

# NAWIERZCHNIE ASFALTOWE

Kwartalnik Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asphaltowych

Nr 3/2014<sup>(39)</sup>

ISSN 1734-1434

**Jasność nawierzchni  
jako czynnik wpływający na wzrost  
bezpieczeństwa kierowców  
i trwałości dróg, oraz na obniżenie  
kosztów oświetlenia ulic**

Nowe spojrzenie na jasne nawierzchnie

**Modyfikacja z użyciem mączki gumowej**

Niemieckie zalecenia GmBA

**I jak inwestycja i innowacja**

Powrót technologii kompaktowych warstw asfaltowych

PSWNA

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców Nawierzchni Asphaltowych





# Spis treści

Nawierzchnie Asfaltowe nr 3/2014<sup>(39)</sup>

**4** . . . . . **Jasność nawierzchni jako czynnik wpływający na wzrost bezpieczeństwa kierowców i trwałości dróg oraz na obniżenie kosztów oświetlenia ulic**

OLIWIA MERSKA

**10** . . . . . **Modyfikacja z użyciem mączki gumowej – nowe niemieckie zalecenia GmBA [1]**

WACŁAW MICHAŁSKI, MAREK DANOWSKI

**17** . . . . . **I jak inwestycja i innowacja**

ANNA KRAWCZYK

## XXXI Seminarium Techniczne PSWNA

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

zaprasza na

XXXI Seminarium Techniczne

organizowane w dniach 27–29 października br.

w Hotelu Boss w Warszawie

### 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:  
Pixmac.pl

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

*Nowa perspektywa unijna – dlaczego asfalt?* – to hasło naszego kolejnego, XXXI Seminarium Technicznego. W momencie gdy piszę dla Państwa tę notę, plan budowy dróg krajowych nie jest jeszcze zatwierdzony, ale gdy nasze spotkanie się rozpocznie, będzie już wiadomo, ile kilometrów dróg zostanie wybudowanych w technologii asfaltowej, a ile w betonowej. Chodzą słuchy, że więcej niż w poprzednim okresie finansowania będzie dróg betonowych. Dla nas, asfalcjarzy, oznacza to jeszcze większe natężenie prac. Zachęcam więc Państwa do aktywności. Okażą ku temu nadarzy się już niebawem, bo 27 października br.

Jak zwykle zależało nam na tym, by program seminarium był urozmaicony. Pozostając przy tematyce dobrych praktyk, tym razem zaprezentujemy przykłady z autostrady A1.

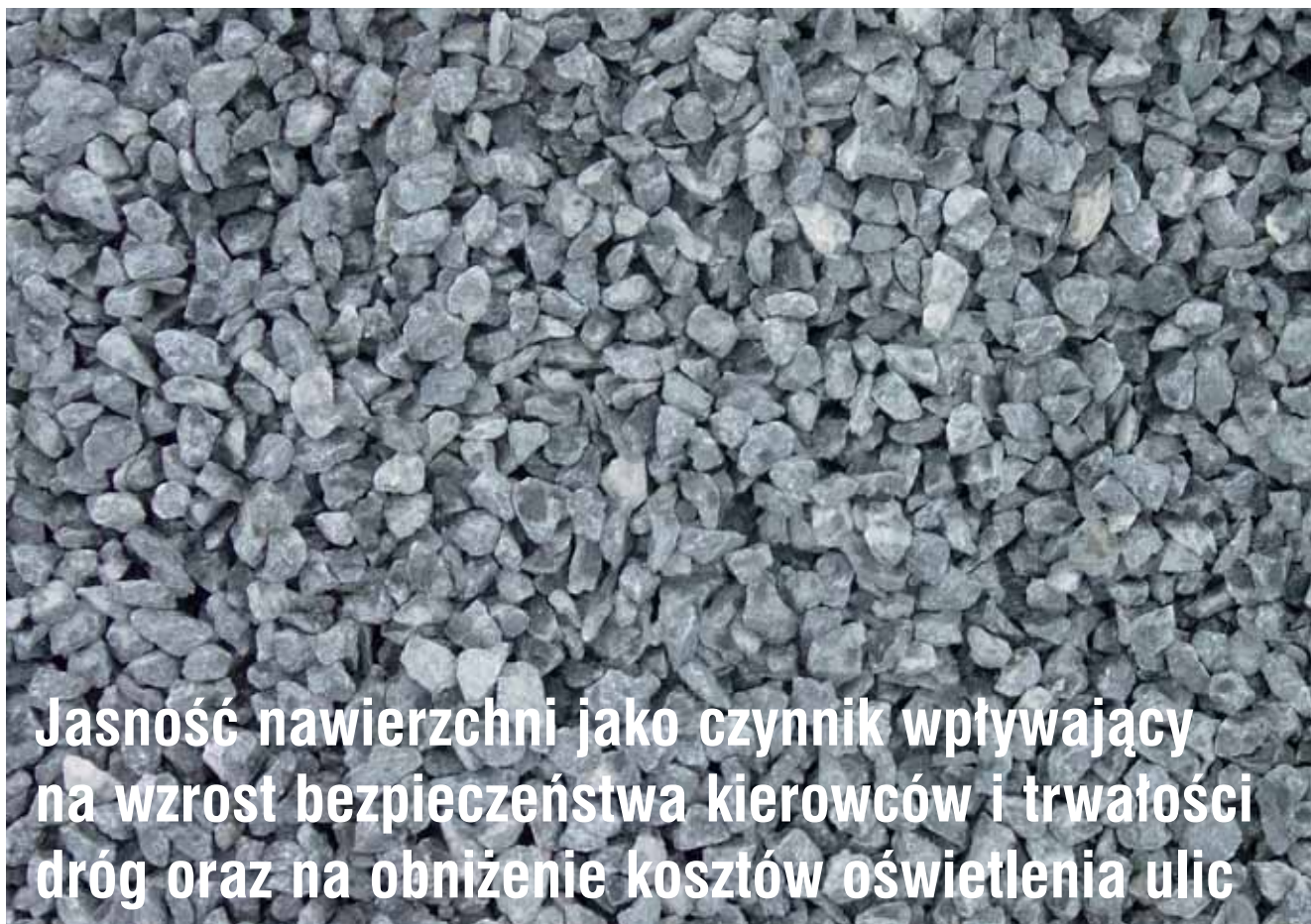
Sporą część spotkania poświęcimy nowościom w branży asfaltowej. Naszym gościem specjalnym będzie prof. dr inż. Dieter Grosshans z berlińskiego Instytutu Badawczego Materiałów Budowlanych (PEBA). Chciałbym, abyśmy wspólnie zastanowili się nad dalszymi działaniami, jakie nasza branża powinna podjąć. Inspiracji z pewnością dostarczy referat „Asfaltowa droga do Brukseli, czyli jak zwiększyć skuteczność branży drogownictwa w instytucjach Unii Europejskiej”.

Jesteśmy w ciekawym momencie, bo tuż przed zatwierdzeniem przez Komisję Europejską osi priorytetowych dla Programów Operacyjnych. Poznawszy je, regiony rozpiszą programy regionalne uwzględniające ich potrzeby. Już teraz wiadomo jednak, że nacisk zostanie położony na rozwój innowacyjności w przedsiębiorstwach, ale koniecznie we współpracy z instytucjami naukowymi. A ponieważ w naszym gronie mamy zarówno przedstawicieli administracji, producentów materiałów, jak i firm wykonawczych, będziemy mieli szansę poznać różne punkty widzenia.

Zalecane powiązania już istnieją, czego dowodzi budowa obwodnicy Gdowa w Małopolsce. Uwarunkowania środowiskowe zmusiły inwestora do poszukania alternatywnej technologii cichej nawierzchni. Gremium naukowe i biznesowe porozumiało się i powstała pierwsza w kraju droga z asfaltu porowatego, który został użyty w warstwie ścieralnej i wiążącej. Szczegóły w wydaniu, a także podczas seminarium.

Inny przykład wyjścia poza dotychczasowe ramy to spotkanie drogowców i oświetleniowców. Jego efektem jest nowe spojrzenie na technologię jasnych nawierzchni w aspekcie bezpieczeństwa na drogach i trwałości nawierzchni.

Z życzeniami miłej lektury  
Andrzej Wyszyński



## Jasność nawierzchni jako czynnik wpływający na wzrost bezpieczeństwa kierowców i trwałości dróg oraz na obniżenie kosztów oświetlenia ulic

FOT. ŚLĄSKIE KRUSZYWA NATURALNE

Inspiracją do napisania poniższego artykułu stała się konferencja, która w połowie września br. odbyła się w Chorzowie. Spotkanie w całości poświęcone było zagadnieniom związanym z jasnymi nawierzchniami. Dzięki zaproszonym ekspertom z branży oświetleniowej i drogowej możliwe było rozpatrywanie tych zagadnień w ujęciu globalnym. Organizatorem konferencji, która zgromadziła blisko 50 przedstawicieli administracji drogowej i świata nauki, było wydawnictwo Inframedia, a jego partnerami – Śląskie Kruszywa Naturalne oraz firma Schröder Polska.

Oświetlenie drogowe jest jednym z ważniejszych czynników wpływających na bezpieczeństwo ruchu oraz bezpieczeństwo publiczne mieszkańców miast i wsi. Głównym jego zadaniem jest umożliwienie kierowcy dostrzeżenia w odpowiednim czasie przeszkody na drodze poprzez zapewnienie odpowiedniego kontrastu pomiędzy obiektem a nawierzchnią.

Nawierzchnia stanowi dużą część pola widzenia kierowcy oraz tło, na którym odznacza się ewentualna przeszkoda, dlatego jest ona dla widoczności na drodze tak ważna. Mechanizm

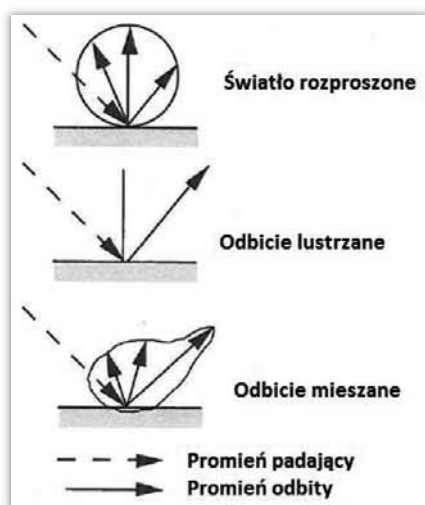
widzenia kierowcy oparty jest na zasadzie kontrastu, np. ciemny obiekt na tle jasnej nawierzchni. Oświetlenie drogowe jako źródło światła ma za zadanie stworzyć warunki dobrego i komfortowego widzenia, w których obserwator widzi zgodnie ze swoimi potrzebami, nie zwracając nadmiernej uwagi na punkty świetlne.

Oznaczenie parametrów fotometrycznych nawierzchni pozwala projektantom na prawidłowy dobór oświetlenia drogowego oraz na optymalizację jego kosztów instalacji i eksploatacji. Zdaniem inżynierów oświetlenia większość in-

stalacji w Polsce jest projektowana bez uwzględnienia rzeczywistych właściwości refleksyjnych nawierzchni. Wszystko zaczyna się od błędnego założenia projektowego, które jest wynikiem przyjęcia do obliczeń stałego współczynnika jasności nawierzchni  $R3007$  ( $Q_0=0,07$ ). A przecież występują u nas nawierzchnie ciemne, bazaltowe o  $Q_0=0,05$ . Dla porównania nawierzchnie rozjaśnione lub jasne charakteryzują się współczynnikiem  $Q_0$  w przedziale od 0,09 do 0,11. W konsekwencji część dróg może być niedoświetlona, a część nad-

miernie oświetlona. Tymczasem znajomość typu nawierzchni umożliwia racjonalne zarządzanie zużyciem energii.

Właściwości fotometryczne nawierzchni drogowej opisywane są przez modele odbicia światła (rys. 1) od danej powierzchni. Nawierzchnie drogowe odbijają światło w **sposób mieszany** w zależności od swej tekstury (mikrotekstura, makrotekstura). Powierzchnie gładkie, błyszczące, mokre odbijają światło w **sposób kierunkowy (lustrzany)**, zgodnie z zasadą geometrii optycznej, gdzie kąt padania i kąt od-



Rys. 1. Modele odbicia światła

bicia są sobie równe i leżą w płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni odbijającej. Istnieje jeszcze **odbicie rozproszone**, gdzie promień padający może być odbity w różnych kierunkach. Takim sposobem odbicia charakteryzują się powierzchnie szorstkie i matowe.

Nawierzchnie drogowe należą do wtórnych źródeł światła, ponieważ świecą, odbijając i rozpraszając padające na nie światło. Obserwator widzi powierzchnię drogi, ponieważ światło odbite trafia do jego oka. Wrażenie wzrokowe jest tym silniejsze, im więcej jest światła. Powierzchnia drogi wydawać się będzie tym jaskrawsza, im wrażenia wzrokowe będą silniejsze.

Miarą jasności świecących powierzchni jest **luminancja L**. Różne nawierzchnie drogowe charakteryzują się różnymi właściwościami refleksyjnymi. Aby ułatwić dokonanie oceny fo-

tometrycznej powierzchni, wprowadzono kilka wskaźników:

- a) **wskaźnik luminancji  $q$  ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )** jest to stosunek luminancji świetlnej elementu powierzchni w danym kierunku **L** (np. jezdni) do natężenia oświetlenia na powierzchni ośrodka **E** (np. jezdni). Wartość wskaźnika luminancji zależy od kątów padania światła, od oprawy, położenia obserwatora względem obserwowanego elementu
- b) **średni wskaźnik luminancji  $Q_0$  ( $\text{cd}/\text{m}^2 \cdot \text{lx}$ )** określa poziom całkowitego współczynnika odbicia nawierzchni
- c) **wskaźnik odbicia kierunkowego  $S_1$**  określa, w jaki sposób nawierzchnia odbija światło w sposób kierunkowy.

Odnoszące się do suchej powierzchni parametry  $Q_0$  i  $S_1$  stanowią podstawę systemu klasyfikowania nawierzchni zgodnie z ich właściwościami fotometrycznymi.

Aby umożliwić dobór odpowiedniego systemu oświetleniowego, Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa (CIE) podzieliła nawierzchnie na cztery klasy (tab. 1). Nawierzchnie klasy R1 to nawierzchnie jasne i rozpraszające (np. betonowe), nawierzchnie klasy R4 to nawierzchnie odbijające światło w sposób kierunkowy, (np. czarne, gładkie nawierzchnie asfaltowe). Wytyczne niemieckie wprowadzają dodatkową klasyfikację ze względu na zastosowanie danej nawierzchni (tab. 2).

### Wymagania oświetlenia drogowego – normy

W wyniku wstąpienia Polski do Unii Europejskiej niezbędne okazało się wprowadzenie zmian w krajowych przepisach. Norma PN-76/E-02032 „Oświetlenie dróg publicznych” została z dniem 15.03.2005 r. wycofana ze

Tabela 1. Podział nawierzchni pod względem jasności

Klasa	$S_1$	$Q_0$
R1	0,25	0,10
R2	0,58	0,07
R3	1,11	0,07
R4	1,55	0,08

zbioru Polskich Norm i zastąpiona, na zasadzie uznania, nową normą europejską EN 13 201 w języku angielskim. W 2007 r. norma została przetłumaczona i znalazła się w zbiorze Polskich Norm.

Zapisy nowej normy odzwierciedlają aktualny stan wiedzy w dziedzinie techniki oświetleniowej. Ostatnie lata przyniosły dynamiczny rozwój technologii oświetleniowych, w tym źródeł promieniowania świetlnego oraz elektrycznego osprzętu oświetleniowego. Realizowana przez kraje unijne wspólna strategia energetyczna ma zapewnić Europie zrównoważone korzystanie z zasobów energetycznych.

Obowiązująca norma PN-EN 13 201: 2007 składa się z następujących części:

1. PKN-CEN/TR 13 201-1: 2007. Oświetlenie dróg. Część 1 – Wybór klas oświetlenia
2. PN-EN 13 201-2: 2007. Oświetlenie dróg. Część 2 – Wymagania oświetleniowe
3. PN-EN 13 201-3: 2007. Oświetlenie dróg. Część 3 – Obliczenia oświetleniowe
4. PN-EN 13 201-4: 2007. Oświetlenie dróg. Część 4 – Metody pomiarów parametrów oświetlenia.

Dla projektantów oświetlenia drogowego istotne są trzy pierwsze części normy. Część czwarta określa procedury weryfikacji stanu oświetlenia drogowego. Podane w normie parametry uwzględniają założenia efektywnego wykorzystania energii elektrycznej.

Tabela 2. Podział nawierzchni pod względem jasności wg wytycznych niemieckich

	$Q_{0Range}$ ( $\text{cd}/\text{m}^2 \cdot \text{lx}$ )	Przykład zastosowania
A	$\geq 0,09$	tunele
B	$\geq 0,07$	drogi przejazdowe w terenie zabudowanym
C		brak specjalnych wymagań



Norma dotyczy oświetlenia powierzchni zarówno dla szybkiego ruchu pojazdów, jak i wolnego ruchu pieszych. Zawiera system, według którego powierzchnie ruchu są definiowane dla celów oświetleniowych, tzw. grupy sytuacji oświetleniowych. Określone parametry charakteryzują geometrię rozważanej powierzchni z uwzględnieniem jej przeznaczenia techniczno-ruchowego oraz wpływu otoczenia. Załącznik 1 do normy umożliwia ustalenie klasy oświetleniowej rozważanego obszaru. Wprowadzono kilka klas oświetleniowych i oznaczono je następującymi symbolami i określeniami:

**Klasy ME** – dostosowane do potrzeb kierowców pojazdów mechanicznych poruszających się głównie po autostradach i trasach szybkiego ruchu, o dopuszczalnej prędkości ruchu od średniej do wysokiej.

**Klasy CE** – dostosowane do potrzeb kierowców pojazdów mechanicznych poruszających się na obszarach konfliktowych, np. ulice w obszarach handlowych, jednopoziomowe skrzyżowania o większym stopniu złożoności, ronda itp. Klasy te odnoszą się również do pieszych i cyklistów.

**Klasy S i A** – dostosowane do potrzeb pieszych i rowerzystów poruszających się po chodnikach i ścieżkach rowerowych, drogach bezpieczeństwa i innych obszarach drogowych leżących w rozdzieleniu wzdłuż jezdni tras szybkiego ruchu, obszarów mieszkalnych, dróg wyłączanie dla pieszych, obszarów parkowania, terenach szkolnych itp.

**Klasy ES** – stosowane są jako klasy dodatkowe, w sytuacjach gdy oświetlenie publiczne jest konieczne dla rozpoznania osób i przeszkod na obszarach dróg o większym niż normalnie zagrożeniu wypadkiem lub przestępstwem.

**Klasy EV** – stosowane są jako klasy dodatkowe, w sytuacjach gdy powinny być widoczne płaszczyzny pionowe – stacje obsługi, obszary skrzyżowań wielopoziomowych itp.

## Narzędzia pomiarowe

Projektując instalację oświetleniową, należy wziąć pod uwagę szczególne parametry geometryczne i fotometryczne zarówno źródeł światła,

jak i nawierzchni drogowej. Do tej pory standardowym narzędziem używanym do scharakteryzowania fotometrii drogi były stabelaryzowane współczynniki luminancji. Jednakże ostatnie badania wykazały, że tablice nie są reprezentatywne. W związku z tym, w celu optymalizacji instalacji oświetleniowej oraz zapewnienia odpowiedniego poziomu jaskrawości i jednorodności oświetlenia, konieczne jest dokonywanie pomiarów fotometrycznych drogi. Potrzebne wielkości fotometryczne można wyznaczyć przy użyciu odpowiedniego sprzętu pomiarowego.

1. Urządzenie typu goniofotometr służy do pomiaru rozkładu przestrzennego wielkości świetlnych, charakteryzujących źródła światła, oprawy oświetleniowe lub powierzchnie. Stosowane w warunkach laboratoryjnych pozwala na wyznaczenie geometrii emisji i absorpcji światła próbek wyciętych z drogi.
2. Lumenomierz kulisty (tzw. kula Ulbrichta) jest światłoszczelnie zamkniętą przestrzenią, pokrytą wewnątrz białą farbą o dużym współczynniku odbicia. W urządzeniu dokonuje się pomiaru współczynnika odbicia w warunkach laboratoryjnych.



Lepiszczce syntetyczne

3. Francuskie urządzenie COLURROUTE jest przenośnym reflektometrem. Umożliwia nieniszczący pomiar na miejscu, bez konieczności wycinania próbek z drogi. Mobilność urządzenia pozwala na przeanalizowanie większej powierzchni drogi, dzięki czemu zwiększa się dokładność pomiarów. Dodatkowo badania nieniszczące pozwalają na monitorowanie zmian fotometrycznych w czasie.
4. Urządzenie MEMPHIS firmy Schröder jest przenośnym reflektometrem umożliwiającym wykonanie prostych i dokładnych pomiarów fotometrycznych nawierzchni drogowych. Za pomocą aparatu określa się poziom użytecznego strumienia świetlnego w zależności od rodzaju badanej powierzchni (rys. 2). Pomiary terenowe są pomiarami bezinwazyjnymi i mogą być przeprowadzane zarówno w dzień, jak i w nocy.

## Jasne i rozjaśniane nawierzchnie

Polska literatura fachowa nie podaje jednoznacznych definicji nawierzchni jasnych i rozjaśnianych, dlatego posłużymy się literaturą francuską.

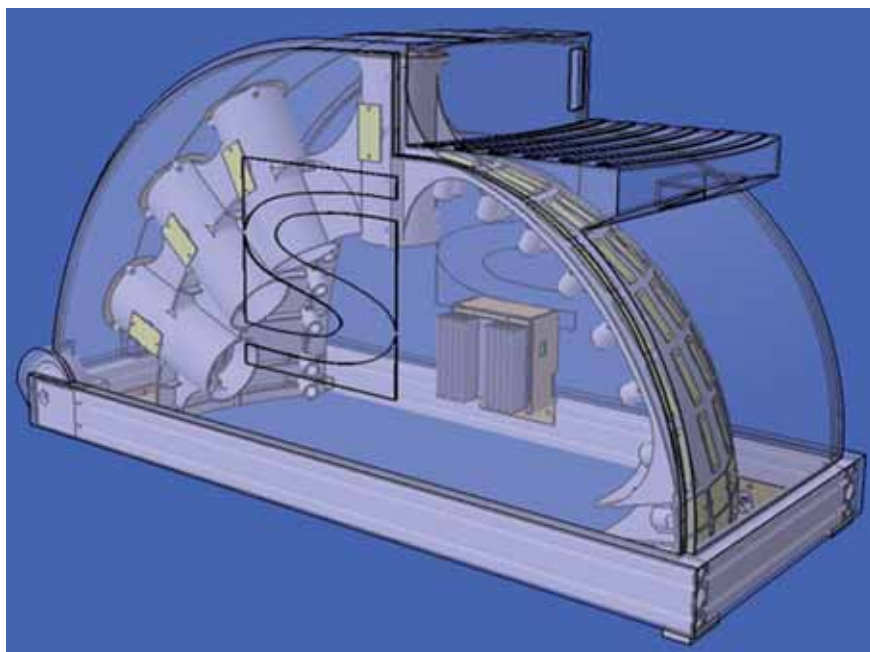
**Nawierzchnie jasne** – mieszanki mineralno-asfaltowe na bazie lepiszcza syntetycznego z wykorzystaniem białych kruszyw. Nawierzchnia charakteryzuje się wysokim współczynnikiem jasności w momencie oddania drogi do ruchu.

**Nawierzchnie rozjaśniane** – mieszanki mineralno-asfaltowe na bazie lepiszcza tradycyjnego i jasnego kruszywa. Rozjaśnienie nawierzchni następuje z czasem w wyniku ruchu pojazdów albo mechanicznego usunięcia lepiszcza.

W drogownictwie istnieje kilka sposobów uzyskania efektu jasnych nawierzchni.

### 1. Stosowanie kruszywa rozjaśniającego

Działanie kruszywa rozjaśniającego zaczyna być widoczne po pewnym czasie, gdy w wyniku ruchu pojazdów, czynników atmosferycznych lub mechanicznie usunięta zostanie powierzchniowa błonka lepiszcza. Stanowiące zdecydowanie najważniejszy czynnik rozjaśniający nawierzchnię kruszywo może być naturalne lub sztuczne. Do jasnych kruszyw naturalnych zalicza się: gabra, kwarcyt, granit, granodioryt czy norweski lysit. Gabra to magmowa skała wylewna o dużej wytrzymałości, niskiej porowatości i dużej mrozoodporności. Dzięki swoim parametrom i dostępności na polskim rynku może być z powodzeniem stosowana do warstw ściernych. Kwarc i kwarcyty są z reguły twarde i odporne na obróbkę mechaniczną. Kwarcyt to skała metamorficzna powstała z przeobrażenia skał osadowych, zawierająca bardzo dużą ilość



ZŹRÓDŁO: SCHRÖDER

Rys. 2. Urządzenie MEMPHIS firmy Schröder

kwarcu. Na rynku lokalnym spotkać można również granity i granodioryty, ale w zależności od pochodzenia mogą one się bardzo różnić swoimi właściwościami. Ich działanie rozjaśniające jest różne i mniejsze w porównaniu do w.w. skał.

W efekcie zastosowania jasnych kruszyw naturalnych możliwe jest uzyskanie jasnych nawierzchni o wskaźniku luminancji  $Q_0 > 0,7$  cd/m<sup>2</sup>.lx.

Do kruszyw sztucznych zaliczyć można jasny żużel wielkopiecowy o różnym doborze barw i odpowiednio różnym efekcie rozjaśniającym. Spiekany na biało krzemień o handlowej nazwie Luxovit to sztuczne kruszywo o barwie białej i wysokim wskaźniku luminancji. Kruszywo to wykazuje wysoką odporność na polerowanie ( $PSV > 57$ ), a jego dodatkowym atutem jest niewielki spadek luminancji w stanie wilgotnym, co występuje w przypadku kruszyw naturalnych.

Innym sposobem na rozjaśnienie nawierzchni z wykorzystaniem kruszyw sztucznych jest zastosowanie kruszywa szklanego o handlowej nazwie Synopal.

Z punktu widzenia uczestnika ruchu dobór jasnego kruszywa powinien być uzależniony

od skuteczności rozjaśniania nawierzchni w nocy. To przemawiałoby za wyborem grysów sztucznych. Wiadomo, że zawilgocenie powierzchni wpływa ujemnie na efekt rozjaśnienia. W przeciwieństwie do sztucznych materiałów rozjaśniających naturalne kruszywa po zawilgoceniu mogą w dużym stopniu stracić swoją jasność.

Istotną wadą kruszyw sztucznych jest ich ograniczona dostępność na polskim rynku oraz wysoka cena – ok. 330 zł/t.

## 2. Stosowanie lepiszcza syntetycznego

Dobry efekt rozjaśnienia zapewnią połączenie jasnego kruszywa z lepiszczem syntetycznym lub lepiszczem pochodzenia roślinnego. Dodatkowym atutem lepiszcza bezbarwnego lub o barwie miodowej jest możliwość barwienia go za pomocą pigmentów na dowolny kolor.

Nawierzchnie asfaltowe na bazie jasnego lepiszcza wpływają korzystnie na estetykę otoczenia oraz bezpieczeństwo. Dodatek lepiszcza obniża ponadto temperaturę nawierzchni.

Choć w wyniku nanoszenia zabrudzeń przez ruch samochodowy tego rodzaju nawierzchnie tracą swą czystość, ich parametry fotometryczne nadal są lepsze niż w przypadku tradycyjnych nawierzchni.

## 3. Mechaniczna obróbka

W celu uzyskania natychmiastowego efektu rozjaśnienia, np. w tunelach, nawierzchnię można poddać obróbce mechanicznej. Chcąc uzyskać w wyniku przeprowadzonego zabiegu MMA o zróżnicowanym wygładzie, teksturze i kolorze, przed jej zaprojektowaniem należy uwzględnić barwę zastosowanego kruszywa.

Mechaniczna obróbka, mająca na celu usunięcie lepiszcza asfaltowego z powierzchni,



FOT. EUROVIA

Obróbka mechaniczna – metoda piaskowania



Obróbka mechaniczna – metoda wymywania

FOT. EUROVIA

może odbywać się metodą piaskowania, śrutowania lub wymywania. Celowy zabieg przeprowadza się po ok. 3 tygodniach od ułożenia MMA, a jego wydajność zależy od zastosowanej metody, ok. 200–400 m<sup>2</sup>/dzień. W zależności od wyboru metody uzyskuje się dodatkowo zwiększenie mikro- lub makrotekstury.

#### 4. Stosowanie jasnych kruszyw jako posypki na warstwę ścieralną

Jest to powszechnie stosowany zabieg służący uszeregowaniu nawierzchni. Przy odpowiednim doborze kruszyw może dać również efekt rozjaśniający. Wątpliwości może budzić jedynie trwałość tej metody, ponieważ niedostateczne złączenie posypywanych ziaren z wbudowaną nawierzchnią może powodować ich odspajanie w czasie eksploatacji drogi.

#### Zalety jasnych nawierzchni

Dobrze dobrane oświetlenie drogowe w połączeniu z jasną nawierzchnią znacząco wpływa na **bezpieczeństwo użytkowników** dróg. W porze nocnej warunki widzenia znacznie się pogarszają, zmniejsza się wtedy bezpieczeństwo i wygodność uczestników ruchu. Zastosowanie optymalnego oświetlenia oraz jasnych lub rozjaśnia-

nych nawierzchni zapewnia dodatkowy **komfort widzenia**, co uwalnia kierującego pojazdem od ciągłego napięcia i wysiłku. Na równomiernie oświetlonych, jasnych ciągach komunikacyjnych rzadziej występuje efekt oślepienia ze względu na odbicia lustrzane, dodatkowo następuje **zwiększenie kontrastowości**, co przekłada się na **lepszą rozpoznawalność obiektów**.

Należy też zwrócić uwagę na aspekt ekonomiczny stosowania nawierzchni jasnych i rozjaśnianych. Jako samodzielne inwestycje jasne nawierzchnie mogą okazać się droższe od tradycyjnych, zależy to od dostępności kruszyw oraz zastosowanych technologii. Z kolei dzięki właściwościom fotometrycznym tych nawierzchni zmniejsza się zużycie energii elektrycznej potrzebnej do oświetlenia dróg. Jeśli więc potraktować taką inwestycję jako inwestycję globalną (nawierzchnia + oświetlenie) i uwzględnić długoletni okres eksploatacji, bilans ekonomiczny może okazać się korzystny.

Rozjaśniane nawierzchnie skutecznie odbijają promieniowanie świetlne, dzięki czemu **zmniejsza się ilość pochłanianej przez nie energii**. Niższa temperatura nawierzchni (o prawie 8–10°C w stosunku do nawierzchni ciemnych) oznacza mniejsze ryzyko powstawania

kolein (badania porównawcze w ramach pracy IBDiM).

W dużych aglomeracjach miejskich, szczególnie w okresie intensywnego promieniowania słonecznego, występuje zjawisko miejskich wysp ciepła. Polega ono na termicznym uprzywilejowaniu przestrzeni miejskiej względem otaczających ją obszarów niezabudowanych. Obszary miejskie różnią się właściwościami radiacyjnymi, aerodynamicznymi, termicznymi czy wilgotnościowymi. Występowanie miejskich wysp ciepła przyczynia się do wzrostu kosztów klimatyzacji, do spadku sprawności i wydajności ludzi, a także do wzrostu ryzyka wystąpienia wypadków. Jasne nawierzchnie pomagają **przeciwdziałać efektem wysp ciepła**, a przez to przyczyniają się do tego, by w mieście panowały zdrowsze i bardziej komfortowe warunki życia.

Bezpieczeństwo ruchu jest zależne od wielu czynników. Nadrzędnym celem budownictwa drogowego jest uwzględnienie już na etapie projektowania czynników wpływających na bezpieczeństwo i komfort użytkowników dróg. Przy realizacji inwestycji powinno się dążyć do osiągnięcia optymalnej jakości, co zapewnia staranny dobór materiałów i rozwiązań technologicznych oraz prawidłowe wykonanie.

Już na etapie projektu inżynierowie drogowi powinni ściśle współpracować z inżynierami oświetlenia na rzecz doboru optymalnego rozwiązania oświetleniowego. Efektem powinno być ustalenie wytycznych dotyczących projektowania i realizacji instalacji oświetleniowych, które zapewnią użytkownikom dróg dobrą widoczność, zwiększenie bezpieczeństwa oraz płynność ruchu drogowego, przy jednoczesnym zastosowaniu możliwie najoszczędniejszych energetycznie i najbardziej przyjaznych środowisku produktów oświetleniowych (opraw, urządzeń zasilających, systemów monitoringu oświetlenia).

Wykonanie projektu oświetlenia powinno poprzedzać wykonanie pomiarów fotometrycznych. To praktycznie jedyny obiektywny sposób na określenie faktycznych parametrów świetlnych danej drogi.

Zanim projekt zostanie przekazany do realizacji, projektant powinien przygotować jego kil-



## Rozjaśniane nawierzchnie w Polsce – realizacje

1. Autostrada A4 Wrocław–Katowice. Odcinek Przylesie–Prądy. Warstwa ścieralna SMA 0/12,8. Kruszywo: bazalt+gabro. Przekazane do ruchu: 2000 r.



Autostrada A4 Wrocław–Katowice

FOT. ŚLĄSKIE KRUSZYWA NATURALNE

2. Autostrada A4: Obwodnica Gliwic, Ruda Śląska–Katowice, Obwodnica Krakowa. Warstwa ścieralna SMA 0/12,8 lub 0/11. Kruszywo: bazalt+gabro lub 100% gabro. Przekazane do ruchu: 2004–2008 r.



Autostrada A1: Bełk–Świerklany

FOT. ŚLĄSKIE KRUSZYWA NATURALNE



Autostrada A4: Obwodnica Gliwic, Ruda Śląska–Katowice

FOT. ŚLĄSKIE KRUSZYWA NATURALNE

3. DK 81 Katowice–Żory–Skoczów. Warstwa ścieralna SMA 0/9,6. Kruszywo: gabro. Przekazane do ruchu: 2002 r.
4. Trasa Siekierowska i Most Siekierowski



Trasa Siekierowska i Most Siekierowski

FOT. ŚLĄSKIE KRUSZYWA NATURALNE

5. Ulica Grójecka w Warszawie
6. Autostrada A-2 Poznań–Konin, Konin–Dąbie.

ka wariantów, tak aby można było wybrać rozwiązanie najkorzystniejsze ze względu na koszty instalacji i eksploatacji oraz ze względu na parametry techniczne.

Na etapie odbioru niezbędne jest określenie procedury weryfikacyjnej, pozwalającej sprawdzić prawidłowość wykonania instalacji oświetleniowej, a także monitorowania poszczególnych parametrów oświetlenia w okresie eksploatacji.

Budowanie jasnych i rozjaśnianych nawierzchni asfaltowych w Polsce wynika z większej dostępności w niektórych regionach jasnych kruszyw. Efekt rozjaśnienia jest kwestią przypadku, a nie wynikiem zamierzonych działań. Dodatkowym utrudnieniem w stosowaniu w naszym kraju tego typu nawierzchni jest brak uregulowań w przepisach technicznych dotyczących kryteriów jasności nawierzchni, wymagań i metodyki badań. To uniemożliwia uwzględnienie czynnika jasności nawierzchni na etapie projektowania i dokonywania stosownych zapisów w Specyfikacjach Technicznych.

Innym ograniczeniem w świadomym stosowaniu jasnych nawierzchni jest brak doświadczeń oraz badań zależności pomiędzy kosztami oświetlenia a zastosowanymi nawierzchniami.

Jeśli jednak zechcemy skorzystać z wieloletnich doświadczeń naszych niemieckich i francuskich kolegów oraz z polskiego potencjału wykonawczego i zasobów surowcowych, świadome stosowanie jasnych i rozjaśnianych nawierzchni w naszym kraju może już w najbliższym czasie stać się faktem. ■

### Bibliografia

1. Chaussées bitumineuses claires et éclaircies en tunnel. CETU 14.10.2004
2. FGSV Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Arbeitspapier Reflexionseigenschaften von Gesteinskörnungen und Oberflächen aus Asphalt. Ausgabe 2010
3. Propriétés photométriques des revêtements de chaussée. CFTR Septembre 2006
4. Dariusz Sybilski, Robert Mularzuk: Wpływ zastosowania kruszywa gabro na właściwości nawierzchni asfaltowej. Drogownictwo 2002 nr 1
5. Materiały konferencyjne: Jasność nawierzchni jako czynnik wpływający na wzrost bezpieczeństwa kierowców i trwałości dróg oraz na obniżenie kosztów oświetlenia ulic. Doświadczenia w Europie i w Polsce. Chorzów 15–17.09.2014 r.

Oliwia Merska, technolog,  
Eurovia Polska SA

# Modyfikacja z użyciem mączki gumowej – nowe niemieckie zalecenia GmBA [1]

Wykorzystanie gumy do modyfikowania asfaltów i mieszanek mineralno-asfaltowych stanowi przedmiot wielu prac naukowo-badawczych, publikacji oraz dyskusji na konferencjach i seminariach technicznych. Jest to związane z koniecznością zagospodarowania dużych ilości zużytych opon samochodowych (działania na rzecz ochrony środowiska) oraz z dążeniem do poprawy właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych. Ponadto wpisuje się w poszukiwania najbardziej efektywnej metody poprawy właściwości lepszycy asfaltowych, a w konsekwencji poprawy cech użytkowych nawierzchni drogowych.

Literatura fachowa poświęcona tej tematyce to setki artykułów z całego świata, z opisem różnego rodzaju prób laboratoryjnych i doświadczeń terenowych. W Polsce prace badawcze na dużą skalę prowadzili politechnicy: Warszawska, Wrocławska, Białostocka oraz IBDiM. Na szczególną uwagę zasługują opracowania prof. M. Kalabińskiej, prof. J. Piłata i prof. P. Radziszewskiego, których część włączona została do podręcznika akademickiego „Nawierzchnie asfaltowe” [2].

Istotną pozycję stanowi również wydany w 2002 r. przez IBDiM w serii „Studia i materiały” Zeszyt nr 54 prezentujący różne sposoby wykorzystania zużytych opon samochodowych (głównie jednak do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych). Poza doświadczeniami wielu krajów w zagospodarowywaniu opon opisano w nim metody dodawania mączki gumowej oraz zrealizowane w końcu lat 90. XX w. odcinki doświadczalne [3].

Powszechnie znanym rozwiązaniem jest użycie do modyfikacji mieszanek mineralno-asfaltowych specjalnego destruktu gumowego o nazwie handlowej TecRoad, czyli drobnociarnistej mączki gumowej o uziarnieniu do 1 mm, zawierającej ok. 30% asfaltu. Szczegóły technologii IBDiM przybliżył już w publikacji z 2001 r. [4].

W procesie produkcji mieszanki TecRoad jest dodawany bezpośrednio do mieszalnika otaczarki. Jednym z efektów jego użycia jest zmniejszenie natężenia hałasu drogowego o 3–5 dB.

Produkt i technologia tak nazwana prezentowane były podczas Szwajcarskich Dni Techniki zorganizowanych w Warszawie w 2007 r.

W ostatnich latach z inicjatywy i pod nadzorem IBDiM z użyciem tej technologii wykona-

nych zostało szereg odcinków doświadczalnych. Po TecRoad sięgnęła również GDDKiA, która w 2010 r. zastosowała go po raz pierwszy na przebiegającym przez miasto Wyszków dwukilometrowym odcinku drogi krajowej nr 62.

Jedno z najczęściej pojawiających się pytań podczas dyskusji o wykorzystaniu gumy do modyfikacji asfaltu brzmi następująco: czy oprócz poprawy właściwości użytkowych nawierzchni w zakresie trwałości i odporności na odkształcenia (stabilności) następuje także zmniejszenie hałasu? Stosowne pomiary potwierdziły, że dodanie TecRoad do mieszanek mineralno-asfaltowych

## Recykling odpadów gumowych

– podział ogólny:

- recykling materiałowy,
- recykling energetyczny,
- zastosowanie całych opon.

przeznaczonych na warstwy ścieralne, w szczególności do asfaltu porowatego, skutkuje obniżeniem poziomu hałasu. Opinię tę podtrzymują kraje stosujące tę technologię, tzn. Austria, Niemcy, Szwajcaria, a ostatnio także Serbia i Turcja.

## Zalecenia E GmBA

Dwa lata temu w Niemczech opublikowane zostały „Zalecenia dotyczące stosowania asfaltu z dodatkiem gumy oraz mieszanek mineralno-asfaltowych z jego użyciem” (w skrócie: E GmBA). Dokument został przygotowany przez Naukowe Towarzystwo Drogownictwa i Komunikacji (FGSV) – instytucję użyteczności publicznej, grupującą specjalistów związanych z budo-

wą i utrzymaniem dróg, która od ponad 80. lat opracowuje przepisy drogowe w Niemczech.

Niemieckie opracowanie może okazać się przydatne dla polskich fachowców, zwłaszcza że wiele określeń technicznych w naszym drogownictwie przyjmowanych jest z Zachodu.

W E GmBA frakcja do 1 mm nazywana jest mączką gumową (Gummimehl), frakcja powyżej tego wymiaru to granulaty gumowy, który – co wyraźnie podkreślono – nie stanowi przedmiotu zaleceń.

Biorąc przykład z niemieckich specjalistów, drobnociarnisty materiał z przemiału opon samochodowych o uziarnieniu do 1 mm powinniśmy nazywać mączką gumową, a nie jak dotychczas miałem względnie granulatem gumowym. Kwestią do rozwiązania pozostaje krzywa uziarnienia mączki, która w zaleceniach została omówiona.

Do modyfikacji asfaltów i mieszanek mineralno-asfaltowych nadaje się destruktu odpowiednio rozdrobniony – najlepiej o uziarnieniu poniżej 1 mm. Z technicznego punktu widzenia uzyskanie materiału drobnociarnistego (w postaci mączki) o zalecanej granulacji nie jest sprawą prostą i wymaga użycia odpowiedniej instalacji. Konieczne jest rozdzielenie głównych części opony, tzn. gumy, stali i włókien.

Rozdrobnioną gumę w zależności od wielkości cząstek [2] można podzielić na cztery rodzaje:

- |                |            |
|----------------|------------|
| 1) pył gumowy  | < 0,2 mm,  |
| 2) miał gumowy | 0,2–1,0 mm |
| 3) granulaty   | 1,0–10 mm  |
| 4) grys        | > 10 mm.   |

Uziarnienie uzyskanego granulatu względnie miatu jest bardzo istotne i to w przypadku



**Tabela 1. Uziarnienia granulatu asfaltowego i miazgu gumowego [2]**

Wymiar oczek sита [mm]	Przesiew granulatu (miazgu) gumowego [% m/m]	
	granulat	miazg
6,35	100	-
4,76	70–90	-
2,00	10–20	100
0,84	0–5	50–100

obu głównych metod modyfikacji z użyciem gumy (tzn. „na sucho” i „na mokro”).

Modyfikacja z użyciem aktywowanej mączki gumowej ma na celu poprawę właściwości lepiszcza asfaltowego oraz wytworzonej z jego użyciem mieszanki mineralno-asfaltowej. Mączka gumowa może być dodawana do asfaltu (metoda „na mokro”) lub bezpośrednio do mieszalnika otaczarki (metoda „na sucho”).

Według aktualnego stanu wiedzy dodanie mączki gumowej poprawia przyczepność lepiszcza do kruszywa, polepsza właściwości mieszanki w niskiej temperaturze oraz zwiększa jej odporność na odkształcenia trwałe w temperaturze wysokiej.

Ponieważ dodanie mączki gumowej wpływa nie tylko na właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej, ale również na jej wytworzenie, urabialność i wbudowywanie, E GmBA zawiera również wskazówki dotyczące jej stosowania. Dokument zwraca ponadto uwagę na wpływ modyfikatora na badania wykonywane w ramach ZKP oraz na badania kontrolne.

Poniżej prezentujemy wyciąg z najważniejszych zapisów E GmBA. Dokumentowi towarzyszą 4 załączniki, z których 2 dotyczą badań w warunkach laboratoryjnych (chodzi o zawartość asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej modyfikowanej z użyciem gumy oraz o przygotowanie asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy do dalszych badań).

### Zakres stosowania zaleceń i terminologia

Zapisy E GmBA znajdują zastosowanie przy modyfikacji asfaltu z użyciem mączki gu-

mowej (metodą „na mokro”), przy wytworzeniu mieszanek typu wałowanego, warstw pośrednich zawierających asfalt, uszczelnień z warstw asfaltowych, a także przy produkcji mieszanek typu wałowanego, tzn. w sytuacji dodawania modyfikatora bezpośrednio do mieszalnika (metoda „na sucho”).

W celu zwiększenia przydatności mączki gumowej zaleca się użycie specjalnych dodatków modyfikujących ją samą. Stosowanie mączki gumowej bez użycia dodatku modyfikującego może nie przynieść zakładanego efektu w zakresie modyfikacji mieszanki mineralno-asfaltowej i dlatego jest niewskazane.

### Materiały do produkcji

Do wytworzenia asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy stosowane są następujące materiały:

#### Asfalt tzw. wyjściowy

Jako asfalty wyjściowe (podstawowe) stosowane są asfalty drogowe.

#### Mączka gumowa

Materiał wytworzony przez mechaniczne rozdrobnienie w temperaturze otoczenia względnie w niższej (tzw. zmielenie kriogeniczne). W wyniku mielenia powstają drobne cząsteczki o zmiennym uziarnieniu, włącznie z drobną mączką. Za najbardziej przydatne (optymalne) uważa się ziarna o średnicy do 0,8 mm.

Wytwarzana z opon samochodów ciężarowych i osobowych mączka stanowi mieszaninę kauczuku naturalnego i syntetycznego, mogą się w niej znaleźć także cząsteczki sadzy, cynku, krzemionki oraz siarki.

#### Dodatki

Służą do aktywacji samej mączki gumowej i/lub asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy, a dodawane są w celu polepszenia właściwości wytwarzanej mieszanki. Obecnie w tym charakterze używane są:

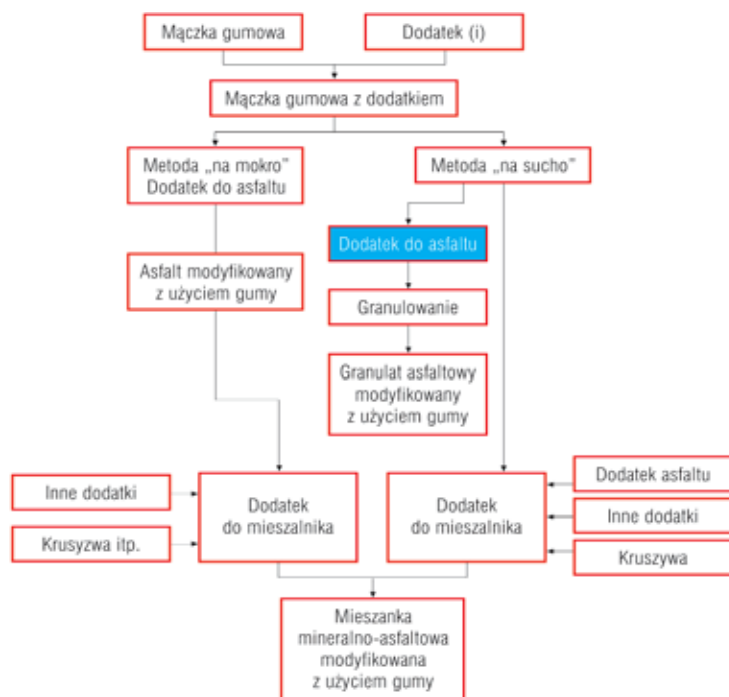
- oleje – ułatwiają rozpuszczanie i pęcznienie mączki gumowej, czyli tzw. proces dojrzewania
- polimery – poprawiają urabialność i zapobiegają przyleganiu mieszanki mineralno-asfaltowej do sprzętu i urządzeń

- dodatki zmniejszające lepkość asfaltu i polepszające urabialność mieszanki mineralno-asfaltowej.

Mogą być dodawane zarówno do asfaltu, jak i do mieszanki mineralno-asfaltowej. Przed dodaniem powinny zostać przebadane

### Terminy używane w E GmBA:

- **Mączka gumowa:** wytworzona ze starych opon samochodowych drobnoziarnista mączka (cząsteczki gumy) o maksymalnym uziarnieniu do 1 mm.
- **Granulat gumowy:** wytworzony ze starych opon samochodowych i innych zbliżonych wyrobów materiał drobnoziarnisty, o uziarnieniu powyżej 1 mm [granulat gumowy nie stanowi przedmiotu zaleceń E GmBA].
- **Aktywowana mączka gumowa:** mączka gumowa z dodatkiem np. olejów i/lub polimerów, a także zawierająca inne dodatki.
- **Asfalt modyfikowany z użyciem gumy (GmB):** asfalt drogowy z dodatkiem mączki gumowej, gotowy do użycia w wytwórni.
- **Granulat asfaltowy modyfikowany z użyciem gumy:** uzyskany z aktywowanej mączki gumowej, asfaltu i ewentualnie innych dodatków koncentrat, który następnie został poddany granulacji (zgranulowany). (Granulat asfaltowy, niem. *Bitumengranulat*, nie jest granulem asfaltowym pochodzącym z przeróbki destruktu. Są to dwa odmienne pojęcia. Asphaltgranulat został przed kilku laty nieprawidłowo przetłumaczony na język polski).
- **Metoda „na mokro”:** dodawanie aktywowanej mączki gumowej do asfaltu (tzw. mokre medium) w celu jego zmodyfikowania. Gotowy asfalt GmB można uznać za zbliżony do asfaltu modyfikowanego z użyciem polimeru (PmB), tzn. stanowi składnik gotowy do użycia.
- **Metoda „na sucho”:** dodawanie aktywowanej mączki gumowej względnie granulatu asfaltowego modyfikowanego z użyciem gumy w trakcie mieszania składników w wytwórni. Powstałe lepiszcze jest znakowane symbolem GmBT. W celu określenia (zbadania) właściwości może zostać uprzednio wytworzone w laboratorium.
- **Mieszanka mineralno-asfaltowa modyfikowana z użyciem gumy (GmA):** mieszanka, która została zmodyfikowana przy zastosowaniu metody „na sucho” lub „na mokro”.



Rys. 1. Terminy używane przy modyfikacji asfaltu i mieszanki mineralno-asfaltowej z użyciem gumy

pod kątem potencjalnych wzajemnych oddziaływań, np. zwiększania tendencji do rozsegregowywania się mieszanki – zarówno w połączeniu z mączką gumową, jak i z innymi dodatkami (tzw. wielokrotna modyfikacja).

### Metody modyfikacji z użyciem mączki gumowej

#### Metoda „na mokro” – modyfikowanie asfaltu

Proces ten polega na wymieszaniu mączki gumowej z dodatkami (mączka aktywowana), ewentualnie jeszcze innych dodatków, z gorącym asfaltem. Temperatura mieszania – ok. 180°C.

Dodawanie aktywowanej mączki gumowej do asfaltu może odbywać się w zakładzie wytwórczym lub na miejscu robót, tzn. w wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych w specjalnym mobilnym urządzeniu mieszającym. Techniki mieszania mogą być różne, np. z użyciem mieszadeł łopatkowych, specjalnych mieszalników, metod ścinających. Dobre efekty uzyskano z szybkoobrotowymi mieszakami wyposażonymi w przysięcienne urządzenia zgarniające.

Wytworzona mieszanka gumowo-asfaltowa musi następnie trafić do zbiornika wyposażonego

w urządzenie mieszające bez przerw przez 1–2 godziny. W tym czasie następuje tzw. proces dojrzewania, polegający na pęcznieniu cząsteczek gumy w wyniku absorpcji olejowych składników asfaltu. Prędkość mieszania powinna wynosić 30–50 obr./min, przy czym mieszadła powinny być tak dobrane, aby nie dochodziło do rozsegregowywania mieszanki. Powstała mieszanka wykazuje stabilność tylko w określonym czasie.

W przypadku stosowania metody „na mokro” zawsze należy uwzględnić czas na dojrzewanie wytworzonego lepisczka. Taka konieczność nie zachodzi w sytuacji dostarczenia do wytwórni asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy gotowego do użycia.

W zależności od stopnia rozdrobnienia mączki gumowej oraz rodzaju zastosowania dodatek mączki gwarantujący uzyskanie założonych parametrów mieszanki powinien wynosić 10–20% (m/m) ilości lepisczka.

Transportowana do wytwórni asfaltu mieszanka gumowo-asfaltowa powinna mieć temperaturę 180°C. Wykorzystywane dotychczas do przewozu asfaltu samochody cysterny są w stanie ten warunek spełnić. W celu zminimalizowania strat ciepła w trakcie transportu

na duże odległości należy używać cystern, które wyposażone są w urządzenie do podgrzewania asfaltu.

Przy projektowaniu wydajności pomp oraz przewodów rurociągów wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych należy uwzględnić bardzo wysoką lepkość gotowego asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy.

Przygotowany asfalt modyfikowany z użyciem gumy należy zużyć w jak najkrótszym okresie.

Istnieje możliwość bezpośredniego podawania lepisczka z pojazdu, który je dostarczył – poprzez wagę lepisczka – do mieszalnika.

W przypadku gdy wiadomo, że na rozładunek trzeba będzie czekać, do transportu należy wybrać cysternę wyposażoną w urządzenie mieszające lub umożliwiającą przepompowanie znajdującego się w niej lepisczka.

W trakcie składowania i produkcji asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy musi być zachowana właściwa temperatura – zalecany zakres 160–180°C. Składowanie w wysokiej temperaturze przez okres dłuższy niż 3 doby może zmienić właściwości lepisczka. W takich przypadkach należy ponownie zbadać jego właściwości.

#### Metoda „na sucho” – modyfikacja mieszanki mineralno-asfaltowej

W tej metodzie aktywowana mączka gumowa względnie granulaty asfaltowy modyfikowany z użyciem gumy dodawany jest bezpośrednio do mieszalnika otaczarki.

W przypadku tego sposobu modyfikowania parametry asfaltu (jak również konieczny dodatek asfaltu) mogą zostać określone tylko w oparciu o wcześniejsze próby laboratoryjne przeprowadzone z użyciem asfaltu GmBT.

Metoda „na sucho” zalecana jest przy wytwarzaniu niewielkich ilości modyfikowanej mieszanki. Przy większych ilościach w celu uzyskania odpowiedniej jednorodności oraz wydajności produkcji należy zapewnić odpowiednie ilości dodatków.

Okres dojrzewania nie musi się ograniczać do czasu mieszania składników. Musi być natomiast przewidziany pewien okres składowania mieszanki.



## **Składowanie, wytwarzanie, transport, wbudowywanie mieszanki**

Mieszanka mineralno-asfaltowa modyfikowana powinna być składowana wyłącznie w zbiorniku z zainstalowanym podgrzewaniem wylotu.

W przypadku kiedy asfalt modyfikowany z użyciem gumy GmB lub GmBT przeznaczony jest do produkcji asfaltu porowatego względnie SMA, można zrezygnować z użycia stabilizatora mastyksu. Należy to ustalić na podstawie badań według zaleceń TP Asphalt-StB Część 18.

### **Składowanie i wytwarzanie**

#### ***Metoda modyfikacji „na mokro”***

– Dostawy asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy (GmB)

Przy rozładowywaniu wagonu cysterny względnie cysterny samochodowej należy brać pod uwagę zalecenia producenta dotyczące minimalnej temperatury. Parametry pompy i jej wydajność muszą być dostosowane do lepkości asfaltu.

– Składowanie asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy (GmB)

Gotowe modyfikowane lepszczce asfaltowe powinno zostać zużyte jak najszybciej. W przypadku składowania tzw. statycznego (bez przepompowywania, bez urządzenia mieszającego) lepszczce jest stabilne przez krótki okres, dlatego należy brać pod uwagę zalecenia producenta.

W razie konieczności dłuższego składowania lepszczca należy wybrać zbiornik z urządzeniem mieszającym, ponieważ przepompowywanie w obrębie (wewnątrz) jednego zbiornika z reguły nie zapobiega rozsegregowaniu lepszczca.

– Dodatek asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy (GmB) do mieszalnika otaczarki

Wydajność pompy oraz średnice przewodów rurociągów muszą zostać dobrane odpowiednio do lepkości asfaltu. Dozowanie następuje poprzez urządzenie dozujące danej wytwórni.

– Proces mieszania

Nie ma potrzeby wprowadzania zmian w procesie mieszania składników.

Maksymalna temperatura mieszania nie powinna przekraczać 170°C.

Po zakończeniu produkcji mieszanki konieczne jest gruntowne oczyszczenie (np. z zastosowaniem asfaltu drogowego 50/70 lub 70/100) wszystkich przewodów doprowadzających asfalt.

#### ***Metoda modyfikacji „na sucho”***

– Składowanie Big Bagów względnie pojemników plastikowych

Opakowania z aktywowaną mączką gumową względnie z granulatem asfaltowym modyfikowanym z użyciem gumy należy przechowywać w odpowiednich pomieszczeniach (warunkach), zabezpieczone przed dostępem wilgoci i promieniowania słonecznego. Aby nie doszło do zbrzylenia się materiału, wysokość składowania pojemników nie powinna przekraczać 2 m.

– Dodawanie do mieszalnika otaczarki

Dodawanie mączki gumowej do mieszalnika otaczarki powinno się odbywać z użyciem automatycznego (zautomatyzowanego) urządzenia dozującego.

Przy dozowaniu objętościowym jego sposób musi zostać ustalony – wykalibrowany odpowiednio dla danego wyrobu.

W przypadku dozowania ręcznego wielkość opakowania musi odpowiadać wielkości potrzebnej dawki oraz być zgodna z aktualną receptą.

Przy odmiennym opakowaniu dodatek musi zostać dostosowany do wagi zarobu.

– Proces mieszania

Mączka gumowa względnie granulatu asfaltowego modyfikowanego z użyciem gumy dodawany jest bezpośrednio do mieszalnika zawierającego gorącą mieszaninę kruszywa i wypełniacza. Po krótkim mieszaniu na sucho (ok. 10 sek.) powinien nastąpić wtrysk asfaltu.

W zależności od rodzaju produkowanej mieszanki może okazać się konieczne wydłużenie czasu mieszania z asfaltem – nawet do 30 sek.

Maksymalna temperatura mieszania wynosząca 170°C nie powinna być przekraczana.

Przy stosowaniu mączki gumowej czas trwania mieszania może okazać się niewystarczający dla tego, by dojrzały komponenty gumy. Z tego powodu należy przewidzieć czas (zwykle ok. 1 godz.) na składowanie gotowej mieszanki mineralno-asfaltowej w zasobniku względnie na pozostawienie jej w pojeździe transportującym.

W przypadku zastosowania granulatu asfaltowego modyfikowanego z użyciem gumy czas potrzebny na dojrzewanie cząsteczek gumy oraz czas składowania mogą zostać skrócone. zasadniczo należy przestrzegać wskazań producenta granulatu.

### **Transport mieszanki**

Transport mieszanki mineralno-asfaltowej został opisany w ZTV Asphalt-StB 07 punkty 2, 3, 4.

Transportujące mieszankę mineralno-asfaltową pojazdy powinny być zwilżane minimalną ilością środka zapobiegającego przywieraniu. Z uwagi jednak na bardzo wysoką zdolność do przywierania do skrzyni ładunkowej mieszanek modyfikowanych oczyszczenie skrzyni może okazać się bardziej pracochłonne. Z tego powodu należy przewidzieć dodatkowe miejsce oraz specjalistyczne narzędzia do mechanicznego usuwania przyklejonej mieszanki.

### **Wbudowywanie mieszanki**

ZTV Asphalt-StB Część 3 należałoby uzupełnić o zalecenia:

- podajnik oraz kosz rozkładarki powinny być zwilżane matą ilością środka przeciwko przywieraniu mieszanki
- do zagęszczania warstwy nie należy używać walców z bieżnikiem gumowym
- należy przewidzieć pozycję kosztorysową „dodatkowe oczyszczanie narzędzi roboczych”.

Przy wytwarzaniu warstwy pośredniej zawierającej asfalt względnie przy wykonywaniu uszczelnienia jako warstwy asfaltu z użyciem asfaltu modyfikowanego należy używać odpowiedniego rodzaju skraparki z uwagi na dużą lepkość lepszczca.

### **Parametry asfaltów modyfikowanych gumą (GmB, GmBT i GmA)**

#### ***Parametry mączki gumowej***

Aktywowana mączka gumowa może mieć wilgotność co najwyżej 0,75% (m/m). Nie może zawierać włókien tzw. tekstylnych (co należy spraw-

**Tabela 2. Zalecane uziarnienie mączki gumowej**

Wymiar sita [mm]/Przechodzi [%m/m]	Dolna i górna granica uziarnienia mączki gumowej	
	granica dolna	granica górna
0,2	7	55
0,4	15	78
0,6	30	90
0,8	55	97
1,0	100	100

dzać w sposób wizualny) ani widocznych fragmentów metali nieżelaznych. Może zawierać nie więcej niż 0,1% (m/m) cząstek – włókien stalowych.

Maksymalne uziarnienie mączki gumowej wynosi 1,0 mm; krzywa uziarnienia powinna mieścić się w przedziale podanym w tabeli 2.

Uziarnienie mączki gumowej z dodatkami ma wpływ na fizyczne właściwości modyfikowanego asfaltu, a także wytworzonej z jego użyciem mieszanki mineralno-asfaltowej. Z tych powodów powinno zostać ono uzgodnione pomiędzy producentem mączki i wytwórcą asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy, a w przypadku modyfikacji prowadzonej w wytwórni (na budowie) pomiędzy producentem i właścicielem wytwórni MMA.

**Parametry asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy (GmB)**

Asfalt GmB produkowany jest metodą „na mokro”. Jego parametry, podane w tabeli 3, należy oceniać po dostarczeniu do wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych.

**Parametry asfaltów modyfikowanych z użyciem gumy wytworzonych w warunkach laboratoryjnych**

Mączka gumowa względnie granulaty asfaltowy modyfikowany z użyciem gumy musi być

mieszany z asfaltem drogowym zgodnie z zapisami w załączniku C.

Udział mączki gumowej lub granulatu asfaltowego należy określić w taki sposób, aby uzyskać parametry podane w tabeli 3.

**Właściwości wyekstrahowanego lepiszcza**

Uzyskane w wyniku ekstrakcji lepiszcze zawiera jedynie rozpuszczone cząstki gumy. Nie-rozpuszczone cząstki gumy zawarte są w agregacie mineralnym.

W celu zebrania doświadczeń w tabeli 4 podano właściwości wyekstrahowanego lepiszcza oraz wyliczone wartości.

**Rodzaje badań**

**Oznaczenie zawartości lepiszcza i odzysk lepiszcza**

Zawartość asfaltu rozpuszczonego w mieszance mineralno-asfaltowej zmienia się w zależności

**Tabela 3. Właściwości i parametry asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy**

Cecha/właściwość	Jednostka	Rodzaje lepiszcza			Metoda badania
		GmB 25/55-50	GmB 25/55-55	GmB 25/55-65	
Metoda „na mokro”		GmB 25/55-50	GmB 25/55-55	GmB 25/55-65	
Metoda „na sucho”		GmB 25/55-50	GmB 25/55-55	GmB 25/55-60	
Penetracja w 25°C <sup>1)</sup>	0,1 mm	25-55	25-55	25-55	DIN EN 1426
Temperatura mięknięcia PIK	°C	≥ 50	≥ 55	≥ 65	DIN EN 1427
Gęstość w 25°C	g/cm <sup>3</sup>	1,0 – 1,1			DIN EN ISO 3838
Temperatura zapłonu	°C	≥ 235			DIN EN ISO 2592
Nawrót sprężysty dla nitki o długości 20 cm (25°C) <sup>2)</sup>	%	≥ 50		≥ 60	DIN EN 13398
Zachowanie w niskiej temperaturze Reometr BBR Szywność w – 16°C; Wartość m w –16°C	MPa	≤ 200 ≥ 0,3	≤ 150 ≥ 0,3	≤ 200 ≥ 0,3	DIN EN 14771
Odształcalność Reometr dyn. ścinania (DSR) w 60°C i 1,59 Hz; szczelina 2 mm <sup>3)</sup> Moduł ścinania G* w 60°C; Kąt przesunięcia fazowego σ	Pa	≥ 6000 ≤ 65	≥ 8000 ≤ 65	≥ 10000 ≤ 65	DIN EN 14770
Odporność na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza wg DIN EN 12607-1; w 163°C					
Zmiana masy	%	≤ 0,5			DIN EN 12607-1
Wzrost penetracji	%	≥ 60			
Wzrost temperatury mięknięcia	°C	≤ 8			DIN EN 1427
Spadek temperatury mięknięcia	°C	≤ 2			DIN EN 1427
Nawrót sprężysty dla nitki o długości 20 cm (25°C) <sup>2)</sup>	%	≥ 50			DIN EN 13398

Uwagi:

<sup>1)</sup> Należy wykonać co najmniej 8 oznaczeń penetracji.

<sup>2)</sup> Przy wcześniejszym zerwaniu nitki asfaltu należy podać jej długość.

<sup>3)</sup> Odbiega od normy DIN EN 14770, ponieważ przy mniejszej szerokości szczeliny metoda jest niewystarczająco dokładna.



**Tabela 4. Właściwości wyekstrahowanego lepiszcza**

Cecha/właściwość	Jednostka	Asfalt odzyskany z asfaltu			Metoda badania
		GmB 25/50-50	GmB 25/55-55	GmB 25/55-65	
Metoda „na mokro”					
Metoda „na sucho”		GmBT 25/55-50	GmBT 25/55-55	GmBT 25/55-65	
Penetracja w 25°C <sup>1)</sup>	0,1 mm	należy podać wynik pomiaru			DIN EN 1426
Temperatura mięknięcia PiK	°C	należy podać wynik pomiaru			DIN EN 1427
Nawrót sprężysty dla nitki o długości 20 cm lub pęknięcie nitki (pomiar w 25°C) <sup>2)</sup>	%	należy podać wynik pomiaru			DIN EN 13398

Uwagi:

<sup>1)</sup> Należy wykonać minimum 8 oznaczeń penetracji.

<sup>2)</sup> W przypadku wcześniejszego pęknięcia nitki asfaltu należy podać jej długość.

od czasu składowania. Z tego względu zalecane jest wykonywanie badań wymienionych w załączniku C.

Badania mieszanki mineralno-asfaltowej z lepiszczem o krótkim okresie składowania wykazują spadek jego zawartości. Wraz z wydłużaniem się okresu składowania zawartość asfaltu rozpuszczonego może się zwiększać. Z uwagi na przepisy bhp podane badanie należy wykonać.

#### **Badanie koleinowania**

Badanie należy wykonać zgodnie zaleceniami TP Asphalt-StB Część 22. W celu zapobieżenia przywieraniu mieszanki do kółka stalowego płyty do badań należy przykryć folią aluminiową.

#### **Ubytki ziaren**

Ubytek ziaren kruszywa w przypadku asfaltu porowatego PA 8 i PA 11 należy zbadać według zaleceń TP Asphalt-StB Część 17.

### **Badanie typu ZKP, badania kontrolne**

Wymienionych w TP Asphalt-StB badań i metod nie da się zastosować w pełnym zakresie w odniesieniu do asfaltów modyfikowanych z użyciem gumy czy mieszanek mineralno-asfaltowych z tym lepiszczem. Z tego powodu należy brać pod uwagę dodatkowe wskazania.

Nie wszystkie części składowe mączki gumowej są rozpuszczalne w asfalcie. Część może znajdować się w kruszywie i z tego powodu:

- nie cała dawka asfaltu z dodatkiem gumy daje się wyekstrahować
- właściwości lepiszcza odzyskanego nie są identyczne z właściwościami wytworzonego asfaltu modyfikowanego
- nierozpuszczona część musi zostać oznaczona w laboratorium i uwzględniona.

Zalecane jest sprawdzanie właściwości lepiszcza według tabeli 3 w ramach badań własnych producenta lepiszcza.

Zalecane jest określanie właściwości asfaltu według tabeli 4 w ramach badania typu oraz WPK.

W rezultacie przechowywania i odzysku lepiszcza zmieniają się właściwości asfaltu – przede wszystkim temperatura mięknięcia.

W celu zwiększania doświadczenia uzyskane wyniki badań należy gromadzić.

Badania, które wychodzą poza zakres badania typu, stanowią ustalenia dodatkowe i jako takie powinny być uwzględniane w opisie przedmiotu zamówienia.

#### **Badanie typu**

Powinno być wykonywane zgodnie z TL Asphalt-StB 07 Część 4.1. W przypadku mieszanki mineralno-asfaltowej modyfikowanej z użyciem gumy należy przedstawić deklarację zgodnie z TL Asphalt-StB 07 Część 2.3.

Stosując metodę modyfikacji asfaltu „na sucho”, w badaniu typu należy podać źródło pozyskania mączki gumowej oraz wielkość jej dodatku.

Konieczna zawartość lepiszcza modyfikowanego gumą w mieszance mineralno-asfaltowej powinna być o 0,3–0,5% większa niż w przypadku asfaltu drogowego względnie asfaltu modyfikowanego elastomerem lub plastomerem (PmBA lub PmBC).

W przypadku metody „na mokro” w badaniu typu dla mieszanki mineralno-asfaltowej należy stosować próbki asfaltu uzyskane od producenta. W metodzie „na sucho” należy stosować lepiszcze wytworzone według zaleceń załącznika B.

Próbki Marshalla należy formować w temperaturze 145°C.

### **Zakładowa kontrola jakości (ZKJ)**

Zakładowa kontrola produkcji/jakości powinna być prowadzona zgodnie z wymaganiami ujętymi w TL Asphalt-StB punkt 4.2.

W przypadku wytwarzanej mieszanki mineralno-asfaltowej należy stwierdzić mniejszą zawartość lepiszcza rozpuszczalnego w stosunku do ilości ustalonej w badaniu typu (patrz p. 9.1). Zalecane jest, aby sprawdzanie mieszanki, której parametry ustalono w laboratorium, odbyło się na podstawie próbnego mieszania w wytwórni MMA przed rozpoczęciem robót.

Jako wymaganie dodatkowe należy wprowadzić badanie zawartości wolnych przestrzeni; powinno ono zostać przeprowadzone na próbkach Marshalla.

#### **Potwierdzenie jakości i oznakowanie znakiem CE**

Zgodnie z TL Asphalt-StB 07 punkt 4.3 oznaczenie zgodności oraz znakowanie znakiem CE wykonywane jest przez producenta.

#### **Świadectwo zgodności (Eignungsnachweis)**

W uzupełnieniu do wytycznych ZTV Asphalt-StB 07 należy podać następujące dane:

- całkowitą zawartość lepiszcza, oznaczoną po odzysku z mieszanki mineralno-asfaltowej według załącznika C
- wytwórcę asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy
- oznaczenie asfaltu jako GmB lub GmBT zgodnie z tabelą 3.

Zgodnie z załącznikiem C całkowita (łączna) zawartość asfaltu w mieszance wytworzonej w mieszanii próbnym zastępuje zawartość lepiszcza ustaloną w badaniu typu, która jest decydująca dla realizacji i odbioru danej inwestycji.

Zaleca się wpisanie jako pozycji kosztorysowej mieszania próbnego oraz poletka próbnego i zakresu próby jako pozycji szczególnych. Zaleca się również, aby w zawieranej umowie stwierdzone parametry traktowane były jako podstawa.

**Badania kontrolne**

Należy je wykonywać zgodnie z Dodatkowymi Warunkami Technicznymi ZTV Asphalt-StB 07 punkt 5.3.

W uzupełnieniu zaleca się wykonanie:

- badania lepiszcza
    - metoda „na mokro”: próbki lepiszcza modyfikowanego z użyciem gumy powinny być pobierane z każdej dostawy cysterną kolejową – najlepiej przy użyciu specjalnego zaworu. W przypadku modyfikacji w wytwórni – po zakończeniu procesu dojrzewania poprzez specjalny zawór na przewodzie lepiszcza
    - metoda „na sucho”: powinny zostać pobrane próbki aktywowanej mączki gumowej względnie granulatu asfaltowego modyfikowanego z użyciem gumy. W przypadku asfaltu GmBT, wytworzonego z użyciem aktywowanej mączki gumowej względnie granulatu asfaltowego i asfaltu, właściwości należy określać zgodnie z zaleceniami załącznika B
  - badania MMA
    - zawartość lepiszcza należy określać zgodnie z zaleceniami załącznika C
    - próbki Marshalla należy wykonywać w temperaturze 145°C
  - badania wykonanej warstwy
    - należy wykonywać zgodnie z zapisami ZTV Asphalt-StB 07 punkt 4.2.
- Do czasu zgromadzenia odpowiednich do-

świadczeń należy zaniechać oceny właściwości odzyskanego lepiszcza.

**Zasady wykonania nawierzchni**

Przyporządkowanie rodzaju lepiszcza do spodziewanego obciążenia ruchem obrazuje tabela 5.

W przypadku użycia mieszanek mineralno-asfaltowych z dodatkiem gumy w celu zredukowania emisji szkodliwych substancji oraz polepszenia urabialności można zastosować dodatki zmniejszające lepkość asfaltu.

Ponowne użycie materiału rozbiórkowego z warstw wykonanych z dodatkiem gumy nie zostało jeszcze wystarczająco przebadane. Z punktu widzenia technicznego recykling mieszanek mineralno-asfaltowych z dodatkiem gumy może być zalecany, podobnie jak mieszanek wytwarzanych z asfaltami według TL Bitumen-StB.

**Ochrona pracy i środowiska**

**Ochrona zatrudnionych pracowników**

Podczas wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych z dodatkiem gumy nie wydzielają się żadne inne pary i aerozole niż podczas wbudowywania dotychczas używanych rodzajów asfaltów.

W wyższej temperaturze, tzn. przekraczającej 180°C, w trakcie wytwarzania mieszanek z dodatkiem gumy zachodzą dotychczas niezdefiniowane reakcje rozkładu materiałów. Z tego powodu konieczne jest utrzymanie odpowiedniej temperatury mieszanki mineralno-asfaltowej.

Według aktualnego stanu wiedzy mieszanki modyfikowane z użyciem gumy mają niewielki

wpływ na zdrowie pracowników zatrudnionych przy ich produkcji.

**Badanie w zakresie zapachu**

Wydzielany przez mieszanki mineralno-asfaltowe zapach określa się za pomocą badania czynnika według normy DIN EN 13725. Dzięki przestrzeganiu zalecanych temperatur w ostatnich latach nie odnotowano problemów wywołanych szkodliwymi gazami wydzielającymi się z mieszanki wytworzonej z modyfikowanym lepiszczem.

- Eluat (roztwór zawierający substancje wymyte)

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń można stwierdzić, że mieszanki mineralno-asfaltowe modyfikowane z użyciem gumy nie wykazują innych zdolności do wymywania (elucji) niż dotychczas stosowane lepiszcza asfaltowe.

- Emisje gazów z wytwórni MMA

Wytwarzaniu mieszanek mineralno-asfaltowych w wytwórni towarzyszy emisja gazów. Pomiaru dokonane zarówno podczas wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych z dodatkiem gumy, jak i podczas ich ponownego użycia (recykling) dowiodły, że emisja (mierzona przy kominie wytwórni) utrzymuje się na tym samym poziomie jak emisja towarzysząca wytwarzaniu oraz recyklingowi konwencjonalnych mieszanek mineralno-asfaltowych.

**Załączniki do E GmBA**

Załącznik A: Spis literatury.

Załącznik B: Wytwarzanie asfaltu modyfikowanego z użyciem gumy w laboratorium.

Załącznik C: Oznaczenie zawartości asfaltu w mieszkach mineralno-asfaltowych modyfikowanych z użyciem gumy.

Załącznik D: Przepisy techniczne. ■

**Literatura**

[1] „Empfehlungen zu Gummimodifizierten Bitumen und Asphalten” E GmBA. Köln, FGSV Verlag 2012 r.  
 [2] Pitat J., Radziszewski P.: „Nawierzchnie asfaltowe”. Warszawa, WKiŁ 2004 r.  
 [3] „Wykorzystanie zużytych opon samochodowych w budownictwie drogowym”. IBDiM. Studia i materiały 2002. Zeszyt nr 54.  
 [4] Horodecka R., Maliszewski J., Sybilski D.: „Metoda modyfikacji mieszanki mineralno-asfaltowej z zastosowaniem dodatku TecRoad”. „Drogownictwo” 2001, nr 6.  
 [5] „Opracowanie i wdrożenie innowacyjnej, przyjaznej środowisku technologii modyfikacji asfaltów drogowych gumą”. „Nawierzchnie Asfaltowe” 2011, nr 3.

**Tabela 5. Rodzaje asfaltów modyfikowanych z użyciem gumy (GmB lub GmBT) zalecane dla różnych kategorii dróg**

Klasa obciążenia	Podbudowa i warstwa wiążąca	Nawierzchnia wykonana z:		
		betonu asfaltowego	SMA	asfaltu porowatego
Bk10 i Bk32		GmB 25/55-65, GmBT 25/55-65 GmB 25/55-55, GmB 25/55-55		
Bk10 i Bk3,2		GmB 25/55-55, GmBT 25/55-55		GmB 25/55-55
Bk1,8 do Bk0,3		GmB 25/55, GmBT 25/55-50		GmBT 25/55-55

Wacław Michalski, dyrektor Departamentu Technologii GDDKiA  
 Marek Danowski, GDDKiA



# I jak inwestycja i innowacja

Potrzeba matką wynalazku, czasem, jak w opisanym poniżej przypadku, przybiera ona postać uwarunkowań środowiskowych. Jak wybudować trwałą i cichą nawierzchnię? Odpowiedzi na to pytanie, przy wsparciu ekspertów, poszukiwał krakowski Zarząd Dróg Wojewódzkich. W efekcie powstała pierwsza w Polsce droga, której zarówno warstwa wiążąca, jak i ścieralna wykonana jest w technologii asfaltu porowatego.

Budowę pierwszego odcinka obwodnicy Gdowa rozpoczęto w październiku 2009 r., realizację całej inwestycji zakończono 30 września br. Wykonawcą była firma Polimex-Mostostal SA. Nowa droga o długości 2,68 km stanowi przedłużenie DW 967 i łączy ją z drogą DW 966.

Na przecięciach dróg niższych kategorii wykonano skrzyżowania skanalizowane, wiadukty i ronda. Obwodnica została zakwalifikowana jako droga klasy technicznej „G” z jezdnią szerokości 7 m, z obustronnymi pobocznymi. Na przekroczeniach istniejących cieków zbudowano obiekty mostowe żelbetowe.

– Obwodnica zajmuje istotne miejsce w hierarchii układu drogowego w regionie. Ce-

lem realizacji projektu była poprawa połączenia między drogami wojewódzkimi nr 966 i 967, które z kolei łączą się bezpośrednio z drogami krajowymi (DW 966 jest połączona z DK75, a DW967 – z DK4 i DK7) – informuje **Roman Leśniak**, przedstawiciel krakowskiego Zarządu Dróg Wojewódzkich.

Efektom długofalowym ma być usprawnienie systemu transportowego na terenie województwa małopolskiego.

## „Gorące na gorące”

Zapisy w decyzji środowiskowej nałożyły na inwestora obowiązek wybrania technologii

asfaltu porowatego dwuwarstwowego. Na drogach, na których średnia prędkość pojazdów wynosi ponad 50 km/h, doskonale sprawdza się asfalt porowaty, który powoduje obniżenie hałasu komunikacyjnego (asfalt porowaty jednowarstwowy ok. 6 dB, asfalt porowaty dwuwarstwowy ok. 8 dB). Technologia asfaltu porowatego jednowarstwowego była już w Polsce stosowana, ale nigdy do równoczesnej budowy warstwy ścieralnej i wiążącej z asfaltu porowatego.

Wybór technologii wymusił zmiany projektowe. Skrzyżowania, ronda oraz strefy hamowania zostały wyłączone z zastosowania tej technologii i wykonane w SMA 8 cm.



Zestaw specjalistycznych maszyn do rozkładania warstw kompaktowych

FOT. LOTOS ASFALT

Wymogi dotyczące wykonawstwa zawierają polskie WT-2 oraz dokumentacja niemiecka, która zobowiązuje do badania parametru „odporność na ubytek ziaren”.

Aby nawierzchnia z asfaltu porowatego spełniała swoją rolę, na każdym etapie, zarówno przy wbudowywaniu, jak i przy późniejszych zabiegach utrzymaniowych, należy przede wszystkim dbać o to, aby wolne przestrzenie nie zostały zalepione. Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie ścieralnej wynosi 18–24%, a w wiążącej 24–28%, podczas gdy dla standardowej nawierzchni typowe jest 2–4%.

– Prace rozpoczęliśmy od przygotowania recept. Praktycznie są to mieszanki jednofrakcyjne: bazą mieszanki mineralnej na warstwę wiążącą jest kruszywo 11/16, a na warstwę ścieralną kruszywo 5/8 mm. Biorąc pod uwagę konieczność zachowania przepuszczalności nawierzchni z równoczesnym zachowaniem szczepności warstw, wybrano do realizacji technologię asfaltowych warstw kompaktowych – informuje **Halina Sarlińska**, technolog z Polimeksu-Mostostal.

Dla przypomnienia technologia ta wspaniała się już sprawdziła na odcinku autostrady A2 Emilia–Stryków.

– Dzięki wbudowaniu „gorące na gorące” i wspólnemu zagęszczeniu obu warstw możliwe było wyeliminowanie warstwy szczerwnej i zarazem uzyskanie wspaniałego połączenia międzywarstwowego, charakterystycznego dla warstwy kompaktowej.

Podczas realizacji projektu wyłynęła istotna kwestia. Okazało się, że Projekt miał jeszcze drugie założenie. Oprócz wbudowania podwójnej warstwy porowatej chodziło także o wykazanie, że metoda warstw kompaktowych, niezależnie od tego, czy budujemy warstwy porowate, czy też stosujemy inne technologie asfaltowe, nie jest zastrzeżona, jak sądzą spora grupa decydentów, wyłącznie dla wąskiej grupy firm niemieckich. Każda firma gwarantująca przyzwoity poziom wykonawstwa i organizacji pracy może budować drogi metodą warstw kompaktowych i uzyskiwać wspaniałe efekty. A w naszym kraju takich firm nie brakuje.

Warto o tym pamiętać również wtedy, gdy możliwość znacznego wydłużenia trwałości na-



FOT. LOTOS ASFALT

**Rozkładarka gąsienicowa wraz z modulem do warstw kompaktowych**

wierzchni asfaltowych staje się ważnym argumentem w dyskusji: beton czy asfalt. Istnieje wiele przykładów trwałych nawierzchni wykonanych metodą warstw kompaktowych – również w Polsce – informuje **Andrzej Mroziński**, menadżer ds. kluczowych klientów Dynapac w Atlas Copco.

Firma Atlas Copco udostępniła, na zasadzie najmu, zestaw specjalistycznych maszyn przeznaczonych do rozkładania warstw kompaktowych. W skład zestawu wchodzi rozkładarka gąsienicowa Dynapac DF145CS CopaReady wraz z modulem do warstw kompaktowych CM2500 oraz podajnik samobieżny. W tym wypadku był to Dynapac MF300C. Zgodnie z zasadami wykonywania warstw kompaktowych do zagęszczenia zastosowano najpierw lekki walec Dynapac CC142 w celu zrównania zagęszczenia wstępnego warstwy ścieralnej i wiążącej, a następnie

8-tonowy walec Dynapac CC232HF. Jako gładzik został użyty walec Dynapac CC524HF. Firma Atlas Copco przeszkoliła operatorów maszyn i zapewniła doradztwo na etapie przygotowań do realizacji projektu, a także podczas samego procesu wbudowywania podwójnej warstwy porowatej jako warstwy kompaktowej.

### Jaki asfalt

Przy wykonywaniu mieszank typu PA szczególnie ważny jest dobór lepiszczy. W związku z dużą zawartością wolnych przestrzeni asfaltu porowate w większym stopniu narażone są na starzenie i szkodliwe działanie czynników klimatycznych – wody i mrozu. Wymagania techniczne jednoznacznie wskazują, iż do tego typu mieszank należy stosować asfalty modyfikowane.

#### Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Małopolskiego Regionalnego Programu Operacyjnego na lata 2007–2013

- Wartość całkowita projektu: 39,950 tys. zł
- Wartość dofinansowania z budżetu UE: 28,800 tys. zł
- Udział budżetu województwa: 11,150 tys. zł
- Okres realizacji projektu: 8.10.2009 r.–30.09.2014 r.

#### Cele szczegółowe projektu:

- poprawa dostępu do terenów inwestycyjnych
- poprawa połączenia między drogami wojewódzkimi nr 967 i 966
- poprawa dostępu do dróg krajowych: DK4 (poprawa dostępu do A4), DK7, DK75
- skrócenie czasu przejazdu oraz zwiększenie komfortu podróży
- poprawa bezpieczeństwa ruchu i bezpieczeństwa pieszych
- zmniejszenie emisji toksycznych składników spalin
- zmniejszenie emisji hałasu oraz wibracji
- poprawa warunków działalności istniejących podmiotów gospodarczych
- zwiększenie mobilności mieszkańców
- zwiększenie atrakcyjności inwestycyjnej
- zwiększenie atrakcyjności turystyczno-rekreacyjnej
- poprawa estetyki krajobrazu
- poprawa wizerunku regionu.

Do budowy trasy głównej zastosowano asfalt modyfikowany polimerami z dodatkiem gumy MODBIT 45/80-55 CR, produkowany przez LOTOS Asfalt. Produkt ten nie tylko spełnia wymogi normy PN-EN 14023, ale także pozwala

uzyskać lepsze parametry użytkowe mieszanki: rozszerzony zakres lepkości oraz podwyższoną odporność na niskie temperatury i starzenie.

– Lepszcze to posiada bardzo korzystne właściwości reologiczne, szeroki zakres lepkości i wysoką kohezję. Są to parametry bardzo pożądane przy mieszankach o otwartej strukturze. Właściwości te, potwierdzone w specjalistycznych badaniach przeprowadzonych przez renomowane placówki naukowe, w praktyce przekładają się na zwiększenie trwałości nawierzchni.

O wyborze lepszcza zdecydowały zarówno względy technologiczne, jak i podwójne względy eko – ekologia i ekonomia. Opracowujące recepty bitumiczne na potrzeby tego kontraktu laboratorium Polimeksu-Mostostal przetestowało różne asfalty i dodatki zawierające gumę. Mieszanki z lepszczem MODBIT 45/80-55 CR okazały się najlepsze – informuje **Agnieszka Kędzierska**, specjalista Biura Badań i Rozwoju LOTOS Asfalt.

Oprócz korzyści technicznych wybór ten przyniósł również wiele korzyści środowisku, np. w asfalcie utopionych zostało przynajmniej 1000 zużytych opon samochodowych.

Z kolei żyjący w sąsiedztwie drogi mieszkańcy niewątpliwie docenią redukcję emisji hałasu.

#### Utrzymanie

– Dokumentacja niemiecka wymienia wiele rzeczy, na które należy zwrócić uwagę podczas eksploatacji nawierzchni. Najistotniejsze jest utrzymywanie jej porowatości, co oznacza, iż system odwodnienia musi działać bez zarzutu. Z drogi natychmiast należy usuwać wszelkie zanieczyszczenia, typu liście, brud, kurz, oleje. Zimowe utrzymanie także wymaga zastosowania odpowiedniej solanki – zwraca uwagę H. Sarlińska.

Obowiązek wykonywania wszystkich tych zabiegów spada na inwestora i firmę, która będzie zajmowała się utrzymaniem drogi.

Na XXXI Seminarium Technicznym PSWNA, które odbędzie się w dniach 27–29 października technologia zastosowana w inwestycji zostanie szczegółowo omówiona. Przedstawimy ją także w odrębnym artykule w kolejnym wydaniu „Nawierzchni asfaltowych”.

– Taka nawierzchnia na pewno nie jest tania w wykonaniu i niestety również w utrzymaniu – wymaga specjalistycznego sprzętu, co oznacza, że koszty nie będą standardowe.

Wykonana w opisanym technologii nawierzchnia stanowi w Polsce absolutne novum, dlatego o tym, jak się zachowuje, będzie można mówić dopiero po dłuższym okresie eksploatacji, a nie 2 miesiące po oddaniu do użytkowania. Inwestor ma 5-letnią gwarancję na wykonane roboty.

Od momentu oddania do ruchu droga jest wnikliwie obserwowana. Przykładowo w zeszłym tygodniu zostały przeprowadzone badania szorstkości nawierzchni (zgodnie z zapisami specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót takie badania wykonuje się po upływie 4–8 tygodni od oddania drogi do użytkowania). W tym tygodniu będziemy mieć wyniki tych badań – informuje R. Leśniak. ■



FOT. LOTOS ASFALT

Zagęszczanie

Anna Krawczyk





# MODBIT CR ASFALT MODYFIKOWANY Z DODATKIEM GUMY

- STABILNY W WYSOKICH TEMPERATURACH
- ODPORNY NA SPĘKANIA  
TERMICZNE I MECHANICZNE
- O KORZYSTNYCH WŁAŚCIWOŚCIACH  
REOLOGICZNYCH
- EKOLOGICZNY
- EKONOMICZNY