413 | 1,104 | 1,368 |
| Temperatura mięknienia wg PiK [°C] | 85,5 | 90,4 | 92,2 | 86,7 | 82,2 |
| Penetracja igłą (100 g, 5 s) [0,1 mm]:<br>– w 25°C<br>– w 40°C | <br>89<br>153 | <br>53<br>118 | <br>15<br>34 | <br>85<br>186 | <br>56<br>127 |
| Indeks penetracji, PI | 6,8 | 3,9 | 3,7 | 4,1 | 3,7 |
| Odporność na starzenie (strata masy) [%] | 0,07 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,02 |
| Odporność na zamrażanie | odporna | odporna | nieodporna | odporna | odporna |
| Nawrót sprężysty [%]:<br>– w 25°C<br>– w 55°C | <br>97,7<br>93,5 | <br>95,4<br>94,7 | <br>–[1]<br>–[2] | <br>95,1<br>95,0 | <br>95,0<br>94,8 |
| Ciągliwość (w 25°C):<br>– wydłużenie przy zerwaniu [mm]<br>– maksymalna siła [N]<br>– praca w zakresie deformacji sprężystej [J]<br>– praca w zakresie deformacji plastycznej [J] | <br>792<br>5,7<br>1,69<br>0,65 | <br>363<br>6,3<br>0,38<br>0,99 | <br>62<br>34,9<br>0,17<br>0,93 | <br>674<br>2,3<br>0,71<br>0,24 | <br>285<br>3,7<br>0,10<br>0,69 |
| Wytrzymałość na zginanie w temp. 0°C:<br>– wytrzymałość [KPa]<br>– maksymalna siła [kN]<br>– ugięcie przy maks. sile [mm] | <br>–[3]<br>–[3]<br>–[3] | <br>131,3<br>0,04<br>11,32 | <br>525,0<br>0,16<br>10,01 | <br>–[3]<br>–[3]<br>–[3] | <br>–[3]<br>–[3]<br>–[3] |
| Wytrzymałość na zginanie w temp. -5°C:<br>– wytrzymałość [KPa]<br>– maksymalna siła [kN]<br>– ugięcie przy maks. sile [mm] | <br>–[3]<br>–[3]<br>–[3] | <br>492,2<br>0,15<br>6,35 | <br>1575,0<br>0,48<br>5,53 | <br>–[3]<br>–[3]<br>–[3] | <br>229,7<br>0,07<br>7,72 |
| Wytrzymałość na zginanie w temp. -10°C:<br>– wytrzymałość [KPa]<br>– maksymalna siła [kN]<br>– ugięcie przy maks. sile [mm] | <br>164,1<br>0,05<br>8,57 | <br>787,5<br>0,24<br>4,82 | <br>2526,6<br>0,77<br>4,52 | <br>98,4<br>0,03<br>7,55 | <br>393,8<br>0,12<br>6,58 |

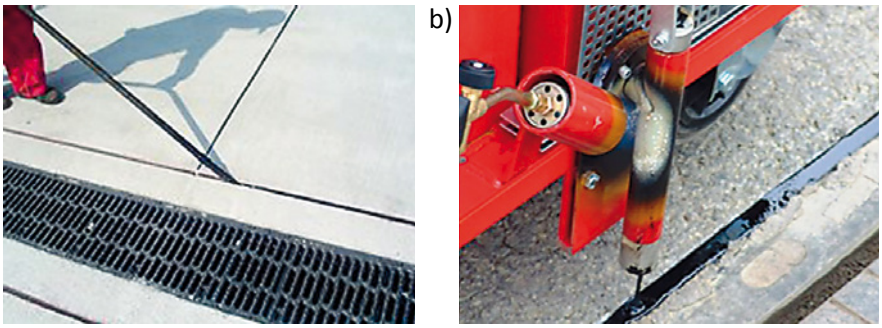
[1] Próbka uległa zerwaniu po jej rozciągnięciu na odległość 5,7 cm.
[2] Próbka uległa zerwaniu po jej rozciągnięciu na odległość 8,5 cm.
[3] Próbka uległa zniszczeniu przy minimalnej sile (brak wskazania).

sczepności z krawędziami dylatacji. Wymaga to dokładnego oczyszczenia szczotkami mechanicznymi krawędzi szczelin z zanieczyszczeń obcych, a przede wszystkim z pozostałości pylastych (brak sczepności z właściwym podłożem). Niejednokrotnie konieczne jest dodatkowo stosowanie sprężonego powietrza. Miejsca zawilgocone osusza się strumieniem gorącego powietrza. Wprowadzanie masy zalewowej odbywa się przy użyciu specjalnych pistoletów lub zalewarek zwykłych oraz ciśnieniowych i powinno być poprzedzone odpowiednim jej przygotowaniem (np. w przypadku masy na gorąco podgrzaniem jej do uzyskania pełnej płynności), co jest szczególnie ważne w przypadku masy na zimno (ścisłe przestrzeganie reżimu technologicznego). Dotyczy to również stosowania środka gruntującego, którego należy bezwzględnie używać przy niektórych rodzajach zalew (szczególnie tych na zimno). Przykłady z realizacji uwidoczniono na rys. 5.

## 3. Badania porównawcze wybranych zalew drogowych na gorąco

W ostatnich latach na rynku krajowym pojawił się szereg zalew drogowych i to zarówno w technologii na gorąco, jak i na zimno. Dominującą rolę odgrywają produkty wymagające podgrzewania (zalewy na gorąco). Wynika to zarówno z przyzwyczajeń, jak i ceny, która w przypadku mas na zimno jest wyższa. Z szerokiej gamy produktów stosowanych w kraju wytypowano do badań

a) b)



Rys. 5. Zabezpieczanie szczelin dylatacyjnych w nawierzchni betonowej zalewarkami ciśnieniowymi [a] i zwykłymi [b]

5 rodzajów mas na gorąco, pochodzących od dwóch producentów. Zgodnie z opisem technicznym wszystkie są przeznaczone do wypełniania szczelin w nawierzchniach. Próbki oznaczono jako: B1, B2 oraz H1, H2 i H3. Wykonano następujące badania:

- gęstości w temperaturze 25°C (PN-EN 13880-1),
- temperatury mięknienia metodą pierścień i kula (PiK),
- penetracji igłą (jak dla lepiszczy asfaltowych) w temperaturze 25 i 40°C,
- odporności na starzenie (zmiany masy po wygrzaniu jak dla lepiszczy) w temperaturze 163°C,
- odporności na zamrażanie,
- nawrotu sprężystego (jak dla lepiszczy asfaltowych modyfikowanych) w 25 i 55°C (PN-EN 13398),
- ciągliwości z pomiarem siły i energii odkształcenia,
- wytrzymałości na zginanie w niskich temperaturach (badanie nienormowe).

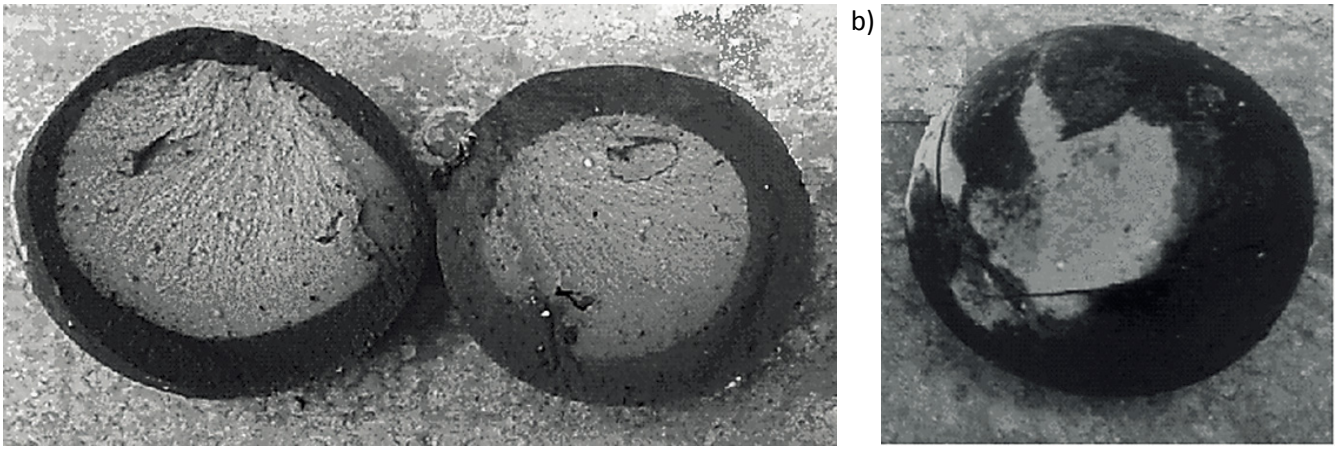
Przeprowadzone badania miały określić zachowanie się tych produktów w zróżnicowanych warunkach, wykazać ewentualne różnice lub podobieństwa i nakreślić możliwości zastosowania w zależności od czynników zewnętrznych.

**Gęstość** zalewy drogowej określa się jako iloraz jej masy przez objętość w temperaturze 25°C. Badanie wykonano zgodnie z normą PN-EN 13880-1. Polegało ono na zalaniu tygla o określonej masie w powietrzu i wodzie masą zalewową do poziomu ok. 5 mm poniżej górnej krawędzi. Następnie całość umieszczono w suszarce w temperaturze 163°C na 1 godzinę celem pozbycia się pęcherzyków powietrza i wilgoci. Po wyjęciu próbkę schłodzono do temperatury pokojowej i zważono z dokładnością do 1 mg. Następnie tygiel umieszczono na 1 godzinę w łaźni wodnej o temperaturze 25,0±0,2°C, po czym zważono w wodzie. Wyniki badań przedstawiono w tabl. 3.

**Temperaturę mięknienia wg PiK** określono w automatycznym urządzeniu zgodnie z normą PN-EN 1427. Przygotowanie próbek polegało na ich podgrzaniu do temperatur ok. 160–170°C, a następnie wypełnieniu pierścieni ułożonych na płytce posmarowanej środkiem antyadhezyjnym. Po ostygnięciu nadmiar masy ścięto nożem. Tak przygotowane próbki wraz z kulkami stalowymi i prowadnicami umieszczono w zlewce z gliceryną. Po 15 minutach termostatowania rozpoczęto podgrzewanie cieczy z prędkością 5°C/min. Za wynik uważa się temperaturę, przy której kulka stalowa pokona odległość 25,0±0,4 mm. Wyniki badań przedstawiono w tabl. 3.

**Penetrację igłą** przeprowadzono w temperaturze 25°C zgodnie z PN-EN 1426. Dodatkowo, celem określenia Ip (indeks penetracji), wykonano pomiar

a) b)



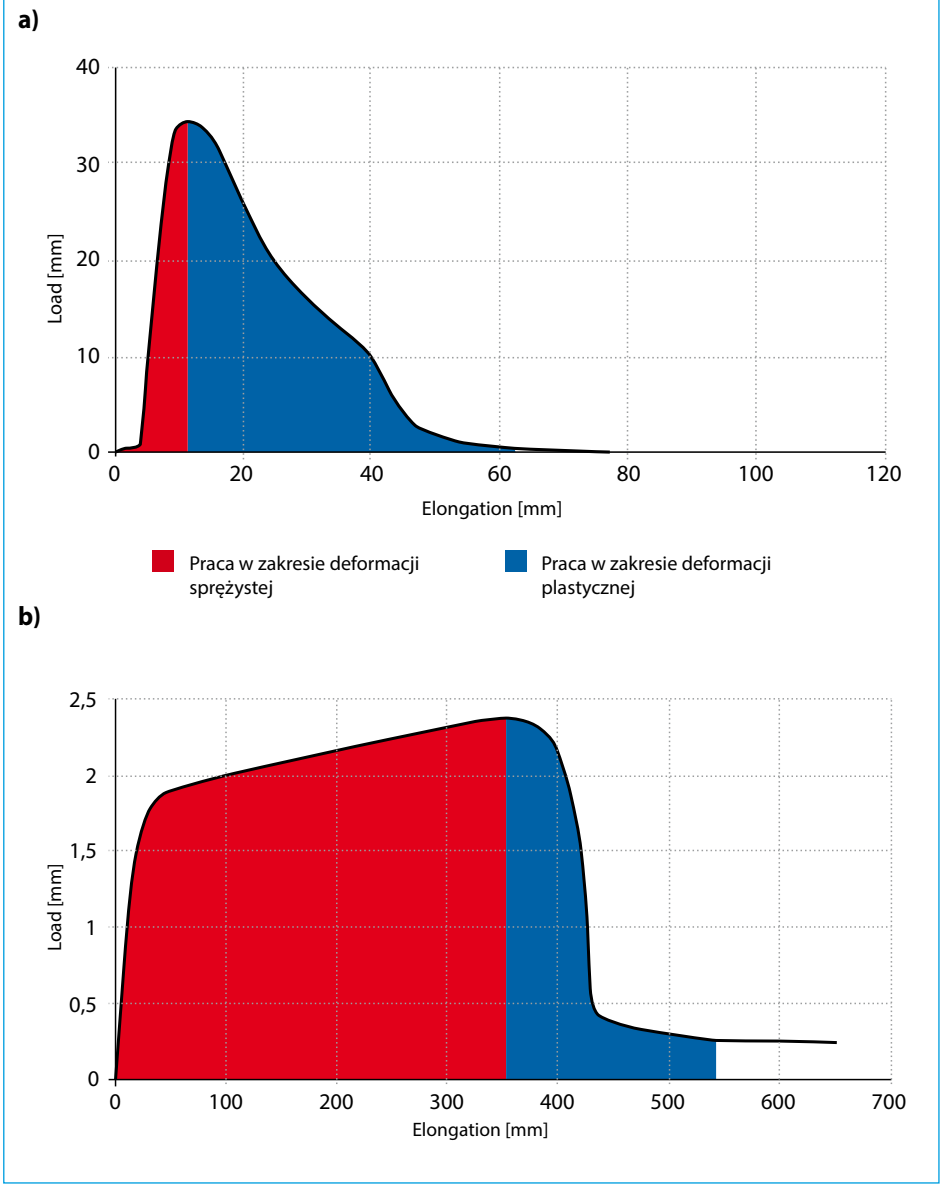
Rys. 6. Próbki w postaci kul uformowanych z zalew drogowych po badaniu odporności na zamrażanie wg BN-74/6771-04. Oznaczenia: a) kulka rozpadła się po uderzeniu o betonowe podłoże, b) brak odprysków i pęknięć po uderzeniu

w temperaturze 40°C. Przygotowanie próbek polegało na napełnieniu naczynka penetracyjnego masą zalewową do wysokości co najmniej 10 mm większej od przewidywanego zagłębienia igły. Następnie próbkę schładzano w czasie 60–90 minut, po czym umieszczano ją w łaźni wodnej o ustalonej temperaturze badania. Po okresie termostatowania próbkę umieszczono na stanowisku badawczym i wykonano pomiar przy obciążeniu igły 100 g, w czasie 5 s. Wyniki badania oraz wartości Ip przedstawiono w tabl. 3.

**Odporność na starzenie** określono na podstawie badania zmiany masy zalewy drogowej po jej wygrzewaniu w temperaturze 165°C przez 5 godzin. Wykonano je na próbkach o masie 150 g, jak dla lepiszczy asfaltowych, w oparciu o normę PN-EN 12607-1. Wyniki badań przedstawiono w tabl. 3.

**Odporność na zamrażanie** określono w oparciu o normę BN-74/6771-04. Przygotowanie próbek z badanych zalew drogowych polegało na wykonaniu kulek o masie 50 g (rys. 6). Formowano je po lekkim podgrzaniu masy. Następnie próbki umieszczono w zamrażarce w temperaturze -20°C na okres 2 godzin. Po ich wyjęciu kule opuszczono swobodnie z wysokości 2 m na podłoże betonowe. Za pozytywny wynik badania uważa się brak pęknięć i odprysków. Wyniki badań przedstawiono w tabl. 3.

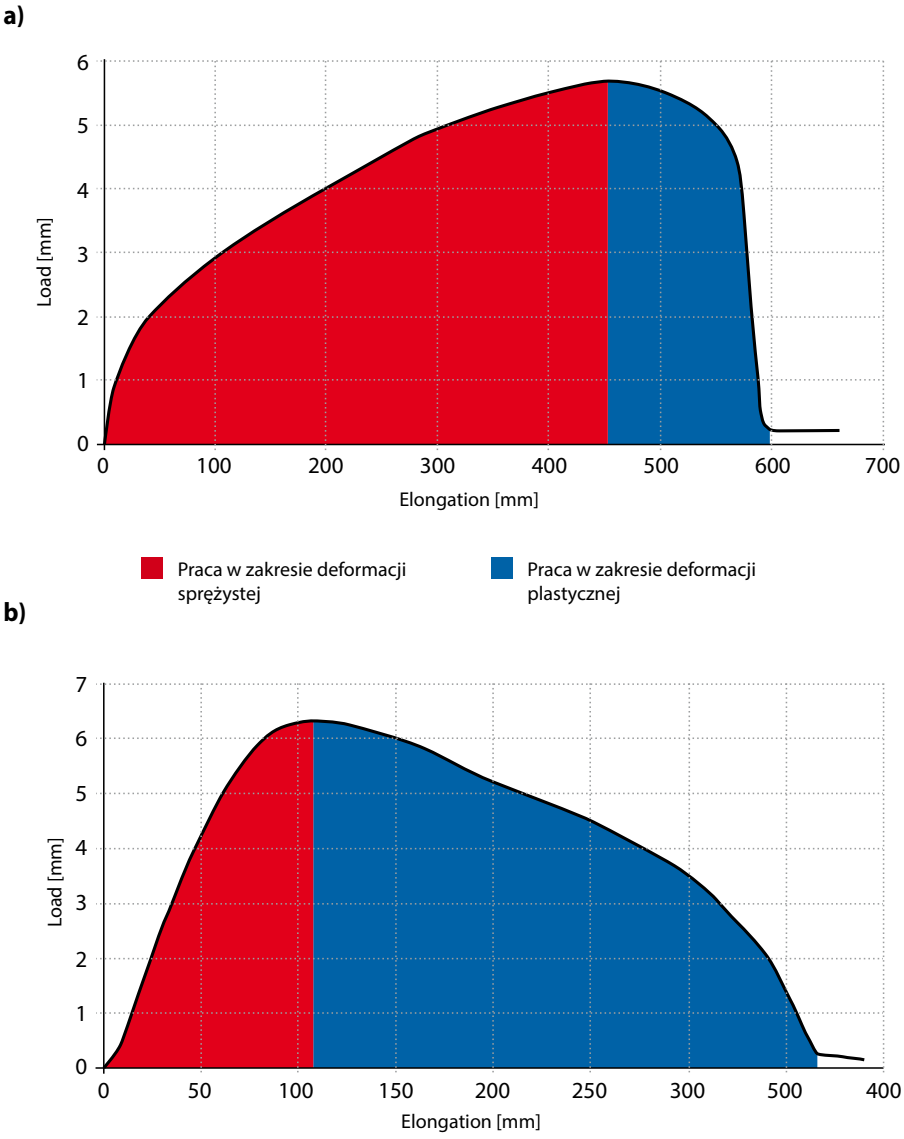
**Nawrót sprężysty** pozwala oznaczyć właściwości sprężysto-elastyczne badanych materiałów. Pomiar polega na rozciągnięciu specjalnie uformowanej próbki materiału na odległość 20 cm, jej przecięciu, a następnie pomiarze odległości pomiędzy nitkami po 30 minutach. Badanie wykonuje się w urządzeniu zwanym duktylometrem, przy prędkości rozciągania 50 mm/min zgodnie z PN-EN 13398. Przygotowanie próbek polega na rozgrzaniu masy




**Rys. 7. Wykres zależności pomiędzy siłą i wydłużeniem w badaniu ciągliwości zalewy drogowej typu H1 (a) i H2 (b) z uwzględnieniem wykonanej pracy**

zalewowej i wypełnieniu nią form (z nadmiarem) ułożonych na szklanej lub metalowej płytce posmarowanej środkiem antyadhezyjnym. Po 30–40 minutach przechowywania w temperaturze 20±2°C nadmiar lepiszcza ścina się gorącym nożem do górnej krawędzi foremek. Formy przenosi się do termostatu na min. 1,5 godziny i przechowuje w temperaturze badania z dokładnością do 0,5°C. Po tym okresie próbki umieszcza się w duktylometrze wypełnionym wodą i przeprowadza badanie. Pomiary przeprowadzono w dwóch temperaturach: 25 i 55°C. Wyniki przedstawiono w tabl. 3.

**Oznaczenie siły rozciągania** (zgodnie z PN-EN 13598) oraz **energii odkształcenia** (wg PN-EN 13703) wykonuje się w duktylometrze z pomiarem siły. Badanie ma na celu określenie zdolności materiału do wydłu-




**Rys. 8. Wykres zależności pomiędzy siłą i wydłużeniem w badaniu ciągliwości zalewy drogowej typu B1 (a) i B2 (b) z uwzględnieniem wykonanej pracy**

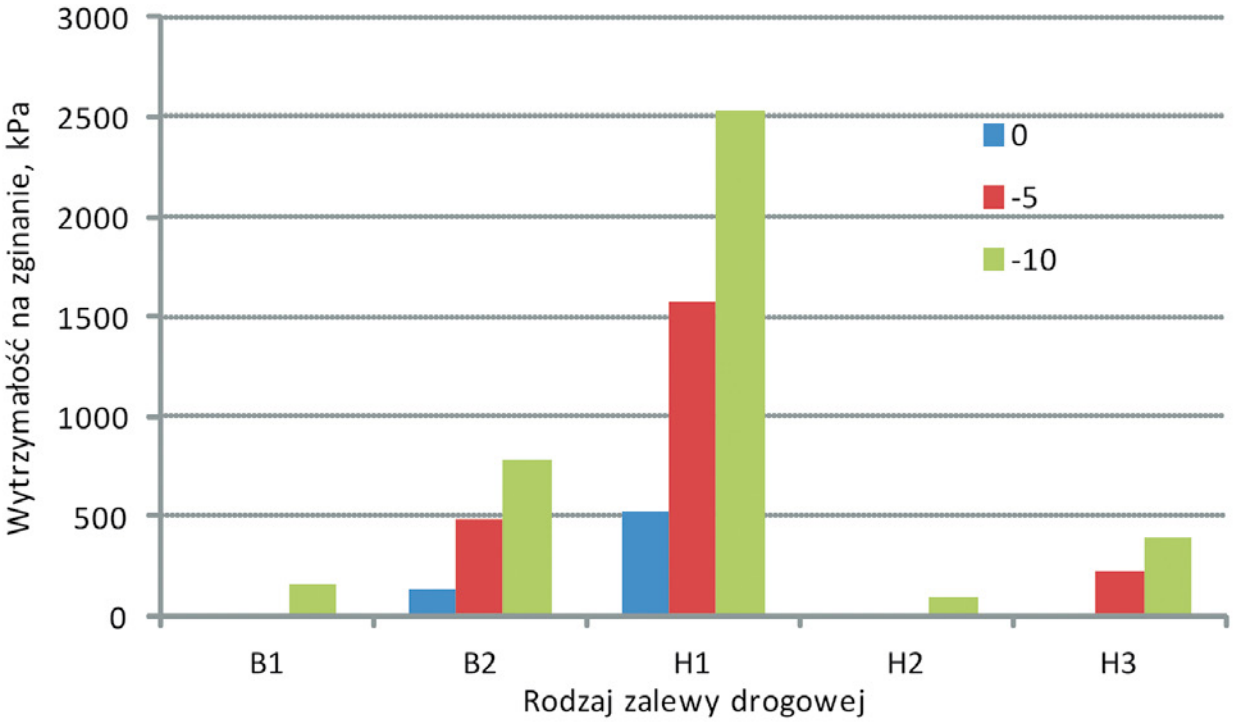
żenia z uwzględnieniem siły i energii zużytej na wykonanie pracy na próbce. Przygotowanie próbek jest identyczne jak przy nawrocie sprężystym. Proces rozciągania z identyfikacją siły i wydłużenia jest prowadzony do momentu zerwania próbki. Wartości maksymalnej siły i energii odkształcenia przedstawiono w tabl. 3. Dodatkowo na rys. 7–8 przedstawiono wykresy ciągliwości z zaznaczeniem pracy wykonanej w zakresie odkształcenia sprężystego i plastycznego dla wybranych próbek obu producentów.

Badanie **wytrzymałości na zginanie** przeprowadzono ze względu na możliwość uzyskania dodatkowych informacji o podatności zalew drogowych na rozciąganie w niskich, ujemnych temperaturach. Pozwala ono scharakteryzować masę zalewową pod względem jej właściwości plastyczno-elastycznych w zakresie niskich temperatur. Ważnym elementem opisującym właściwości funkcjonalne masy, obok jej wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu, jest wielkość ugięcia do momentu wystąpienia spękania. Parametr ten pozwala sklasyfikować masy zalewowe pod względem pozostałej podatności na deformacje w zakresie temperatur ujemnych, a zatem i możliwości ich użytkowania bez konsekwencji uszkodzenia na skutek skurczu. Badanie zginania przeprowadzono na prasie wytrzymałościowej Marshall/CBR w temperaturze -10, -5 i 0°C na beleczkach o wymiarach 4x4x16 cm. Ze względu na wielkość zakładanego ugięcia przyjęto prędkość deformacji odpowiadającą badaniu CBR, tj. 1,25 mm/min. Wyniki badań przedstawiono w tabl. 3 i na rys. 9–10.

## Podsumowanie

W ostatnich latach widać wzrost zapotrzebowania na materiały do zabezpieczania nieszczelności nawierzchni. W przypadku konstrukcji sztywnych (betonowych) zalewy drogowe mogą być wykorzystywane na etapie budowy, jako elementy zabezpieczające szczeliny pomiędzy płytami. Postępujący proces starzenia i zużycia tego rodzaju materiałów wymusza na Zarządcach dróg prowadzenie zabiegów utrzymaniowych, polegających m.in. na ich wymianie. Brak takich działań będzie skutkował utratą szczelności konstrukcji, co doprowadzi do miejscowego obniżenia nośności i w efekcie, pod wpływem obciążeń spowodowanych ruchem ciężkich pojazdów samochodowych, do powstawania niekontrolowanych spękań w narożach płyt i ich krawędziach. Koszty remontu tego rodzaju uszkodzeń i związane z tym ograniczenia w ruchu są znaczące w stosunku do nakładów na utrzymanie.

Niesprzyjające warunki atmosferyczne, a przede wszystkim niskie temperatury ujemne w okresie zimy oraz częste przejścia przez 0°C, prowadzą do spękań niskotemperaturowych i zmęczeniowych w nawierzchniach asfaltowych. W skrajnych przypad-



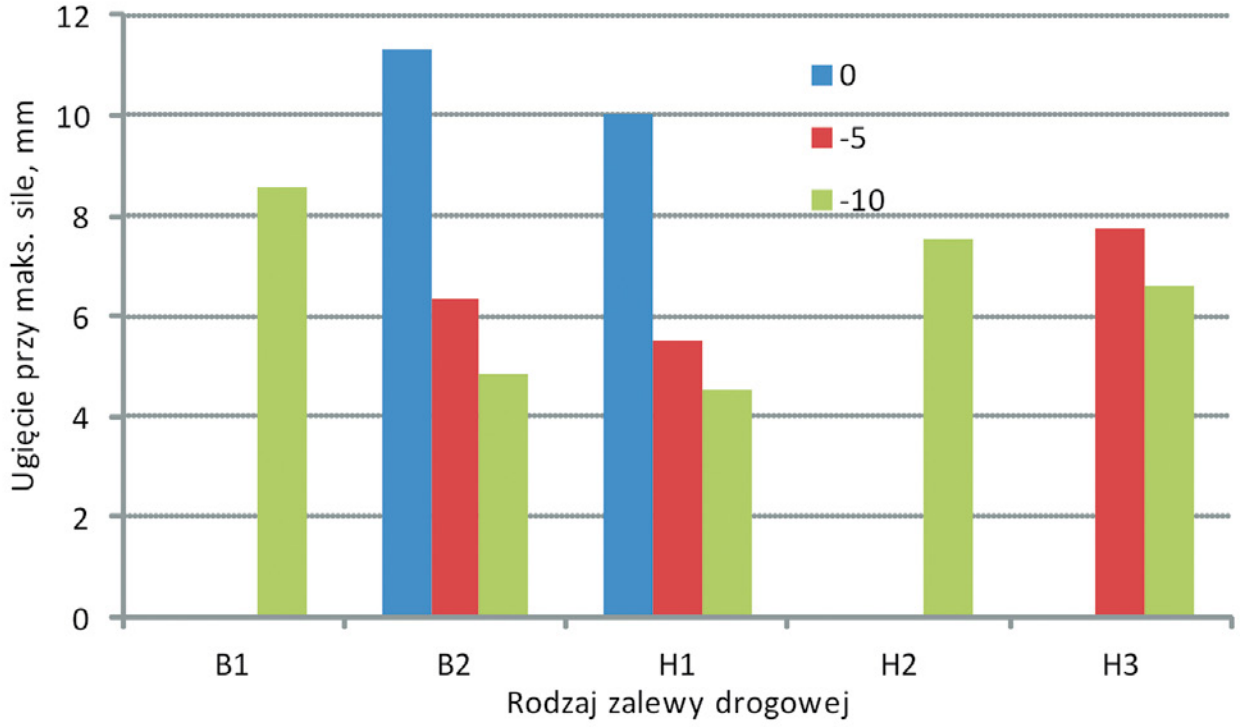

**Rys. 9. Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu zalew drogowych w zależności od temperatury**

kach kilkugodzinny spadek temperatury poniżej temperatury krytycznej (dla zastosowanego rodzaju lepiszcza) prowadzi do zdylatowania długich odcinków nawierzchni podatnej (pojawiają się spękania co kilkadziesiąt/kilkaset metrów). „Ratowanie" takich dróg powinno być natychmiastowe. Nie można dopuszczać do ingerencji wody i innych zanieczyszczeń w głąb warstw, gdyż może to prowadzić do propagacji spękań, a tym samym do osłabienia całej konstrukcji, m.in. na skutek obniżonej nośności podłoża czy braku współpracy pomiędzy spękanymi (rozdzielonymi) fragmentami nawierzchni.

Spękania warstw ścieralnych w nawierzchniach podatnych mogą również być efektem spękań w niższych warstwach, np. wiążącej z betonu asfaltowego o wysokim module sztywności. Nieciągłości w strukturze tego rodzaju materiałów (AC WMS) pojawiają się w wyniku skurczu materiału, najczęściej w miejscach „osłabionych", np. złączach technologicznych. Racjonalnym rozwiązaniem problemu powinny być działania wyprzedzające, polegające na zabezpieczeniu warstwy wiążącej przed ewentualnym pęknięciem poprzez zastosowanie masy zalewowej w szwie technologicznym.

Wybór materiału do zabezpieczania uszkodzeń nawierzchni (spękania, ubytki miejscowe) czy wykonawstwa nowych elementów (szczeliny, dylatacje mostowe, przestrzenie w obszarze szyn tramwajowych) powinien uwzględniać warunki pracy. Szczególnie ważne w tym przypadku są czynniki klimatyczno-pogodowe (temperatury, nasłonecznienie, opady) oraz możliwość występowania rozpuszczalników węglowodorowych. Parametry te, obok przewidywanego obciążenia i charakteru pracy, powinny decydować o rodzaju zastosowanego uszczelniacza. Nie wolno przy tym zapomnieć o warunkach termicznych podczas wykonywania prac. W okresie letnim szczeliny będą niewielkie, więc potrzebna będzie ograniczona ilość zalewy. Skurcz materiału wywołany spadkiem temperatury (w okresie zimy) doprowadzi do zwiększenia szerokości nieciągłości, co z kolei wywoła naprężenia w samej zalewie, jak i na połączeniu jej z mieszankami mineralno-asfaltowymi. W takim przypadku racjonalnym wyjściem jest stosowanie wypełnienia o większej zdolności do wydłużenia.

Badania przeprowadzone na wybranych zalewach drogowych na gorąco, mimo niezgodności z obowiązującymi dla nich normami, wykazały znaczną różnorodność cech. Na podstawie wyników gęstości można wnioskować, że w przypadku dwóch zalew (B1 i H2) mamy do czynienia z lepiszczem asfaltowym, pozostałe to mieszaniny lepiszcza i wypełniacza mineralnego w różnym stosunku. W obu przypadkach lepiszczem jest wysokomodyfikowany asfalt, o czym bezspornie świadczą wyniki badań nawrotu sprężystego. Dotyczy to również zalewy




**Rys. 10. Ugięcie odpowiadające maksymalnej sile w badaniu zginania zalew drogowych w zależności od temperatury**

oznaczonej jako H1, która ulegała zerwaniu przed osiągnięciem wymaganych 20 cm, ale wykazywała prawie natychmiastowy powrót do pierwotnego kształtu.

Badania penetracji i temperatury mięknienia wskazują, że najtwardszą zalewą jest masa H1, natomiast najbardziej podatną na wysokie temperatury – H2. We wszystkich przypadkach zalewy wykazują charakter żelowy, częściowo dzięki upakowaniu w strukturze lepiszcza ziaren wypełniacza. Zgodnie z zapisami normy PN-EN 14188-1 masę H3, ze względu na TPiK, można sklasyfikować jako typ F2 (o niskiej wydłużalności i odporności na paliwo).

Z badania ciągliwości można również wnioskować pośrednio o składzie masy (udziale wypełniacza), jej podatności do wydłużenia oraz możliwościach deformacyjnych w temperaturach dodatnich. Największą podatność do zmiany kształtu wykazują zalewy bez wypełniacza – B1 i H2, najmniejszą – H1 (z jego największą ilością). Najwyższy charakter żelowy (najbardziej rozbudowany szkielet w lepiszczu) w zalewie B1 przekłada się na konieczność włożenia największej energii przy deformacji masy.

Czyste lepiszcza (B1 i H2) wykazują również swoją plastyczność w zakresie niskich temperatur, co odzwierciedlają wyniki badań wytrzymałości na zginanie. Najmniejszą podatnością na deformacje w ujemnych temperaturach charakteryzuje się zalewa H1, czego potwierdzenie można znaleźć w badaniu odporności na zamrażanie (próbka pękła).

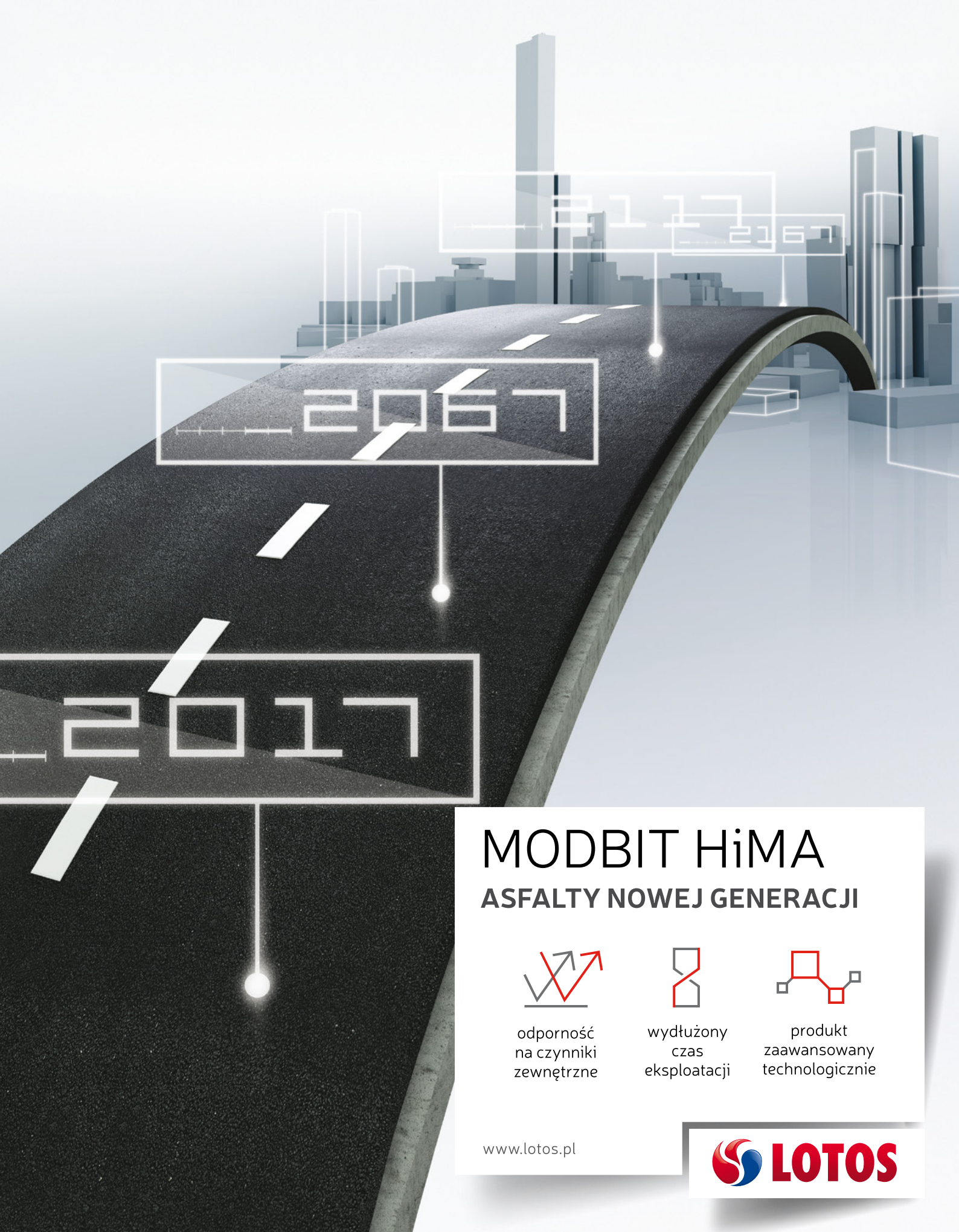
Wyniki przeprowadzonych oznaczeń świadczą o przydatności materiałów do uszczelnień nawierzchni. Każda z zalew charakteryzowała się odmiennymi cechami, które powinny determinować ich stosowanie. Jedną z głównych przesłanek winny być warunki klimatyczno-pogodowe, w zakresie których zalewa drogowa musi spełniać powierzone zadania, tzn. być elastyczna zimą i odporna na deformacje latem. W całym okresie użytkowania musi wykazywać bardzo dobrą przyczepność, a skurcz wywołany zmianami termicznymi nie może skutkować rozszczelnieniem połączenia.

Szerokie spektrum badań normowych daje obraz możliwości stosowania poszczególnych wyrobów. Laboratoria budowlane powinny doposażyć się w odpowiednią aparaturę do badań, co pozwoli wykonawcom na świadomy wybór odpowiedniego rodzaju zalewy do funkcji, którą ma ona pełnić w nawierzchni. ■

Literatura

1. http://www.euroasfalt.pl
2. http://hydrog.com/?of=13
3. http://www.rekma.pl

**dr hab. inż. Paweł Mieczkowski**,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Eurovia Polska S.A.




# MODBIT HiMA

## ASFALTY NOWEJ GENERACJI

odporność na czynniki zewnętrzne

wydłużony czas eksploatacji

produkt zaawansowany technologicznie

www.lotos.pl

LOTOS