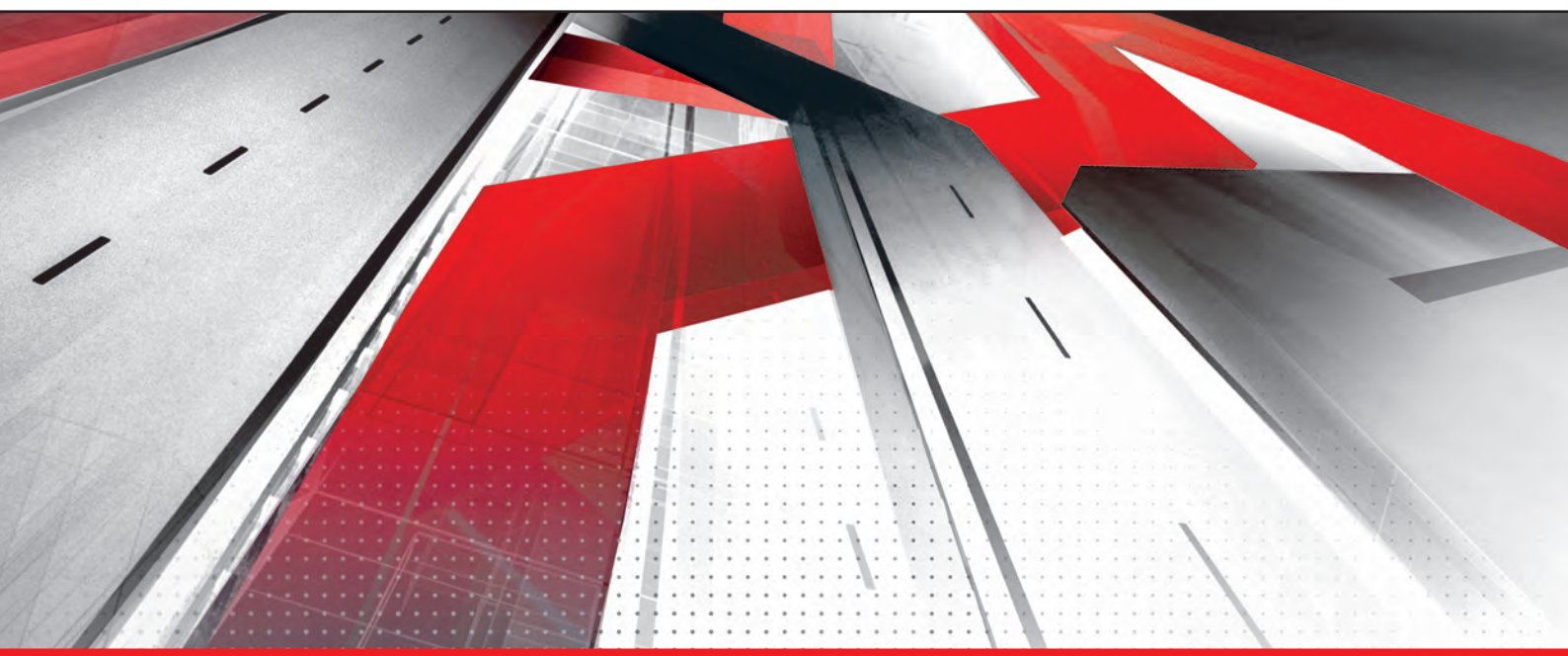


# 2016

## PORADNIK ASFALTOWY

Krzysztof Błażejowski  
Marta Wójcik-Wiśniewska



  
**ORLEN** Asphalt

**Poradnik asfaltowy 2016**  
**ORLEN Asfalt sp. z o.o.**

**Autorzy:**

dr inż. Krzysztof Błażejowski  
mgr inż. Marta Wójcik-Wiśniewska

W Poradniku Asfaltowym 2016 wykorzystano fragmenty tekstów z wcześniejszych publikacji:  
„Poradnik Asfaltowy 2014” oraz „ORBITON HiMA. Poradnik stosowania”, których autorami byli:  
dr inż. Krzysztof Błażejowski  
dr inż. Jacek Olszacki  
mgr inż. Hubert Peciakowski

**Copyright by ORLEN Asfalt sp. z o.o. Płock 2016**

ORLEN Asfalt sp. z o.o.  
ul. Łukasiewicza 39, 09-400 Płock  
tel.: 24 25 69874, fax: 24 365 55 96

Zarówno Autorzy, jak i ORLEN Asfalt sp. z o.o. dołożyli wszelkiej staranności, aby podane informacje były dokładne i wiarygodne. Jednak nie ponoszą jakiegokolwiek odpowiedzialności za skutki zastosowania informacji zawartych w tej publikacji, a w szczególności za straty w jakiegokolwiek postaci i formie. Wykorzystując dane zawarte w publikacji czytelnik czyni to na własną odpowiedzialność.

## SPIS TREŚCI

<b>INFORMACJA O FIRMIE</b> .....	<b>6</b>
Nasze produkty.....	6
<b>1. PROCES PRODUKCJI ASFALTÓW</b> .....	<b>8</b>
1.1. TECHNOLOGIE PRODUKCJI ASFALTÓW W ORLEN ASFALT.....	8
1.1.1. Instalacja ciągłego utleniania pozostałości próżniowej wg technologii Biturox.....	9
1.1.2. Instalacja periodycznego utleniania pozostałości próżniowej – oksydatory.....	10
1.1.3. Modyfikacja asfaltu polimerami.....	10
<b>2. ASFALTY DROGOWE WG PN-EN 12591</b> .....	<b>12</b>
2.1. OMÓWIENIE NORMY EN 12591.....	12
2.1.1. Wprowadzenie.....	12
2.1.2. Systematyka oznaczania asfaltów drogowych.....	12
2.1.3. Krajowy dokument aplikacyjny – wymagania dla asfaltów drogowych.....	13
2.1.4. Ocena zgodności.....	14
2.2. OPIS OGÓLNY ASFALTÓW DROGOWYCH.....	15
2.2.1. Charakterystyka.....	15
2.2.2. Przeznaczenie.....	15
2.2.3. Właściwości.....	17
<b>3. ASFALTY WIELORODZAJOWE BITREX WG PN-EN 13924-2</b> .....	<b>33</b>
3.1. OMÓWIENIE NORMY EN 13924-2.....	33
3.1.1. Wprowadzenie.....	33
3.1.2. Wymagania normy EN 13924-2.....	34
3.1.3. Krajowy dokument aplikacyjny – wymagania dla asfaltów wielorodzajowych.....	35
3.1.4. Ocena zgodności.....	37
3.2. OPIS OGÓLNY ASFALTÓW WIELORODZAJOWYCH.....	38
3.2.1. Charakterystyka.....	38
3.2.2. Przeznaczenie.....	39
3.2.3. Właściwości.....	40
<b>4. ASFALTY MODYFIKOWANE POLIMERAMI ORBITON WG PN-EN 14023</b> .....	<b>46</b>
4.1. OMÓWIENIE NORMY EN 14023.....	46
4.1.1. Wprowadzenie.....	46
4.1.2. Systematyka oznaczania asfaltów modyfikowanych polimerami.....	47
4.1.3. Krajowy dokument aplikacyjny – wymagania dla asfaltów modyfikowanych polimerami.....	47
4.1.4. Ocena zgodności.....	48
4.2. OPIS OGÓLNY ASFALTÓW MODYFIKOWANYCH POLIMERAMI.....	50
4.2.1. Charakterystyka.....	50
4.2.2. Przeznaczenie.....	51
4.2.3. Właściwości.....	52

<b>5. ASFALTY WYSOKOMODYFIKOWANE POLIMERAMI ORBITON HIMA WG PN-EN 14023 .....</b>	<b>68</b>
5.1. WPROWADZENIE.....	68
5.1.1. Opis ogólny asfaltów wysokomodyfikowanych polimerami .....	68
5.1.2. Zasada działania asfaltów wysokomodyfikowanych HiMA.....	69
5.1.3. Zasady klasyfikacji asfaltów wysokomodyfikowanych.....	70
5.1.4. Krajowy dokument aplikacyjny – wymagania dla asfaltów wysokomodyfikowanych polimerami.....	71
5.1.5. Zastosowanie asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA.....	72
5.2. WŁAŚCIWOŚCI.....	74
5.2.1. Właściwości wg PN-EN 14023:2011.....	74
5.2.2. Właściwości wg <i>Superpave</i> .....	76
5.2.3. Zależność lepkości od temperatury .....	83
5.2.4. Temperatury technologiczne .....	84
5.2.5. Magazynowanie.....	85
5.2.6. Próbkę asfaltów w laboratorium.....	86
5.2.7. Produkcja mieszanki mineralno-asfaltowej.....	87
5.2.8. Transport mieszanki mineralno-asfaltowej.....	87
5.2.9. Wbudowywanie.....	87
5.2.10. Badania odbiorcze .....	88
<b>6. WPŁYW LEPISTWA ASFALTOWEGO NA TRWAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWĄ MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH .....</b>	<b>89</b>
6.1. WPROWADZENIE.....	89
6.2. ZJAWISKO ZMĘCZENIA W NAWIERZCHNI ASFALTOWEJ.....	89
6.3. BADANIE WYTRZYMAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ .....	90
6.4. WYNIKI BADAŃ.....	91
<b>7. WPŁYW LEPISTWA ASFALTOWEGO NA ODPORNOŚĆ NA PĘKANIE MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH.....</b>	<b>94</b>
7.1. WPROWADZENIE.....	94
7.2. ZJAWISKO PĘKANIA NAWIERZCHNI ASFALTOWEJ.....	94
7.3. BADANIE METODĄ SCB .....	95
7.4. WYNIKI BADAŃ.....	96
<b>8. BADANIE MSCR – BADANIE CYKLICZNEGO PEŁZANIA Z ODPRĘŻENIEM .....</b>	<b>98</b>
8.1. WPROWADZENIE.....	98
8.2. BADANIA WŁAŚCIWOŚCI ASFALTU W WYSOKIEJ TEMPERATURZE .....	99
8.3. BADANIE MSCR W USA .....	99
8.4. BADANIE MSCR W EUROPIE .....	100
8.5. WYKONANIE BADANIA MSCR.....	100
8.6. WYNIKI BADAŃ.....	102
8.6.1. Badania w temperaturze zgodnej z <i>Superpave</i> .....	103
8.6.2. Badania w temperaturze zgodnej z PN-EN.....	105
8.7. PODSUMOWANIE.....	106
<b>9. TWARDNIENIE FIZYCZNE LEPISTWA ASFALTOWYCH.....</b>	<b>107</b>
9.1. WPROWADZENIE.....	107
9.2. OPIS ZJAWISKA TWARDNIENIA FIZYCZNEGO ASFALTÓW .....	107
9.3. METODA BADANIA TWARDNIENIA FIZYCZNEGO.....	108
9.4. UZYSKANE WYNIKI.....	109
9.5. PODSUMOWANIE.....	111

<b>10. ODPORNOŚĆ LEPISZCZA W ASFALCIE LANYM NA STARZENIE TECHNOLOGICZNE .....</b>	<b>112</b>
10.1. WPROWADZENIE.....	112
10.2. CEL I ZAKRES BADAŃ.....	112
10.3. UZYSKANE WYNIKI.....	113
10.3.1. Zmiana penetracji w 25°C.....	113
10.3.2. Zmiana temperatury mięknięcia PiK.....	115
10.3.3. Badanie temperatury łamliwości metodą Fraassa .....	117
10.3.4. Zmiana lepkości dynamicznej w temperaturze 60°C.....	118
10.3.5. Starzenie asfaltów modyfikowanych polimerami.....	120
10.4. PODSUMOWANIE.....	121
<b>11. TECHNOLOGIA STOSOWANIA ASFALTÓW.....</b>	<b>122</b>
11.1. WSKAZÓWKI LABORATORYJNE .....	122
11.1.1. Ustalanie temperatury technologicznej .....	122
11.1.2. Próbkę asfaltów w laboratorium.....	123
11.1.3. Przyczepność asfaltu do kruszyw mineralnych .....	124
11.2. MAGAZYNOWANIE ASFALTU .....	125
11.3. PRODUKCJA MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ .....	126
11.4. TRANSPORT MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ .....	127
11.5. WBUDOWYWANIE.....	127
11.6. TEMPERATURY TECHNOLOGICZNE .....	128
<b>12. BEZPIECZEŃSTWO PRACY Z ASFALTAMI I OCHRONA ŚRODOWISKA .....</b>	<b>130</b>
12.1. WSTĘP .....	130
12.2. POTENCJALNE ZAGROŻENIA DLA ZDROWIA PODCZAS PRODUKCJI, MAGAZYNOWANIA, TRANSPORTU I STOSOWANIA LEPISZCZY ASFALTOWYCH .....	130
12.2.1. Transport asfaltu.....	130
12.2.2. Oparzenia asfaltami (kontakt ze skórą, z oczami) .....	131
12.2.3. Pożar (działania zapobiegawcze).....	131
12.2.4. Gaszenie pożaru asfaltu .....	131
12.2.5. Pienienie w obecności wody.....	132
12.2.6. Opary asfaltów (mgła asfaltowa, dymy).....	132
12.2.7. Siarkowodór .....	133
12.2.8. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA).....	133
12.2.9. Atesty PZH.....	134
12.3. PODSUMOWANIE.....	134
<b>13. LABORATORIA ASFALTOWE GRUPY KAPITAŁOWEJ ORLEN.....</b>	<b>135</b>
13.1. WPROWADZENIE.....	135
13.2. ORLEN LABORATORIUM.....	135
13.2.1. Informacje ogólne .....	135
13.2.2. Laboratorium Centralne spółki ORLEN Laboratorium.....	136
13.2.3. Pracownia Przerobu Ropy.....	138
13.3 Research Institute of Inorganic Chemistry – VÚAnCh, a.s.....	139
13.3.1. Informacje ogólne .....	139
13.3.2. Pracownia badawczo-analityczna lepiszczy asfaltowych .....	139
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>142</b>
<b>AUTORZY PORADNIKA ASFALTOWEGO .....</b>	<b>144</b>

## INFORMACJA O FIRMIE

Firma ORLEN Asphalt powstała w 2003 roku w efekcie wydzielenia jej ze struktur polskiego giganta na rynku paliw płynnych – PKN ORLEN i szybko stała się jednym z największych producentów i sprzedawców asfaltów w Polsce. Od tego czasu spółka dostarcza swoje produkty na największe inwestycje drogowe, budując sobie renomę dostawcy najwyższej jakości asfaltów oraz niezawodnego partnera biznesowego. Celem ORLEN Asphalt jest wzrost sprzedaży na rynkach europejskich, budowanie wizerunku znaczącego dostawcy w Europie oraz utrzymanie czołowej pozycji na rynku krajowym.

Wśród rynków eksportowych jednym z najważniejszych pozostaje Rumunia, na którym firma już zapewniła sobie status głównego dostawcy. Rosnący popyt na asfalt w tym regionie był jednym z głównych powodów otwarcia oddziału ORLEN Asphalt w Bukareszcie, a także oddania do użytku terminala kolejowego, powstałego z myślą o usprawnieniu przeładunku asfaltu i przyspieszeniu dostaw na linii Polska – Rumunia.

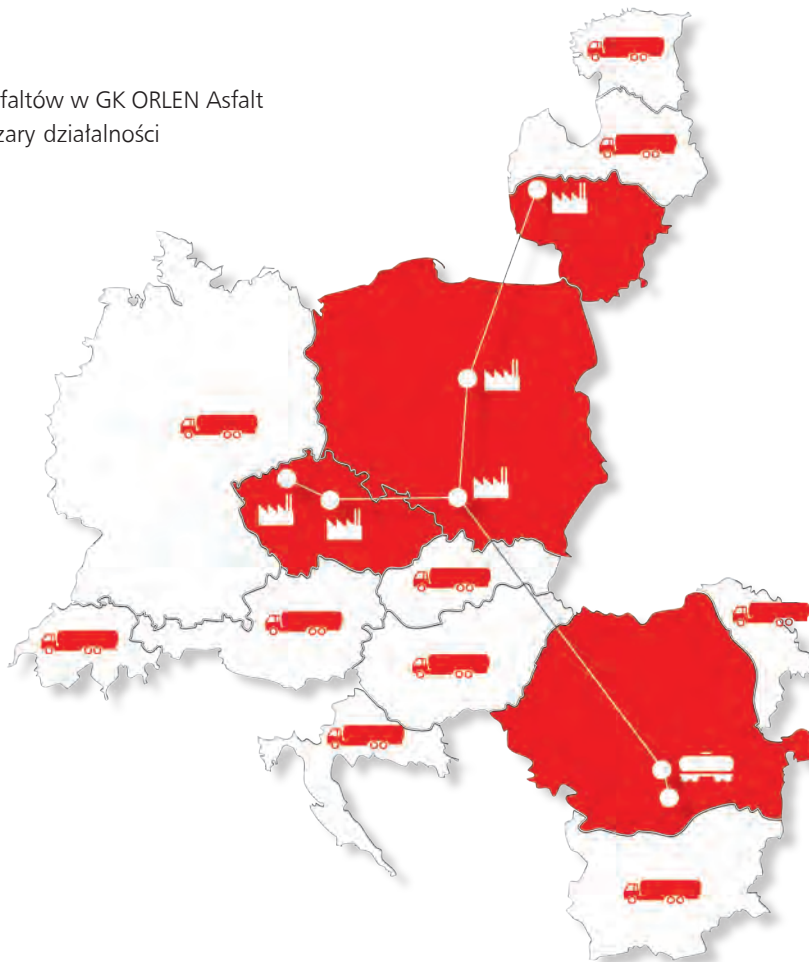
Od 2012 roku ORLEN Asphalt jest właścicielem czeskiej spółki ORLEN Asphalt Česká republika s.r.o, powstałej w wyniku zakupu 100% udziałów spółki Paramo Asphalt, zajmującej się sprzedażą asfaltów produkowanych w czeskich rafineriach w Pardubicach i Litvínovie.

Jesteśmy firmą transparentną, dlatego wszelkie działania realizujemy z zachowaniem zasad i ładu korporacyjnego Grupy Kapitałowej PKN ORLEN S.A., troszcząc się tym samym o rozwój naszych pracowników oraz dbając o środowisko naturalne. Od 2005 roku spółka działa zgodnie ze zintegrowanym Systemem Zarządzania, w oparciu o normy ISO9001, ISO14001, OHSAS18001. Potwierdzeniem wysokiej jakości produktów oferowanych przez ORLEN Asphalt są liczne nagrody i wyróżnienia przyznawane przez prestiżowe instytucje oraz media branżowe. Listę dowodów uznania zapoczątkowało w 2004 r. wyróżnienie za asfalty modyfikowane elastomerem ORBITON w konkursie na EUROPRODUKT, organizowanym pod patronatem Ministra Gospodarki i Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości. Asfalty modyfikowane ORBITON wyróżniono również Złotym Medalem podczas XI Międzynarodowych Targów Budownictwa Drogowego Autostrada-Polska oraz statuetką „Wysoki Poziom” w kategorii „Sprawdzony Produkt”, przyznaną przez „Magazyn Autostrady” oraz Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP za szczególne osiągnięcia i produkty. W 2011 roku Spółka ORLEN Asphalt została wyróżniona Złotym Godłem QI za najwyższą jakość oferowanych produktów w programie realizowanym pod patronatem Ministerstwa Rozwoju Regionalnego, Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości oraz Klubu Polskie Forum ISO 9000. W ręce Spółki dwukrotnie trafił tytuł „Budowlanej Firmy Roku”, a także doceniona została technologia produkcji asfaltów wielorodzajowych BITREX, którą nagrodzono Złotym Medalem na Międzynarodowych Targach Wynalazków IWIS 2007. W 2014 roku asfalty wysokomodyfikowane polimerami ORBITON HiMA zostały wyróżnione złotym medalem podczas XX Międzynarodowych Targów Budownictwa Drogowego Autostrada-Polska oraz otrzymały nagrodę Lider Innowacji Roku 2015 w konkursie Diamenty Polskiej Infrastruktury, organizowanym przez Executive Club.

### Nasze produkty

Aktualnie ofertę Spółki stanowią asfalty drogowe, asfalty modyfikowane ORBITON, asfalty wysokomodyfikowane ORBITON HIMA, asfalty wielorodzajowe BITREX oraz asfalty utlenione. W wyniku przeprowadzonej konsolidacji segmentu asfaltowego, poszerzyliśmy swoją ofertę produktową o asfalty z Czech (ośrodki produkcyjne Pardubice i Litvínov) i Litwy (ośrodek produkcyjny Możejki).

Miejsca produkcji asfaltów w GK ORLEN Asphalt  
i najważniejsze obszary działalności



### Produkty asfaltowe według miejsc produkcji:

Płock	Trzebinia	Litvánov	Pardubice	Mazeikiai
<b>Asfalty drogowe</b> 20/30 35/50 50/70 70/100 100/150 160/220	<b>Asfalty drogowe</b> 50/70 70/100 160/220  <b>Asfalty modyfikowane</b> ORBITON 10/40-65 ORBITON 25/55-60 ORBITON 25/55-60 EXP ORBITON 25/55-65 EXP ORBITON 45/80-55 ORBITON 45/80-65 ORBITON 65/105-60  <b>Asfalty wysokomodyfikowane</b> ORBITON 45/80-80 HiMA ORBITON 65/105-80 HiMA  <b>Asfalty wielorodzajowe</b> BITREX 35/50-57/69 BITREX 50/70-54/64  <b>Asfalty utlenione</b> 80/15 95/35	<b>Asfalty drogowe</b> 50/70 70/100 160/220	<b>Asfalty drogowe</b> 20/30 30/45 35/50 50/70 70/100 160/220  <b>Asfalty wielorodzajowe</b> VMT 25 VMT 45 VMT 65  <b>Asfalty drogowe twarde</b> AP 15 (10/20) AP 25 (20/30)  <b>Asfalty utlenione</b> 85/15 85/25 85/40 95/35 105/15	<b>Asfalty drogowe</b> 20/30 35/50 50/70 70/100 100/150 160/220  Special Bitumen BNK 40/180



## Rozdział 1

### PROCES PRODUKCJI ASFALTÓW

ORLEN Asphalt jest producentem szeregu lepiszczy drogowych. Na dwóch instalacjach produkcyjnych w Rafineriach w Płocku i w Trzebini wytwarzane są następujące rodzaje asfaltów: asfalty drogowe, asfalty modyfikowane ORBITON, asfalty wysokomodyfikowane ORBITON HiMA, asfalty wielorodzajowe BITREX oraz asfalty utlenione (przemysłowe).

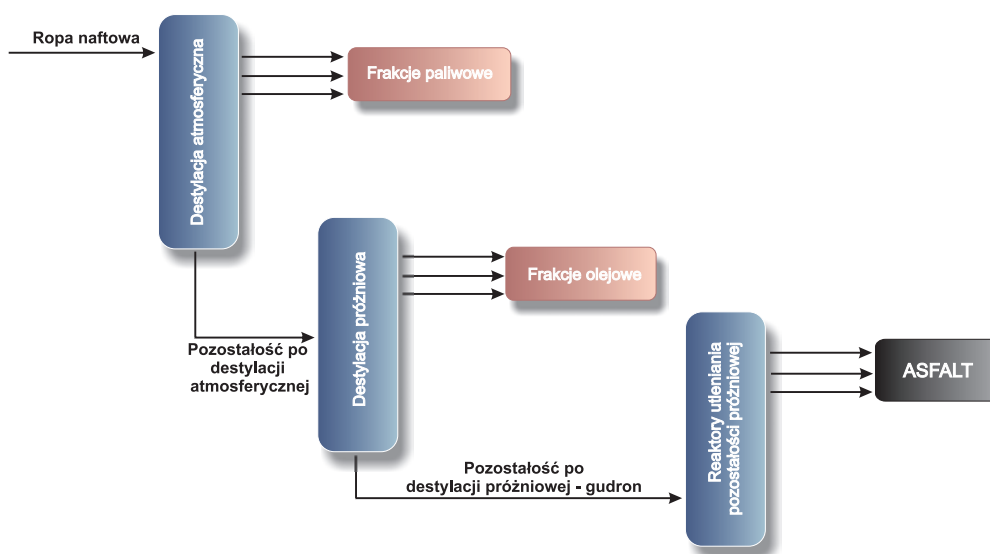
Zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady UE nr 305/2011, które określa warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych, w ORLEN Asphalt wdrożony został system Zakładowej Kontroli Produkcji (ZKP), a ośrodki produkcyjne w Płocku i Trzebini posiadają odpowiednie certyfikaty ZKP (Tablica 1.1).

Tablica 1.1. Wykaz Certyfikatów ZKP dla Zakładu Produkcyjnego w Płocku i Trzebini.

Rodzaj asfaltu	Numer Certyfikatu ZKP dla Zakładu w Płocku (PKN ORLEN S.A.)	Numer Certyfikatu ZKP dla Zakładu w Trzebini
Asfalty drogowe	1434-CPR-0183	1434-CPR-0185
Asfalty modyfikowane polimerami ORBITON	1434-CPR-0184	1434-CPR-0186
Asfalty wysokomodyfikowane polimerami ORBITON HiMA	1434-CPR-0184	1434-CPR-0186
Asfalty wielorodzajowe BITREX	—	F-013-BG-061

#### 1.1. TECHNOLOGIE PRODUKCJI ASFALTÓW W ORLEN ASFALT

Lepiszczą w ORLEN Asphalt wytwarzane są z konwencjonalnych źródeł surowca, a mianowicie z pozostałości próżniowej uzyskanej w wyniku przeróbki ropy naftowej. Poniżej przedstawiony został schemat ogólny procesu otrzymywania asfaltów.



Rys. 1.1. Schemat produkcji asfaltów



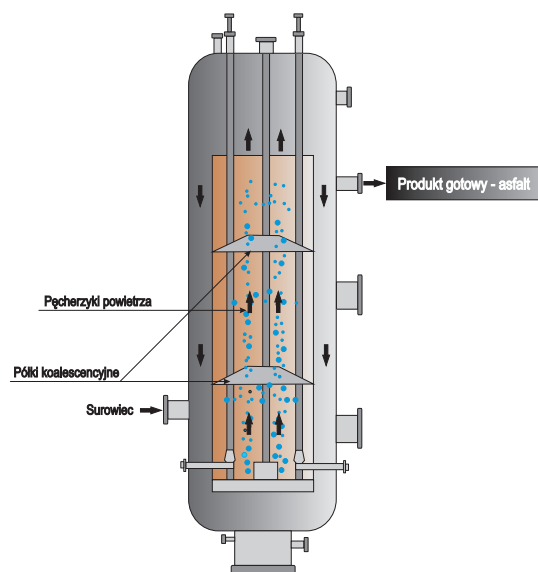
Dwustopniowa destylacja ropy stanowi pierwszy etap w procesie produkcji asfaltów. Destylację prowadzi się początkowo pod ciśnieniem atmosferycznym oddzielając lżejsze składniki ropy naftowej. Otrzymaną pozostałość wprowadza się następnie do kolumny próżniowej, gdzie ma miejsce jej rozfrakcjonowanie pod obniżonym ciśnieniem. Z kolumny próżniowej odbiera się frakcje olejowe oraz pozostałość próżniową, czyli gudron, który dalej jest poddawany docelowej reakcji utleniania. Warunki procesu, takie jak ciśnienie i temperatura zależą od rodzaju przetwarzanego surowca oraz wymaganych właściwości końcowego produktu. Utlenianie asfaltów to bardzo złożony proces o charakterze chemicznym i fizycznym. Na charakter chemiczny składają się intensywne procesy polimeryzacji i kondensacji prowadzące do wzrostu cząsteczek. Równocześnie zachodzą także reakcje chemiczne polegające na powstawaniu związków tlenowych, a towarzysząca im odwodniająca kondensacja węglowodorów prowadzi do tworzenia wiązań C-C (węgiel-węgiel). Efektem tego procesu jest powstawanie żywic i asfaltenów kosztem węglowodorów naftenowo-aromatycznych. Mechanizm tej reakcji jest ściśle zależny od temperatury prowadzenia procesu.

O charakterze fizycznym świadczy stripping lżejszych węglowodorów z fazy ciekłej do fazy gazowej w drodze destylacji z parą wodną. Jest to proces egzotermiczny tzn. reakcje zachodzą z wydzielaniem ciepła. Proces utleniania może być prowadzony w sposób ciągły lub periodyczny. Asfalty otrzymane w ten sposób należą do grupy lepszczy asfaltowych typu<sup>1</sup> *semi-blown* lub *air-rectified*.

### 1.1.1. Instalacja ciągłego utleniania pozostałości próżniowej wg technologii Biturox®

W systemie ciągłego utleniania mogą być produkowane asfalty drogowe, bazy do produkcji asfaltów modyfikowanych i wysokomodyfikowanych oraz asfalty wielorodzajowe. Technologia produkcji oparta jest na licencji austriackiej firmy Pörner. Proces polega na ciągłym, nieprzerwanym zasilaniu reaktorów surowcem oraz ciągłym odbiorze produktów, które następnie przetwarzane są do zbiorników magazynowych. Proces charakteryzuje się optymalnym wykorzystaniem tlenu do utleniania oraz bardzo dobrą hydrodynamiką reakcji. Ciągłość procesu gwarantuje ponadto homogeniczność, czyli jednorodność otrzymanego produktu końcowego.

Sercem instalacji ciągłego utleniania są reaktory Biturox®. Reaktor to cylindryczny pionowy zbiornik ciśnieniowy, wyposażony w centralny cylinder oraz mieszadło z trzema turbinami na wspólnym wale, umieszczone wewnątrz cylindra (rys. 1.2).



Rys. 1.2. Schemat reaktora typu Biturox®

1) Według nomenklatury przyjętej przez Eurobitume, drogowe lepszcza asfaltowe produkowane są w ORLEN Asphalt metodą „semi-blown” lub „air-rectification” i charakteryzują się Indeks Penetracji mniejszym lub równym 2.0, a asfalty przemysłowe metodą utleniania („oxidizing”) dla których Indeks Penetracji jest większy od 2.0 [źródło: Physical differentiation between air-rectified and oxidised bitumens. Technical Committee Task Force. Eurobitume, 15.04.2011]

Powietrze w postaci dużych pęcherzy przemieszcza się w górę we wnętrzu cylindra, gdzie na dwóch poziomach jest gromadzone przez płytki koalescencyjne i rozbijane przez turbiny mieszadła na mniejsze pęcherze. Dzięki temu następuje ciągłe odnawianie powierzchni reakcyjnej (gudron-powietrze), proces zachodzi intensywnie w całej objętości, przy mniejszym zużyciu powietrza i w krótszym czasie przebywania surowców w reaktorze. Przepływ powietrza jest tak dobierany, aby ilość tlenu w gazach odlotowych wynosiła  $2 \div 5\%$  (v/v)<sup>2</sup>. Ruch powietrza oraz praca mieszadła wymuszają cyrkulację cieczy w reaktorze – w cylindrze wewnętrznym w górę, w przestrzeni zewnętrznej cylindra w dół. Ciepło reakcji utleniania jest odbierane z reaktora przez odparowanie wody procesowej, wtryskiwanej bezpośrednio do rur wgłębnych powietrza technologicznego. Ilością wody procesowej reguluje się dokładnie temperaturę procesu. Powstała para wodna pomaga usunąć z masy asfaltowej niepożądane produkty uboczne: gazy i lekki utleniony destylat oraz zwiększa bezpieczeństwo produkcji. Asfalt wyprowadzany jest z reaktora z przestrzeni zewnętrznej cylindra, z poziomu powyżej wlotu surowca i poddawany jest chłodzeniu w chłodnicach asfaltu. Następnie kierowany jest do zbiorników magazynowych, gdzie zostaje uśredniony (wymieszany) i poddany ocenie jakościowej. Dystrybucja asfaltu do cystern samochodowych i kolejowych odbywa się na zhermetyzowanych stanowiskach nalewania. Cały proces kontrolowany jest za pomocą systemu komputerowego DCS.



Rys. 1.3. Instalacja ciągłego utleniania – reaktory Biturox® (fot. ORLEN Asfalt)

### 1.1.2. Instalacja periodycznego utleniania pozostałości próżniowej – oksydatory

Instalacja utleniania periodycznego służy przede wszystkim do produkcji asfaltów przemysłowych (typu *oxidised bitumens*) oraz asfaltów specjalnych, ale równie dobrze może być wykorzystywana do produkcji pozostałych rodzajów asfaltów niemodyfikowanych.

W odróżnieniu od utleniania w reaktorze Biturox®, produkcja w oksydatorach odbywa się w systemie wsadowym (ang. *batch process*), który polega na napełnieniu reaktora surowcem, utlenieniu zawartości i wytlóczeniu produktu. Oksydator jest mniej zaawansowany technologicznie niż reaktor Biturox®.

### 1.1.3. Modyfikacja asfaltu polimerami

Modyfikacja asfaltów polimerami ma na celu rozszerzenie przedziału temperaturowego (tzw. Przedziału Plastyczności), w którym dane lepiszczce będzie wykazywało właściwości lepkosprężyste. Głównym surowcem do produkcji asfaltów

2) (v/v) oznacza proporcje objętościowe, podczas gdy (m/m) oznacza proporcje masowe.

modyfikowanych w firmie ORLEN Asphalt są specjalnie przygotowane asfalty, tzw. asfalty bazowe o odpowiednich właściwościach, kompatybilne ze stosowanymi polimerami. Modyfikator dodawany w procesie produkcji do asfaltu to najczęściej kopolimer blokowy Styren-Butadien-Styren, w skrócie – SBS, dlatego lepszczą te nazywane są także elastomeroasfaltami.

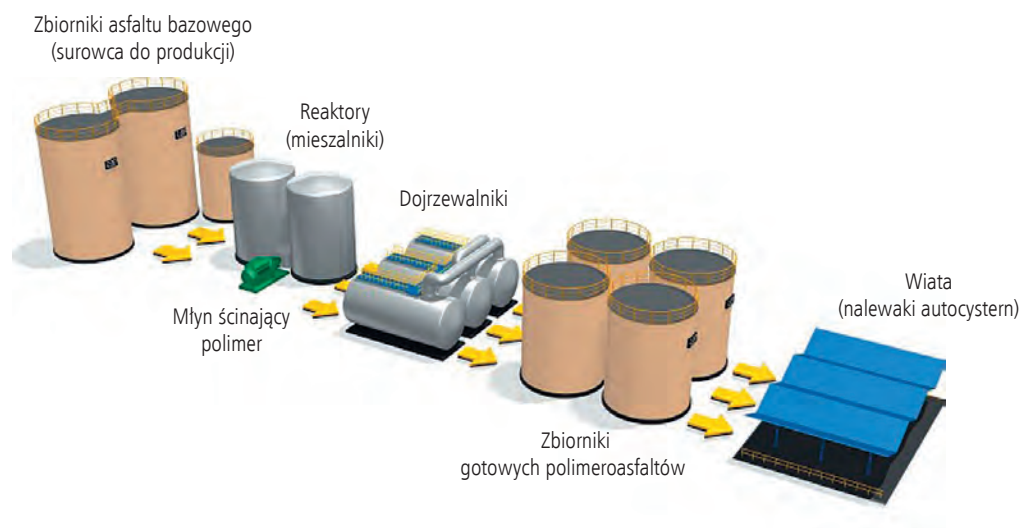
### 1.1.3.1. Instalacja modyfikacji asfaltów polimerami

Na instalacjach produkcyjnych ORLEN Asphalt do wytwarzania asfaltów modyfikowanych stosuje się metodę fizyczną, opartą na mechanicznym wymieszaniu asfaltu z polimerem z ewentualnym dodatkiem środków sieciujących (ang. *crosslinkers*).

Polimer SBS wprowadza się do gorącego asfaltu bazowego, następnie całość kieruje do młyna o dużej mocy ścinania, gdzie następuje zmielenie mieszaniny oraz jej finalne wymieszanie i ujednorodnienie. Gotowy produkt poddawany jest kontroli jakościowej w akredytowanych laboratoriach GK ORLEN.

Technologia produkcji polimeroasfaltów została tak zaprojektowana, aby mieszanina asfaltu i polimeru była stabilna i nie rozsegregowywała się w czasie składowania i transportu.

ORLEN Asphalt posiada dwie instalacje produkcyjne polimeroasfaltów – w Płocku i w Trzebini. Na rys. 1.4. przedstawiono schemat instalacji do modyfikacji asfaltów w Płocku.



Rys. 1.4. Schemat instalacji do modyfikacji asfaltów w Płocku

Obie instalacje, w Płocku i w Trzebini sterowane są automatycznie przy użyciu systemu komputerowego DCS, co umożliwia pełną kontrolę procesu produkcji oraz odczyt danych procesowych z przeszłości.

Dzięki zastosowaniu w procesie produkcji asfaltu modyfikatora osiąga się znaczące korzyści we właściwościach lepszczą zarówno w wysokich, jak i w niskich temperaturach. Asfalty modyfikowane polimerami, dzięki swoim właściwościom mogą być stosowane do budowy nawierzchni asfaltowych obciążonych ciężkim i bardzo ciężkim ruchem.

Szczegółowe informacje na temat właściwości poszczególnych rodzajów polimeroasfaltów znajdują się w rozdziałach: o asfaltach modyfikowanych ORBITON (rozdział 4) oraz o asfaltach wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA (rozdział 5).

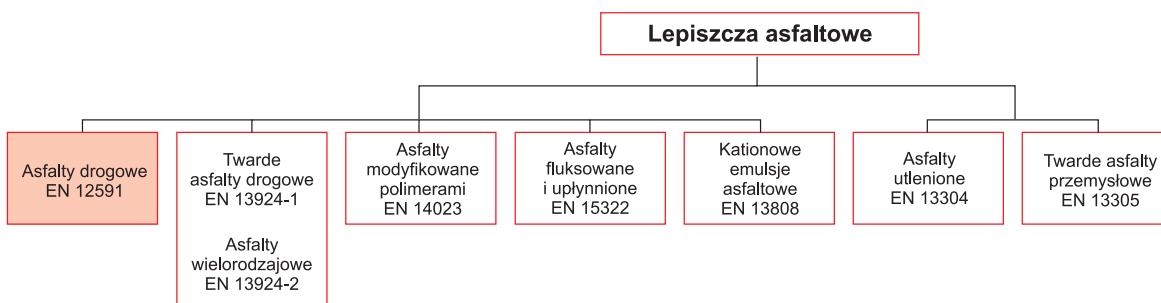
## Rozdział 2

### ASFALTY DROGOWE WG PN-EN 12591

#### 2.1. OMÓWIENIE NORMY EN 12591

##### 2.1.1. Wprowadzenie

Od 2010 roku ORLEN Asphalt produkuje asfalty drogowe zgodnie z wymaganiami normy europejskiej PN-EN 12591, która jest częścią pakietu norm dotyczących lepiszczy asfaltowych.



Rys. 2.1. Przyporządkowanie norm europejskich do różnych rodzajów lepiszczy. Kolorem zaznaczono omawianą normę

Norma EN 12591:2009 jest normą opracowaną na podstawie mandatu, tj. Zlecenia Komisji Europejskiej dla CEN (*European Committee for Standardization* – Europejski Komitet Normalizacyjny). Pierwotnie wspierała ona zasadnicze wymagania dyrektywy UE dotyczącej Wyrobów Budowlanych 89/106/EEC (*EU Construction Products Directive CPD 89/106/EEC*). Od dnia 1.07.2013 r., wyroby budowlane – w tym także lepiszcza asfaltowe, są objęte Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady UE nr 305/2011 (**CPR**), które ustanawia zharmonizowane warunki wprowadzania ich do obrotu.

**Norma PN-EN 12591:2010 (EN 12591:2009) „Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Wymagania dla asfaltów drogowych”** jest normą częściowo klasyfikacyjną, tzn. większość wymagań do asfaltów drogowych jest stała, a dla kilku pozostawiono swobodę wyboru krajom członkowskim CEN. Norma przedstawia również zasady określania właściwości i odpowiednich metod badań asfaltów przeznaczonych do budowy i utrzymania dróg, lotnisk i innych nawierzchni przenoszących ruch kołowy oraz zawiera pełne wymagania odnośnie oceny zgodności. Obecna wersja normy EN (z 2009 r.) odnosi się do starych zasad wg dyrektywy CPD, oczekuje się więc, że najbliższa nowelizacja zmieni je na wymagania zgodne z CPR.

##### 2.1.2. Systematyka oznaczania asfaltów drogowych

Asfalty drogowe, produkowane w oparciu o wymagania normy PN-EN 12591:2010 oznacza się zgodnie z systematyką podaną w tablicy 2.1.

Tablica 2.1. Systematyka oznaczania asfaltów drogowych produkowanych zgodnie z normą europejską PN-EN 12591

Lepiszczce asfaltowe	Asfalt drogowy
Dokument odniesienia	PN-EN 12591:2010
Oznaczenie normowe lepszczca asfaltowego	XX/YY
Rodzaj lepszczca asfaltowego produkowanego przez ORLEN Asphalt	20/30, 35/50, 50/70, 70/100, 100/150, 160/220
Objasnienia do oznaczen: XX – dolna granica penetracji w 25°C danego rodzaju asfaltu [0,1 mm] YY – gorna granica penetracji w 25°C danego rodzaju asfaltu [0,1 mm]	

### 2.1.3. Krajowy dokument aplikacyjny – wymagania dla asfaltów drogowych

Normy europejskie obejmujace wymagania dla lepszczczy asfaltowych zakladaja, ze kazdy kraj czlonkowski CEN dokona wyboru wlasciwosci i przypisanych do nich poziomow wymagań w postaci opracowania tzw. Dokumentow Aplikacyjnych do omawianych norm.

Kraje czlonkowskie opracowuja takie dokumenty w postaci „Zalacznikow Krajowych” do norm, lub w postaci informacji z ustalonymi wymaganiami zamieszczonymi w odrębnych dokumentach dotyczacych materialow i technologii wykonywania nawierzchni asfaltowych. Taki sposob postepowania pozwala kazdemu krajowi okreslic wlasne wymagania, jakimi maja charakteryzowac sie lepszczca asfaltowe stosowane na jego terenie. Podyktowane jest to roznicowanymi warunkami klimatycznymi panujacymi w roznych czesciach Europy oraz wieloma innymi czynnikami technologicznymi.

W tablicy 2.2 przedstawiono wymagania dotyczace asfaltow drogowych przeznaczonych do stosowania w Polsce, wg informacji zamieszczonych w Zalaczniku Krajowym do normy PN-EN 12591:2010.

Tablica 2.2. Wymagania dotyczace asfaltow drogowych w Polsce o penetracji od 20 × 0,1mm do 220 × 0,1 mm wg Zalacznika krajowego NA do normy PN-EN 12591:2010.

	Wlasciwosc	Metoda badania	Jednostka	Rodzaj asfaltu drogowego					
				20/30	35/50	50/70	70/100	100/150	160/220
Wlasciwosci stosowane do wszystkich asfaltow drogowych wymienionych w tej tablicy	Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	20-30	35-50	50-70	70-100	100-150	160-220
	Temperatura mięknienia	PN-EN 1427	°C	55-63	50-58	46-54	43-51	39-47	35-43
	Odpornosc na starzenie w 163°C	PN-EN 12607-1 (metoda RTFOT)	%						
	Pozostala penetracja			≥ 55	≥ 53	≥ 50	≥ 46	≥ 43	≥ 37
	Wzrost temperatury mięknienia			≤ 8	≤ 8	≤ 9	≤ 9	≤ 10	≤ 11
	Zmiana masy* (wartosc bezwzeględna)			≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1,0
	Temperatura zaplonu	PN-EN ISO 2592	°C	≥ 240	≥ 240	≥ 230	≥ 230	≥ 230	≥ 220
	Rozpuszczalnosc	PN-EN 12592	% (m/m)	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0
Wlasciwosci uwzgledniajace szczegolne warunki krajowe	Indeks penetracji	PN-EN 12591 Zalacznik A	–	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	Lepkosc dynamiczna w 60°C	PN-EN 12596	Pa · s	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	Temperatura łamliwosci Fraassa	PN-EN 12593	°C	NR	≤ – 5	≤ – 8	≤ – 10	≤ – 12	≤ – 15
	Lepkosc kinematyczna w 135°C	PN-EN 12595	mm <sup>2</sup> /s	NR	NR	NR	NR	NR	NR
* zmiana masy moze byc wartoscia dodatnia lub ujemna NR – (No Requirement) – oznacza brak wymagań dla danej wlasciwosci									



## 2.1.4. Ocena zgodności

Norma PN-EN 12591:2010 wymaga, aby producent ustanowił, udokumentował i utrzymywał zakładową kontrolę produkcji (ZKP). Zgodność właściwości asfaltów drogowych z wymaganiami normy i z podanymi w niej wartościami powinna być wykazana przez:


- wykonanie wstępnego badania typu dla każdego rodzaju asfaltu,
- wdrożenie i funkcjonowanie Zakładowej Kontroli Produkcji (ZKP) (ang. *Factory Production Control – FPC*).

Asfalty drogowe przeznaczone do budowy dróg i powierzchniowych utrwaleń zostały objęte systemem oceny zgodności „2+”, w którym wymagane jest, aby producent posiadał wdrożony system Zakładowej Kontroli Produkcji potwierdzony Certyfikatem ZKP. Certyfikat powinien być wystawiony przez jednostkę notyfikowaną.

System ZKP składa się z procedur, regularnych inspekcji, badań i/lub ocen, a wyniki są wykorzystywane do oceny jakości gotowego wyrobu. Ponadto producent powinien posiadać plan badań próbek oraz wykonać badania typu dla każdego wyrobu. Numery Certyfikatów ZKP dla jednostek produkcyjnych w Płocku i Trzebini zamieszczono w rozdziale 1.

Załącznik ZA do normy PN-EN 12591:2010 zawiera również procedurę oceny zgodności asfaltów drogowych, podział zadań oceny zgodności między producentem i jednostką notyfikowaną, rozdział dotyczący certyfikatu, deklaracji zgodności oraz oznakowania CE i etykietowania.

Na rysunku 2.2 przedstawiono przykład informacji towarzyszącej oznakowaniu CE asfaltu drogowego 50/70 produkcji ORLEN Asfalt z roku 2015.

 <b>1434</b>		<i>Oznakowanie zgodności CE, składające się z symbolu „CE” podanego w dyrektywie 93/68/EWG</i>  <i>Numer identyfikacyjny jednostki notyfikowanej</i>
<b>ORLEN Asfalt sp. z o.o.</b> <b>09-400 Płock, ul. Łukasiewicza 39</b> <b>Poland</b>  <b>13</b>  <b>18/CPR/2015</b>		<i>Nazwa lub znak identyfikacyjny oraz zarejestrowany adres producenta</i>  <i>Dwie ostatnie cyfry roku, w którym oznakowanie zostało umieszczone</i>  <i>Numer deklaracji właściwości użytkowych</i>
<b>PN-EN 12591:2010 (EN 12591:2009)</b>		<i>Numer Normy Europejskiej</i>
<b>Asfalt drogowy:</b>	<b>50/70</b>	<i>Opis wyrobu i informacje o właściwościach podlegających kontroli</i>
Penetracja w 25°C	50-70 x 0,1 mm	
Temperatura mięknięcia	46 – 54°C	
Odporność na starzenie w 163°C (EN 12607-1)		
Pozostała penetracja w 25°C po starzeniu	≥ 50%	
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu	≤ 9°C	
Zmiana masy po starzeniu	≤ 0,5% m/m	
Temperatura zapłonu	≥ 230°C	
Zawartość składników rozpuszczalnych	≥ 99,0% m/m	
Lepkość dynamiczna w 60°C	≥ 145 Pa*s	
Temperatura łamliwości	≤ -8°C	
Indeks Penetracji	NR	
Lepkość kinematyczna w 135°C	NR	

Rys. 2.2. Oznakowanie CE asfaltu drogowego 50/70 produkcji ORLEN Asfalt z roku 2015.

## 2.2. OPIS OGÓLNY ASFALTÓW DROGOWYCH

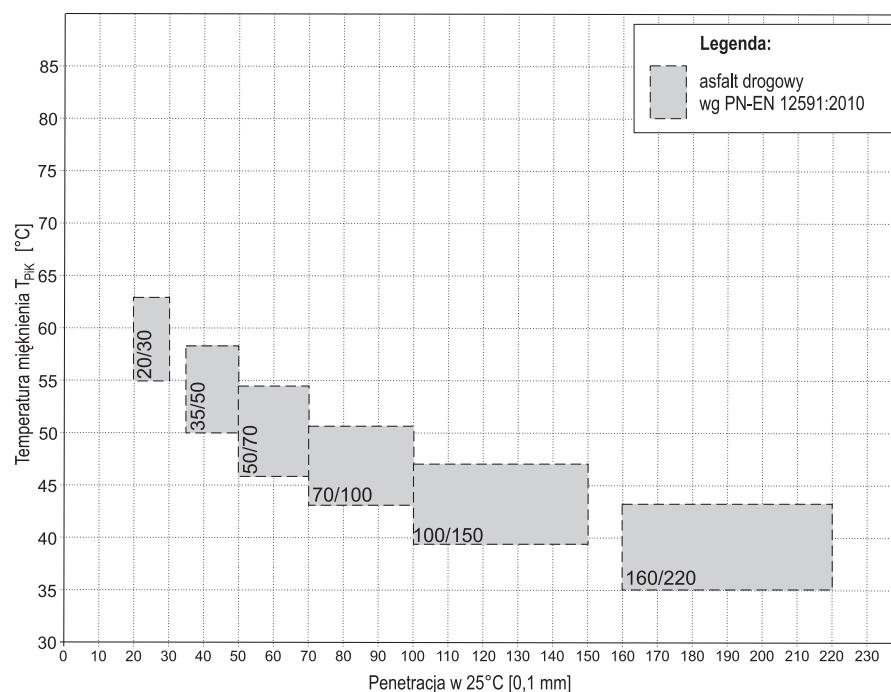
### 2.2.1. Charakterystyka

Asfalty drogowe to najpopularniejsza lepizcza drogowe do mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco stosowanych do budowy nawierzchni drogowych.

Dystrybuowane przez ORLEN Asphalt asfalty drogowe produkowane są głównie w systemie ciągłego utleniania pozostałości próżniowej wg technologii BITUROX®. Jest to obecnie jedna z najnowocześniejszych metod otrzymywania lepizczy z surowców podestylacyjnych z ropy naftowej (więcej o metodach produkcji asfaltów w Rozdziale 1). Drugą technologią produkcji jest utlenianie periodyczne w oksydatorach.

ORLEN Asphalt wytwarza następujące rodzaje asfaltów drogowych wg PN-EN 12591:2010: 20/30, 35/50, 50/70, 70/100, 100/150 i 160/220. Wszystkie te lepizcza kwalifikują się do grupy asfaltów drogowych o przedziale penetracji 20÷220 [0,1 mm] badanej w temperaturze 25°C.

Na rysunku 2.3 przedstawiono graficzne porównanie podstawowych właściwości asfaltów dla dwóch najbardziej popularnych parametrów charakteryzujących lepizcza asfaltowe – penetracji w 25°C i temperatury mięknięcia  $T_{PIK}$ .



Rys. 2.3. Graficzne porównanie asfaltów drogowych wg PN-EN 12591:2010 w zakresie penetracji w 25°C i temperatury mięknięcia  $T_{PIK}$

### 2.2.2. Przeznaczenie

Poniżej przedstawiono typowe zastosowania poszczególnych rodzajów asfaltów drogowych.

**Asfalt drogowy 20/30** jest najtwardszym asfaltem drogowym spośród obecnie produkowanych przez ORLEN Asphalt. Ze względu na wysoką temperaturę mięknięcia i dużą wrażliwość na spękania niskotemperaturowe, zalecany jest do stosowania wyłącznie w warstwach wiążących i podbudowach z betonu asfaltowego o wysokim module



szywności w regionach o sprzyjającym klimacie. Nie należy pozostawiać na zimę warstw z asfaltem 20/30 bez przykrycia kolejną warstwą. Dodatkowo, dla dróg krajowych podano w WT-2 cz.1 z 2014 r. specjalne wymagania oraz strefy klimatyczne, w których stosuje się określone rodzaje lepiszczy (drogowe lub modyfikowane polimerami).

**Asfalty drogowe 35/50 i 50/70** to najbardziej popularne lepiszcza wykorzystywane do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych.

- **Asfalt drogowy 35/50** może być stosowany do betonów asfaltowych w warstwach podbudowy i wiążącej do kategorii ruchu KR3-KR7, lub w warstwie ścieralnej jako asfalt lany na drogach obciążonych ruchem kategorii KR1-KR4. Nie należy stosować asfaltu 35/50 w warstwach ścieralnych do betonu asfaltowego i SMA.
- **Asfalt drogowy 50/70** może być stosowany przede wszystkim do betonów asfaltowych i SMA w warstwach ścieralnych kategorii ruchu KR1-KR4 pod warunkiem spełnienia postawionych wymagań odporności mieszanki na koleinowanie. Stosowanie asfaltu 50/70 w warstwach podbudowy i wiążącej do kategorii ruchu KR3-KR4 także wymaga sprawdzenia odporności mieszanki na koleinowanie. Nie zaleca się stosowania asfaltu 50/70 w jakiegokolwiek warstwie nawierzchni obciążonej ruchem powolnym (pasy powolnego ruchu, dojazdy do skrzyżowań itd.).

**Asfalt drogowy 70/100** w ograniczonym zakresie może być stosowany do betonów asfaltowych i SMA w warstwach ścieralnych kategorii ruchu KR1-KR2, przy założeniu, że potwierdzona zostanie odporność mieszanki na koleinowanie. Można go także stosować do produkcji emulsji asfaltowych.

**Asfalty drogowe 70/100, 100/150 i 160/220** to grupa lepiszczy przeznaczona głównie do produkcji emulsji asfaltowych o różnym przeznaczeniu.

Na podstawie obowiązujących przepisów GDDKiA, zawartych w Wymaganiach Technicznych „Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe”, w tablicy 2.3 zestawiono zalecenia stosowania asfaltów drogowych produkowanych przez ORLEN Asfalt do budowy nawierzchni drogowych.

Tablica 2.3. Zastosowania asfaltów drogowych w zależności od warstwy w nawierzchni drogowej i kategorii obciążenia ruchem drogowym wg Wymagań Technicznych „Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe” [5]

Warstwa	Materiał	Kategoria ruchu		
		KR1 ÷ KR2	KR3 ÷ KR4	KR5 ÷ KR7
Podbudowa	Lepiszczka asfaltowe <sup>c</sup>	50/70	20/30 <sup>b</sup> , 35/50 <sup>a</sup> , 50/70 <sup>a</sup>	20/30 <sup>b</sup> , 35/50 <sup>a</sup> , 50/70 <sup>a</sup>
Wiążąca	Lepiszczka asfaltowe <sup>c</sup>	50/70	20/30 <sup>b</sup> , 35/50 <sup>a</sup> , 50/70 <sup>a</sup>	20/30 <sup>b</sup> , 35/50 <sup>a</sup>
Ścieralna	Lepiszczka asfaltowe <sup>c</sup>	35/50 <sup>d</sup> , 50/70, 70/100	35/50 <sup>d</sup> , 50/70	—

- a) do betonu asfaltowego  
b) do betonu asfaltowego o wysokim module sztywności AC WMS  
c) mogą być stosowane także inne lepiszcza nienormowe i asfalty specjalne wg aprobat technicznych lub europejskich ocen technicznych  
d) do asfaltu lanego

Ze względu na ryzyko powstawania kolein, stosowanie asfaltów drogowych powinno być poprzedzone badaniem odporności mieszanki na koleinowanie wg PN-EN 12697-22 (metoda B, mały aparat, w powietrzu, Temp. = +60°C, 10000 cykli). Dotyczy to w szczególności odcinków dróg zlokalizowanych w strefach skrzyżowań, ruchu powolnego, stanowisk postojowych itp.

### 2.2.3. Właściwości

W kolejnych częściach rozdziału przedstawiono komplet właściwości asfaltów drogowych oznaczanych wg PN-EN 12591 oraz dodatkowe informacje uzyskane na podstawie badań wykonanych w oparciu o amerykańską metodę *Superpave*. Rozdział zawiera również klasyfikację asfaltów drogowych według obciążenia ruchem, opracowaną na podstawie wyników badań MSCR – *Superpave Plus* (dokładne omówienie badania MSCR znajduje się w rozdziale 8.).

W rozdziale zamieszczono także informacje dotyczące orientacyjnych temperatur technologicznych stosowania asfaltów w mieszankach mineralno-asfaltowych oraz dane o lepkości i zależności lepkości od temperatury.

#### 2.2.3.1. Asfalt drogowy 20/30

##### Właściwości wg PN-EN 12591:2010

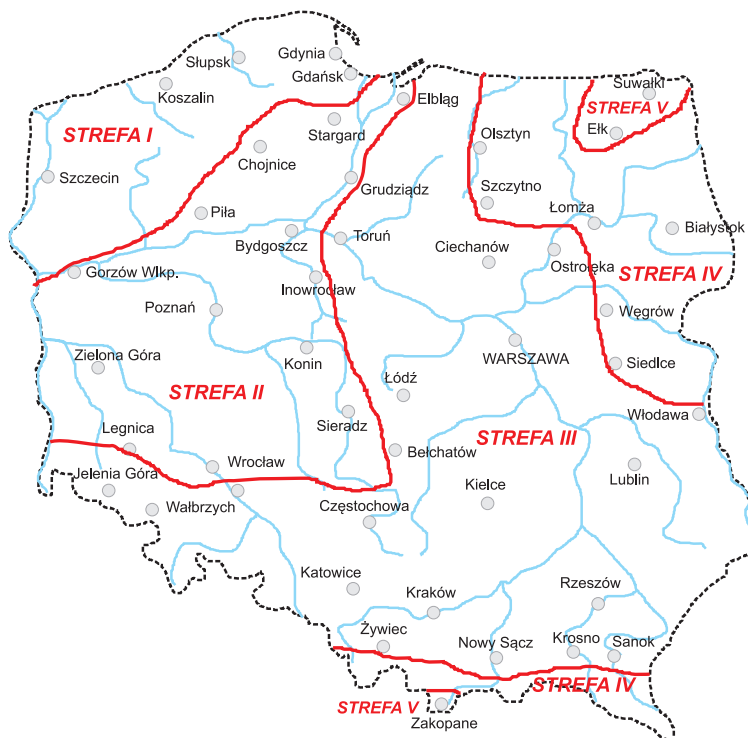
Wymagania wobec asfaltu drogowego 20/30 oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawia tablica 2.4.

Tablica 2.4. Właściwości asfaltu drogowego 20/30 produkowanego w 2015 roku (*wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484*)

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 r.
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	20 – 30	27
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	55 – 63	60,4
Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	°C	NR	-9
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	°C	≥ 240	322
Rozpuszczalność	PN-EN 12592	% (m/m)	≥ 99,0	99,93
Zmiana masy po starzeniu RTFOT (wartość bezwzględna)	PN-EN 12607-1	% (m/m)	≤ 0,5	-0,05
Pozostała penetracja po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	≥ 55	70
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	≤ 8	7,0
Lepkość kinematyczna w 135°C	PN-EN 12595	mm <sup>2</sup> /s	NR	1 280
Lepkość dynamiczna w 60°C	PN-EN 12596	Pa*s	NR	2 579

#### Asfalt 20/30 w betonach asfaltowych o wysokim module sztywności (AC WMS)

Asfalt drogowy 20/30 najczęściej stosowany jest w AC WMS z racji bardzo dużej sztywności, którą dzięki niemu uzyskuje mieszanka mineralno-asfaltowa. Z dużą sztywnością niestety związana jest także zwiększona kruchość w niskiej temperaturze, często prowadząca do spękań skurczowych niskotemperaturowych. W WT-2 cz.1. z 2014 r. podano zapisy, które mają chronić nawierzchnie z AC WMS przed szkodami zimowymi. W tablicy 21. WT-2 cz.1. 2014 podano, że *zalecana temperatura łamliwości asfaltu 20/30 powinna być nie wyższa niż -5°C oraz dopuszcza się do stosowania w I i II strefie klimatycznej Polski. Nie dopuszcza się pozostawienia na okres zimowy warstwy z asfaltem 20/30 nieprzykrytej kolejną warstwą asfaltową, która powinna być wykonana z mma z innym asfaltem niż 20/30 zgodnym z zamierzonym zastosowaniem.* Strefy klimatyczne, o których mowa w WT-2 cz.1. 2014 przedstawia rys. 2.4.



Rys. 2.4 Strefy klimatyczne do wyboru lepiszcza do AC WMS wg WT-2 cz.1. 2014 (na podstawie mapy w Załączniku NB do normy PN-EN 12831 „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego”)

### Temperatura łamliwości Fraassa dla 20/30 do AC WMS

Podane w WT-2 cz.1. 2014 wymaganie, aby asfalt drogowy 20/30 charakteryzował się temperaturą łamliwości nie większą niż  $-5^{\circ}\text{C}$  (dokładnie tak samo, jak bardziej miękki asfalt 35/50), nie ma podstawy w normie PN-EN 12591:2010, co więcej norma nie zawiera opcji dodania takiego wymagania dla asfaltu 20/30. Jest to jedyny asfalt drogowy według normy, dla którego nie określono wymagania wobec temperatury łamliwości, a przyczyną tej „luki w normie” jest niewielki wpływ producenta na ten parametr.

Produkcja tak twardego asfaltu wymaga, aby wyprodukowany asfalt zmieścił się w bardzo wąskim przedziale penetracji od 20 do 30 [0,1 mm] oraz w wąskim przedziale temperatury mięknięcia PiK od  $55$  do  $63^{\circ}\text{C}$ . Biorąc dodatkowo pod uwagę dokładność pomiarów penetracji i temperatury mięknięcia, realnie przedziały te są jeszcze węższe. Temperatura łamliwości wg Fraassa jest zależna w dużym stopniu od twardości lepiszcza, a więc od jego penetracji i temperatury mięknięcia. Zatem, aby uzyskać oczekiwany wynik „Fraassa” producent musi produkować asfalt 20/30 możliwie blisko górnej granicy penetracji, czyli ok.  $28 \div 30$  [0,1 mm]. Jednak mimo takiego ustawienia produkcji, dobry wynik łamliwości nie jest gwarantowany, ponieważ dużą rolę odgrywa tu surowiec do produkcji asfaltów. Zwykle, jeśli chcielibyśmy uzyskać dobry parametr łamliwości należałoby stosować surowiec relatywnie miękki lub wręcz fluksowany. Jednak w tym wypadku powstaje problem dużego przyrostu temperatury mięknięcia, ponad górną granicę przedziału normowego ( $63^{\circ}\text{C}$ ). W ten sposób powstają ograniczenia dla asfaltu 20/30. Nie można „poświęcić” temperatury mięknięcia na rzecz lepszej temperatury łamliwości, ponieważ temperatura mięknięcia należy do podstawowych właściwości asfaltów, na podstawie której producent może oznakować asfalt znakiem CE. Jest to podstawowa przyczyna, dlaczego w normie PN-EN 12591 nie podano żadnej wartości wymaganej temperatury łamliwości dla asfaltu 20/30.

Dodawane są także wymagania wobec temperatury łamliwości w zastrzeżonej formie, w postaci „wartość temperatury łamliwości po starzeniu RTFOT nie więcej niż  $-5^{\circ}\text{C}$ ”. Jest to zrozumiałe z punktu widzenia funkcjonalnych parametrów mma (asfalt w mma jest asfaltem po starzeniu technologicznym), ale w przypadku dodatkowych wymagań wobec asfaltów 20/30 wykracza już dużo dalej niż zwykłe rozszerzenie normy PN-EN 12591. O wiele prościej, a jednocześnie zgodnie z systemem norm, byłoby opisać wymagania do mma wg metody TSRST zgodnej z PN-EN 12697-46 (temperatura pęknięcia mma w niskiej temperaturze).

W ORLEN Asphalt przyjęto zasadę, że mimo braku wymagania normowego, każda partia produkcyjna asfaltu 20/30 zostanie zbadana także w zakresie temperatury łamliwości. W tabelicy 2.5 przedstawiono wyniki statystyczne z kontroli laboratoryjnej prowadzonej w latach 2013÷2015.

Tablica 2.5. Wyniki średnich arytmetycznych z podstawowych parametrów asfaltu 20/30: penetracji w 25°C, temperatury mięknięcia PiK oraz temperatury łamliwości Fraassa w latach 2013÷2015

Właściwość	Wartości średniej arytmetycznej z badań wszystkich partii produkcyjnych (w nawiasach podano odchylenia standardowe)		
	2013	2014	2015**
Penetracja w 25°C, 0,1 mm wg PN-EN 1426	28,0 (1,2)	27,4 (1,5)	28,0 (2,3)
Temperatura mięknięcia PiK, °C wg PN-EN 1427	62,1 (0,6)	62,5 (0,5)	60,8 (1,5)
Temperatura łamliwości met. Fraassa*), °C PN-EN 12593	-8,6 (2,3)	-9,9 (2,6)	-8,6 (2,0)
Temperatura łamliwości met. Fraassa*), °C PN-EN 12593 po RTFOT	—	—	-7,3 (2,3)

\*) Właściwość nie wymagana normą, badana dodatkowo  
\*\*) wyniki I-XI.2015 r.

### Właściwości wg Superpave

Poniżej przedstawiono właściwości asfaltu 20/30 oznaczone wg amerykańskiej metody *Superpave*, wykonane w latach 2012-2015.

- **Rodzaj funkcjonalny** (*Performance Grade*), klasyfikacja wg AASHTO MP 1: **PG 82-16**

- **Górne temperatury krytyczne** (AASHTO T 315):

- $G^*/\sin\delta = 1$  kPa (asfalt świeży)  $T_{kryt} = 83,7^{\circ}\text{C}$
- $G^*/\sin\delta = 2,2$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT)  $T_{kryt} = 84,7^{\circ}\text{C}$
- $G^*/\sin\delta = 5000$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT i PAV)  $T_{kryt} = 26,0^{\circ}\text{C}$

- **Dolne temperatury krytyczne** (AASHTO PP 42; PN-EN 14771):

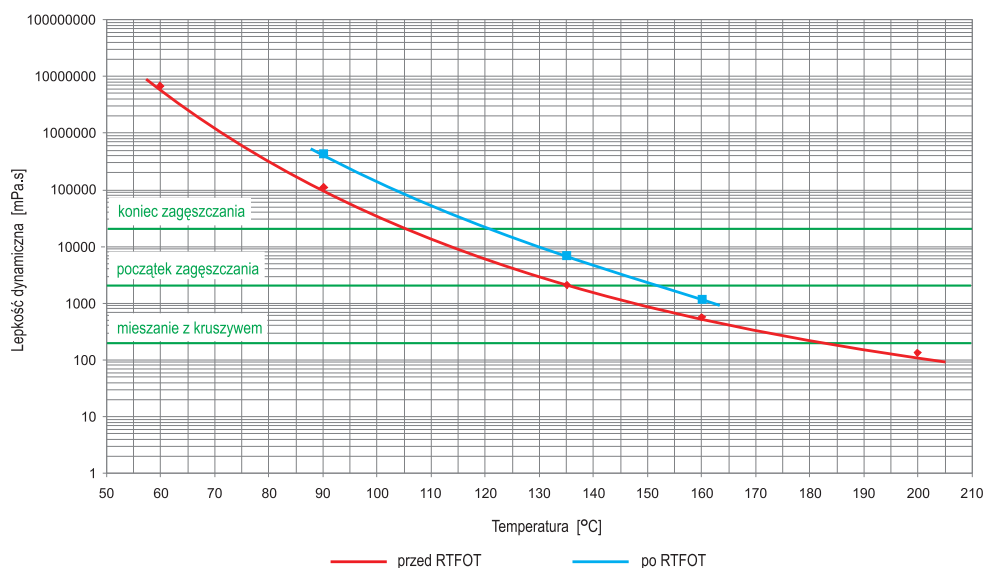
- temperatura przy  $S(60) = 300$  MPa  $T(S)_{60} = -14,7^{\circ}\text{C}$
- temperatura przy  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -8,1^{\circ}\text{C}$
- sztywność w temperaturze  $-16^{\circ}\text{C}$   $S(T)_{-16} = 370,5$  MPa

- **wyniki i klasyfikacja asfaltów według metody MSCR**

Oznaczone parametry	Zakres temperaturowy zgodny z <i>Superpave</i>			Zakres temperaturowy zgodny z normą europejską		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			PN-EN 16659		
	Próbki po starzeniu metodą RTFOT wg EN 12607-1			Próbki przed starzeniem		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 kPa	0,047	0,130	0,305	0,038	0,215	1,040
$J_{nr}$ 3,2 kPa	0,048	0,137	0,342	0,038	0,231	1,260
$J_{nr}$ diff	3,2	5,4	12,3	1,9	7,3	20,8
R 0,1 kPa	51,4	39,9	31,1	49,5	31,1	17,2
R 3,2 kPa	49,5	36,6	23,9	48,3	26,4	6,5
R diff	3,7	8,4	23,4	2,4	15,2	62,2
<b>Końcowa klasyfikacja przydatności dla ruchu drogowego, wg parametru <math>J_{nr}</math> 3,2 kPa (w temperaturze badania)</b>	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	nie klasyfikuje się		

\*) wynik  $J_{nr}$  3,2 kPa poza klasyfikacją

## Zależność lepkości od temperatury



Rys. 2.5. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu drogowego 20/30

Tablica 2.6. Przykładowe wyniki badania lepkości asfaltu 20/30 produkowanego w 2015 roku. Badania wykonano w ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.

Rodzaj lepkości	Metoda badania	Dokument odniesienia	Parametry sprzętu	Jednostka	Temperatura badania	Przykładowy wynik badania lepkości
dynamiczna	próżniowa kapilarna	PN-EN 12596	—	Pa*s	60°C	2 579
	lepkościomierz obrotowy Brookfielda	ASTM D4402 PN-EN 13302	wrzeciono nr 21, 29	Pa*s	90°C	94,08
					135°C	1,87
					160°C	0,48
					200°C	0,12
	wrzeciono nr 27	Pa*s	90°C po RTFOT	414,33		
			135°C po RTFOT	5,64		
160°C po RTFOT			1,32			
kinematyczna	lepkościomierz typu BS/IP/RF	PN-EN 12595	—	mm <sup>2</sup> /s	135°C	1 280

## Temperatury technologiczne

<b>W laboratorium:</b>	
Temperatura zagęszczania próbek (próbki Marshalla lub próbki zagęszczane w prasie żyrotorowej)	155 ÷ 160°C
<b>Na otaczarni:</b>	
Temperatura pompowania asfaltu	> 145°C
Temperatura asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej	175 ÷ 185°C
Temperatura asfaltu lanego MA w mieszalniku otaczarki (przy czasie przechowywania mma do 6h)	< 220°C
Temperatura asfaltu lanego MA w mieszalniku otaczarki (przy czasie przechowywania mma do 2h)	< 230°C
<b>Uwaga:</b> podczas produkcji asfaltu lanego MA zaleca się stosowanie dodatków obniżających temperaturę technologiczną (mieszania z kruszywem i wbudowania), tak aby produkcja asfaltu lanego odbywała się w temperaturze poniżej 200°C.	
<b>Na budowie:</b>	
Temperatura minimalna dostarczonej mieszanki mineralno-asfaltowej (w koszu rozkładarki)	165°C

## Magazynowanie

### Magazynowanie krótkotrwałe w wysokiej temperaturze (do 10 dni)

- zalecana temperatura magazynowania asfaltu:  $\leq 185^{\circ}\text{C}$

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w wysokiej temperaturze

Zaleca się unikanie przechowywania asfaltu w wysokiej temperaturze przez długie okresy czasu. W przypadku konieczności magazynowania asfaltu drogowego 20/30 w zbiorniku w wysokiej temperaturze (do  $185^{\circ}\text{C}$ ) przez ponad 10 dni zaleca się przeprowadzenie kontroli stopnia starzenia lepiszcza przed użyciem asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Należy zbadać: penetrację w  $25^{\circ}\text{C}$  wg PN-EN 1426 lub temperaturę mięknięcia wg PN-EN 1427.

W przypadku nadmiernego zestarzenia lepiszcza należy rozpocząć procedurę kontrolowanego utylizowania produktu (procedura ZKP zgodna z PN-EN 13108-21).

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w obniżonej temperaturze

W przypadku konieczności magazynowania asfaltu drogowego 20/30 w znacznie dłuższym okresie niż 10 dni zaleca się obniżenie temperatury asfaltu i rozgrzanie przed ponownym użyciem. W przypadku planowanego bardzo długiego okresu przechowywania bez produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej dopuszczalne jest przechowywanie asfaltu w temperaturze otoczenia. Warunkiem takiego przechowywania jest wyposażenie zbiornika do magazynowania w odpowiedniej mocy urządzenia grzewcze gwarantujące późniejsze rozgrzanie asfaltu bez ryzyka miejscowego przepalenia lepiszcza podczas długotrwałego rozgrzewania.

## 2.2.3.2. Asfalt drogowy 35/50

### Właściwości wg PN-EN 12591:2010

Wymagania wobec asfaltu drogowego 35/50 oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawiono w tabelicy 2.7.

Tablica 2.7 Właściwości asfaltu drogowego 35/50 produkowanego w 2015 roku (wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 r.
Penetracja w $25^{\circ}\text{C}$	PN-EN 1426	0,1 mm	35 – 50	41
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	$^{\circ}\text{C}$	50 – 58	53,8
Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	$^{\circ}\text{C}$	$\leq -5$	-10
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	$^{\circ}\text{C}$	$\geq 240$	324
Rozpuszczalność	PN-EN 12592	% (m/m)	$\geq 99,0$	99,95
Zmiana masy po starzeniu RTFOT (wartość bezwzględna)	PN-EN 12607-1	% (m/m)	$\leq 0,5$	-0,04
Pozostała penetracja po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	$\geq 53$	72
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	$^{\circ}\text{C}$	$\leq 8$	5,7
Lepkość kinematyczna w $135^{\circ}\text{C}$	PN-EN 12595	$\text{mm}^2/\text{s}$	NR	748
Lepkość dynamiczna w $60^{\circ}\text{C}$	PN-EN 12596	$\text{Pa}\cdot\text{s}$	NR	747

## Właściwości wg Superpave

Poniżej przedstawiono właściwości asfaltu drogowego 35/50 oznaczone wg amerykańskiej metody Superpave, wykonane w latach 2012-2015.

- **Rodzaj funkcjonalny** (*Performance Grade*), klasyfikacja wg AASHTO MP 1: **PG 70-16**

- **Górne temperatury krytyczne** (AASHTO T 315):

– $G^*/\sin\delta = 1$ kPa (asfalt świeży)	$T_{kryt} = 73,2^{\circ}\text{C}$
– $G^*/\sin\delta = 2,2$ kPa (asfalt po starzeniu RTFOT)	$T_{kryt} = 74,2^{\circ}\text{C}$
– $G^*\sin\delta = 5000$ kPa (asfalt po starzeniu RTFOT i PAV)	$T_{kryt} = 23,1^{\circ}\text{C}$

- **Dolne temperatury krytyczne** (AASHTO PP 42; PN-EN 14771):

– temperatura przy $S(60) = 300$ MPa	$T(S)_{60} = -15,4^{\circ}\text{C}$
– temperatura przy $m(60) = 0,3$	$T(m)_{60} = -11,5^{\circ}\text{C}$
– sztywność w temperaturze $-16^{\circ}\text{C}$	$S(T)_{-16} = 338,5$ MPa

- **Wyniki i klasyfikacja asfaltów według metody MSCR**

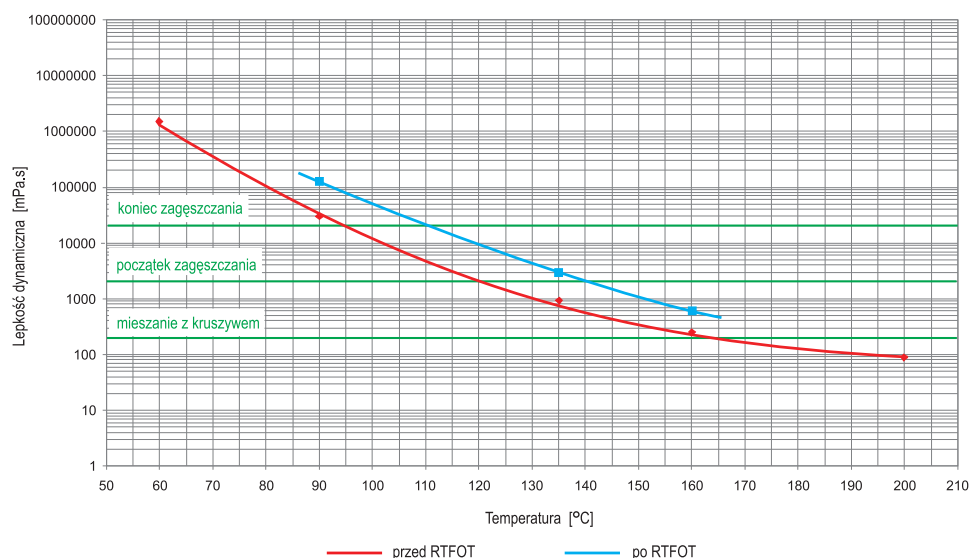
Oznaczone parametry	Zakres temperaturowy zgodny z Superpave			Zakres temperaturowy zgodny z normą europejską		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			PN-EN 16659		
	Próbki po starzeniu metodą RTFOT wg EN 12607-1			Próbki przed starzeniem		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 kPa	0,146	0,380	0,807	0,174	0,858	3,520
$J_{nr}$ 3,2 kPa	0,153	0,419	0,926	0,179	0,960	4,010
$J_{nr}$ diff	4,6	10,2	14,8	2,9	11,9	13,8
R 0,1 kPa	32,5	23,7	16,5	25,4	13,3	3,5
R 3,2 kPa	29,4	17,2	8,7	23	6,5	0,2
R diff	9,7	27,2	47,6	9,9	51,3	92,8
Końcowa klasyfikacja przydatności dla ruchu drogowego, wg parametru $J_{nr}$ 3,2 kPa (w temperaturze badania)	Extreme	Extreme	Very heavy	nie klasyfikuje się		
*) wynik $J_{nr}$ 3,2 kPa poza klasyfikacją						

## Temperatury technologiczne

W laboratorium:	
Temperatura zagęszczania próbek (próbki Marshalla lub próbki zagęszczane w prasie żyrotorowej)	140 ÷ 145°C
Na otaczarni:	
Temperatura pompowania asfaltu	> 140°C
Temperatura asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej	165 ÷ 175°C
Temperatura asfaltu lanego MA w mieszalniku otaczarki (przy czasie przechowywania mma do 6h)	< 220°C
Temperatura asfaltu lanego MA w mieszalniku otaczarki (przy czasie przechowywania mma do 2h)	< 230°C
<b>Uwaga:</b> podczas produkcji asfaltu lanego MA zaleca się stosowanie dodatków obniżających temperaturę technologiczną (mieszania z kruszywem i wbudowania), tak aby produkcja asfaltu lanego odbywała się w temperaturze poniżej 200°C.	
Na budowie:	
Temperatura minimalna dostarczonej mieszanki mineralno-asfaltowej (w koszu rozkładarki)	150°C



## Zależność lepkości od temperatury



Rys. 2.6. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu drogowego 35/50

Tablica 2.8. Przykładowe wyniki badania lepkości asfaltu 35/50 produkowanego w 2015 roku. Badania wykonano w ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.

Rodzaj lepkości	Metoda badania	Dokument odniesienia	Parametry sprzętu	Jednostka	Temperatura badania	Przykładowy wynik badania lepkości
dynamiczna	próżniowa kapilara	PN-EN 12596	—	Pa*s	60°C	747
	lepkościomierz obrotowy Brookfielda	ASTM D4402 PN-EN 13302	wrzecziono nr 27	Pa*s	90°C	29,39
					135°C	0,95
					160°C	0,28
					200°C	0,08
	wrzecziono nr 27	Pa*s	90°C po RTFOT	112,00		
135°C po RTFOT			2,23			
160°C po RTFOT			0,55			
kinematyczna	lepkościomierz typu BS/IP/RF	PN-EN 12595	—	mm <sup>2</sup> /s	135°C	748

## Magazynowanie

### Magazynowanie krótkotrwałe w wysokiej temperaturze (do 10 dni)

- zalecana temperatura magazynowania asfaltu: ≤185°C

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w wysokiej temperaturze

Zaleca się unikanie przechowywania asfaltu w wysokiej temperaturze przez długie okresy czasu. W przypadku konieczności magazynowania asfaltu drogowego 35/50 w zbiorniku w wysokiej temperaturze (do 185°C) przez ponad 10 dni zaleca się przeprowadzenie kontroli stopnia starzenia lepiszcza przed użyciem asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Należy zbadać: penetrację w 25°C wg PN-EN 1426 lub temperaturę mięknięcia wg PN-EN 1427.

W przypadku nadmiernego zestarzenia lepiszcza należy rozpocząć procedurę kontrolowanego utylizowania produktu (procedura ZKP zgodna z PN-EN 13108-21).

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w obniżonej temperaturze

W przypadku konieczności magazynowania asfaltu drogowego 35/50 w znacznie dłuższym okresie niż 10 dni zaleca się obniżenie temperatury asfaltu i rozgrzanie przed ponownym użyciem. W przypadku planowanego bardzo długiego okresu przechowywania bez produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej dopuszczalne jest przechowywanie asfaltu w temperaturze otoczenia. Warunkiem takiego przechowywania jest wyposażenie zbiornika do magazynowania w odpowiedniej mocy urządzenia grzewcze gwarantujące późniejsze rozgrzanie asfaltu bez ryzyka miejscowego przepalenia lepiszczą podczas długotrwałego rozgrzewania.

### 2.2.3.3. Asfalt drogowy 50/70

#### Właściwości wg PN-EN 12591:2010

Wymagania wobec asfaltu drogowego 50/70 oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawiono w tabelicy 2.9.

Tabela 2.9. Właściwości asfaltu drogowego 50/70 produkowanego w 2015 roku (wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 r.
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	50 – 70	60
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	46 – 54	48,6
Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	°C	≤ -8	-15
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	°C	≥ 230	325
Rozpuszczalność	PN-EN 12592	% (m/m)	≥ 99,0	99,95
Zmiana masy po starzeniu RTFOT (wartość bezwzględna)	PN-EN 12607-1	% (m/m)	≤ 0,5	-0,01
Pozostała penetracja po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	≥ 50	65
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	≤ 9	6,7
Lepkość kinematyczna w 135°C	PN-EN 12595	mm <sup>2</sup> /s	NR	486
Lepkość dynamiczna w 60°C	PN-EN 12596	Pa*s	NR	291

#### Właściwości wg Superpave

Poniżej przedstawiono właściwości asfaltu drogowego 50/70 oznaczone wg amerykańskiej metody Superpave, wykonane w latach 2012-2015.

- **Rodzaj funkcjonalny** (*Performance Grade*), klasyfikacja wg AASHTO MP 1: **PG 64-22**
- **Górne temperatury krytyczne** (AASHTO T 315):
  - $G^*/\sin\delta = 1$  kPa (asfalt świeży)  $T_{kryt} = 67,7^{\circ}\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 2,2$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT)  $T_{kryt} = 67,8^{\circ}\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 5000$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT i PAV)  $T_{kryt} = 20,5^{\circ}\text{C}$
- **Dolne temperatury krytyczne** (AASHTO PP 42; PN-EN 14771):
  - temperatura przy  $S(60) = 300$  MPa  $T(S)_{60} = -16,6^{\circ}\text{C}$
  - temperatura przy  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -15,0^{\circ}\text{C}$
  - sztywność w temperaturze  $-16^{\circ}\text{C}$   $S(T)_{-16} = 294$  MPa

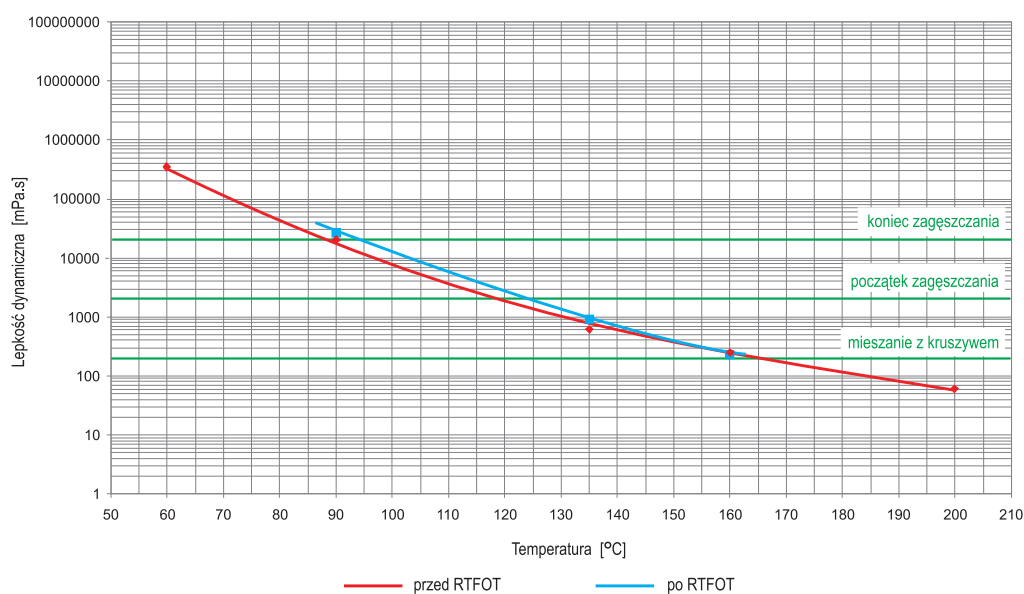
• Wyniki i klasyfikacja asfaltów według metody MSCR

Oznaczone parametry	Zakres temperaturowy zgodny z <i>Superpave</i>			Zakres temperaturowy zgodny z normą europejską		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			PN-EN 16659		
	Próbki po starzeniu metodą RTFOT wg EN 12607-1			Próbki przed starzeniem		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 kPa	0,841	2,010	4,390	0,627	2,510	7,200
$J_{nr}$ 3,2 kPa	<b>0,921</b>	<b>2,240</b>	<b>4,980</b>	0,669	2,790	10,900
$J_{nr}$ diff	9,6	11,5	13,4	6,6	11,0	51,0
R 0,1 kPa	11,3	5,2	3,2	11,2	4,0	2,8
R 3,2 kPa	5,8	1,7	-0,5	7,3	0,9	-2,6
R diff	48,8	68,1	115,8	34,8	76,8	195,3
Końcowa klasyfikacja przydatności dla ruchu drogowego, wg parametru $J_{nr}$ 3,2 kPa (w temperaturze badania)	Very heavy	Standard	*	nie klasyfikuje się		
*) wynik $J_{nr}$ 3,2 kPa poza klasyfikacją						

## Temperatury technologiczne

W laboratorium:	
Temperatura zagęszczania próbek (próbki Marshalla lub próbki zagęszczane w prasie żyratorowej)	135 ÷ 140°C
Na otaczarni:	
Temperatura pompowania asfaltu	> 130°C
Temperatura asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej	155 ÷ 165°C
Na budowie:	
Temperatura minimalna dostarczonej mieszanki mineralno-asfaltowej (w koszu rozkładarki)	145°C

## Zależność lepkości od temperatury



Rys. 2.7. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu drogowego 50/70

Tablica 2.10. Przykładowe wyniki badań lepkości asfaltu 50/70 produkowanego w 2015 roku. Badania wykonano w ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.

Rodzaj lepkości	Metoda badania	Dokument odniesienia	Parametry sprzętu	Jednostka	Temperatura badania	Przykładowy wynik badania lepkości
dynamiczna	próżniowa kapilarna	PN-EN 12596	—	Pa*s	60°C	291
	lepkościomierz obrotowy Brookfielda	ASTM D4402 PN-EN 13302	wrzeciono nr 21	Pa*s	90°C	17,10
					135°C	0,63
					160°C	0,22
					200°C	0,06
	wrzeciono nr 27	Pa*s	90°C po RTFOT	19,49		
			135°C po RTFOT	0,65		
160°C po RTFOT			0,21			
kinematyczna	lepkościomierz typu BS/IP/RF	PN-EN 12595	—	mm <sup>2</sup> /s	135°C	486

## Magazynowanie

### Magazynowanie krótkotrwałe w wysokiej temperaturze (do 10 dni)

- zalecana temperatura magazynowania asfaltu:  $\leq 185^{\circ}\text{C}$

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w wysokiej temperaturze

Zaleca się unikanie przechowywania asfaltu w wysokiej temperaturze przez długie okresy czasu. W przypadku konieczności magazynowania asfaltu drogowego 50/70 w zbiorniku w wysokiej temperaturze (do 185°C) przez ponad 10 dni zaleca się przeprowadzenie kontroli stopnia starzenia lepiszcza przed użyciem asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Należy zbadać: penetrację w 25°C wg PN-EN 1426 lub temperaturę mięknięcia wg PN-EN 1427.

W przypadku nadmiernego zesterzenia lepiszcza należy rozpocząć procedurę kontrolowanego utylizowania produktu (procedura ZKP zgodna z PN-EN 13108-21).

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w obniżonej temperaturze

W przypadku konieczności magazynowania asfaltu drogowego 50/70 w znacznie dłuższym okresie niż 10 dni zaleca się obniżenie temperatury asfaltu i rozgrzanie przed ponownym użyciem. W przypadku planowanego bardzo długiego okresu przechowywania bez produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej dopuszczalne jest przechowywanie asfaltu w temperaturze otoczenia. Warunkiem takiego przechowywania jest wyposażenie zbiornika do magazynowania w odpowiedniej mocy urządzenia grzewcze gwarantujące późniejsze rozgrzanie asfaltu bez ryzyka miejscowego przepalenia lepiszcza podczas długotrwałego rozgrzewania.

## 2.2.3.4. Asfalt drogowy 70/100

### Właściwości wg PN-EN 12591:2010

Wymagania wobec asfaltu drogowego 70/100 oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawiono w tablicy 2.11.

Tablica 2.11. Właściwości asfaltu drogowego 70/100 produkowanego w 2015 roku (wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 r.
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	70 – 100	84
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	43 – 51	45,0
Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	°C	≤ -10	-13
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	°C	≥ 230	326
Rozpuszczalność	PN-EN 12592	% (m/m)	≥ 99,0	99,95
Zmiana masy po starzeniu RTFOT (wartość bezwzględna)	PN-EN 12607-1	% (m/m)	≤ 0,8	0,02
Pozostała penetracja po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	≥ 46	67
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	≤ 9	5,1
Lepkość kinematyczna w 135°C	PN-EN 12595	mm <sup>2</sup> /s	NR	352
Lepkość dynamiczna w 60°C	PN-EN 12596	Pa*s	NR	145

### Właściwości wg Superpave

Poniżej przedstawiono właściwości asfaltu drogowego 70/100 oznaczone wg amerykańskiej metody *Superpave*, wykonane w latach 2012-2015.

- **Rodzaj funkcjonalny** (*Performance Grade*), klasyfikacja wg AASHTO MP 1: **PG 58-22**
- **Górne temperatury krytyczne** (AASHTO T 315):
  - $G^*/\sin\delta = 1$  kPa (asfalt świeży)  $T_{kryt} = 63,4^{\circ}\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 2,2$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT)  $T_{kryt} = 63,6^{\circ}\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 5\ 000$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT i PAV)  $T_{kryt} = 19,1^{\circ}\text{C}$
- **Dolne temperatury krytyczne** (AASHTO PP 42; PN-EN 14771):
  - temperatura przy  $S(60) = 300$  MPa  $T(S)_{60} = -16,9^{\circ}\text{C}$
  - temperatura przy  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -16,2^{\circ}\text{C}$
  - sztywność w temperaturze  $-16^{\circ}\text{C}$   $S(T)_{-16} = 285$  MPa

### Wyniki i klasyfikacja asfaltów według metody MSCR

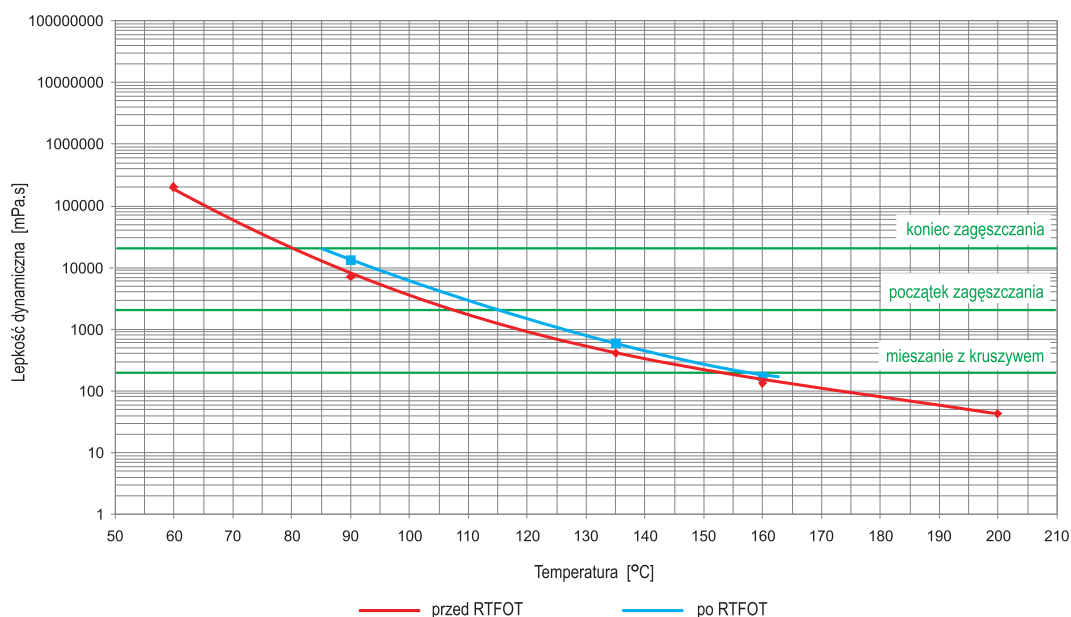
Oznaczone parametry	Zakres temperaturowy zgodny z <i>Superpave</i>			Zakres temperaturowy zgodny z normą europejską		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			PN-EN 16659		
	Próbki po starzeniu metodą RTFOT wg EN 12607-1			Próbki przed starzeniem		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 kPa	2,010	4,570	10,300	1,280	5,850	21,400
$J_{nr}$ 3,2 kPa	2,180	5,070	11,400	1,370	6,500	23,300
$J_{nr}$ diff	8,3	11,0	10,5	6,6	11,1	9,0
R 0,1 kPa	5,4	2,6	-2,5	4,6	1,6	-5,6
R 3,2 kPa	1,2	-0,7	-2,9	2,5	-1,4	-6,3
R diff	77,1	128,0	-17,0	45	189,1	-13,0
<b>Końcowa klasyfikacja przydatności dla ruchu drogowego, wg parametru <math>J_{nr}</math> 3,2 kPa (w temperaturze badania)</b>	<b>Standard</b>	*	*	nie klasyfikuje się		

\*) wynik  $J_{nr}$  3,2 kPa poza klasyfikacją

## Temperatury technologiczne

<b>W laboratorium:</b>	
Temperatura zagęszczania próbek (próbki Marshalla lub próbki zagęszczane w prasie żyrotorowej)	130 ÷ 135°C
<b>Na otaczarni:</b>	
Temperatura pompowania asfaltu	> 130°C
Temperatura asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej	150 ÷ 160°C
<b>Na budowie:</b>	
Temperatura minimalna dostarczonej mieszanki mineralno-asfaltowej (w koszu rozkładarki)	140°C

## Zależność lepkości od temperatury



Rys.2.8. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu drogowego 70/100

Tablica 2.12. Przykładowe wyniki badań lepkości asfaltu 70/100 produkowanego w 2015 roku. Badania wykonano w ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.

Rodzaj lepkości	Metoda badania	Dokument odniesienia	Parametry sprzętu	Jednostka	Temperatura badania	Przykładowy wynik badania lepkości
dynamiczna	próżniowa kapilarna	PN-EN 12596	—	Pa*s	60°C	145
	lepkościomierz obrotowy Brookfielda	ASTM D4402 PN-EN 13302	wrzeciono nr 21	Pa*s	90°C	7,31
					135°C	0,39
					160°C	0,14
					200°C	0,04
					90°C po RTFOT	12,65
	wrzeciono nr 27	Pa*s	135°C po RTFOT	0,56		
160°C po RTFOT			0,18			
kinematyczna	lepkościomierz typu BS/IP/RF	PN-EN 12595	—	mm <sup>2</sup> /s	135°C	352

## Magazynowanie

### Magazynowanie krótkotrwałe w wysokiej temperaturze (do 10 dni)

- zalecana temperatura magazynowania asfaltu:  $\leq 180^{\circ}\text{C}$

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w wysokiej temperaturze

Zaleca się unikanie przechowywania asfaltu w wysokiej temperaturze przez długie okresy czasu. W przypadku konieczności magazynowania asfaltu drogowego 70/100 w zbiorniku w wysokiej temperaturze (do  $180^{\circ}\text{C}$ ) przez ponad 10 dni zaleca się przeprowadzenie kontroli stopnia starzenia lepiszcza przed użyciem asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Należy zbadać: penetrację w  $25^{\circ}\text{C}$  wg PN-EN 1426 lub temperaturę mięknięcia wg PN-EN 1427.

W przypadku nadmiernego zestarzenia lepiszcza należy rozpocząć procedurę kontrolowanego utylizowania produktu (procedura ZKP zgodna z PN-EN 13108-21).

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w obniżonej temperaturze

W przypadku konieczności magazynowania asfaltu drogowego 70/100 w znacznie dłuższym okresie niż 10 dni zaleca się obniżenie temperatury asfaltu i rozgrzanie przed ponownym użyciem. W przypadku planowanego bardzo długiego okresu przechowywania bez produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej dopuszczalne jest przechowywanie asfaltu w temperaturze otoczenia. Warunkiem takiego przechowywania jest wyposażenie zbiornika do magazynowania w odpowiedniej mocy urządzenia grzewcze gwarantujące późniejsze rozgrzanie asfaltu bez ryzyka miejscowego przepalenia lepiszcza podczas długotrwałego rozgrzewania.

## 2.2.3.5. Asfalt drogowy 100/150

### Właściwości wg PN-EN 12591:2010

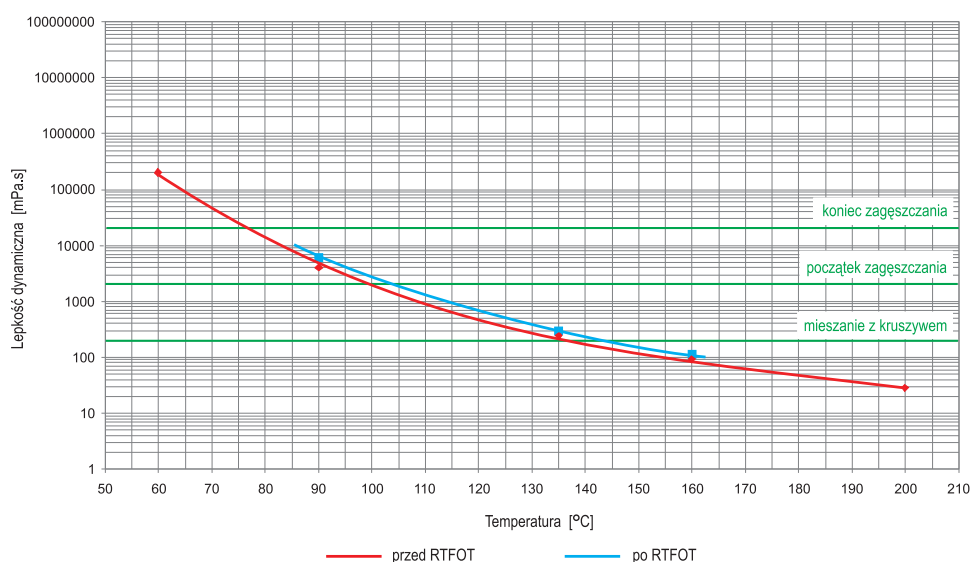
Wymagania wobec asfaltu drogowego 100/150 oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawiono w tabelicy 2.13.

Tablica 2.13. Właściwości asfaltu drogowego 100/150 produkowanego w 2015 roku (wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 r.
Penetracja w $25^{\circ}\text{C}$	PN-EN 1426	0,1 mm	100 – 150	131
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	$^{\circ}\text{C}$	39 – 47	41,4
Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	$^{\circ}\text{C}$	$\leq -12$	-17
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	$^{\circ}\text{C}$	$\geq 230$	325
Rozpuszczalność	PN-EN 12592	% (m/m)	$\geq 99,0$	99,91
Zmiana masy po starzeniu RTFOT (wartość bezwzględna)	PN-EN 12607-1	% (m/m)	$\leq 0,8$	-0,04
Pozostała penetracja po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	$\geq 43$	59
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	$^{\circ}\text{C}$	$\leq 10$	4,6
Lepkość kinematyczna w $135^{\circ}\text{C}$	PN-EN 12595	$\text{mm}^2/\text{s}$	NR	267
Lepkość dynamiczna w $60^{\circ}\text{C}$	PN-EN 12596	$\text{Pa}\cdot\text{s}$	NR	81



## Zależność lepkości od temperatury



Rys. 2.9. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu drogowego 100/150

Tablica 2.14. Przykładowe wyniki badań lepkości asfaltu 100/150 produkowanego w 2015 roku. Badania wykonano w ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.

Rodzaj lepkości	Metoda badania	Dokument odniesienia	Parametry sprzętu	Jednostka	Temperatura badania	Przykładowy wynik badania lepkości
dynamiczna	próżniowa kapilarna	PN-EN 12596	—	Pa*s	60°C	81
	lepkościomierz obrotowy Brookfielda	ASTM D4402 PN-EN 13302	wrzeciono nr 18, 21	Pa*s	90°C	4,08
					135°C	0,26
					160°C	0,10
					200°C	0,03
	wrzeciono nr 21	Pa*s	90°C po RTFOT	6,41		
			135°C po RTFOT	0,35		
160°C po RTFOT			0,13			
kinematyczna	lepkościomierz typu BS/IP/RF	PN-EN 12595	—	mm <sup>2</sup> /s	135°C	267

## Magazynowanie

### Magazynowanie krótkotrwałe w wysokiej temperaturze (do 10 dni)

- zalecana temperatura magazynowania asfaltu:  $\leq 180^{\circ}\text{C}$

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w wysokiej temperaturze

Zaleca się unikanie przechowywania asfaltu w wysokiej temperaturze przez długie okresy czasu. W przypadku konieczności magazynowania asfaltu drogowego 100/150 w zbiorniku w wysokiej temperaturze (do 180°C) przez ponad 10 dni zaleca się przeprowadzenie kontroli stopnia starzenia lepiszcza przed użyciem asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Należy zbadać: penetrację w 25°C wg PN-EN 1426 lub temperaturę mięknięcia wg PN-EN 1427.

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w obniżonej temperaturze

W przypadku konieczności magazynowania asfaltu drogowego 100/150 w znacznie dłuższym okresie niż 10 dni zaleca się obniżenie temperatury asfaltu i rozgrzanie przed ponownym użyciem. W przypadku planowanego bardzo długiego okresu przechowywania bez produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej dopuszczalne jest przechowywanie asfaltu w temperaturze otoczenia. Warunkiem takiego przechowywania jest wyposażenie zbiornika do magazynowania w odpowiedniej mocy urządzenia grzewcze gwarantujące późniejsze rozgrzanie asfaltu bez ryzyka miejscowego przepalenia lepiszcza podczas długotrwałego rozgrzewania.

#### 2.2.3.6. Asfalt drogowy 160/220

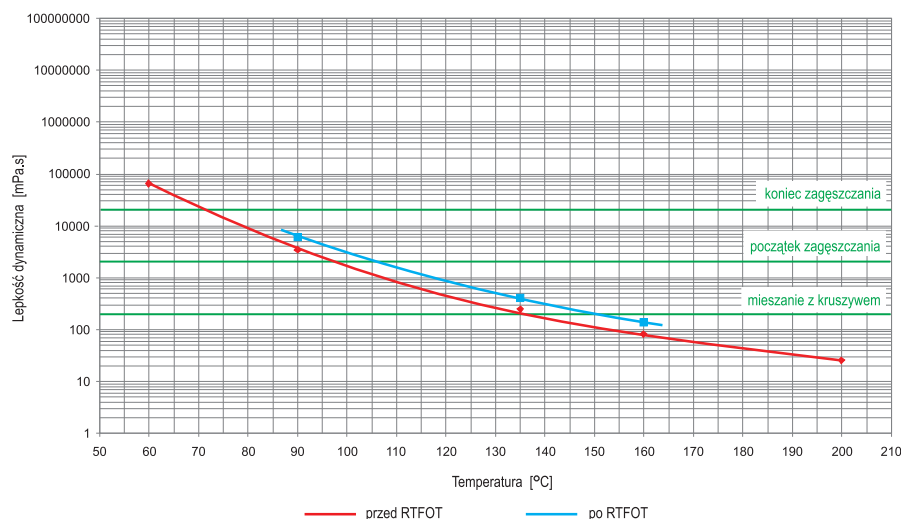
### Właściwości wg PN-EN 12591:2010

Wymagania wobec asfaltu drogowego 160/220 oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawiono w tabelcy 2.15.

Tabela 2.15. Właściwości asfaltu drogowego 160/220 produkowanego w 2015 roku (wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 r.
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	160 – 220	181
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	35 – 43	37,4
Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	°C	≤ -15	-20
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	°C	≥ 220	323
Rozpuszczalność	PN-EN 12592	% (m/m)	≥ 99,0	99,96
Zmiana masy po starzeniu RTFOT (wartość bezwzględna)	PN-EN 12607-1	% (m/m)	≤ 1,0	-0,03
Pozostała penetracja po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	≥ 37	69
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	≤ 11	4,2
Lepkość kinematyczna w 135°C	PN-EN 12595	mm <sup>2</sup> /s	NR	218
Lepkość dynamiczna w 60°C	PN-EN 12596	Pa*s	NR	52

### Zależność lepkości od temperatury



Rys. 2.10. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu drogowego 160/220

Tablica 2.16. Przykładowe wyniki badań lepkości asfaltu 160/220 produkowanego w 2015 roku. Badania wykonano w ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.

Rodzaj lepkości	Metoda badania	Dokument odniesienia	Parametry sprzętu	Jednostka	Temperatura badania	Przykładowy wynik badania lepkości
dynamiczna	próżniowa kapilarna	PN-EN 12596	—	Pa*s	60°C	52
	lepkościomierz obrotowy Brookfielda	ASTM D4402 PN-EN 13302	wrzeciono nr 21	Pa*s	90°C	3,36
					135°C	0,23
					160°C	0,08
					200°C	0,03
			wrzeciono nr 21	Pa*s	90°C po RTFOT	5,80
					135°C po RTFOT	0,34
160°C po RTFOT	0,14					
kinematyczna	lepkościomierz typu BS/IP/RF	PN-EN 12595	—	mm <sup>2</sup> /s	135°C	218

## Magazynowanie

### Magazynowanie krótkotrwałe w wysokiej temperaturze (do 10 dni)

- zalecana temperatura magazynowania asfaltu:  $\leq 180^{\circ}\text{C}$

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w wysokiej temperaturze

Zaleca się unikanie przechowywania asfaltu w wysokiej temperaturze przez długie okresy czasu. W przypadku konieczności magazynowania asfaltu drogowego 160/220 w zbiorniku w wysokiej temperaturze (do 180°C) przez ponad 10 dni zaleca się przeprowadzenie kontroli stopnia starzenia lepiszcza przed użyciem asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Należy zbadać: penetrację w 25°C wg PN-EN 1426 lub temperaturę mięknięcia wg PN-EN 1427.

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w obniżonej temperaturze

W przypadku konieczności magazynowania asfaltu drogowego 160/220 w znacznie dłuższym okresie niż 10 dni zaleca się obniżenie temperatury asfaltu i rozgrzanie przed ponownym użyciem. W przypadku planowanego bardzo długiego okresu przechowywania bez produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej dopuszczalne jest przechowywanie asfaltu w temperaturze otoczenia. Warunkiem takiego przechowywania jest wyposażenie zbiornika do magazynowania w odpowiedniej mocy urządzenia grzewcze gwarantujące późniejsze rozgrzanie asfaltu bez ryzyka miejscowego przepalenia lepiszcza podczas długotrwałego rozgrzewania.

## Rozdział 3

### ASFALTY WIELORODZAJOWE BITREX WG PN-EN 13924-2

#### 3.1. OMÓWIENIE NORMY EN 13924-2

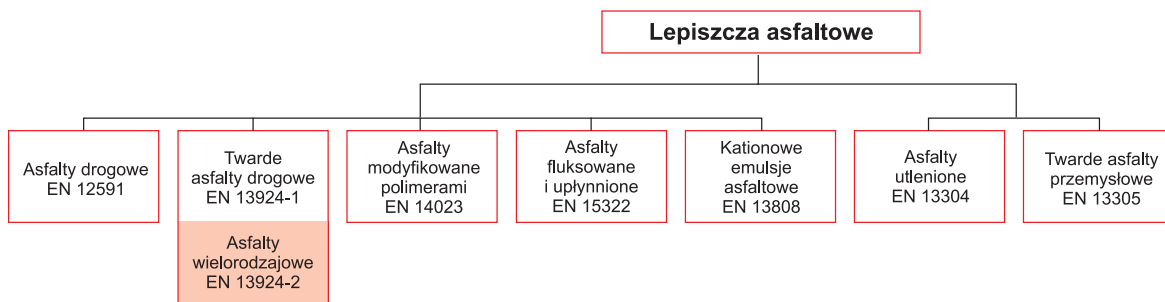
##### 3.1.1. Wprowadzenie

Do 2014 roku dokumentem odniesienia dla asfaltów wielorodzajowych stosowanych do budowy dróg w Polsce były Aprobaty Techniczne (AT) wydawane indywidualnie dla każdego producenta przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie.

Norma europejska wprowadzająca zasady klasyfikacji asfaltów wielorodzajowych została opublikowana po raz pierwszy w 2014 roku po nazwę EN 13924-2 *Bitumen and bituminous binders – Specification framework for special bitumen – Part 2: Multigrade paving bituminous binders*.

Polska wersja niniejszej normy PN-EN 13924-2 *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Zasady klasyfikacji asfaltów specjalnych – część 2: Asfalty wielorodzajowe*, wraz z załącznikiem krajowym NA (normatywnym) została opublikowana w lipcu 2014 roku i od tej pory jest dokumentem obowiązującym wszystkich producentów wytwarzających asfalty wielorodzajowe w Polsce. Firma ORLEN Asphalt wytwarza asfalty wielorodzajowe zgodnie z PN-EN 13924-2:2014.

Na rysunku 3.1. przedstawiono pozycję omawianej normy w systemie norm europejskich dotyczących lepiszczy asfaltowych.



Rys. 3.1. Przyporządkowanie norm europejskich do różnych rodzajów lepiszczy. Kolorem została oznaczona omawiana norma

Asfalty wielorodzajowe podlegają, podobnie jak asfalty drogowe oraz modyfikowane polimerami, Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady UE nr 305/2011 (CPR), które dotyczy wyrobów budowlanych i zasad wprowadzania ich do obrotu.

### 3.1.2. Wymagania normy EN 13924-2

Norma EN 13924-2, podobnie jak EN 12591 dla asfaltów drogowych oraz EN 14023 dla asfaltów modyfikowanych polimerami jest normą opracowaną na podstawie mandatu M124, czyli Zlecenia Komisji Europejskiej dla CEN.

Podobnie jak pozostałe normy do lepszycy asfaltowych, jest to norma klasyfikacyjna, czyli zawiera zestaw właściwości i przypisany do nich szereg do nich szeregu poziomów wymagań. Taki system klasyfikacji, pozwala każdemu z krajów UE samodzielnie stworzyć wymagania, odpowiednie dla stosowanych na jego terenie technologii oraz klimatu.

Norma EN 13924-2 zawiera zestaw właściwości podstawowych, które obligatoryjnie muszą być podane dla wszystkich rodzajów asfaltów wielorodzajowych (Tablica 3.1) oraz zestaw właściwości dodatkowych, które są wybierane dobrowolnie (Tablica 3.2).

Poniżej przedstawiono wymagania oraz podział na klasy, właściwości podstawowych oraz właściwości dodatkowych dla asfaltów wielorodzajowych, zgodnie z normą EN 13924-2. Można zauważyć, że w tablicy 3.1. nie występuje klasa 0 (NR – *No Requirements*), która umożliwiłaby pominięcie danej właściwości w specyfikacji krajowej. Ciekawą opcją, rzadko do tej pory występującą, jest pojawienie się klasy 1 (DV – *Declared Value*), która umożliwia stworzenie całkiem nowych granic lub zakresów wymagań. Przykładowo, stosując klasę DV dla penetracji w 25°C, można stworzyć całkiem nowy rodzaj asfaltu wielorodzajowego o zakresie innym niż podane w tablicy 3.1. (20-30, 35-50, 50-70), np. 40-60. Podobnie jest z pozostałymi właściwościami, dla których podano klasę 1 – DV. Wyjątkiem od tej zasady jest temperatura zapłonu, która jako właściwość związana z bezpieczeństwem użytkowania asfaltów jest obligatoryjna do badania w każdym przypadku.

Tablica 3.1. Wymagania i właściwości stosowane obligatoryjnie wobec wszystkich rodzajów asfaltów wielorodzajowych

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Klasa			
			1	2	3	4
Penetracja w 25°C	EN 1426	0,1 mm	DV <sup>b</sup>	20 do 30	35 do 50	50 do 70
Temperatura mięknięcia	EN 1427	°C	DV <sup>b</sup>	54 do 64	59 do 69	64 do 74
Odporność na starzenie w 163°C	EN 12607-1					
Pozostała penetracja po starzeniu RTFOT	EN 1426	%	DV <sup>b</sup>	≥ 50	≥ 60	
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu RTFOT	EN 1427	°C	DV <sup>b</sup>	≤ 8	≤ 10	≤ 12
Zmiana masy po starzeniu RTFOT		%	≤ 0,5			
Indeks penetracji $I_p$	Załącznik A	—	DV <sup>b</sup>	+ 0,1 do + 1,5	+ 0,3 do + 2,0	
Temperatura zapłonu	EN ISO 2592	°C		≥ 220	≥ 235	≥ 250
Rozpuszczalność	EN 12592	%	TBR <sup>c</sup>	≥ 99,0		

a) Rodzaje są określane przez symbol MG oraz nominalne zakresy penetracji w temperaturze 25 °C oraz temperatury mięknięcia np. MG 20/30-64/74  
b) DV: „z ang. *Declared Value* – „Wartość deklarowana”, klasa ta oznacza, że producent jest zobowiązany zadeklarować zakres lub granicę dla wartości jako część deklaracji wraz z innymi wymaganiami prawnymi.  
c) TBR: „z ang. *To Be Reported* – „Wartość podawana”, klasa ta może zostać zastosowana, w przypadku gdy brak jest wymagań prawnych lub innych warunków krajowych w miejscu zamierzonego zastosowania wyrobu, a dana właściwość może być uznana za pomocną w określaniu asfaltów wielorodzajowych.

Tablica 3.2. Wymagania i właściwości asfaltów wielorodzajowych powiązane z przepisami prawnymi lub innymi wymaganiami krajowymi

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Klasa					
			0	1	2	3	4	5
Temperatura łamliwości wg Fraassa	EN 12593	°C	NR <sup>a</sup>	TBR <sup>b</sup>	≤ -8	≤ -12	≤ -15	≤ -17
Lepkość dynamiczna w 60 °C	EN 12596 <sup>c</sup>	Pa•s	NR <sup>a</sup>	TBR <sup>b</sup>	≥ 300	≥ 600	≥ 900	≥ 1 500
Lepkość kinematyczna w 135 °C	EN 12596 <sup>c</sup>	Pa•s	NR <sup>a</sup>	TBR <sup>b</sup>	≥ 200	≥ 300	≥ 700	≥ 1 200

a) NR: z ang. *No Requirement – Brak wymagań*. Ta klasa może być zastosowana, w przypadku braku wymagań prawnych lub innych warunków krajowych w miejscu zamierzonego zastosowania wyrobu.  
b) TBR: „z ang. *To Be Reported – „Wartość podawana”*”, klasa ta może zostać zastosowana, w przypadku gdy brak jest wymagań prawnych lub innych warunków krajowych w miejscu zamierzonego zastosowania wyrobu, a dana właściwość może być uznana za pomocną w określaniu asfaltów wielorodzajowych.  
c) Metoda EN 13302, wykorzystująca aparat z wirującym trzpieniem jest opcjonalną metodą badania. Metodą referencyjną jest EN 12596.

Sposób oznaczenia asfaltów wielorodzajowych produkowanych zgodnie z PN-EN 13924-2 został przedstawiony w tablicy 3.3.

Tablica 3.3. Sposób oznaczania asfaltów wielorodzajowych produkowanych zgodnie z normą europejską PN-EN 13924-2

Lepiszczce asfaltowe	Asfalt wielorodzajowy
Dokument odniesienia	PN-EN 13924-2:2014
Oznaczenie normowe lepiszcza asfaltowego	MG XX/YY – ZZ/OO
Rodzaj lepiszcza asfaltowego produkowanego przez ORLEN Asphalt	BITREX 35/50-57/69 BITREX 50/70–54/64

**Objaśnienia do oznaczeń:**  
XX – dolna granica penetracji w 25°C danego rodzaju asfaltu [0,1 mm]  
YY – górna granica penetracji w 25°C danego rodzaju asfaltu [0,1 mm]  
ZZ – dolna granica temperatury mięknięcia PiK danego rodzaju asfaltu [°C]  
OO – górna granica temperatury mięknięcia PiK danego rodzaju asfaltu [°C]  
MG – skrót pochodzi od „*multigrade bitumen*” (zazwyczaj zastępowany nazwą handlową producenta asfaltu)

### 3.1.3. Krajowy dokument aplikacyjny – wymagania dla asfaltów wielorodzajowych

Norma PN-EN 13924-2:2014 zakłada, podobnie jak PN-EN 12591 oraz PN-EN 14023, że każdy kraj członkowski CEN dokona wyboru właściwości i przypisanych do nich poziomów wymagań. Taki sposób postępowania pozwala każdemu krajowi określić własne wymagania, jakimi mają charakteryzować się asfalty wielorodzajowe. Od 2012 r., w Podkomitecie ds. Asfaltów KT222 PKN trwały prace nad stworzeniem Załącznika krajowego do asfaltów wielorodzajowych. Prowadziła je Grupa Robocza złożona z członków Podkomitetu.

Opracowany Załącznik krajowy NA do normy PN-EN 13924-2:2014 jest zbiorem uzgodnionych właściwości i poziomów wymagań, jakimi powinny charakteryzować się asfalty wielorodzajowe przeznaczone do stosowania w budownictwie drogowym w Polsce.

Z chwilą opublikowania w 2014 roku przez Polski Komitet Normalizacyjny normy PN-EN 13924-2 w języku polskim wraz z załącznikiem NA, będącym krajowym dokumentem aplikacyjnym, producenci asfaltów wielorodzajowych zobowiązani są do wprowadzania na rynek wyrobów zgodnych z wymaganiami podanymi w Załączniku krajowym NA. Asfalty wielorodzajowe produkowane w oparciu o Aprobaty Techniczne IBDiM zostały wycofane z produkcji i sprzedaży.

Podział na rodzaje i klasy asfaltów wielorodzajowych wg załącznika krajowego NA1 do normy PN-EN 13924-2:2014 przedstawiono w tablicy 3.4.

Tablica 3.4. Wymagania dotyczące asfaltów wielorodzajowych wg załącznika krajowego NA1 normy PN-EN 13924-2:2014

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Rodzaj asfaltu wielorodzajowego					
			MG 20/30-64/74		MG 35/50-57/69		MG 50/70-54/64	
			wymaganie	klasa	wymaganie	klasa	wymaganie	klasa
Penetracja w 25°C	EN 1426	0,1 mm	20 ÷ 30	2	35 ÷ 50	3	50 ÷ 70	4
Temperatura mięknięcia	EN 1427	°C	64 ÷ 74	4	57 ÷ 69	1	54 ÷ 64	2
Odporność na starzenie w 163°C	EN 12607-1							
Pozostała penetracja po starzeniu RTFOT		%	≥ 60	3	≥ 60	3	≥ 50	2
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu RTFOT		°C	≤ 12	4	≤ 10	3	≤ 10	3
Zmiana masy po starzeniu RTFOT		%	< 0,5	1	< 0,5	1	< 0,5	1
Indeks penetracji	PN-EN 13924-2 zał. A	—	+0,3 do +2,0	3	+0,3 do +2,0	3	+0,3 do +2,0	3
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	°C	≥ 250	4	≥ 250	4	≥ 250	4
Rozpuszczalność	PN-EN 12592	%	≥ 99,0	2	≥ 99,0	2	≥ 99,0	2
Temperatura łamliwości	PN-EN 12593	°C	≤ - 8	2	≤ - 15	4	≤ - 17	5
Lepkość dynamiczna w 60°C	PN-EN 13302	Pa • s	≥ 1500	5	≥ 1500	5	≥ 900	4
Lepkość kinematyczna w 135°C	PN-EN 12595	mm <sup>2</sup> /s	NR <sup>b</sup>	0	NR <sup>b</sup>	0	NR <sup>b</sup>	0

a) Zmiana masy może być wartością dodatnią lub ujemną  
b) NR – No Requirement (brak wymagań)

Najbardziej istotną zmianą w ocenie właściwości asfaltów wielorodzajowych jest wprowadzenie przez normę PN-EN 13924:2 obustronnego ograniczenia w zakresie temperatury mięknięcia, np. dla asfaltu wielorodzajowego MG 35/50, temperatura mięknięcia zawiera się w przedziale 57-69°C.

Ponadto, w załączniku B normy PN-EN 13924-2 wskazane zostały nowe metody badań asfaltów wielorodzajowych (takie jak BBR, DSR itp.), które będą wykorzystywane w przyszłości w ocenie ich właściwości użytkowych. Norma zachęca producentów asfaltów do ich eksperymentalnego stosowania, ponieważ dane zebrane w ten sposób będą pomocne przy opracowywaniu wymagań technicznych łączących właściwości użytkowe lepszycy z ich właściwościami normowymi. Wszystkie te właściwości są zalecane do dobrowolnego badania, stąd podano do nich kod TBR.

Rodzaje badań dodatkowych wskazanych w normie przedstawiono w tablicy 3.5.

Tablica 3.5. Badania dodatkowe asfaltów wielorodzajowych zgodnie z załącznikiem B normy PN-EN 13924-2:2014

Właściwość	Jednostka	Metoda badania	Dane
Właściwości niskotemperaturowe: Temperatura krytyczna przy $S = 300$ [MPa] - $T_{S=300 \text{ MPa}}$ , oznaczana w reometrze zginanej belki BBR	°C	EN 14771	TBR
Właściwości niskotemperaturowe: Temperatura krytyczna przy $m=0,300$ - $T_{m=0,3}$ , oznaczana w reometrze zginanej belki BBR	°C	EN 14771	TBR
Zespolony moduł sztywności $G^*$ w 15°C i 10 Hz, oznaczany w reometrze dynamicznego ścinania DSR <sup>a</sup>	MPa	EN 14770	TBR
Właściwości wysokotemperaturowe: Temperatura krytyczna przy $G^*/\sin\delta = 1$ kPa, 1,6 Hz oznaczana w reometrze dynamicznego ścinania DSR <sup>a</sup>	°C	EN 14770	TBR
Odporność na starzenie po PAV lub RCAT		EN 14769 lub EN 15323	
Pozostała penetracja	%		TBR
Wzrost temperatury mięknięcia	°C		TBR
Zmiana masy (wartość bezwzględna)	%		TBR

a) lub inny reometr odpowiedni do pomiaru modułu zespolonego.

### 3.1.4. Ocena zgodności

W Załączniku ZA do normy PN-EN 13924-2 określony został system oceny zgodności produktu z normą, sposób oznakowania CE i etykietowania oraz zakres informacji, który powinien być zawarty w deklaracji właściwości użytkowych wystawianej przez producenta wyrobów budowlanych. Norma podaje również wytyczne do Zakładowej Kontroli Produkcji (ZKP) oraz podział zadań między producenta i jednostkę notyfikowaną.

Asfalty wielorodzajowe przeznaczone do budowy dróg zostały objęte systemem oceny zgodności „2+”. Zgodnie z nim producent musi ustanowić, udokumentować i utrzymywać system Zakładowej Kontroli Produkcji potwierdzony Certyfikatem ZKP (wystawionym przez jednostkę notyfikowaną). Ponadto producent powinien posiadać plan badań próbek oraz wykonać badania typu dla każdego wyrobu. System ZKP powinien składać się z procedur, regularnych inspekcji, badań i ocen, a wyniki powinny być wykorzystane do oceny jakości gotowego wyrobu. Numer Certyfikatu ZKP dla asfaltów wielorodzajowych produkowanych w rafinerii w Trzebini, zamieszczono w rozdziale 1.


Aby producent mógł oznakować swój wyrób znakiem CE, norma wg której wytwarza swoje wyroby musi posiadać status normy zharmonizowanej, tzn.:

- musi być opracowana przez CEN na podstawie mandatu Komisji Europejskiej, której zadaniem jest przedstawienie sposobu spełnienia wymagań zasadniczych zawartych w dyrektywach nowego podejścia,
- musi zostać opublikowana w Dzienniku Urzędowym UE (EU Official Journal, seria C).

Norma PN-EN 13924-2 jest normą mandatową, jednak sam fakt, że posiada ona w swojej treści informację, że została opracowana na podstawie mandatu Komisji Europejskiej oraz posiada Załącznik ZA z zasadami znakowania CE nie oznacza, że jest to norma zharmonizowana a producent może oznakować swój wyrób znakiem CE. Dopóki norma EN nie znajdzie się na liście opublikowanej w Dzienniku Urzędowym UE (*Official Journal*) nie ma ona statusu normy zharmonizowanej i producent nie może znakować swojego wyrobu budowlanego CE. Obowiązują wtedy krajowe zasady znakowania wyrobów budowlanych.

**Na dzień publikacji tego Poradnika norma EN 13924-2 nie została zharmonizowana, a zatem asfalty wielorodzajowe podlegają oznakowaniu zgodnie z systemem krajowym (znak budowlany B).**

Na rysunku 3.2. przedstawiono przykład oznakowania asfaltu wielorodzajowego BITREX 35/50-57/69 produkcji ORLEN Asphalt z roku 2015.

<b>INFORMACJA O WYROBIE</b>		
		<i>Oznakowanie „B” zgodne z systemem krajowym</i>
Producent:	<b>ORLEN Asphalt Sp. z o.o.</b> ul. Łukasiewicza 39, 09-400 Płock <b>Produkcja: ORLEN Południe S.A.</b> ul. Fabryczna 22; 32-540 Trzebinia	<i>Nazwa lub znak identyfikacyjny oraz zarejestrowany adres producenta</i>
Nazwa wyrobu:	<b>Asfalt drogowy wielorodzajowy BITREX MG 35/50-57/69</b>	<i>Nazwa wyrobu</i>
Nazwa wyrobu:		
Dokument odniesienia:	<b>PN-EN 13924-2:2014-04</b> <b>PN-EN 13924-2:2014-04/Ap1:2014-07</b> Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Zasady klasyfikacji asfaltów drogowych specjalnych – część 2: Asfalty drogowy wielorodzajowe (PL)	<i>Numer oraz pełna nazwa Normy Europejskiej</i>
Deklaracja zgodności:	<b>1/2015 z dnia 23.07.2015</b>	<i>Numer i data deklaracji zgodności</i>
Inne dane:	<b>wg Świadectwa Jakości</b>	
Jednostka certyfikująca:	<b>Polskie Centrum Badań i Certyfikacji S.A.</b>	<i>Nazwa jednostki notyfikowanej</i>

Rys 3.2. Oznakowanie B asfaltu wielorodzajowego BITREX 35/50-57-69 produkcji ORLEN Asphalt z roku 2015



## 3.2. OPIS OGÓLNY ASFALTÓW WIELORODZAJOWYCH

### 3.2.1. Charakterystyka

Asfalty drogowe wielorodzajowe (ang. *Multigrade bitumen*) należą do grupy asfaltów specjalnych. Od 2005 r. ORLEN Asfalt produkuje i sprzedaje asfalty wielorodzajowe pod nazwą handlową BITREX.

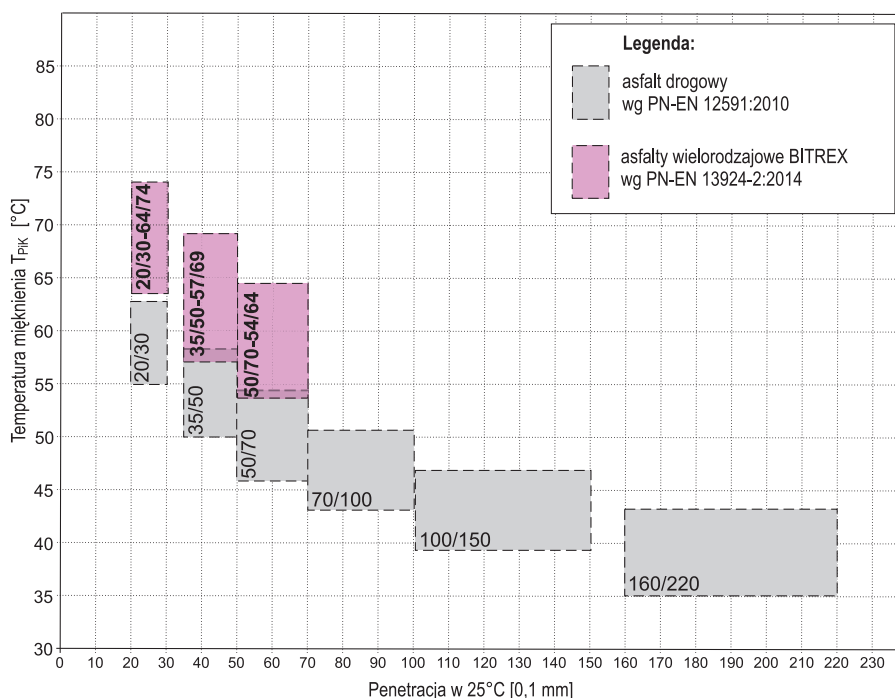
Asfalty wielorodzajowe BITREX produkowane są na instalacjach do utleniania pozostałości próżniowej pochodzącej z przerobu ropy naftowej. Surowiec do produkcji asfaltów wielorodzajowych został skomponowany w sposób zapewniający jak najlepsze właściwości produktu finalnego. W rezultacie asfalty wielorodzajowe BITREX charakteryzują się bardzo dobrymi cechami reologicznymi – elastycznością w niskich temperaturach i dużą sztywnością w wysokich temperaturach. Nazwa *wielorodzajowe* wskazuje właśnie na te cechy asfaltu – w jednym lepiszczu zawarte są jednocześnie cechy asfaltu miękkiego (dobre właściwości niskotemperaturowe) oraz twardego (dobre właściwości w podwyższonej temperaturze).

Asfalty wielorodzajowe to grupa lepiszczy o polepszonych właściwościach w porównaniu do asfaltów drogowych. Znajduje to odzwierciedlenie w osiągnięciu wyższych modułów sztywności oraz większej odporności na koleinowanie mieszanek mineralno-asfaltowych wykonanych z użyciem tego rodzaju lepiszczy.

W związku z powyższym, są to produkty, które pod względem funkcjonalnym możemy usytuować pomiędzy asfaltami drogowymi i asfaltami modyfikowanymi polimerami. Dzięki wymienionym wyżej właściwościom, z handlowego punktu widzenia charakteryzują się bardzo dobrym stosunkiem jakości funkcjonalnej do ceny.

ORLEN Asfalt produkuje dwa rodzaje asfaltów wielorodzajowych: BITREX 35/50-57/69 oraz BITREX 50/70-54/64. Asfalty wielorodzajowe według Załącznika Krajowego z 2014 r. charakteryzowane są według tych samych przedziałów penetracji w 25°C co asfalty drogowe (35/50, 50/70), dlatego mogą być w prosty sposób stosowane jako ich zamienniki.

Graficzne porównanie asfaltów wielorodzajowych BITREX z asfaltami drogowymi w zakresie dwóch najbardziej popularnych parametrów charakteryzujących lepiszcza asfaltowe – penetracji w 25°C i temperatury mięknięcia  $T_{PK}$  – przedstawiono na rysunku 3.3.



Rys. 3.3. Graficzne porównanie asfaltów wielorodzajowych BITREX i asfaltów drogowych w zakresie penetracji w 25°C i temperatury mięknięcia  $T_{PK}$

### 3.2.2. Przeznaczenie

W zakresie miejsca stosowania (warstwy w nawierzchni), rodzaju mieszanki mineralno-asfaltowej, jak i kategorii ruchu przeznaczenie asfaltów wielorodzajowych BITREX jest mniej więcej takie samo jak asfaltów drogowych. Poniżej przedstawiono typowe zastosowania poszczególnych rodzajów asfaltów wielorodzajowych.

**Asfalt wielorodzajowy BITREX 35/50-57/69** jest asfaltem twardym, przeznaczonym do stosowania w warstwach wiążącej i podbudowy asfaltowej, dopuszcza się także stosowanie tego asfaltu w warstwie ścieralnej nawierzchni (np. asfalt lany). Ze względu na wysoką temperaturę mięknięcia przeznaczony jest głównie do warstw o podwyższonej sztywności – podbudów i warstw wiążących z mieszanki AC WMS lub do mieszanek standardowego betonu asfaltowego AC.

**Asfalt wielorodzajowy BITREX 50/70-54/64** należy do asfaltów o średniej twardości i jest przeznaczony głównie do stosowania w warstwach ścieralnych. Dobrze sprawdzi się także w warstwach wiążących i podbudowach na drogach samorządowych o mniejszym obciążeniu ruchem.

Zastosowanie asfaltów wielorodzajowych, zamiast ich drogowych odpowiedników wiąże się bezpośrednio z zauważalnym efektem zwiększenia trwałości budowanej drogi. Nawierzchnie, w których wykorzystano asfalty wielorodzajowe BITREX wykazują np. wyraźnie większą odporność na koleinowanie w porównaniu z nawierzchniami, w których zastosowano zwykle asfalty drogowe o tej samej twardości.

Na podstawie obowiązujących przepisów GDDKiA zawartych w Wymaganiach Technicznych „Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe”, zestawiono w tablicach 3.6. oraz 3.7. zalecenia stosowania asfaltów wielorodzajowych do budowy nawierzchni drogowych w Polsce.

Tablica 3.6. Zastosowania asfaltów wielorodzajowych w zależności od warstwy w nawierzchni drogowej i kategorii obciążenia ruchem drogowym wg Wymagań Technicznych „Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe” [5]

Warstwa	Kategoria ruchu		
	KR1 ÷ KR2	KR3 ÷ KR4	KR5 ÷ KR7
Podbudowa	—	MG 20/30-64/74 <sup>a</sup> MG 35/50-57/69 MG 50/70-54/64	MG 20/30-64/74 <sup>a</sup> MG 35/50-57/69 MG 50/70-54/64
Wiążąca	MG 50/70-54/64	MG 20/30-64/74 <sup>a</sup> MG 35/50-57/69 MG 50/70-54/64	MG 20/30-64/74 <sup>a</sup> MG 35/50-57/69
Ścieralna	MG 50/70-54/64	MG 50/70-54/64	—

a) do betonu asfaltowego o wysokim module sztywności AC WMS

Warto zauważyć, że w nawierzchniach mostowych (tabl. 3.7.) zaleca się asfalt MG 35/50-57/69, który jest relatywnie sztywny. Dlatego w przypadku obiektów o występujących dużych ugięciach proponujemy jednak zastosowanie asfaltów modyfikowanych polimerami.

Tablica 3.7. Zalecenia zastosowań asfaltów wielorodzajowych w zależności od warstwy w nawierzchni mostowej i kategorii obciążenia ruchem drogowym wg Wymagań Technicznych „Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe” [5]

Warstwa	Materiał	Zalecenie
Wiążąca	Lepiszczka asfaltowe	MG 35/50-57/69
Ścieralna	Lepiszczka asfaltowe	MG 35/50-57/69 <sup>a</sup>

a) do asfaltu lanego

### 3.2.3. Właściwości

W następnych częściach rozdziału przedstawiono komplet właściwości asfaltów wielorodzajowych oznaczonych wg PN-EN 13924-2 oraz dodatkowe informacje uzyskane na podstawie badań wykonanych w oparciu o amerykańską metodę *Superpave* oraz *Superpave Plus*. Rozdział zawiera również klasyfikację asfaltów wielorodzajowych według obciążenia ruchem, opracowaną na podstawie wyników badań MSCR (dokładny opis badania MSCR znajduje się w rozdziale 8).

Dodatkowo zamieszczono także informacje dotyczące orientacyjnych temperatur technologicznych stosowania asfaltów w mieszankach mineralno-asfaltowych oraz dane o lepkości i zależności lepkości od temperatury.

Nie uwzględniono wyników BITREX 20/30-64/74, ponieważ nie produkowano tego asfaltu w ostatnim okresie czasu.

#### 3.2.3.1. Asfalt wielorodzajowy BITREX 35/50-57/69

##### Właściwości wg PN-EN 13924-2:2014

Wymagania wobec asfaltu wielorodzajowego BITREX 35/50-57/69 oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawiono w tabelicy 3.8.

Tabela 3.8. Wymagania oraz właściwości asfaltu wielorodzajowego BITREX 35/50-57/69 produkowanego w 2015 roku (wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 r.
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	35 ÷ 50	40
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	57-69	59,2
Pozostała penetracja w 25°C po RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	≥ 60	75
Wzrost temperatury mięknięcia po RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	≤ 10,0	8,0
Zmiana masy po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1	% m/m	≤ 0,5	0,11
Indeks penetracji	PN-EN 13924-2 zał. A	—	+0,3 do +2,0	+0,3
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	°C	≥ 250	>260
Rozpuszczalność	PN-EN 12592	%	≥ 99,0	99,97
Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	°C	≤ -15	-19
Lepkość dynamiczna w 60°C	PN-EN 12596	Pa·s	≥ 1 500	1 728

##### Właściwości wg *Superpave*

Poniżej przedstawiono właściwości asfaltu wielorodzajowego BITREX 35/50-57/69 oznaczone wg amerykańskiej metody *Superpave*, wykonane w latach 2012-2015:

- **Rodzaj funkcjonalny** (*Performance Grade*), klasyfikacja wg AASHTO MP 1: **PG 82-16**
- **Górne temperatury krytyczne** (AASHTO T 315):
  - $G^*/\sin\delta = 1$  kPa (asfalt przed starzeniem)  $T_{kryt} = 81,4^{\circ}\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 2,2$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT)  $T_{kryt} = 84,9^{\circ}\text{C}$
  - $G^*\sin\delta = 5000$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT i PAV)  $T_{kryt} = 13,4^{\circ}\text{C}$

- **Dolne temperatury krytyczne** (AASHTO PP 42; PN-EN 14771):
  - temperatura przy  $S(60) = 300$  MPa  $T(S)_{60} = -25,4^{\circ}\text{C}$
  - temperatura przy  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -10^{\circ}\text{C}$
  - sztywność w temperaturze  $-16^{\circ}\text{C}$   $S(T)_{-16} = 120,5$  MPa

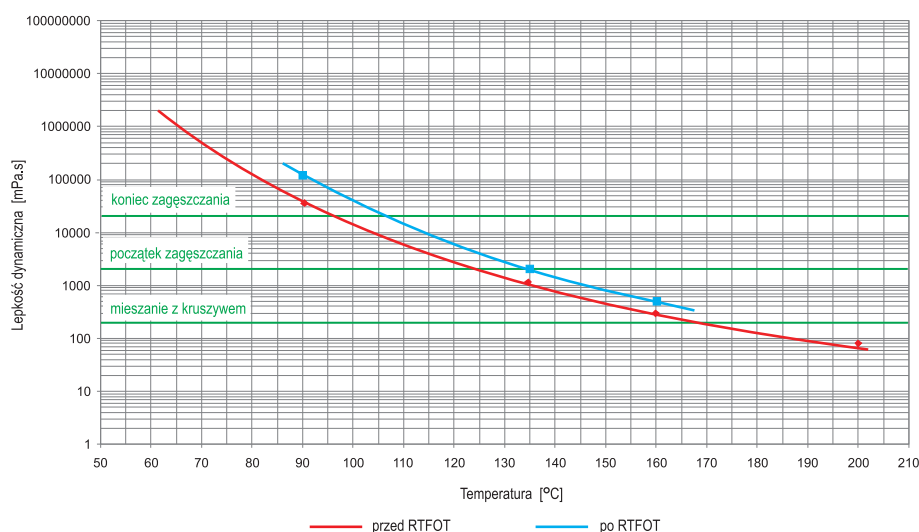
- **Wyniki i klasyfikacja asfaltów według metody MSCR**

Oznaczone parametry	Zakres temperaturowy zgodny z <i>Superpave</i>			Zakres temperaturowy zgodny z normą europejską		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			PN-EN 16659		
	Próbki po starzeniu metodą RTFOT wg EN 12607-1			Próbki przed starzeniem		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 kPa	0,082	0,208	0,517	0,089	0,512	2,280
$J_{nr}$ 3,2 kPa	<b>0,089</b>	<b>0,251</b>	<b>0,709</b>	0,095	0,650	3,200
$J_{nr}$ diff	9,7	20,6	36,9	6,2	27	40,4
R 0,1 kPa	51,7	42	32,8	46,3	29,9	16,4
R 3,2 kPa	47,2	31,9	15,7	42,7	15,6	2,1
R diff	8,7	24	52,2	7,6	47,9	87,3
Końcowa klasyfikacja przydatności dla ruchu drogowego, wg parametru $J_{nr}$ 3,2 kPa (w temperaturze badania)	Extreme	Extreme	Very heavy	nie klasyfikuje się		

### Temperatury technologiczne do 4 godzin, $T < 200^{\circ}\text{C}$ (zalecane do 2 godzin)

W laboratorium:	
Temperatura zagęszczania próbek (próbki Marshalla lub próbki zagęszczane w prasie żyratorowej)	145 ÷ 150°C
Na otaczarni:	
Temperatura pompowania asfaltu	> 140°C
Temperatura asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej	170 ÷ 180°C
Temperatura asfaltu lanego MA w mieszalniku otaczarki (przy czasie przechowywania mma do 4 godzin), jeśli to możliwe zaleca się ograniczenie czasu przechowywania do 2 godzin	< 200°C
<b>Uwaga:</b> podczas produkcji asfaltu lanego MA zaleca się stosowanie dodatków obniżających temperaturę technologiczną (mieszania z kruszywem i wbudowania), tak aby produkcja asfaltu lanego odbywała się w temperaturze poniżej 200°C.	
Na budowie:	
Temperatura minimalna dostarczonej mieszanki mineralno-asfaltowej (w koszu rozkładarki)	155°C

### Zależność lepkości od temperatury



Rys. 3.4. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu wielorodzajowego BITREX 35/50-57/69

Tablica 3.9. Przykładowe wyniki badań lepkości asfaltu wielorodzajowego BITREX 35/50-57/69 produkowanego w 2015 roku. Badania wykonano w ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.

Rodzaj lepkości	Metoda badania	Dokument odniesienia	Parametry sprzętu	Jednostka	Temperatura badania	Przykładowy wynik badania lepkości
dynamiczna	lepkościomierz obrotowy Brookfielda	ASTM D4402 PN-EN 13302	wrzeczono nr 27, 29	Pa*s	90°C	47,04
					135°C	1,10
					160°C	0,30
					200°C	0,08
			wrzeczono nr 29	Pa*s	90°C po RTFOT	134,00
					135°C po RTFOT	1,98
160°C po RTFOT	0,47					

## Magazynowanie

### Magazynowanie krótkotrwałe (do 10 dni)

- zalecana temperatura magazynowania asfaltu:  $\leq 185^{\circ}\text{C}$

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w wysokiej temperaturze

Zaleca się unikanie przechowywania asfaltu w wysokiej temperaturze przez długie okresy czasu. W przypadku konieczności magazynowania asfaltu wielorodzajowego BITREX 35/50-57-69 w zbiorniku w wysokiej temperaturze (do  $185^{\circ}\text{C}$ ) przez ponad 10 dni zaleca się przeprowadzenie kontroli stopnia starzenia lepiszcza przed użyciem asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Należy zbadać: penetrację w  $25^{\circ}\text{C}$  wg PN-EN 1426 lub temperaturę mięknięcia wg PN-EN 1427.

W przypadku nadmiernego zesterzenia lepiszcza należy rozpocząć procedurę kontrolowanego utylizowania produktu (procedura ZKP zgodna z PN-EN 13108-21).

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w obniżonej temperaturze

W przypadku konieczności magazynowania asfaltu wielorodzajowego BITREX 35/50-57/69 w znacznie dłuższym okresie niż 10 dni zaleca się obniżenie temperatury asfaltu i rozgrzanie przed ponownym użyciem. W przypadku planowanego długiego okresu przechowywania bez produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej dopuszczalne jest przechowywanie asfaltu w temperaturze otoczenia. Warunkiem takiego przechowywania jest wyposażenie zbiornika do magazynowania w odpowiedniej mocy urządzenia grzewcze gwarantujące późniejsze rozgrzanie asfaltu bez ryzyka miejscowego przepalenia lepiszcza podczas długotrwałego rozgrzewania.

## 3.2.3.2. Asfalt wielorodzajowy BITREX 50/70-54/64

### Właściwości wg PN-EN 13924-2:2014

Wymagania wobec asfaltu wielorodzajowego BITREX 50/70-54/64 oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawiono w tablicy 3.10.

Tablica 3.10. Wymagania oraz właściwości asfaltu wielorodzajowego BITREX 50/70-54/64 produkowanego w 2015 roku (wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 r.
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	50÷70	57
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	54-64	59,0
Pozostała penetracja w 25°C po RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	≥ 50	74
Wzrost temperatury mięknięcia po RTFOT	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	≤ 10,0	6,4
Zmiana masy po starzeniu RTFOT	PN-EN 12607-1	% m/m	≤ 0,5	0,02
Indeks penetracji	PN-EN 13924-2 zał. A	—	+0,3 do +2,0	+1,2
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	°C	≥ 250	>260
Rozpuszczalność	PN-EN 12592	%	≥ 99,0	99,97
Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	°C	≤ -17	-24
Lepkość dynamiczna w 60°C	PN-EN 12596	Pa·s	≥ 900	1 217

### Właściwości wg Superpave

Poniżej przedstawiono właściwości asfaltu wielorodzajowego BITREX 50/70-54/64 oznaczone wg amerykańskiej metody Superpave, wykonane w latach 2012-2015.

- **Rodzaj funkcjonalny** (*Performance Grade*), klasyfikacja wg AASHTO MP 1: **PG 70-16**
- **Górne temperatury krytyczne** (AASHTO T 315):
  - $G^*/\sin\delta = 1$  kPa (asfalt przed starzeniem)  $T_{kryt} = 71,1^\circ\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 2,2$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT)  $T_{kryt} = 74,7^\circ\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 5000$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT i PAV)  $T_{kryt} = 10,4^\circ\text{C}$
- **Dolne temperatury krytyczne** (AASHTO PP 42; PN-EN 14771):
  - temperatura przy  $S(60) = 300$  MPa  $T(S)_{60} = -27,4^\circ\text{C}$
  - temperatura przy  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -11,8^\circ\text{C}$
  - sztywność w temperaturze  $-16^\circ\text{C}$   $S(T)_{-16} = 98,1$  MPa

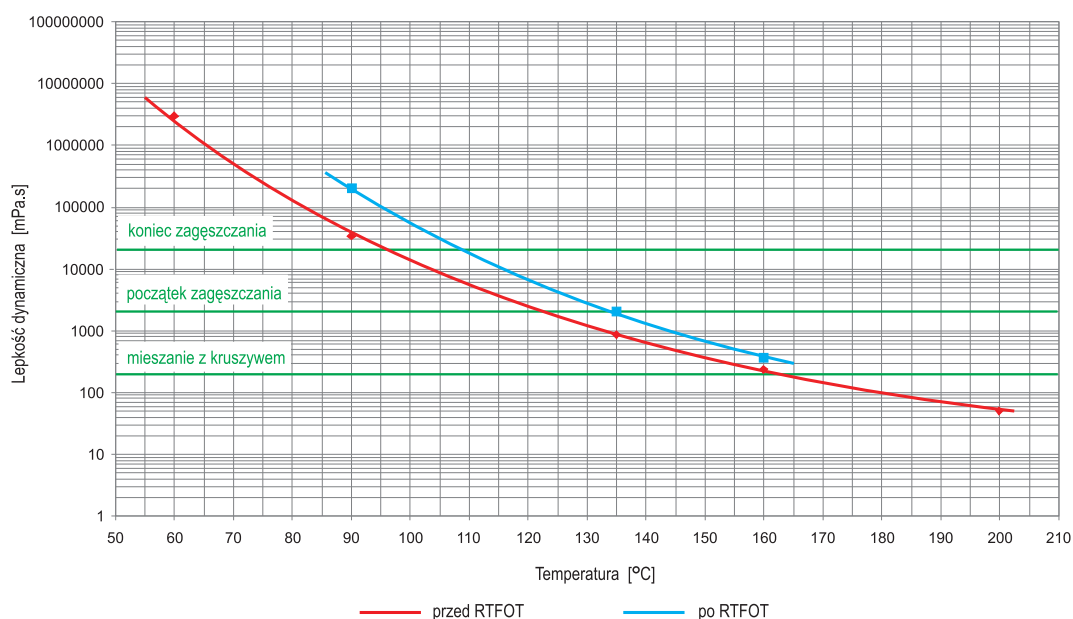
### Wyniki i klasyfikacja asfaltów według metody MSCR

Oznaczone parametry	Zakres temperaturowy zgodny z Superpave			Zakres temperaturowy zgodny z normą europejską		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			PN-EN 16659		
	Próbki po starzeniu metodą RTFOT wg EN 12607-1			Próbki przed starzeniem		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 kPa	0,055	0,132	0,322	0,128	0,590	2,360
$J_{nr}$ 3,2 kPa	0,064	0,183	0,569	0,166	0,969	4,240
$J_{nr}$ diff	16,1	38,4	76,9	29,3	64,5	79,9
R 0,1 kPa	65,7	58,6	51,2	53,7	37,7	24,4
R 3,2 kPa	60,9	45,6	25,1	42,8	12,7	1,7
R diff	7,3	22,3	51,1	20,3	65,5	93
Końcowa klasyfikacja przydatności dla ruchu drogowego, wg parametru $J_{nr}$ 3,2 kPa (w temperaturze badania)	Extreme	Extreme	Very heavy	nie klasyfikuje się		

## Temperatury technologiczne

<b>W laboratorium:</b>	
Temperatura zagęszczania próbek (próbki Marshalla lub próbki zagęszczane w prasie żyrotorowej)	140 ÷ 145°C
<b>Na otaczarni:</b>	
Temperatura pompowania asfaltu	> 140°C
Temperatura asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej	160 ÷ 170°C
<b>Na budowie</b>	
Temperatura minimalna dostarczonej mieszanki mineralno-asfaltowej (w koszu rozkładarki)	150°C

## Zależność lepkości od temperatury



Rys.3.5. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu wielorodzajowego BITREX 50/70-54/64

Tablica 3.11. Przykładowe wyniki badań lepkości asfaltu wielorodzajowego BITREX 50/70-54/64 produkowanego w 2015 roku. Badania wykonano w ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.

Rodzaj lepkości	Metoda badania	Dokument odniesienia	Parametry sprzętu	Jednostka	Temperatura badania	Przykładowy wynik badania lepkości
dynamiczna	próżniowa kapilarna	PN-EN 12596	—	Pa*s	60°C	3 200
	lepkościomierz obrotowy Brookfielda	ASTM D4402 PN-EN 13302	wrzeciono nr 27, 29	Pa*s	90°C	38,22
					135°C	0,86
					160°C	0,24
					200°C	0,06
					90°C po RTFOT	193,00
	wrzeciono nr 29	Pa*s	135°C po RTFOT	2,00		
160°C po RTFOT			0,45			

## Magazynowanie

### Magazynowanie krótkotrwałe (do 10 dni)

- zalecana temperatura magazynowania asfaltu:  $\leq 185^{\circ}\text{C}$

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w wysokiej temperaturze

Zaleca się unikanie przechowywania asfaltu w wysokiej temperaturze przez długie okresy czasu. W przypadku konieczności magazynowania asfaltu wielorodzajowego BITREX 50/70-54/64 w zbiorniku w wysokiej temperaturze (do  $185^{\circ}\text{C}$ ) przez ponad 10 dni zaleca się przeprowadzenie kontroli stopnia starzenia lepiszcza przed użyciem asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Należy zbadać: penetrację w  $25^{\circ}\text{C}$  wg PN-EN 1426 lub temperaturę mięknięcia wg PN-EN 1427.

W przypadku nadmiernego zestarzenia lepiszcza należy rozpocząć procedurę kontrolowanego utylizowania produktu (procedura ZKP zgodna z PN-EN 13108-21).

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 10 dni) w obniżonej temperaturze

W przypadku konieczności magazynowania asfaltu wielorodzajowego BITREX 50/70-54/64 w znacznie dłuższym okresie niż 10 dni zaleca się obniżenie temperatury asfaltu i rozgrzanie przed ponownym użyciem. W przypadku planowanego długiego okresu przechowywania bez produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej dopuszczalne jest przechowywanie asfaltu w temperaturze otoczenia. Warunkiem takiego przechowywania jest wyposażenie zbiornika do magazynowania w odpowiedniej mocy urządzenia grzewcze gwarantujące późniejsze rozgrzanie asfaltu bez ryzyka miejscowego przepalenia lepiszcza podczas długotrwałego rozgrzewania.



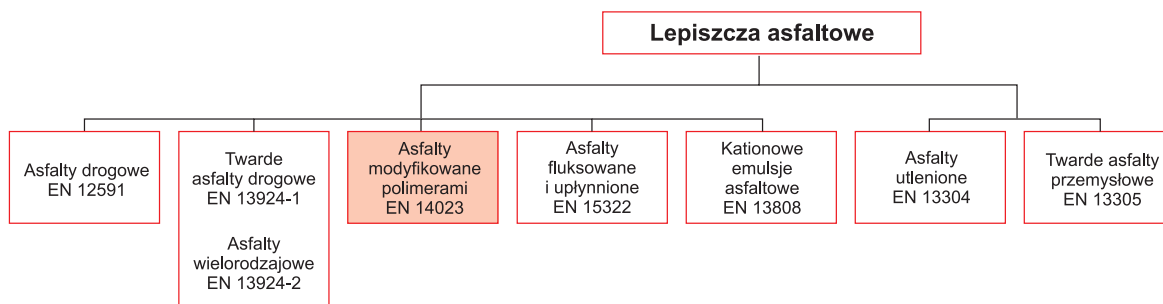
## Rozdział 4

### ASFALTY MODYFIKOWANE POLIMERAMI ORBITON WG PN-EN 14023

#### 4.1. OMÓWIENIE NORMY EN 14023

##### 4.1.1. Wprowadzenie

Od marca 2011 roku ORLEN Asphalt produkuje asfalty modyfikowane polimerami zgodnie z wymaganiami polskiej normy PN-EN 14023:2011. Norma PN-EN 14023 jest częścią pakietu norm europejskich dotyczących lepiszczy asfaltowych.



Rys. 4.1. Przyporządkowanie norm europejskich do różnych rodzajów lepiszczy. Kolorem została oznaczona omawiana norma

Norma PN-EN 14023:2011, podobnie jak norma PN-EN 12591 dla asfaltów drogowych, jest normą mandatową, tzn. opracowaną na podstawie mandatu, tj. Zlecenia Komisji Europejskiej. Początkowo wspierała ona zasadnicze wymagania dyrektywy UE dotyczące Wyrobów Budowlanych 89/106/EEC (*EU Construction Products Directive 89/106/EEC* tzw. *CPD*). Od dnia 01.07.2013 r. wyroby budowlane, w tym również lepiszcza asfaltowe, są objęte Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady UE nr 305/2011, które ustanawia zharmonizowane warunki wprowadzania ich do obrotu na rynek.

**Norma PN-EN 14023:2011 „Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Zasady klasyfikacji asfaltów modyfikowanych polimerami”** nie jest typową normą ustalającą sztywne wymagania wobec poszczególnych gatunków asfaltów (jak np. większość zapisów w PN-EN 12591), ale jest normą klasyfikacyjną, w taki sam sposób jak norma do asfaltów wielorodzajowych. Klasyfikacyjną, tzn. zawierającą zestaw właściwości i przypisanych do nich szereg różnych poziomów wymagań. Zakłada ona, że każdy kraj członkowski CEN dokona wyboru właściwości i przyporządkowanych do nich poziomów wymagań. Pozwala to każdemu z krajów wybrać odpowiednie parametry do określenia cech, jakimi powinny charakteryzować się lepiszcza modyfikowane stosowane na jego terenie. Podyktowane jest to zróżnicowanymi warunkami klimatycznymi panującymi w różnych częściach Europy, zróżnicowanymi dopuszczalnymi naciskami osi pojazdów oraz wieloma innymi czynnikami technologicznymi.

Norma PN-EN 14023:2011 zawiera zestaw właściwości podstawowych oraz zestaw właściwości dodatkowych, które zostały zawarte w trzech oddzielnych tablicach:

- **Tablica 1** – właściwości wymagane dla wszystkich asfaltów modyfikowanych polimerami;
- **Tablica 2** – właściwości powiązane z przepisami prawnymi lub innymi warunkami krajowymi;
- **Tablica 3** – dodatkowe właściwości.

Norma zawiera także pełne wymagania odnośnie oceny zgodności.

#### 4.1.2. Systematyka oznaczania lepiszczy asfaltowych

Systematyka oznaczenia asfaltów modyfikowanych polimerami produkowanych zgodnie z Normą Europejską EN 14023 została przedstawiona w tablicy 4.1.

Tablica 4.1. Systematyka oznaczania asfaltów modyfikowanych polimerami produkowanych zgodnie z normą europejską EN 14023

Lepiszczce asfaltowe	Asfalt wielorodzajowy
Dokument odniesienia	PN-EN 14023:2011
Oznaczenie normowe lepiszcza asfaltowego	PMB X/Y-Z
Rodzaj lepiszcza asfaltowego produkowanego przez ORLEN Asphalt	ORBITON 10/40-65 ORBITON 25/55-60 ORBITON 45/80-55 ORBITON 45/80-65 ORBITON 65/105-60
<p><b>Objaśnienia do oznaczeń:</b>            X – dolna granica penetracji w 25°C [0,1 mm] wg EN 1426,            Y – górna granica penetracji w 25°C [0,1 mm] wg EN 1426,            Z – dolna granica temperatury mięknięcia (PiK) [°C] wg EN 1427.            PMB – skrót pochodzi od „polymer modified bitumen” (zazwyczaj zastępowany nazwą handlową producenta asfaltu)</p>	

#### 4.1.3. Krajowy dokument aplikacyjny – wymagania dla asfaltów modyfikowanych polimerami w Polsce

Załącznik krajowy NA do normy PN-EN 14023:2011, opublikowany poprawką do normy Ap1:2014-04 z kwietnia 2014 r., to zbiór uzgodnionych właściwości i poziomów wymagań tych właściwości dla sześciu asfaltów modyfikowanych polimerami stosowanych w Polsce. Wymagania podane w załączniku krajowym zostały ustalone przez zespół roboczy Podkomitetu ds. Asfaltów KT 222 PKN.

Podział na rodzaje i wymagania wobec asfaltów modyfikowanych polimerami wg załącznika krajowego NA do normy PN-EN 14023:2011 przedstawiono w tablicy 4.2.

Tablica 4.2. Podział na rodzaje i wymagania wobec asfaltów modyfikowanych polimerami w Polsce wg załącznika krajowego NA do normy PN-EN 14023:2011/Ap1:2014-04

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Rodzaj asfaltu modyfikowanego polimerami												
			PMB 10/40-65		PMB 25/55-60		PMB 45/80-55		PMB 45/80-65		PMB 65/105-60		PMB 90/150-45		
			zakres	klasa	zakres	klasa	zakres	klasa	zakres	klasa	zakres	klasa	zakres	klasa	
Właściwości podstawowe	Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	10-40	2	25-55	3	45-80	4	45-80	4	65-105	6	90-150	8
	Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	≥65	5	≥60	6	≥55	7	≥65	5	≥60	6	≥45	9
	Siła rozciągania metodą z duktylometrem (rozciąganie 50 mm/min)	PN-EN 13589 PN-EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	≥2 w 10°C	6	≥2 w 10°C	6	≥3 w 5°C	2	≥2 w 10°C	6	≥3 w 5°C	2	NR	0
	Zmiana masy po starzeniu*	PN-EN 12607-1	% m/m	≤0,5	3	≤0,5	3	≤0,5	3	≤0,5	3	≤0,5	3	≤0,5	3
	Pozostała penetracja w 25°C po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	≥60	7	≥60	7	≥60	7	≥60	7	≥60	7	≥50	5
	Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	≤8	2	≤8	2	≤8	2	≤8	2	≤10	3	≤10	3
	Temperatura zaplonu	EN ISO 2592	°C	≥235	3	≥235	3	≥235	3	≥235	3	≥235	3	≥235	3
Właściwości dodatkowe	Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	°C	≤-5	3	≤-10	5	≤-15	7	≤-15	7	≤-15	7	≤-18	8
	Nawrót sprężysty w 25°C	PN-EN 13398	%	≥60	4	≥60	4	≥70	3	≥80	3	≥70	3	≥50	5
	Nawrót sprężysty w 10°C	PN-EN 13398	%	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0
	Zakres plastyczności	PN-EN 14023	°C	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0
	Spadek temperatury mięknięcia po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	TBR	1	TBR	1	TBR	1	TBR	1	TBR	1	TBR	1
	Nawrót sprężysty w 25°C po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 13398	%	≥50	4	≥50	4	≥50	4	≥60	3	≥60	3	≥50	4
	Nawrót sprężysty w 10°C po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 13398	%	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0
	Stabilność magazynowania – różnica temperatury mięknięcia	PN-EN 13399 PN-EN 1427	°C	≤5	2	≤5	2	≤5	2	≤5	2	≤5	2	≤5	2
	Stabilność magazynowania – różnica penetracji	PN-EN 13399 PN-EN 1426	0,1 mm	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0

\* zmiana masy może być wartością dodatnią lub ujemną  
 NR – No Requirement (brak wymagań)  
 TBR – To Be Reported (do zadeklarowania)

#### 4.1.4. Ocena zgodności

Zgodność właściwości asfaltów modyfikowanych z wymaganiami normy PN-EN 14023 i z podanymi w niej wartościami (łącznie z klasami) powinna być wykazana poprzez:

- wstępne badanie typu,
- zakładową kontrolę produkcji (ZKP).

Norma wymaga, aby producent wdrożył, udokumentował i utrzymywał zakładową kontrolę produkcji. System ZKP powinien składać się z procedur, regularnych inspekcji i badań, a wyniki powinny być wykorzystywane do oceny jakości gotowego


wyrobu. W tym rozdziale normy zawarte są wymagania odnośnie sprawdzania i konserwacji wyposażenia i urządzeń produkcyjnych. Podane zostały także sposoby kontroli właściwości, a mianowicie:

- wszystkie właściwości, zgodnie z postanowieniem dotyczącym badań typu, powinny zostać poddane badaniom co najmniej raz w roku;
- bieżąca kontrola jakości wyrobu powinna obejmować sprawdzenie rodzaju, częstość kontroli powinna być udokumentowana i powinna zapewniać, że właściwości nie zmieniły się znacząco od określonych we wstępnych badaniach typu.

Asfalty modyfikowane przeznaczone do budowy dróg, lotnisk i innych powierzchni przenoszących ruch kołowy są objęte systemem oceny zgodności „2+”, w którym wymagane jest, aby producent posiadał wdrożony system Zakładowej Kontroli Produkcji potwierdzony Certyfikatem ZKP, wystawionym przez jednostkę notyfikowaną. Numery Certyfikatów ZKP dla jednostek produkcyjnych w Płocku (PKN ORLEN S.A.) i Trzebini zamieszczono w rozdziale 1.

Załącznik ZA zawiera ponadto procedurę oceny zgodności asfaltów modyfikowanych, podział zadań pomiędzy producenta i jednostkę notyfikowaną, rozdział dotyczący certyfikatu i deklaracji właściwości użytkowych oraz oznakowania CE i etykietowania.

Na rysunku 4.2. przedstawiono przykład informacji towarzyszącej oznakowaniu CE asfaltu modyfikowanego ORBITON 45/80-55 produkcji ORLEN Asphalt z 2015 roku.

 <b>1434</b>		<p><i>Oznakowanie zgodności CE, składające się z symbolu „CE” podanego w dyrektywie 93/68/EWG</i></p> <p><i>Numer identyfikacyjny jednostki notyfikowanej</i></p>	
<b>ORLEN Asphalt sp. z o.o.</b> <b>09-400 Płock, ul. Łukasiewicza 39</b> <b>Poland</b>			<p><i>Nazwa lub znak identyfikacyjny oraz zarejestrowany adres producenta</i></p> <p><i>Dwie ostatnie cyfry roku, w którym oznakowanie zostało umieszczone</i></p> <p><i>Numer deklaracji właściwości użytkowych</i></p>
<b>14</b>			
<b>5/CPR/2015</b>			<p><i>Numer Normy Europejskiej</i></p>
<b>PN-EN 14023:2011 (EN 14023)</b>			
<b>Asfalt modyfikowany polimerami:</b>	<b>ORBITON 45/80-55</b>	<p><i>Opis wyrobu i informacje o właściwościach podlegających kontroli</i></p>	
Penetracja w 25°C	45-80 x 0,1mm		
Temperatura mięknięcia	≥ 55°C		
Nawrót sprężysty w 25°C	≥ 70%		
Temperatura łamliwości wg Frassa	≤ -15°C		
Temperatura zapłonu	≥ 235°C		
Siła rozciągania (prędkość 50 mm/min)	≥ 3 J/cm <sup>2</sup> w 5°C		
Zakres plastyczności	NR		
<b>Odporność na starzenie metodą RTFOT</b>			
Zmiana masy po starzeniu	≤ 0,5%		
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu	≤ 8°C		
Spadek temperatury mięknięcia po starzeniu	≤ 2°C		
Pozostała penetracja w 25°C po starzeniu	≥ 60%		
Nawrót sprężysty w 25°C po starzeniu	≥ 50%		
<b>Stabilność magazynowania</b>			
Różnica temperatur mięknięcia	≤ 5°C		
Różnica penetracji w 25°C	NR		

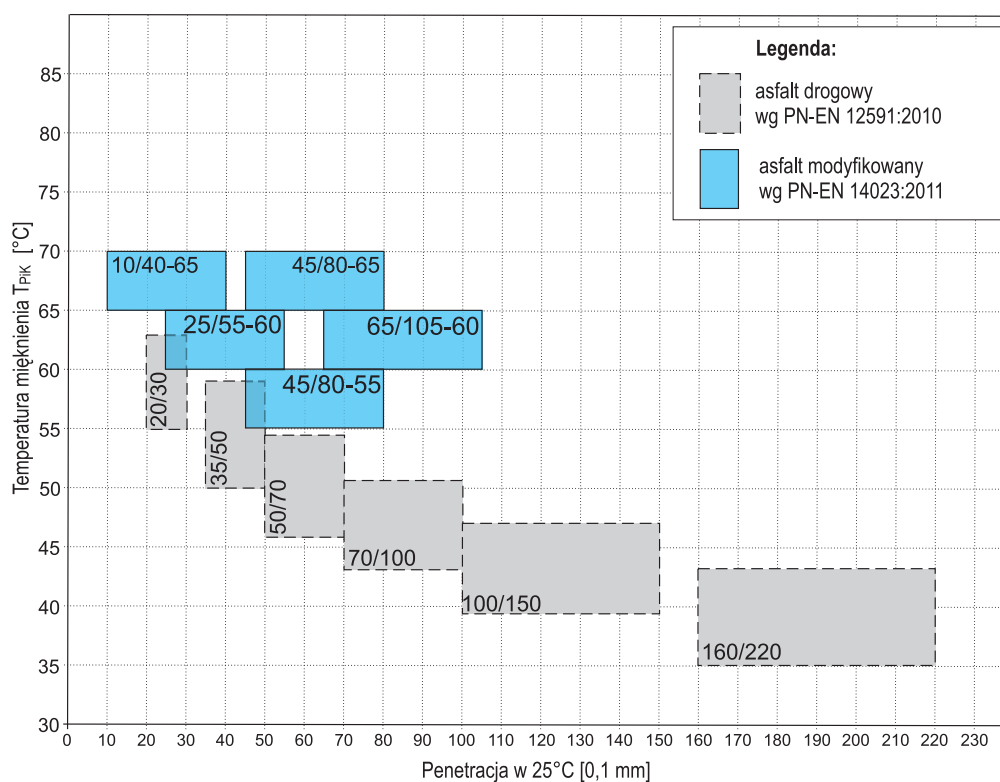
Rys. 4.2. Oznakowanie CE asfaltu drogowego 45/80-55 produkcji ORLEN Asphalt z roku 2015

## 4.2. OPIS OGÓLNY ASFALTÓW MODYFIKOWANYCH POLIMERAMI

### 4.2.1. Charakterystyka

Asfalty modyfikowane polimerami to grupa lepischer drogowych opracowana specjalnie z myślą o zwiększeniu trwałości nawierzchni asfaltowych i przeciwdziałaniu najczęstszemu przyczynom zniszczenia – odkształceniom lepkoplastycznym pojawiającym się na drogach obciążonych ciężkim ruchem, spękaniami niskotemperaturowym warstw ścieralnych w okresie zimowym oraz spękaniami zmęczeniowym nawierzchni. Dzięki zastosowaniu w procesie produkcji asfaltu modyfikatora – elastomeru SBS (kopolimer styren-butadien-styren) osiąga się znaczące korzyści we właściwościach lepischer zarówno w wysokiej, jak i w niskiej temperaturze. Nawierzchnie asfaltowe, w których zastosowano asfalt modyfikowany, są trwalsze w porównaniu z nawierzchniami wykonanymi z użyciem asfaltów drogowych i asfaltów wielorodzajowych.

Podstawowe różnice pomiędzy asfaltami drogowymi i asfaltami modyfikowanymi w dwóch podstawowych parametrach lepischer: penetracji i temperatury mięknięcia przedstawiono w sposób graficzny na rys. 4.3.



Rys. 4.3. Graficzne porównanie asfaltów drogowych i modyfikowanych w zakresie penetracji w 25°C i temperatury mięknięcia  $T_{PiK}$

W niniejszym Poradniku opisane zostały asfalty modyfikowane ORBITON produkowane w oparciu o normę PN-EN 14023:2011 i przeznaczone do stosowania w budownictwie drogowym w Polsce. Spółka ORLEN Asphalt produkuje także asfalty modyfikowane ORBITON wg lokalnych wymagań krajów, do których Orbitony są eksportowane (np. dla Rumunii, Litwy, Łotwy, Czech, Słowacji, Niemiec, Węgier). Rodzaje produkowanych asfaltów przedstawiono w tablicy 4.3.

Tablica 4.3. Rodzaje asfaltów modyfikowanych produkowanych przez ORLEN Asphalt (uwaga, asfalty wysokomodyfikowane polimerami typu HiMA opisane zostały w rozdziale 5.)

Rodzaje asfaltów modyfikowanych ORBITON wg załącznika NA dla Polski	Rodzaje asfaltów modyfikowanych ORBITON wg załączników NA dla pozostałych krajów UE
10/40-65 25/55-60 45/80-55 45/80-65 65/105-60	25/55-55 EXP 25/55-60 EXP 25/55-65 EXP

#### 4.2.2. Przeznaczenie

Asfalty modyfikowane **ORBITON** to grupa lepiszczy przeznaczonych do stosowania w nawierzchniach przenoszących ruch ciężki lub w nawierzchniach specjalnych (mosty, cienkie warstwy ścieralne itd.). Prawidłowo zaprojektowane mieszanki mineralno-asfaltowe z użyciem tych asfaltów wykazują lepsze właściwości w porównaniu z ich odpowiednikami o podobnej twardości (asfalty drogowe i wielorodzajowe).

Paleta zastosowań asfaltów modyfikowanych jest bardzo szeroka w odniesieniu zarówno do rodzaju mieszanki mineralno-asfaltowej, jak i kategorii ruchu. Poniżej przedstawiono typowe zastosowania poszczególnych rodzajów asfaltów modyfikowanych.

**Asfalt modyfikowany ORBITON 10/40-65** jest najtwardszym asfaltem modyfikowanym z obecnie produkowanych przez firmę ORLEN Asphalt. Ze względu na wysoką temperaturę mięknięcia przeznaczony jest do warstwy podbudowy oraz warstwy wiążącej zaprojektowanej z mieszanki o wysokim module sztywności AC WMS. Może być także stosowany do mieszanek standardowego betonu asfaltowego AC. Wyniki badań odporności na koleinowanie mieszanek mineralnych z tym asfaltem wskazują, że jest on odpowiedni do nawierzchni obciążonych powolnym i ciężkim ruchem, takich jak place postojowe, pasy powolnego ruchu oraz strefy skrzyżowań. Nie zaleca się stosowania tego asfaltu w warstwach ścieralnych.

**Asfalt modyfikowany ORBITON 25/55-60** należy do najpopularniejszych rodzajów asfaltów modyfikowanych w Polsce. Stosowany jest do warstw podbudowy i wiążących z betonu asfaltowego AC oraz betonu asfaltowego o wysokim module sztywności AC WMS (przy wymaganym module sztywności powyżej 14000 MPa). Może być także stosowany w warstwach ścieralnych z SMA na odcinkach obciążonych ciężkim, powolnym ruchem oraz do mieszanek asfaltu lanego MA.

**Asfalt modyfikowany ORBITON 45/80-55** jest jednym z najczęściej stosowanych w Polsce asfaltów modyfikowanych. Przeznaczony jest do stosowania we wszystkich rodzajach mieszanek mineralno-asfaltowych przeznaczonych do warstw ścieralnych (AC, SMA, BBTM).

**Asfalt modyfikowany ORBITON 45/80-65** jest asfaltem modyfikowanym przeznaczonym do zastosowań w warstwach ścieralnych oraz do zastosowań specjalnych. Charakteryzuje się bardzo dużą sprężystością, wysoką temperaturą mięknięcia oraz korzystnymi właściwościami niskotemperaturowymi. Duża zawartość polimeru oraz wysoka lepkość czynią go lepszem dość trudnym we wbudowywaniu podczas niekorzystnych warunków pogodowych (szybkie sztywnienie warstwy, problemy z zagęszczaniem). Bardzo wysoka temperatura mięknięcia i wysoki stopień modyfikacji sprawia, że może być stosowany w miejscach, gdzie wymagana jest duża wytrzymałość na rozciąganie i odporność na zmęczenie w połączeniu z bardzo dobrymi właściwościami niskotemperaturowymi. Asfalt modyfikowany ORBITON 45/80-65 stosowany jest głównie w warstwach ścieralnych, także do mieszanek asfaltu porowatego PA.

**Asfalt modyfikowany ORBITON 65/105-60** jest lepiszczem zaprojektowanym do stosowania w cienkich warstwach ścieralnych na gorąco, w mieszankach o dobrym szkielecie mineralnym. Produkowany jest z miękkiego asfaltu bazowego z dużą zawartością polimeru, co w konsekwencji pozwala uzyskać produkt o bardzo dobrych właściwościach niskotemperaturowych i świetnej elastyczności.

ORBITON 65/105-60 charakteryzuje się wyższą wartością penetracji w 25°C niż asfalt modyfikowany 45/80-65, a jednocześnie wyróżnia się dużą kohezją<sup>1</sup> i sprężystością. Całość sprawia, że produkt bardzo dobrze spełnia rolę lepiszcza w mieszankach o nieciągłym uziarnieniu wbudowywanych w cienkich warstwach. Do takich zastosowań możemy zaliczyć asfalt porowaty PA, mieszanki do cienkich warstw ścieralnych BBTM i AUTL oraz mieszanki SMA. Są to więc przede wszystkim specjalne warstwy ścieralne oraz warstwy ścieralne w rejonach występowania niskiej temperatury. Innym przeznaczeniem tego lepiszcza są mieszanki na obiektach mostowych, jeśli wymagana jest bardzo duża elastyczność i kohezja lepiszcza.

Na podstawie obowiązujących przepisów GDDKiA zawartych w Wymaganiach Technicznych „Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe”, zestawiono w tablicach 4.4. oraz 4.5. zalecenia stosowania asfaltów modyfikowanych do budowy nawierzchni drogowych w Polsce.

Tablica 4.4. Zastosowania asfaltów modyfikowanych w zależności od warstwy w nawierzchni drogowej i kategorii obciążenia ruchem drogowym wg Wymagań Technicznych „Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe”

Warstwa	Materiał	Kategoria ruchu		
		KR1 ÷ KR2	KR3 ÷ KR4	KR5 ÷ KR7
Podbudowa	Lepiszczka asfaltowe <sup>d</sup>	—	ORBITON 10/40-65 <sup>a</sup> ORBITON 25/55-60 <sup>a, b</sup>	ORBITON 10/40-65 <sup>a</sup> ORBITON 25/55-60 <sup>a, b</sup>
Wiążąca	Lepiszczka asfaltowe <sup>d</sup>	—	ORBITON 10/40-65 <sup>a</sup> ORBITON 25/55-60 <sup>a, b</sup>	ORBITON 10/40-65 <sup>a</sup> ORBITON 25/55-60 <sup>a, b</sup>
Ścieralna	Lepiszczka asfaltowe <sup>d</sup>	ORBITON 45/80-55 ORBITON 45/80-65 ORBITON 65/105-60 <sup>c</sup>	ORBITON 25/55-60 ORBITON 45/80-55 ORBITON 45/80-65 ORBITON 65/105-60 <sup>c</sup>	ORBITON 25/55-60 ORBITON 45/80-55 ORBITON 45/80-65 ORBITON 65/105-60 <sup>c</sup>

a) do betonu asfaltowego o wysokim module sztywności AC WMS  
b) do betonu asfaltowego do warstwy podbudowy lub wiążącej  
c) do cienkiej warstwy na gorąco z SMA lub BBTM o grubości nie większej niż 3,5 cm i do PA  
d) mogą być stosowane także inne lepiszcza nienormowe i asfalty specjalne wg aprobat technicznych lub europejskich ocen technicznych  
e) do asfaltu lanego

Tablica 4.5. Zalecenia zastosowań asfaltów modyfikowanych w zależności od warstwy w nawierzchni mostowej i kategorii obciążenia ruchem drogowym wg Wymagań Technicznych „Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe”

Warstwa	Materiał	Zalecenie
Wiążąca	Lepiszczka asfaltowe	ORBITON 25/55-60
Ścieralna	Lepiszczka asfaltowe	ORBITON 25/55-60 <sup>a</sup> ORBITON 45/80-55 <sup>b</sup> ORBITON 45/80-65 <sup>b</sup> ORBITON 65/105-60 <sup>b</sup>

a) do asfaltu lanego  
b) zalecane do SMA lub BBTM w cienkiej warstwie o grubości nie większej niż 3,5 cm

### 4.2.3. Właściwości

W następnych częściach rozdziału przedstawiono komplet właściwości asfaltów modyfikowanych polimerami oznaczanych wg PN-EN 14023 oraz dodatkowe informacje uzyskane na podstawie badań wykonanych w oparciu o amerykańską metodę *Superpave* oraz *Superpave plus*. Rozdział zawiera również klasyfikację asfaltów modyfikowanych według obciążenia ruchem, opracowaną na podstawie wyników badań MSCR (dokładny opis badania MSCR znajduje się z rozdziale 8).

1) tutaj: miara oporu wewnętrznego asfaltu poddawanego rozdzielaniu na części, dla asfaltów modyfikowanych polimerami przyjmuje się metodę rozciągania z pomiarem siły wg PN-EN 13589 i obliczenia wg PN-EN 13703



W rozdziale zamieszczono także informacje dotyczące orientacyjnych temperatur technologicznych stosowania asfaltów w mieszankach mineralno-asfaltowych oraz dane o zależności lepkości od temperatury.

#### 4.2.3.1. Asfalt modyfikowany ORBITON 10/40-65

##### Właściwości wg PN-EN 14023:2011

Wymagania wobec asfaltu modyfikowanego 10/40-65 oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawiono w tabelicy 4.6.

Tablica 4.6. Wymagania oraz właściwości asfaltu modyfikowanego ORBITON 10/40-65 produkowanego w 2015 roku (wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 r.
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	10 ÷ 40	30
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	≥65	72,6
Nawrót sprężysty w 25°C	PN-EN 13398	%	≥60	81
Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	°C	≤-5	-14
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	°C	≥235	>245
Siła rozciągania (mała prędkość rozciągania)	PN-EN 13589 PN-EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	≥2 w 10°C	4,5
Zmiana masy po starzeniu	PN-EN 12607-1	%	≤0,5	0,07
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	≤8	2,4
Pozostała penetracja po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	≥60	80
Nawrót sprężysty w 25°C po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 13398	%	≥50	79
Stabilność magazynowania: Różnica temperatur mięknięcia	PN-EN 13399 PN-EN 1427	°C	≤5	1,2
Spadek temperatury mięknięcia po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	TBR <sup>a</sup>	0,0

a) TBR (To Be Reported) – do zadeklarowania

##### Właściwości wg Superpave

Poniżej przedstawiono właściwości asfaltu modyfikowanego ORBITON 10/40-65 oznaczone wg amerykańskiej metody Superpave, wykonane w latach 2012-2015.

- **Rodzaj funkcjonalny** (*Performance Grade*), klasyfikacja wg AASHTO MP 1: **PG 82-16**

- **Górne temperatury krytyczne** (AASHTO T 315):

– $G^*/\sin\delta = 1$ kPa (asfalt świeży)	$T_{kryt} = 88,5^{\circ}\text{C}$
– $G^*/\sin\delta = 2,2$ kPa (asfalt po starzeniu RTFOT)	$T_{kryt} = 83,8^{\circ}\text{C}$
– $G^*\sin\delta = 5000$ kPa (asfalt po starzeniu RTFOT i PAV)	$T_{kryt} = 19,5^{\circ}\text{C}$

- **Dolne temperatury krytyczne** (AASHTO PP 42; PN-EN 14771):

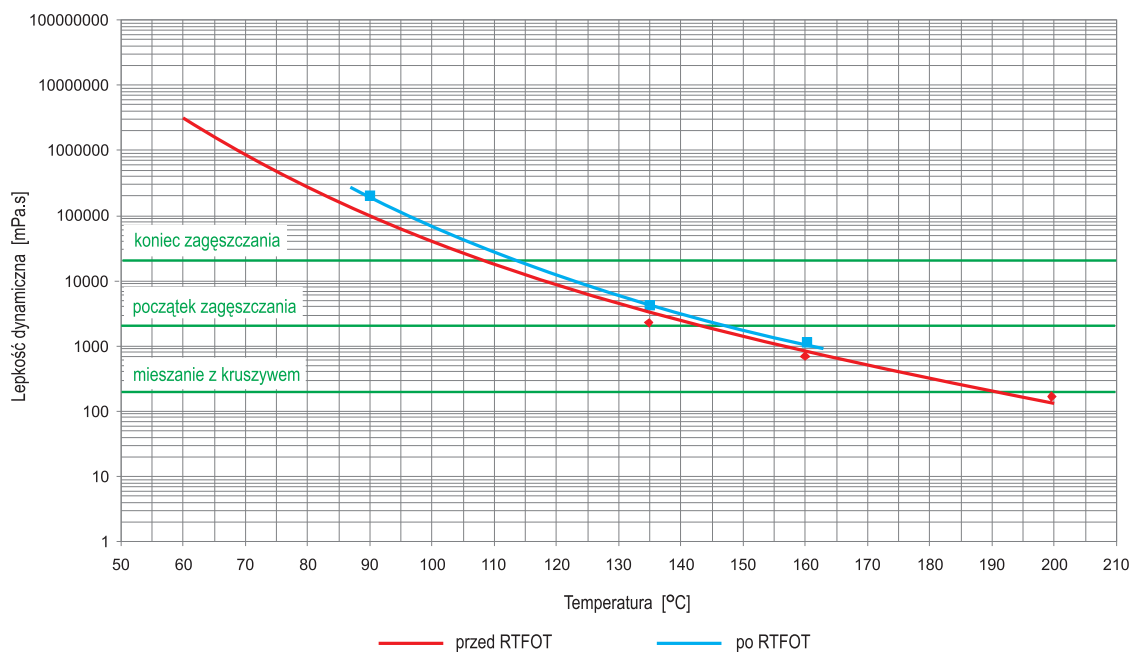
– temperatura przy $S(60) = 300$ MPa	$T(S)_{60} = -17,2^{\circ}\text{C}$
– temperatura przy $m(60) = 0,3$	$T(m)_{60} = -8,6^{\circ}\text{C}$
– sztywność w temperaturze $-16^{\circ}\text{C}$	$S(T)_{-16} = 271,5$ MPa



## Temperatury technologiczne

W laboratorium:	
Temperatura zagęszczania próbek (próbki Marshalla lub próbki zagęszczane w prasie żyratorowej)	150 ÷ 155°C
Na otaczarni:	
Temperatura pompowania asfaltu	> 150°C
Temperatura asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej	180 ÷ 190°C
Temperatura asfaltu lanego MA w mieszalniku otaczarki (przy czasie przechowywania mma do 4h)	< 220°C
Temperatura asfaltu lanego MA w mieszalniku otaczarki (przy czasie przechowywania mma do 2h)	< 230°C
<b>Uwaga:</b> podczas produkcji asfaltu lanego MA zaleca się stosowanie dodatków obniżających temperaturę technologiczną (mieszania z kruszywem i wbudowania), tak aby produkcja asfaltu lanego odbywała się w temperaturze poniżej 200°C.	
Na budowie:	
Temperatura minimalna dostarczonej mieszanki mineralno-asfaltowej (w koszu rozkładarki)	160°C

## Zależność lepkości od temperatury



Rys. 4.4. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu modyfikowanego ORBITON 10/40-65

Tablica 4.7. Przykładowe wyniki badań lepkości asfaltu modyfikowanego ORBITON 10/40-65 produkowanego w 2013 roku. Badania wykonano w ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.

Rodzaj lepkości	Metoda badania	Dokument odniesienia	Parametry sprzętu	Jednostka	Temperatura badania	Przykładowy wynik badania lepkości
dynamiczna	lepkościomierz obrotowy Brookfielda	ASTM D4402 PN-EN 13302	wrzeczono nr 21	Pa*s	90°C	130,00
					135°C	2,52
					160°C	0,68
			wrzeczono nr 27	Pa*s	90°C po RTFOT	202,00
					135°C po RTFOT	3,76
					160°C po RTFOT	0,98

### Właściwości struktury polimeru

- kod dyspersji polimeru wg PN-EN 13632: B/H/S/r lub B/H/S/o

### Magazynowanie

#### Magazynowanie krótkotrwałe w wysokiej temperaturze (do 7 dni)

- zalecana temperatura magazynowania asfaltu: 160 ÷ 180°C
- gwarantowany okres przydatności asfaltu do produkcji mma: 7 dni

Po upływie okresu 5 dni zaleca się przeprowadzanie podstawowych badań kontrolnych właściwości asfaltu modyfikowanego w celu upewnienia się, że produkt nie stracił swoich właściwości na skutek utraty stabilności układu asfalt-polimer, tj. rozsegregowania składników. Badania powinny być wykonywane po upływie 5-ciu dni magazynowania i co każde następne 2 dni (7-go dnia, 9-tego dnia itd.) lub w innych odstępach czasu w zależności od potrzeby:

- penetracja w 25°C wg PN-EN 1426
- temperatura mięknięcia wg PN-EN 1427
- nawrót sprężysty w 25°C wg PN-EN 13398

Jeśli otaczarka wyposażona jest w zbiorniki z mieszadłami należy okresowo mieszać asfalt w zbiorniku. Do tego celu można też użyć cyrkulacji.

#### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 7 dni) w wysokiej temperaturze

Nie zaleca się magazynowania asfaltu modyfikowanego w okresie dłuższym niż 7 dni. W przypadku zaistnienia takiej konieczności zaleca się badać właściwości lepkościowe okresowo, np. co 2 dni (zakres badań podano wcześniej). Pożądane jest także mieszanie asfaltu w zbiorniku co najmniej 6 godzin w ciągu doby. Zalecana temperatura magazynowania 150 ÷ 160°C.

#### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 7 dni) w obniżonej temperaturze

Ze względu na dużą twardość nie zaleca się przechowywania tego lepkościowego schłodzonego do temperatury otoczenia (np. przez zimę) z powodu dużych trudności z jego upłynięciem.

#### 4.2.3.2. ORBITON PMB 25/55-60

##### Właściwości wg PN-EN 14023:2011

Wymagania wobec asfaltu modyfikowanego 25/55-60 oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawiono w tablicy 4.8.

Tablica 4.8. Wymagania oraz właściwości asfaltu modyfikowanego ORBITON 25/55-60 produkowanego w 2015 roku (wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 r.
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	25 ÷ 55	35
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	≥60	63,0
Nawrót sprężysty w 25°C	PN-EN 13398	%	≥60	74
Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	°C	≤-10	-14
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	°C	≥235	326
Siła rozciągania (mała prędkość rozciągania)	PN-EN 13589 PN-EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	≥2 w 10°C	5,0
Zmiana masy po starzeniu	PN-EN 12607-1	%	≤0,5	0,01
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	≤8	4,6
Pozostała penetracja po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	≥60	75
Nawrót sprężysty w 25°C po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 13398	%	≥50	72
Stabilność magazynowania: Różnica temperatur mięknięcia	PN-EN 13399 PN-EN 1427	°C	≤5	1,4
Stabilność magazynowania: Różnica penetracji w 25°C	PN-EN 13399 PN-EN 1427	0,1 mm	NR <sup>b</sup>	0,3
Spadek temperatury mięknięcia po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	TBR <sup>a</sup>	0,0

a) TBR (To Be Reported) – do zadeklarowania  
b) NR (No Requirement) – brak wymagania

##### Właściwości wg Superpave

Poniżej przedstawiono właściwości asfaltu modyfikowanego ORBITON 25/55-60 oznaczone wg amerykańskiej metody Superpave, wykonane w latach 2012-2015.

- **Rodzaj funkcjonalny** (*Performance Grade*), klasyfikacja wg AASHTO MP 1: **PG 76-22**

- **Górne temperatury krytyczne** (AASHTO T 315):

- $G^*/\sin\delta = 1$  kPa (asfalt świeży)  $T_{kryt} = 83,1^\circ\text{C}$
- $G^*/\sin\delta = 2,2$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT)  $T_{kryt} = 80,5^\circ\text{C}$
- $G^*\sin\delta = 5000$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT i PAV)  $T_{kryt} = 22,0^\circ\text{C}$

- **Dolne temperatury krytyczne** (AASHTO PP 42; PN-EN 14771):

- temperatura przy  $S(60) = 300$  MPa  $T(S)_{60} = -16,9^\circ\text{C}$
- temperatura przy  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -13,8^\circ\text{C}$
- sztywność w temperaturze  $-16^\circ\text{C}$   $S(T)_{-16} = 278$  MPa

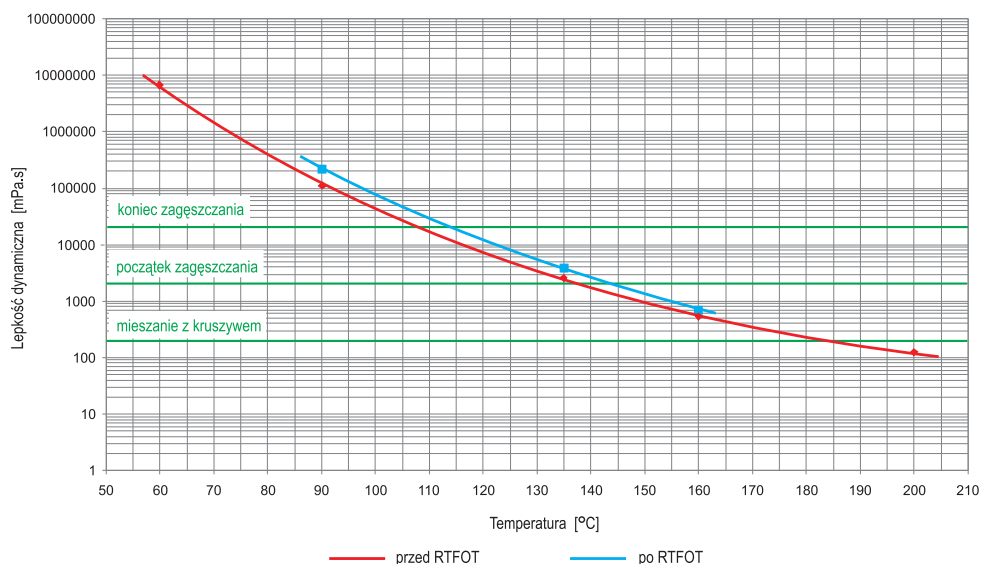
• Wyniki i klasyfikacja asfaltów według metody MSCR

Oznaczone parametry	Zakres temperaturowy zgodny z <i>Superpave</i>			Zakres temperaturowy zgodny z normą europejską		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			PN-EN 16659		
	Próbki po starzeniu metodą RTFOT wg EN 12607-1			Próbki przed starzeniem		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 kPa	0,059	0,150	0,340	0,050	0,207	0,722
$J_{nr}$ 3,2 kPa	<b>0,061</b>	<b>0,163</b>	<b>0,408</b>	0,052	0,219	0,946
$J_{nr}$ diff	3,6	8,6	20,1	3,2	6,1	31,1
R 0,1 kPa	71,5	65,6	58,8	70,7	64,8	56,9
R 3,2 kPa	70,6	63,3	52,4	69,9	63,8	47,4
R diff	1,3	3,5	10,9	1,1	1,7	16,7
Końcowa klasyfikacja przydatności dla ruchu drogowego, wg parametru $J_{nr}$ 3,2 kPa (w temperaturze badania)	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	nie klasyfikuje się		

Temperatury technologiczne

W laboratorium:	
Temperatura zagęszczania próbek (próbki Marshalla lub próbki zagęszczane w prasie żyatorowej)	145 ÷ 150°C
Na otaczarni:	
Temperatura pompowania asfaltu	> 150°C
Temperatura asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej	175 ÷ 185°C
Temperatura asfaltu lanego MA w mieszalniku otaczarki (przy czasie przechowywania mma do 4h)	< 220°C
Temperatura asfaltu lanego MA w mieszalniku otaczarki (przy czasie przechowywania mma do 2h)	< 230°C
<b>Uwaga:</b> podczas produkcji asfaltu lanego MA zaleca się stosowanie dodatków obniżających temperaturę technologiczną (mieszania z kruszywem i wbudowania), tak aby produkcja asfaltu lanego odbywała się w temperaturze poniżej 200°C.	
Na budowie:	
Temperatura minimalna dostarczonej mieszanki mineralno-asfaltowej (w koszu rozkładarki)	155°C

Zależność lepkości od temperatury



Rys. 4.5. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu modyfikowanego ORBITON 25/55-60

Tablica 4.9. Przykładowe wyniki badań lepkości asfaltu modyfikowanego ORBITON 25/55-60 produkowanego w 2015 roku. Badania wykonano w ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.

Rodzaj lepkości	Metoda badania	Dokument odniesienia	Parametry sprzętu	Jednostka	Temperatura badania	Przykładowy wynik badania lepkości
dynamiczna	próżniowa kapilarna	PN-EN 12596	—	Pa*s	60°C	6 250
	lepkościomierz obrotowy Brookfielda	ASTM D4402 PN-EN 13302	wrzeczono nr 21	Pa*s	90°C	112,00
					135°C	2,14
					160°C	0,63
					200°C	0,15
	wrzeczono nr 27	Pa*s	90°C po RTFOT	210,00		
			135°C po RTFOT	3,37		
			160°C po RTFOT	0,87		

#### Właściwości struktury polimeru

- kod dyspersji polimeru wg PN-EN 13632: B/H/S/r lub B/H/S/o

#### Magazynowanie

##### Magazynowanie krótkotrwałe w wysokiej temperaturze (do 7 dni)

- zalecana temperatura magazynowania asfaltu: 160 ÷ 180°C
- gwarantowany okres przydatności asfaltu do produkcji mma: 7 dni

Po upływie okresu 5 dni zaleca się przeprowadzanie podstawowych badań kontrolnych właściwości asfaltu modyfikowanego w celu upewnienia się, że produkt nie stracił swoich właściwości na skutek utraty stabilności układu asfalt-polimer, tj. rozsegregowania składników. Badania powinny być wykonywane po upływie 5-ciu dni magazynowania i co każde następane 2 dni (7-go dnia, 9-tego dnia itd.) lub w innych odstępach czasu w zależności od potrzeby:

- penetracja w 25°C wg PN-EN 1426
- temperatura mięknięcia wg PN-EN 1427
- nawrót sprężysty w 25°C wg PN-EN 13398

Jeśli otaczarka wyposażona jest w zbiorniki z mieszadłami należy okresowo mieszać asfalt w zbiorniku. Do tego celu można też użyć cyrkulacji.

##### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 7 dni) w wysokiej temperaturze

Nie zaleca się magazynowania asfaltu modyfikowanego w okresie dłuższym niż 7 dni. W przypadku zaistnienia takiej konieczności zaleca się badać właściwości lepiszcza okresowo, np. co 2 dni (zakres badań podano wcześniej). Pożądane jest także mieszanie asfaltu w zbiorniku co najmniej 6 godzin w ciągu doby. Zalecana temperatura magazynowania 150 ÷ 160°C.

##### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 7 dni) w obniżonej temperaturze

Ze względu na dużą twardość nie zaleca się przechowywania tego lepiszcza schłodzonego do temperatury otoczenia (np. przez zimę) z powodu dużych trudności z jego upłynięciem.

### 4.2.3.3. ORBITON PMB 45/80-55

#### Właściwości wg PN-EN 14023:2011

Wymagania wobec asfaltu modyfikowanego 45/80-55 oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawiono w tablicy 4.10.

Tablica 4.10. Wymagania oraz właściwości asfaltu modyfikowanego ORBITON 45/80-55 produkowanego w 2015 roku (wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 r.
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	45-80	63
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	≥55	63,2
Nawrót sprężysty w 25°C	PN-EN 13398	%	≥70	84
Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	°C	≤-15	-17
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	°C	≥235	325
Siła rozciągania (mała prędkość rozciągania)	PN-EN 13589 PN-EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	≥3 w 5°C	8,2
Zmiana masy po starzeniu	PN-EN 12607-1	%	≤0,5	-0,04
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	≤8	3,1
Pozostała penetracja po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	≥60	66
Nawrót sprężysty w 25°C po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 13398	%	≥50	80
Stabilność magazynowania: Różnica temperatur mięknięcia	PN-EN 13399 PN-EN 1427	°C	≤5	0,6
Stabilność magazynowania: Różnica penetracji w 25°C	PN-EN 13399 PN-EN 1427	0,1 mm	NR <sup>b</sup>	1,1
Spadek temperatury mięknięcia po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	TBR <sup>a</sup>	1,0
a) TBR (To Be Reported) – do zadeklarowania b) NR (No Requirement) – brak wymagania				

#### Właściwości wg Superpave

Poniżej przedstawiono właściwości asfaltu modyfikowanego ORBITON 45/80-55 oznaczone wg amerykańskiej metody Superpave, wykonane w latach 2012-2015.

- **Rodzaj funkcjonalny** (*Performance Grade*), klasyfikacja wg AASHTO MP 1: **PG 70-22**
- **Górne temperatury krytyczne** (AASHTO T 315):
  - $G^*/\sin\delta = 1$  kPa (asfalt świeży)  $T_{kryt} = 74,5^{\circ}\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 2,2$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT)  $T_{kryt} = 72,9^{\circ}\text{C}$
  - $G^*\sin\delta = 5000$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT i PAV)  $T_{kryt} = 17,7^{\circ}\text{C}$
- **Dolne temperatury krytyczne** (AASHTO PP 42; PN-EN 14771):
  - temperatura przy  $S(60) = 300$  MPa  $T(S)_{60} = -18,1^{\circ}\text{C}$
  - temperatura przy  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -16,9^{\circ}\text{C}$
  - sztywność w temperaturze  $-16^{\circ}\text{C}$   $S(T)_{-16} = 242$  MPa

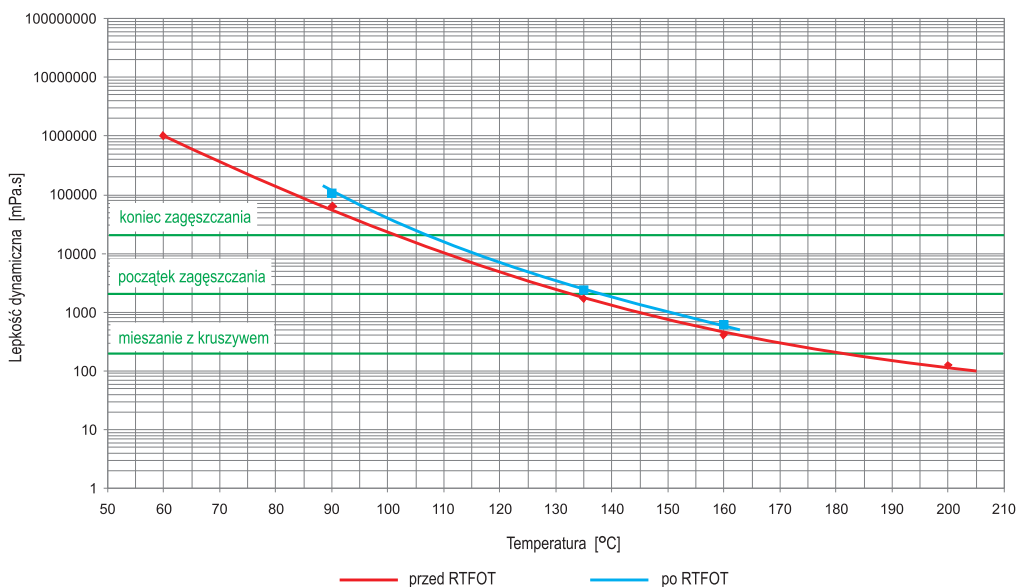
• Wyniki i klasyfikacja asfaltów według metody MSCR

Oznaczone parametry	Zakres temperaturowy zgodny z <i>Superpave</i>			Zakres temperaturowy zgodny z normą europejską		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			PN-EN 16659		
	Próbki po starzeniu metodą RTFOT wg EN 12607-1			Próbki przed starzeniem		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 kPa	0,156	0,351	0,445	0,114	0,347	1,030
$J_{nr}$ 3,2 kPa	<b>0,169</b>	<b>0,384</b>	<b>0,515</b>	0,121	0,344	1,540
$J_{nr}$ diff	8,7	9,4	15,8	5,7	1,0	49,8
R 0,1 kPa	75,5	71,2	67,9	76,6	76,3	71,8
R 3,2 kPa	74,0	69,5	66,3	75,6	77,0	58,7
R diff	2,1	2,4	5,0	1,2	-0,8	18,2
Końcowa klasyfikacja przydatności dla ruchu drogowego, wg parametru $J_{nr}$ 3,2 kPa (w temperaturze badania)	Extreme	Extreme	Very heavy	nie klasyfikuje się		

Temperatury technologiczne

W laboratorium:	
Temperatura zagęszczania próbek (próbki Marshalla lub próbki zagęszczane w prasie żyrotarowej)	145 ÷ 150°C
Na otaczarni:	
Temperatura pompowania asfaltu	> 150°C
Temperatura asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej	175 ÷ 185°C
Na budowie:	
Temperatura minimalna dostarczonej mieszanki mineralno-asfaltowej (w koszu rozkładarki)	155°C

Zależność lepkości od temperatury



Rys. 4.6. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu modyfikowanego ORBITON 45/80-55



Tablica 4.11. Przykładowe wyniki badań lepkości asfaltu modyfikowanego ORBITON 45/80-55 produkowanego w 2015 roku. Badania wykonano w ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.

Rodzaj lepkości	Metoda badania	Dokument odniesienia	Parametry sprzętu	Jednostka	Temperatura badania	Przykładowy wynik badania lepkości
dynamiczna	próżniowa kapilarna	PN-EN 12596	—	Pa*s	60°C	569
	lepkościomierz obrotowy Brookfielda	ASTM D4402 PN-EN 13302	wrzecziono nr 27	Pa*s	90°C	69,33
					135°C	1,47
					160°C	0,44
					200°C	0,12
			wrzecziono nr 27	Pa*s	90°C po RTFOT	108,00
					135°C po RTFOT	1,97
						160°C po RTFOT

### Właściwości struktury polimeru

- kod dyspersji polimeru wg PN-EN 13632: B/H/S/r lub B/H/S/o

### Magazynowanie

#### Magazynowanie krótkotrwałe w wysokiej temperaturze (do 7 dni)

- zalecana temperatura magazynowania asfaltu: 160 ÷ 180°C
- gwarantowany okres przydatności asfaltu do produkcji mma: 7 dni

Po upływie okresu 5 dni zaleca się przeprowadzanie podstawowych badań kontrolnych właściwości asfaltu modyfikowanego w celu upewnienia się, że produkt nie stracił swoich właściwości na skutek możliwości utraty stabilności układu asfalt-polimer, tj. rozsegregowania składników. Badania powinny być wykonywane po upływie 5-ciu dni magazynowania i co każde następane 2 dni (7-go dnia, 9-tego dnia itd.) lub w innych odstępach czasu w zależności od potrzeby:

- penetracja w 25°C wg PN-EN 1426
- temperatura mięknięcia wg PN-EN 1427
- nawrót sprężysty w 25°C wg PN-EN 13398

Jeśli otaczarka wyposażona jest w zbiorniki z mieszadłami należy okresowo mieszać asfalt w zbiorniku. Do tego celu można też użyć cyrkulacji.

#### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 7 dni) w wysokiej temperaturze

Nie zaleca się magazynowania asfaltu modyfikowanego w okresie dłuższym niż 7 dni. W przypadku zaistnienia takiej konieczności zaleca się badać właściwości lepkościowe okresowo, np. co 2 dni (zakres badań podano wcześniej). Pożądane jest także mieszanie asfaltu w zbiorniku co najmniej 6 godzin w ciągu doby. Zalecana temperatura magazynowania 150 ÷ 160°C.

#### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 7 dni) w obniżonej temperaturze

Nie zaleca się przechowywania tego lepiszcza schłodzonego do temperatury otoczenia (np. przez zimę) z powodu dużych trudności z jego upłynięciem.

#### 4.2.3.4. ORBITON PMB 45/80-65

##### Właściwości wg PN-EN 14023:2011

Wymagania wobec asfaltu modyfikowanego 45/80-65 oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawiono w tablicy 4.12.

Tablica 4.12. Wymagania oraz właściwości asfaltu modyfikowanego ORBITON 45/80-65 produkowanego w 2015 roku (wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 r.
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	45–80	54
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	≥65	77,2
Nawrót sprężysty w 25°C	PN-EN 13398	%	≥80	87
Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	°C	≤-15	-18
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	°C	≥235	>245
Siła rozciągania (mała prędkość rozciągania)	PN-EN 13589 PN-EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	≥2 w 10°C	6,4
Zmiana masy po starzeniu	PN-EN 12607-1	%	≤0,5	0,09
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	≤8	4,2
Pozostała penetracja po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	≥60	82
Nawrót sprężysty w 25°C po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 13398	%	≥60	87
Stabilność magazynowania: Różnica temperatur mięknięcia	PN-EN 13399 PN-EN 1427	°C	≤5	2,3
Spadek temperatury mięknięcia po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	TBR <sup>a</sup>	0,0

a) TBR (To Be Reported) – do zadeklarowania

##### Właściwości wg Superpave

Poniżej przedstawiono właściwości asfaltu modyfikowanego ORBITON 45/80-65 oznaczone wg amerykańskiej metody Superpave, wykonane w latach 2012-2015.

- **Rodzaj funkcjonalny** (*Performance Grade*), klasyfikacja wg AASHTO MP 1: **PG 76-22**
- **Górne temperatury krytyczne** (AASHTO T 315):
  - $G^*/\sin\delta = 1$  kPa (asfalt świeży)  $T_{kryt} = 83,2^{\circ}\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 2,2$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT)  $T_{kryt} = 77,7^{\circ}\text{C}$
  - $G^*\sin\delta = 5000$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT i PAV)  $T_{kryt} = 17,6^{\circ}\text{C}$
- **Dolne temperatury krytyczne** (AASHTO PP 42; PN-EN 14771):
  - temperatura przy  $S(60) = 300$  MPa  $T(S)_{60} = -18,3^{\circ}\text{C}$
  - temperatura przy  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -14,3^{\circ}\text{C}$
  - sztywność w temperaturze  $-16^{\circ}\text{C}$   $S(T)_{-16} = 235$  MPa

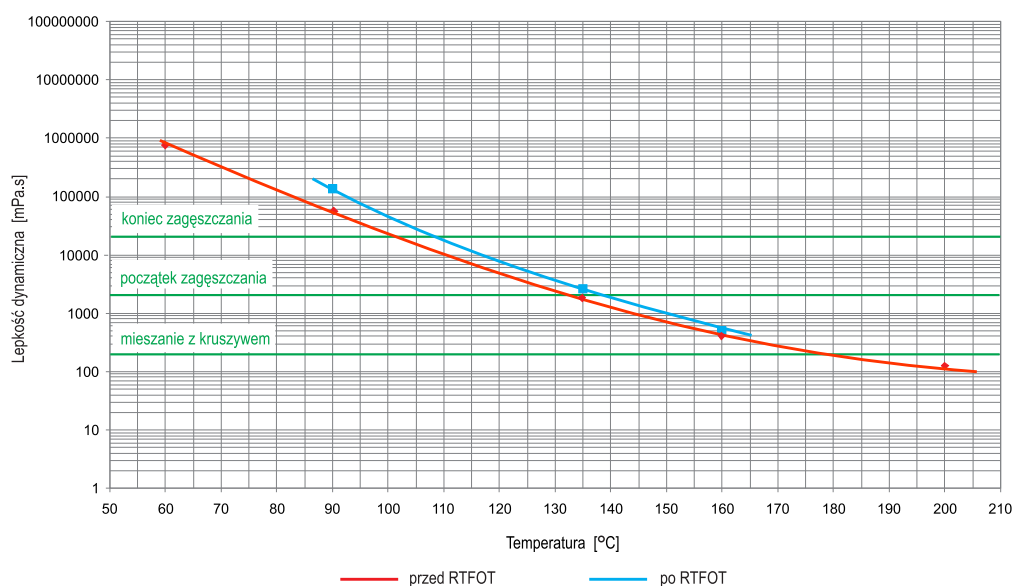
• Wyniki i klasyfikacja asfaltów według metody MSCR

Oznaczone parametry	Zakres temperaturowy zgodny z <i>Superpave</i>			Zakres temperaturowy zgodny z normą europejską		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			PN-EN 16659		
	Próbki po starzeniu metodą RTFOT wg EN 12607-1			Próbki przed starzeniem		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 kPa	0,099	0,188	0,369	0,042	0,081	0,223
$J_{nr}$ 3,2 kPa	<b>0,110</b>	<b>0,207</b>	<b>0,474</b>	0,051	0,099	0,313
$J_{nr}$ diff	10,8	10,2	28,7	20,4	22,2	40,7
R 0,1 kPa	83,2	82,1	80,0	89,6	92,1	91,1
R 3,2 kPa	82,3	81,2	76,0	88,1	90,9	87,3
R diff	1,1	1,0	5,0	1,7	1,3	4,1
Końcowa klasyfikacja przydatności dla ruchu drogowego, wg parametru $J_{nr}$ 3,2 kPa (w temperaturze badania)	Extreme	Extreme	Extreme	nie klasyfikuje się		

Temperatury technologiczne

W laboratorium:	
Temperatura zagęszczania próbek (próbki Marshalla lub próbki zagęszczane w prasie żyratorowej)	150 ÷ 155°C
Na otaczarni:	
Temperatura pompowania asfaltu	> 150°C
Temperatura asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej	175 ÷ 185°C
Na budowie:	
Temperatura minimalna dostarczonej mieszanki mineralno-asfaltowej (w koszu rozkładarki)	160°C

Zależność lepkości od temperatury



Rys. 4.7. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu modyfikowanego ORBITON 45/80-65

Tablica 4.13. Przykładowe wyniki badań lepkości asfaltu modyfikowanego ORBITON 45/80-65 produkowanego w 2015 roku. Badania wykonano w ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.

Rodzaj lepkości	Metoda badania	Dokument odniesienia	Parametry sprzętu	Jednostka	Temperatura badania	Przykładowy wynik badania lepkości
dynamiczna	próżniowa kapilarna	PN-EN 12596	—	Pa*s	60°C	647
	lepkościomierz obrotowy Brookfielda	ASTM D4402 PN-EN 13302	wrzeciono nr 21	Pa*s	90°C	45,70
					135°C	1,59
					160°C	0,46
					200°C	0,16
	wrzeciono nr 27	Pa*s	90°C po RTFOT	136,00		
			135°C po RTFOT	2,05		
			160°C po RTFOT	0,55		

### Właściwości struktury polimeru

- kod dyspersji polimeru wg PN-EN 13632: B/H/S/r lub B/H/S/o

### Magazynowanie

#### Magazynowanie krótkotrwałe w wysokiej temperaturze (do 7 dni)

- zalecana temperatura magazynowania asfaltu: 160 ÷ 180°C
- gwarantowany okres przydatności asfaltu do produkcji mma: 7 dni

Po upływie okresu 5 dni zaleca się przeprowadzanie podstawowych badań kontrolnych właściwości asfaltu modyfikowanego w celu upewnienia się, że produkt nie stracił swoich właściwości na skutek możliwości utraty stabilności układu asfalt-polimer, tj. rozsegregowania składników. Badania powinny być wykonywane po upływie 5-ciu dni magazynowania i co każde następne 2 dni (7-go dnia, 9-tego dnia itd.) lub w innych odstępach czasu w zależności od potrzeby:

- penetracja w 25°C wg PN-EN 1426
- temperatura mięknięcia wg PN-EN 1427
- nawrót sprężysty w 25°C wg PN-EN 13398

Jeśli otaczarka wyposażona jest w zbiorniki z mieszadłami należy okresowo mieszać asfalt w zbiorniku. Do tego celu można też użyć cyrkulacji.

#### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 7 dni) w wysokiej temperaturze

Nie zaleca się magazynowania asfaltu modyfikowanego w okresie dłuższym niż 7 dni. W przypadku zaistnienia takiej konieczności zaleca się badać właściwości lepiscza okresowo, np. co 2 dni (zakres badań podano wcześniej). Pożądane jest także mieszanie asfaltu w zbiorniku co najmniej 6 godzin w ciągu doby. Zalecana temperatura magazynowania 150 ÷ 160°C.

#### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 7 dni) w obniżonej temperaturze

Nie zaleca się przechowywania tego lepiscza schłodzonego do temperatury otoczenia (np. przez zimę) z powodu dużych trudności z jego upłynnieniem.

#### 4.2.3.5. ORBITON PMB 65/105-60

##### Właściwości wg PN-EN 14023:2011

Wymagania wobec asfaltu modyfikowanego 65/105-60 oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawiono w tablicy 4.15.

Tablica 4.15. Wymagania oraz właściwości asfaltu modyfikowanego ORBITON 65/105-60 produkowanego w 2015 roku (wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 r.
Penetracja w 25°C	PN-EN 1426	0,1 mm	65-105	68
Temperatura mięknięcia	PN-EN 1427	°C	≥60	63,0
Nawrót sprężysty w 25°C	PN-EN 13398	%	≥70	81
Temperatura łamliwości wg Fraassa	PN-EN 12593	°C	≤-15	-19
Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	°C	≥235	>245
Siła rozciągania (mała prędkość rozciągania)	PN-EN 13589 PN-EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	≥3 w 5°C	6,7
Zmiana masy po starzeniu	PN-EN 12607-1	%	≤0,5	0,02
Wzrost temperatury mięknięcia po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	≤10	7,4
Pozostała penetracja po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1426	%	≥60	68
Nawrót sprężysty w 25°C po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 13398	%	≥60	92
Stabilność magazynowania: Różnica temperatur mięknięcia	PN-EN 13399 PN-EN 1427	°C	≤5	1,6
Spadek temperatury mięknięcia po starzeniu	PN-EN 12607-1 PN-EN 1427	°C	TBR <sup>a</sup>	0,0

a) TBR (To Be Reported) – do zadeklarowania

##### Właściwości wg Superpave

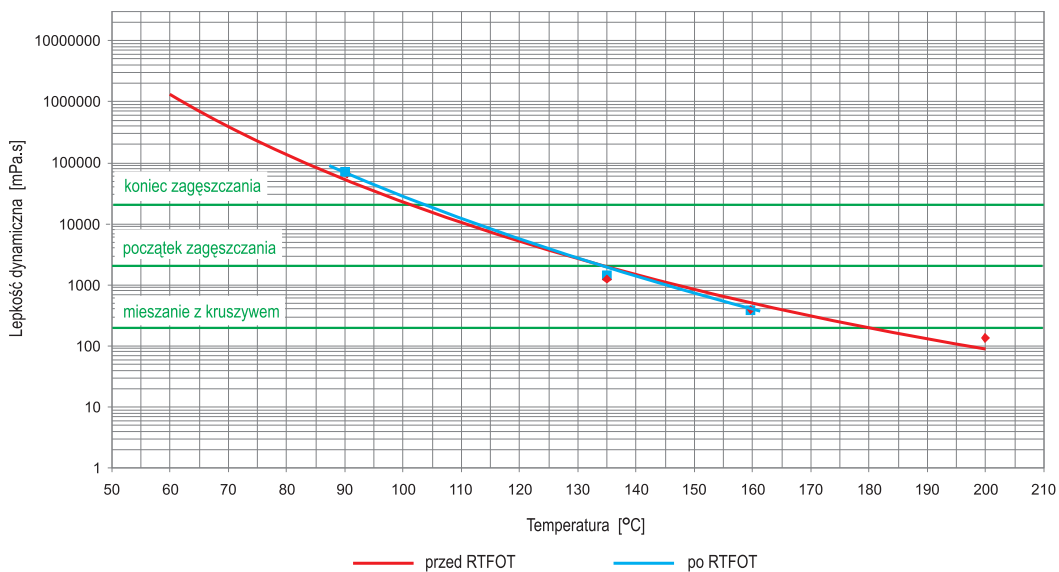
Poniżej przedstawiono właściwości asfaltu modyfikowanego ORBITON 65/105-60 oznaczone wg amerykańskiej metody Superpave, wykonane w latach 2012-2015.

- **Rodzaj funkcjonalny** (*Performance Grade*), klasyfikacja wg AASHTO MP 1: **PG 64-28**
- **Górne temperatury krytyczne** (AASHTO T 315):
  - $G^*/\sin\delta = 1$  kPa (asfalt świeży)  $T_{kryt} = 74,9^{\circ}\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 2,2$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT)  $T_{kryt} = 69,2^{\circ}\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 5000$  kPa (asfalt po starzeniu RTFOT i PAV)  $T_{kryt} = 13,6^{\circ}\text{C}$
- **Dolne temperatury krytyczne** (AASHTO PP 42; PN-EN 14771):
  - temperatura przy  $S(60) = 300$  MPa  $T(S)_{60} = -20,5^{\circ}\text{C}$
  - temperatura przy  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -20,6^{\circ}\text{C}$
  - sztywność w temperaturze  $-16^{\circ}\text{C}$   $S(T)_{-16} = 172$  MPa

## Temperatury technologiczne

<b>W laboratorium:</b>	
Temperatura zagęszczania próbek (próbki Marshalla lub próbki zagęszczane w prasie żyrotorowej)	145 ÷ 150°C
<b>Na otaczarni:</b>	
Temperatura pompowania asfaltu	>150°C
Temperatura asfaltu do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej	175 ÷ 185°C
<b>Na budowie:</b>	
Temperatura minimalna dostarczonej mieszanki mineralno-asfaltowej (w koszu rozkładarki)	160°C

## Zależność lepkości od temperatury



Rys. 4.8. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu modyfikowanego ORBITON 65/105-60

Tablica 4.16. Przykładowe wyniki badań lepkości asfaltu modyfikowanego ORBITON 65/105-60 produkowanego w 2013 roku. Badania wykonane w ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.

Rodzaj lepkości	Metoda badania	Dokument odniesienia	Parametry sprzętu	Jednostka	Temperatura badania	Przykładowy wynik badania lepkości
dynamiczna	lepkościomierz obrotowy Brookfielda	ASTM D4402 PN-EN 13302	wrzeciono nr 21, 29	Pa*s	90°C	70,00
					135°C	1,23
					160°C	0,39
			wrzeciono nr 27	Pa*s	90°C po RTFOT	63,83
					135°C po RTFOT	1,36
					160°C po RTFOT	0,41

## Właściwości struktury polimeru

- kod dyspersji polimeru wg PN-EN 13632: B/H/S/r lub B/H/S/o

## Magazynowanie

### Magazynowanie krótkotrwałe w wysokiej temperaturze (do 7 dni)

- zalecana temperatura magazynowania asfaltu: 160÷180°C
- gwarantowany okres przydatności asfaltu do produkcji mma: 7 dni

Po upływie okresu 5 dni zaleca się przeprowadzanie podstawowych badań kontrolnych właściwości asfaltu modyfikowanego w celu upewnienia się, że produkt nie stracił swoich właściwości na skutek możliwości utraty stabilności układu asfalt-polimer, tj. rozsegregowania składników. Badania powinny być wykonywane po upływie 5-ciu dni magazynowania i co każde następne 2 dni (7-go dnia, 9-tego dnia itd.) lub w innych odstępach czasu w zależności od potrzeby:

- penetracja w 25°C wg PN-EN 1426
- temperatura mięknięcia wg PN-EN 1427
- nawrót sprężysty w 25°C wg PN-EN 13398

Jeśli otaczarka wyposażona jest w zbiorniki z mieszadłami należy okresowo mieszać asfalt w zbiorniku. Do tego celu można też użyć cyrkulacji.

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 7 dni) w wysokiej temperaturze

Nie zaleca się magazynowania asfaltu modyfikowanego w okresie dłuższym niż 7 dni. W przypadku zaistnienia takiej konieczności zaleca się badać właściwości lepiszcza okresowo, np. co 2 dni (zakres badań podano wcześniej). Pożądane jest także mieszanie asfaltu w zbiorniku co najmniej 6 godzin w ciągu doby. Zalecana temperatura magazynowania 150÷160°C.

### Magazynowanie długotrwałe (powyżej 7 dni) w obniżonej temperaturze

Nie zaleca się przechowywania tego lepiszcza schłodzonego do temperatury otoczenia (np. przez zimę) z powodu dużych trudności z jego upłynnieniem.



## Rozdział 5

### ASFALTY WYSOKOMODYFIKOWANE POLIMERAMI ORBITON HIMA WG PN-EN 14023

Od 2011 r. w Dziale Technologii, Badań i Rozwoju firmy ORLEN Asphalt prowadzone były prace badawczo-rozwojowe nad stworzeniem nowej grupy produktów. W wyniku prac laboratoryjnych oraz prób produkcyjnych opracowano innowacyjne lepiszcza asfaltowe – asfalty wysokomodyfikowane polimerami.

W październiku 2013 r. wykonano w Polsce pierwszy odcinek doświadczalny nawierzchni drogowej z zastosowaniem asfaltu wysokomodyfikowanego. Odcinek zlokalizowany był na drodze wojewódzkiej zarządzanej przez Zarząd Dróg Wojewódzkich w Katowicach. Był to 5. odcinek w Europie z lepiszczem wysokomodyfikowanym zawierającym specjalny polimer firmy KRATON.

W kwietniu 2014 roku Polski Komitet Normalizacyjny opublikował w postaci Załącznika Krajowego do normy PN-EN 14023 znowelizowane wymagania do asfaltów modyfikowanych polimerami, w tym dodatkową tabelę z wymaganiami do asfaltów wysokomodyfikowanych. Dzięki temu w maju 2014 pod nazwą handlową ORBITON HiMA asfalty wysokomodyfikowane zostały oficjalnie wprowadzone do oferty produktowej ORLEN Asphalt. Ponieważ są to lepiszcza asfaltowe wyprodukowane na podstawie wymagań normy zharmonizowanej, spółka znakuje je oznakowaniem CE.

W rozdziale 5 niniejszego poradnika przedstawiamy Państwu opis, zasadę działania, wyniki badań laboratoryjnych oraz doświadczenia z odcinków testowych nowych lepiszczy produkowanych przez ORLEN Asphalt, jakimi są asfalty wysokomodyfikowane.

#### 5.1. WPROWADZENIE

##### 5.1.1. Opis ogólny asfaltów wysokomodyfikowanych polimerami

Prace badawcze prowadzone przez wiele ośrodków naukowych na całym świecie pozwoliły stwierdzić, że większa zawartość polimerów w asfalcie pozwala na uzyskanie dodatkowych korzyści jakościowych, znacząco przyczyniając się do poprawienia trwałości nawierzchni asfaltowych. Efekt poprawy trwałości obserwuje się w zakresie odporności na pękanie, koleinowanie i zmęczenie. Szczególnie istotne było przekroczenie granicy zawartości polimeru SBS (ok. 7-7.5% m/m), po której faza polimerowa stawała się fazą ciągłą w polimeroasfalcie. Zastosowanie jednak tak dużej ilości klasycznego polimeru SBS do modyfikacji asfaltu niosło za sobą konkretne problemy techniczne w produkcji i stosowaniu takich lepiszczy, związane z następującymi aspektami:

- problemy ze stabilnością podczas magazynowania i transportu polimeroasfaltu (wysokie ryzyko separacji polimeru),
- bardzo duża lepkość polimeroasfaltu, która powoduje, że takie lepiszcza należałoby podgrzewać na otaczarni do znacznie wyższej temperatury niż typowe asfalty modyfikowane z mniejszą ilością polimeru,
- znaczące trudności występujące podczas zagęszczania mieszanki mineralno-asfaltowej przy budowie drogi – ze względu na zbyt dużą lepkość, następuje szybkie sztywnienie mieszanki w warstwie przez co uzyskuje się zbyt niskie wskaźniki zagęszczenia.

Wymienione ograniczenia koncepcji asfaltów wysokomodyfikowanych do zastosowań drogowych były wyzwaniem nie tylko dla producentów lepiszczy drogowych, ale także dla producentów polimerów. Prace badawcze prowadzone

przez przemysł polimerów dały pozytywne rezultaty i od kilku lat dostępne są na rynku rozwiązania, które umożliwiają wyprodukowanie asfaltu wysokomodyfikowanego pozbawionego ograniczeń opisanych powyżej.

Tego typu lepiszcza asfaltowe zostały nazwane **HiMA – Highly Modified Asphalt**.

Prace badawcze i wdrożeniowe nowych wysokomodyfikowanych lepiszczy asfaltowych wykazały, że są one produktami o ponadstandardowych właściwościach funkcjonalnych. Charakteryzują się między innymi bardzo dobrą odpornością na koleinowanie, działanie wody i mrozu, znakomitą wytrzymałością zmęczeniową oraz odpornością na pękanie.

### 5.1.2. Zasada działania asfaltów wysokomodyfikowanych HiMA

Główną ideą asfaltów wysokomodyfikowanych jest przeciwdziałanie spękanom nawierzchni, deformacjom trwałym (koleinom) oraz zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej warstw asfaltowych.

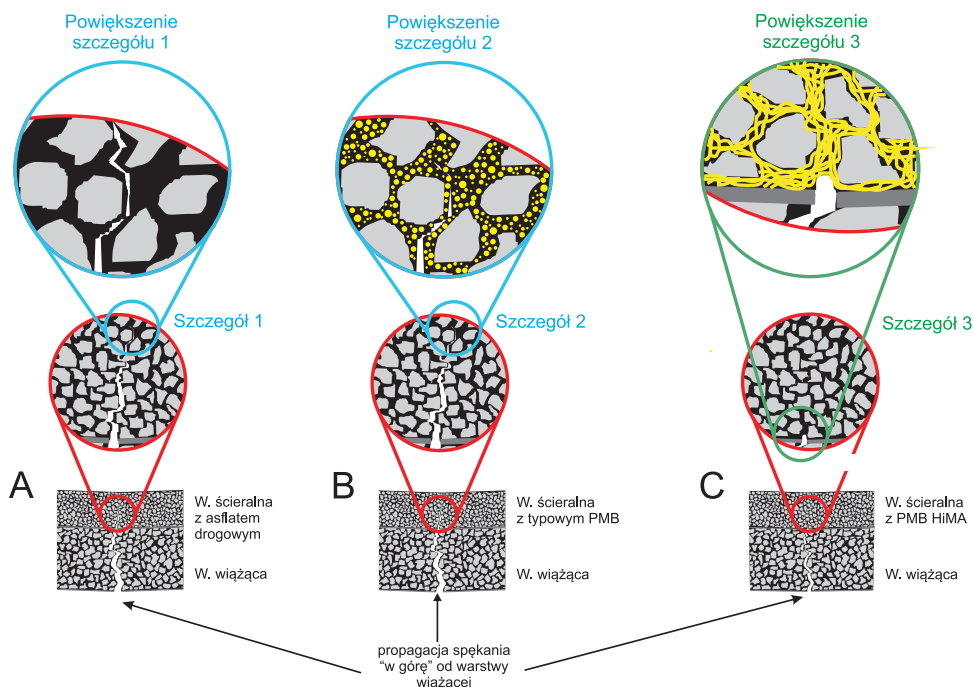
Do tego celu stosuje się zawartość polimeru, przekraczającą 7% m/m, co powoduje odwrócenie faz w mieszaninie asfaltu z polimerem (rys. 5.1.).



Rys. 5.1. Proporcje objętościowe między asfaltem a polimerem w typowym polimeroasfalcie i w asfalcie wysokomodyfikowanym

Ciągła sieć polimerowa (faza polimerowa), działa w lepiszczu i mieszance mineralno-asfaltowej jak elastyczne „zbrojenie”, które łatwo jest przedstawić na przykładzie ograniczania przez lepiszcze wysokomodyfikowane propagacji spękań warstwy z mieszanki mineralno-asfaltowej. Na rys. 5.2. przedstawiono schematy trzech hipotetycznych sytuacji:

- rys. A.: propagacja pęknięcia przez warstwę mieszanki mineralno-asfaltowej z klasycznym asfaltem drogowym – w tym schemacie pęknięcie jest w stanie bez większego problemu przejść przez lepiszcze,
- rys. B.: propagacja pęknięcia przez warstwę mieszanki mineralno-asfaltowej z klasycznym asfaltem modyfikowanym, o nieciągłej sieci polimerowej (oznaczonej rozproszonymi żółtymi punktami) – w tym schemacie pęknięcie jest w stanie przejść (choć z opóźnieniem) przez warstwę lepiszcza znajdując w nim nieciągłości między fragmentami sieci polimerowej,
- rys. C.: propagacja pęknięcia przez warstwę mieszanki mineralno-asfaltowej z asfaltem wysokomodyfikowanym, o ciągłej sieci polimerowej (oznaczonej żółtymi liniami) – w tym schemacie przejście pęknięcia przez warstwę lepiszcza jest utrudnione ze względu na barierę stworzoną przez sieć polimerową.



Rys. 5.2. Propagacja spękań przez warstwy asfaltowe, a) z asfaltem drogowym, b) z asfaltem modyfikowanym, c) z asfaltem wysokomodyfikowanym

### 5.1.3. Zasady klasyfikacji asfaltów wysokomodyfikowanych

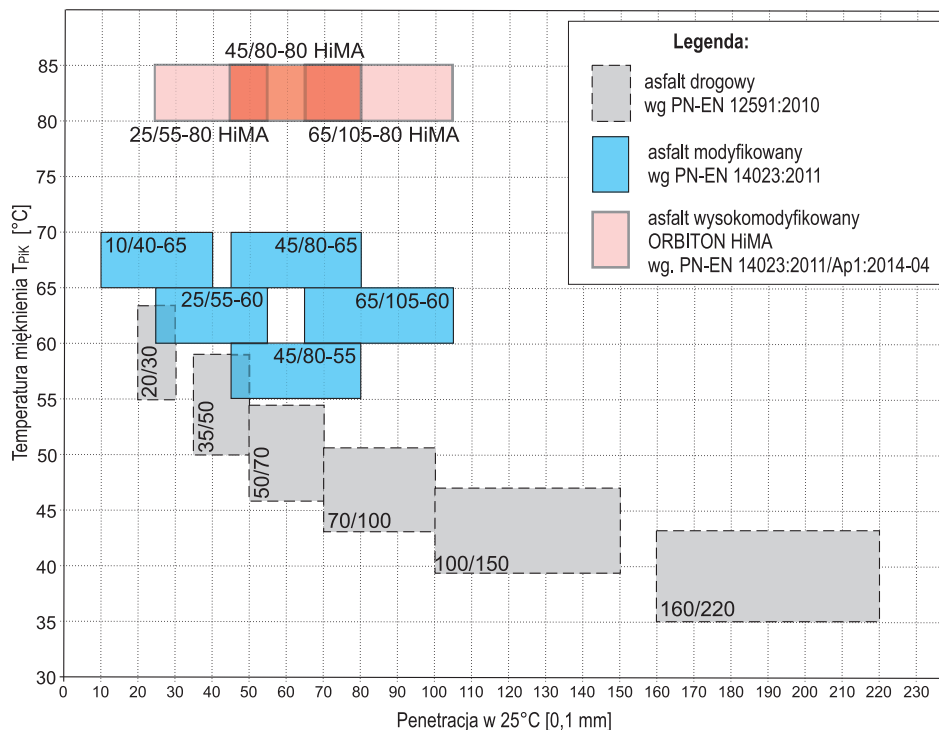
Wszystkie asfalty wysokomodyfikowane ORBITON HiMA są klasyfikowane zgodnie z Normą Europejską **PN-EN 14023:2011 „Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Zasady klasyfikacji asfaltów modyfikowanych polimerami”**. Opis normy, jej wymagań, ocena zgodności oraz sposób oznakowania CE asfaltów wysokomodyfikowanych jest analogiczny jak w przypadku klasycznych asfaltów modyfikowanych i został dokładnie opisany w rozdziale 4.

Systematyka oznaczenia asfaltów wysokomodyfikowanych polimerami produkowanych zgodnie z Normą Europejską EN 14023 została przedstawiona w tablicy 5.1.

Tablica 5.1. Systematyka oznaczania asfaltów wysokomodyfikowanych polimerami produkowanych zgodnie z normą europejską EN 14023

Lepiszcze asfaltowe	Asfalt wysokomodyfikowany
Dokument odniesienia	PN-EN 14023:2011/Ap1:2014-04
Oznaczenie normowe lepiszcza asfaltowego	PMB X/Y-Z
Rodzaj lepiszcza asfaltowego produkowanego przez ORLEN Asphalt	ORBITON 25/55-80 HiMA ORBITON 45/80-80 HiMA ORBITON 65/105-80 HiMA
<p><b>Objaśnienia do oznaczeń:</b>                      X – dolna granica penetracji w 25°C [0,1 mm] wg EN 1426                      Y – górna granica penetracji w 25°C [0,1 mm] wg EN 1426                      Z – dolna granica temperatury mięknięcia (PIK) [°C] wg EN 1427                      PMB – skrót pochodzi od „polymer modified bitumen” (zazwyczaj zastępowany nazwą handlową producenta asfaltu)                      ORBITON HiMA – (Highly Modified Asphalt), nazwa handlowa asfaltu</p>	

Na rys. 5.3. przedstawiono na wykresie Pen25-PiK położenie nowych produktów w stosunku do asfaltów drogowych i modyfikowanych (typowych), stosowanych do tej pory w Polsce. Widoczne jest znaczące podniesienie zakresu temperatury mięknięcia PiK wszystkich produktów ORBITON HiMA, co wynika wprost z dużej zawartości polimeru w tych asfaltach.



Rys. 5.3. Położenie asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA w stosunku do asfaltów drogowych i modyfikowanych (typowych) na wykresie Pen25-PiK

#### 5.1.4. Krajowy dokument aplikacyjny – wymagania dla asfaltów wysokomodyfikowanych polimerami

W kwietniu 2014 roku został wydany przez Polski Komitet Normalizacyjny Załącznik Krajowy do normy PN-EN 14023, ustanawiający wymagania dla asfaltów wysokomodyfikowanych polimerami.

Podział na rodzaje, klasy oraz wymagania wobec asfaltów wysokomodyfikowanych polimerami wg Załącznika Krajowego NA, tablica NA.2 do normy PN-EN 14023:2011 przedstawiono w tablicy 5.2.

Tablica 5.2. Podział na rodzaje i wymagania wobec asfaltów wysokomodyfikowanych polimerami w Polsce wg załącznika krajowego NA, tablica NA.2 do normy PN-EN 14023:2011/Ap1:2014-04

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	ORBITON 25/55-80 HiMA		ORBITON 45/80-80 HiMA		ORBITON 65/105-80 HiMA		
			wymaganie NA.2 2014	klasa	wymaganie NA.2 2014	klasa	wymaganie NA.2 2014	klasa	
Penetracja w 25°C	EN 1426	0,1 mm	od 25 do 55	3	od 45 do 80	4	od 65 do 105	3	
Temperatura mięknięcia	EN 1427	°C	≥80	2	≥80	2	≥80	2	
Kohezja	Siła rozciągania metoda z duktylometrem (rozciąganie 50 mm/min) EN 13589 EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	TBR (w 15°C)	—	TBR (w 10°C)	—	TBR (w 10°C)	—	
Odporność na starzenie	Zmiana masy*	EN 12607-1	%	≤0,5	3	≤0,5	3	≤0,5	3
	Pozostała penetracja		%	≥60	7	≥60	7	≥60	7
	Wzrost temperatury mięknięcia		°C	≤8	2	≤8	2	≤8	2
Temperatura zapłonu	EN ISO 2592	°C	≥235	3	≥235	3	≥235	3	
Temperatura łamliwości	EN 12593	°C	≤-15	7	≤-18	8	≤-18	8	
Nawrót sprężysty	w 25°C	EN 13398	%	≥80	2	≥80	2	≥80	2
	w 10°C	EN 13398	%	TBR	1	TBR	1	TBR	1
Spadek temperatury mięknięcia po badaniu wg EN 12607-1	EN 1427	°C	TBR	1	TBR	1	TBR	1	
Nawrót sprężysty w 25°C po badaniu wg EN 12607-1	EN 13398	%	≥60	4	≥60	3	≥60	2	
Nawrót sprężysty w 10°C po badaniu wg EN 12607-1	EN 13398	%	NR	0	TBR	1	TBR	1	
Stabilność magazynowania (3 dni) Różnica temperatury mięknięcia	EN 13399 EN 1427	°C	≤5	2	≤5	2	≤5	2	

\* zmiana masy może być wartością dodatnią lub ujemną  
NR – No Requirement (brak wymagań)  
TBR – To Be Reported (do zadeklarowania)

### 5.1.5. Zastosowanie asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA

Dzięki zastosowaniu w procesie produkcji asfaltu znacznie większych ilości specjalnego elastomeru SBS, osiąga się ponadstandardowe właściwości lepszycza zarówno w wysokich jak i w niskich temperaturach. Asfalty wysokomodyfikowane ORBITON HiMA, są więc szczególnie predestynowane do zastosowań wymagających bardzo dużej trwałości, takich jak:

- nawierzchnie asfaltowe poddawane bardzo dużym naprężeniom i odkształceniom,
- warstwy o dużej odporności na niskie temperatury,
- cienkie i ultra-cienkie warstwy ścieralne,
- podbudowy asfaltowe o bardzo dużej trwałości zmęczeniowej.

Asfalty wysokomodyfikowane są również dedykowane do zastosowań w nawierzchniach długowiecznych typu *perpetual pavements*, w których ostatnia dolna warstwa asfaltowa charakteryzuje się bardzo dużą elastycznością i wytrzymałością zmęczeniową. Wykorzystanie ORBITON HiMA w tej specjalnej warstwie przeciwnzmęczeniowej pozwala osiągnąć bardzo długi cykl życia nawierzchni.

Prawidłowo zaprojektowane mieszanki mineralno-asfaltowe z użyciem asfaltów wysokomodyfikowanych gwarantują osiągnięcie znacznie lepszych właściwości w porównaniu z ich odpowiednikami o podobnej twardości (asfalty modyfikowane, drogowe i wielorodzajowe).

Pomimo stosunkowo krótkiego czasu obecności na rynku asfaltów ORBITON HiMA paleta ich zastosowań jest niezwykle szeroka w odniesieniu zarówno do rodzaju mieszanki mineralno-asfaltowej, jak i kategorii ruchu.

Poniżej przedstawiono typowe zastosowania poszczególnych rodzajów asfaltów wysokomodyfikowanych.

**ORBITON 25/55-80 HiMA** przeznaczony jest do warstw podbudowy i warstw wiążących nawierzchni długowiecznych (typu *perpetual pavements*), mieszanek o wysokim module sztywności AC WMS oraz w miejscach występowania ruchu powolnego, ze względu na dużą twardość tego lepiszcza należy stosować go do specjalnych zastosowań, pamiętając o odpowiednich warunkach na budowie.

**ORBITON 45/80-80 HiMA** przeznaczony jest do warstw ścieralnych nawierzchni poddawanych bardzo dużym obciążeniom oraz pracujących w niskiej temperaturze, a także do pozostałych warstw oraz w miejscach specjalnych np. na obiektach mostowych.

**ORBITON 65/105-80 HiMA** przeznaczony jest głównie do technologii specjalnych np. warstw SAMI oraz warstw ścieralnych z BBTM, UTLAC, DSH, PA. Można go również stosować do wytwarzania emulsji asfaltowych przeznaczonych do slurry seal.

Na podstawie obowiązujących przepisów GDDKiA zawartych w Wymaganiach Technicznych „Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe”, zestawiono w tablicach 5.3. oraz 5.4. zalecenia stosowania asfaltów wysokomodyfikowanych do budowy nawierzchni drogowych w Polsce.

Tablica 5.3. Zastosowania asfaltów wysokomodyfikowanych w zależności od warstwy w nawierzchni drogowej i kategorii obciążenia ruchem drogowym wg Wymagań Technicznych „Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe” [5]

Warstwa	Materiał	Kategoria ruchu		
		KR1 ÷ KR2	KR3 ÷ KR4	KR5 ÷ KR7
Podbudowa	Lepiszczka asfaltowe <sup>d</sup>	—	—	ORBITON 25/55-80 HiMA <sup>a, b</sup>
Wiążąca	Lepiszczka asfaltowe <sup>d</sup>	—	—	ORBITON 25/55-80 HiMA <sup>a, b</sup>
Ścieralna	Lepiszczka asfaltowe <sup>d</sup>	—	ORBITON 45/80-80 HiMA	ORBITON 45/80-80 HiMA ORBITON 65/105-80 HiMA <sup>c</sup>

a) do betonu asfaltowego o wysokim module sztywności AC WMS  
b) do betonu asfaltowego do warstwy podbudowy lub wiążącej  
c) do cienkiej warstwy na gorąco z SMA lub BBTM o grubości nie większej niż 3,5 cm i do PA  
d) mogą być stosowane także inne lepiszcza nienormowe i asfalty specjalne wg aprobat technicznych lub europejskich ocen technicznych

Tablica 5.4. Zalecenia zastosowań asfaltów wysokomodyfikowanych w zależności od warstwy w nawierzchni mostowej i kategorii obciążenia ruchem drogowym wg Wymagań Technicznych „Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe” [5]

Warstwa	Materiał	Zalecenie
Wiążąca	Lepiszczka asfaltowe	—
Ścieralna	Lepiszczka asfaltowe <sup>l</sup>	ORBITON 45/80-80 HiMA

## 5.2. WŁAŚCIWOŚCI

W następnych częściach rozdziału przedstawiono komplet właściwości asfaltów wysokomodyfikowanych polimerami oznaczonych wg PN-EN 14023 oraz dodatkowe informacje uzyskane na podstawie badań wykonanych w oparciu o amerykańską metodę *Superpave* oraz *Superpave plus*. Rozdział zawiera również klasyfikację asfaltów ORBITON HiMA według obciążenia ruchem, opracowaną na podstawie wyników badań MSCR.

W rozdziale zamieszczono także informacje dotyczące orientacyjnych temperatur technologicznych stosowania asfaltów wysokomodyfikowanych w mieszankach mineralno-asfaltowych oraz dane o zależności lepkości od temperatury.

### 5.2.1. Właściwości wg PN-EN 14023:2011

Wymagania wobec asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA oraz wyniki kontroli laboratoryjnej prowadzonej w 2015 roku przedstawiono w tablicach 5.5 – 5.7.

Tablica 5.5. Wymagania oraz właściwości asfaltu wysokomodyfikowanego **ORBITON 25/55-80 HiMA** produkowanego w 2015 roku (*wyniki badań ORLEN Laboratorium Sp. z o.o., akredytacja PCA nr AB 484*)

Właściwość		Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 rok
Penetracja w 25°C		EN 1426	0,1 mm	od 25 do 55	45
Temperatura mięknięcia		EN 1427	°C	≥80	91,2
Kohezja	Siła rozciągania metoda z duktylometrem (rozciąganie 50 mm/min)	EN 13589 EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	≥0,5 (w 15°C)	5,4
Odporność na starzenie	Zmiana masy*	EN 12607-1	%	≤0,5	-0,02
	Pozostała penetracja		%	≥60	74
	Wzrost temperatury mięknięcia		°C	≤8	1,0
Temperatura zapłonu		EN ISO 2592	°C	≥235	328
Temperatura łamliwości		EN 12593	°C	≤-15	-22
Nawrót sprężysty	w 25°C	EN 13398	%	≥80	92
	w 10°C	EN 13398	%	TBR	77
Spadek temperatury mięknięcia po badaniu wg EN 12607-1		EN 1427	°C	TBR	0,2
Nawrót sprężysty w 25°C po badaniu wg EN 12607-1		EN 13398	%	≥60	85
Nawrót sprężysty w 10°C po badaniu wg EN 12607-1		EN 13398	%	NR	72
Stabilność magazynowania (3 dni) Różnica temperatury mięknięcia		EN 13399 EN 1427	°C	≤5	1,2
* zmiana masy może być wartością dodatnią lub ujemną NR – No Requirement (brak wymagań) TBR – To Be Reported (do zadeklarowania)					



Tablica 5.6. Wymagania oraz właściwości asfaltu wysokomodyfikowanego **ORBITON 45/80-80 HiMA** produkowanego w 2015 roku (wyniki badań *ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.*, akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość		Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 rok
Penetracja w 25°C		EN 1426	0,1 mm	od 45 do 80	66
Temperatura mięknięcia		EN 1427	°C	≥80	91,8
Kohezja	Siła rozciągania metoda z duktylometrem (rozciąganie 50 mm/min)	EN 13589 EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	≥2,0 (w 10°C)	3,9
Odporność na starzenie	Zmiana masy*	EN 12607-1	%	≤0,5	-0,02
	Pozostała penetracja		%	≥60	70
	Wzrost temperatury mięknięcia		°C	≤8	1,0
Temperatura zapłonu		EN ISO 2592	°C	≥235	327
Temperatura łamliwości		EN 12593	°C	≤-18	-20
Nawrót sprężysty	w 25°C	EN 13398	%	≥80	95
	w 10°C	EN 13398	%	TBR	75
Spadek temperatury mięknięcia po badaniu wg EN 12607-1		EN 1427	°C	TBR	4,3
Nawrót sprężysty w 25°C po badaniu wg EN 12607-1		EN 13398	%	≥60	92
Nawrót sprężysty w 10°C po badaniu wg EN 12607-1		EN 13398	%	NR	80
Stabilność magazynowania (3 dni) Różnica temperatury mięknięcia		EN 13399 EN 1427	°C	≤5	1,0
* zmiana masy może być wartością dodatnią lub ujemną NR – No Requirement (brak wymagań) TBR – To Be Reported (do zadeklarowania)					

Tablica 5.7. Wymagania oraz właściwości asfaltu wysokomodyfikowanego **ORBITON 65/105-80 HiMA** produkowanego w 2015 roku (wyniki badań *ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.*, akredytacja PCA nr AB 484)

Właściwość		Metoda badania	Jednostka	Wymaganie	Wartość średnia 2015 rok
Penetracja w 25°C		EN 1426	0,1 mm	od 65 do 105	66
Temperatura mięknięcia		EN 1427	°C	≥80	91,8
Kohezja	Siła rozciągania metoda z duktylometrem (rozciąganie 50 mm/min)	EN 13589 EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	TBR (w 10°C)	6,2
Odporność na starzenie	Zmiana masy*	EN 12607-1	%	≤0,5	0,07
	Pozostała penetracja		%	≥60	69
	Wzrost temperatury mięknięcia		°C	≤8	0,0
Temperatura zapłonu		EN ISO 2592	°C	≥235	>245
Temperatura łamliwości		EN 12593	°C	≤-18	-20
Nawrót sprężysty	w 25°C	EN 13398	%	≥80	100
	w 10°C	EN 13398	%	TBR	84
Spadek temperatury mięknięcia po badaniu wg EN 12607-1		EN 1427	°C	TBR	3,8
Nawrót sprężysty w 25°C po badaniu wg EN 12607-1		EN 13398	%	≥70	99
Nawrót sprężysty w 10°C po badaniu wg EN 12607-1		EN 13398	%	NR	82
Stabilność magazynowania (3 dni) Różnica temperatury mięknięcia		EN 13399 EN 1427	°C	≤5	3,5
* zmiana masy może być wartością dodatnią lub ujemną NR – No Requirement (brak wymagań) TBR – To Be Reported (do zadeklarowania)					

## 5.2.2. Właściwości wg Superpave

Poniżej przedstawiono właściwości asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA oznaczone wg amerykańskiej metody *Superpave*, wykonane w latach 2012-2015.

### 5.2.2.1. Badania właściwości niskotemperaturowych

W systemie *Performance Grade* do badań zachowania asfaltu w niskiej temperaturze stosuje się reometr zginanej belki BBR (*Bending Beam Rheometer*).

W tabeli 5.8 przedstawiono wyniki badań właściwości niskotemperaturowych ORBITON HiMA oznaczone w reometrze zginanej belki BBR starzonych w RTFOT i PAV.

Parametry badania:

Badanie w czterech temperaturach: -10, -16, -22, -28°C.

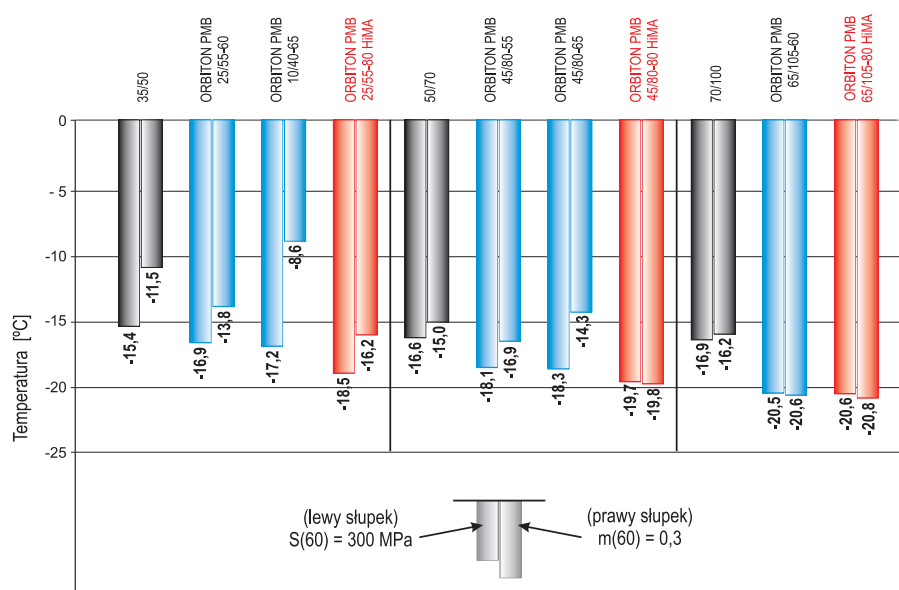
Czas termostatowania próbki: 60 min.

Odczytane wartości po 60s obciążenia: S(60s) MPa, m(60s)

Tabela 5.8. Wyniki badań właściwości niskotemperaturowych ORBITON HiMA po starzeniu (RTFOT+PAV), w reometrze zginanej belki BBR przy S(60) = 300MPa, m(60) = 0,3 i sztywność S w temperaturze -16°C

Rodzaj asfaltu	Temperatura krytyczna przy S(60) = 300 MPa T(S) <sub>60</sub> [°C]	Temperatura krytyczna przy m(60) = 0.3 T(m) <sub>60</sub> [°C]	Sztywność asfaltu w temperaturze -16°C S(T) <sub>-16</sub> [MPa]
	EN 14771, AASHTO PP 42		
	mniej = lepiej		
ORBITON 25/55-80 HiMA	-18,5	-16,2	229,5
ORBITON 45/80-80 HiMA	-19,7	-19,8	181,3
ORBITON 65/105-80 HiMA	-20,6	-20,8	171,3

Na rysunku 5.4. przedstawiono porównanie właściwości niskotemperaturowych ORBITON HiMA z klasycznymi asfaltami modyfikowanymi ORBITON i asfaltami drogowymi o podobnym zakresie penetracji.



Rys. 5.4. Porównanie właściwości niskotemperaturowych ORBITON HiMA z klasycznymi asfaltami modyfikowanymi ORBITON i asfaltami drogowymi o podobnym zakresie penetracji (temperatura krytyczna przy S(60) = 300 MPa oraz przy m(60) = 0,3)

### 5.2.2.2. Badania właściwości w temperaturach pośrednich – odporność na zmęczenie

Do badań zmęczeniowych lepiszczy asfaltowych wykorzystuje się reometr dynamicznego ścinania DSR.

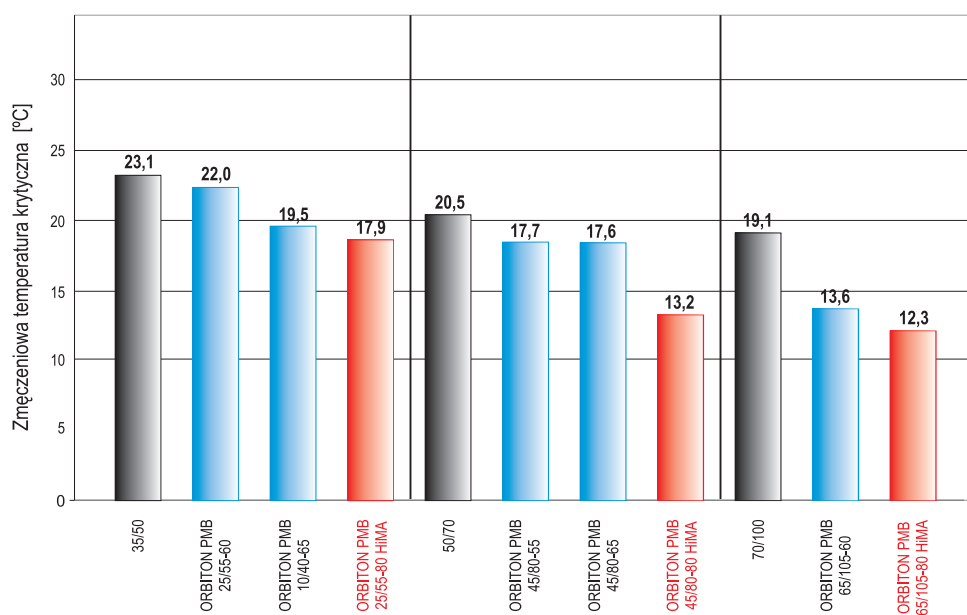
Odporność lepiszcza na powstawanie spękań zmęczeniowych wykonywane jest w pośredniej temperaturze (uzależnionej od rodzaju PG). Wymagania ograniczają sztywność  $G^* \cdot \sin \delta$  do maksimum 5000 kPa (w nowszej wersji systemu PG wymagania zostało podniesione do 6000 kPa).

W tabelicy 5.9. przedstawiono wyniki badań wykonane w reometrze dynamicznego ścinania DSR do określenia umownej temperatury krytycznej ze względu na spękania zmęczeniowe asfaltów wysokomodyfikowanych.

Tabela 5.9. Wyniki badań właściwości asfaltów ORBITON HiMA w reometrze dynamicznego ścinania DSR

Rodzaj asfaltu drogowego	Temperatura krytyczna przy $G^* \cdot \sin \delta = 5000$ kPa asfalt po RTFOT+PAV [°C]	Temperatura krytyczna przy $G^* \cdot \sin \delta = 6000$ kPa asfalt po RTFOT+PAV [°C]
	AASHTO T 315	AASHTO T 315
	mniej = lepiej	
ORBITON 25/55-80 HiMA	17,9	16,2
ORBITON 45/80-80 HiMA	13,2	11,4
ORBITON 65/105-80 HiMA	12,3	11,3

Na rys. 5.5. przedstawiono porównanie właściwości w pośrednich temperaturach asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA z klasycznymi asfaltami modyfikowanymi ORBITON oraz asfaltami drogowymi o podobnym zakresie penetracji.



Rys. 5.5 Porównanie właściwości zmęczeniowych ORBITON HiMA z klasycznymi asfaltami modyfikowanymi ORBITON oraz asfaltami drogowymi o podobnym zakresie penetracji, metoda DSR ( $G^* \cdot \sin \delta = 5000$  kPa) wg Superpave

### 5.2.2.3. Badania właściwości w wysokich temperaturach

#### 5.2.2.3.1. Klasyczna metoda z DSR ( $G^*$ i $\delta$ )

Zgodnie z klasyczną metodą *Superpave*, odporność lepiszcza na działanie wysokiej temperatury określa się w reometrze dynamicznego ścinania DSR za pomocą pomiaru dwóch parametrów:

- zespolonego modułu sztywności  $G^*$  i kąta przesunięcia fazowego  $\delta$  asfaltu przed starzeniem RTFOT,
- zespolonego modułu sztywności  $G^*$  i kąta przesunięcia fazowego  $\delta$  asfaltu po starzeniu RTFOT.

Wymagane jest, aby w przewidywanej najwyższej temperaturze pracy asfaltu w nawierzchni (tzn. w „górnym PG”) asfalt charakteryzował się określonymi parametrami zbadanymi w DSR:

- $G^*/\sin\delta \geq 1.00$  kPa dla asfaltu przed starzeniem,
- $G^*/\sin\delta \geq 2.20$  kPa dla asfaltu po starzeniu w aparacie RTFOT.

W tabeli 5.10. przedstawiono wyniki badań właściwości asfaltów ORBITON HiMA oznaczone w reometrze dynamicznego ścinania DSR.

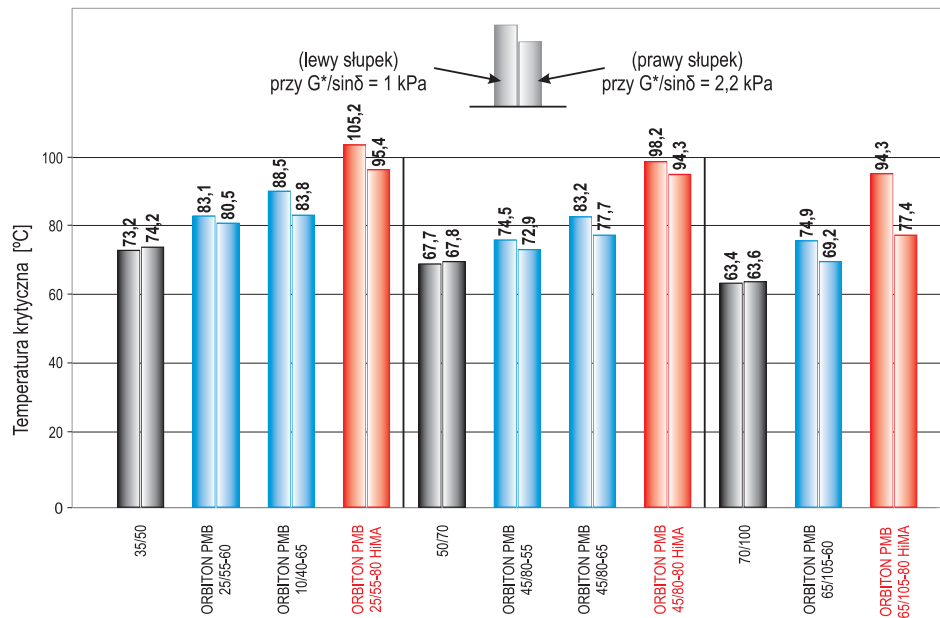
Parametry badania:

- zespolony moduł sztywności  $G^*$  i kąt przesunięcia fazowego  $\delta$  asfaltu przed starzeniem do oznaczenia krytycznej temperatury przy  $G^*/\sin\delta=1$  kPa,
- zespolony moduł sztywności  $G^*$  i kąt przesunięcia fazowego  $\delta$  asfaltu po starzeniu RTFOT do oznaczenia krytycznej temperatury przy  $G^*/\sin\delta=2.2$  kPa,

Tabela 5.10. Wyniki badań właściwości asfaltów w reometrze dynamicznego ścinania DSR

Rodzaj asfaltu drogowego	Temperatura krytyczna przy $G^*/\sin\delta=1$ kPa asfalt przed starzeniem [°C]	Temperatura krytyczna przy $G^*/\sin\delta=2.2$ kPa asfalt po RTFOT [°C]
	AASHTO T 315	AASHTO T 315
	więcej = lepiej	
ORBITON 25/55-80 HiMA	105,2	95,4
ORBITON 45/80-80 HiMA	98,2	84,3
ORBITON 65/105-80 HiMA	94,3	77,4

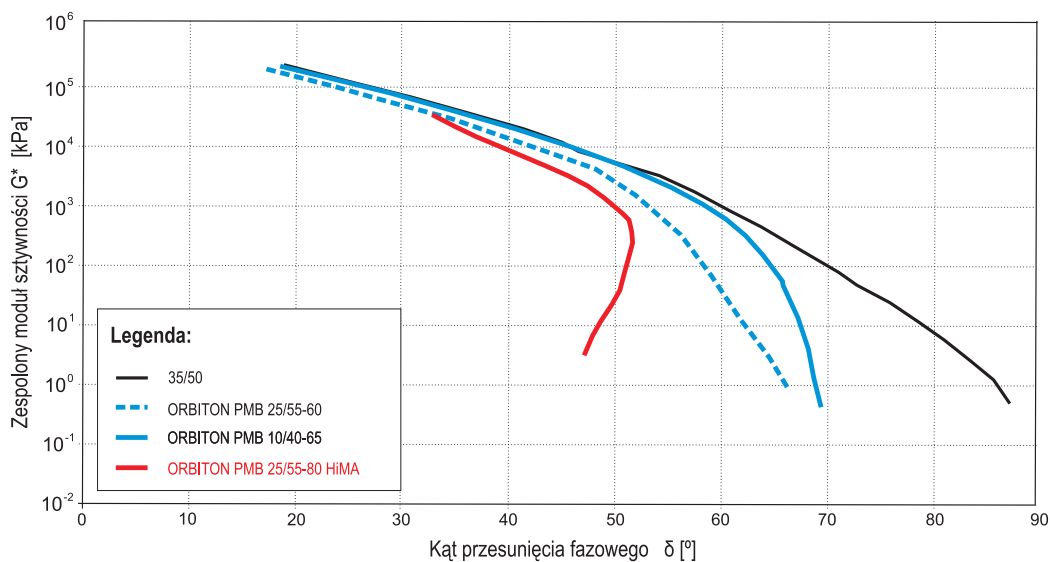
Na rys. 5.6. przedstawiono porównanie górnej temperatury krytycznej w badaniu DSR przy uwzględnieniu dwóch parametrów ( $G^*/\sin\delta$ ) dla asfaltów ORBITON HiMA w porównaniu z klasycznymi asfaltami modyfikowanymi ORBITON oraz asfaltami drogowymi o podobnym zakresie penetracji.



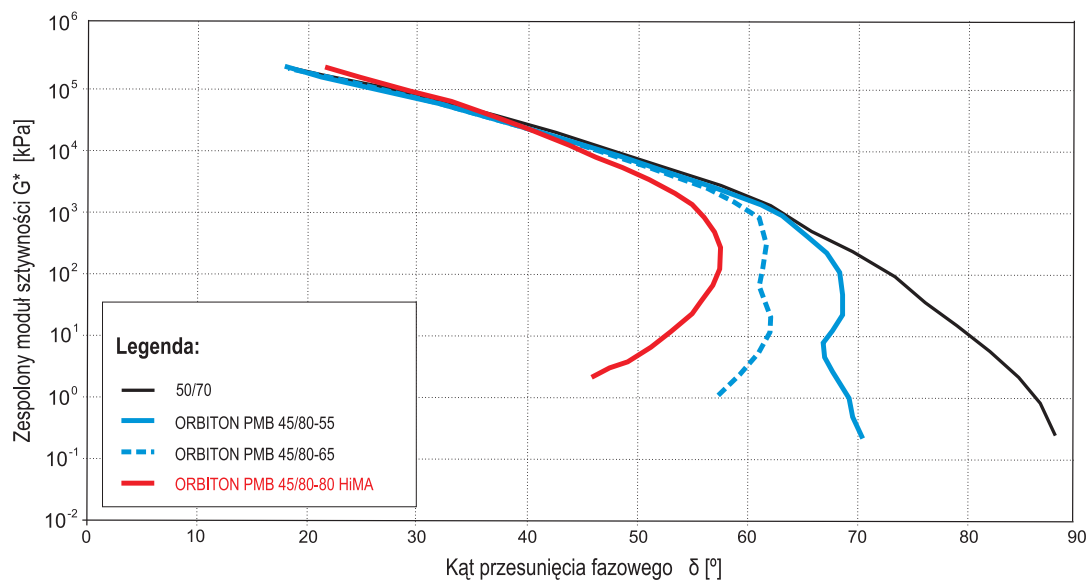
Rys. 5.6. Porównanie górnej temperatury krytycznej oznaczonej w DSR dla ORBITON HiMA z klasycznymi asfaltami modyfikowanymi ORBITON oraz asfaltami drogowymi o podobnym zakresie penetracji

Na rysunkach 5.7. ÷ 5.9. przedstawiono krzywe Blacka dla asfaltów drogowych i modyfikowanych o podobnym zakresie penetracji jak poszczególne rodzaje ORBITON HiMA.

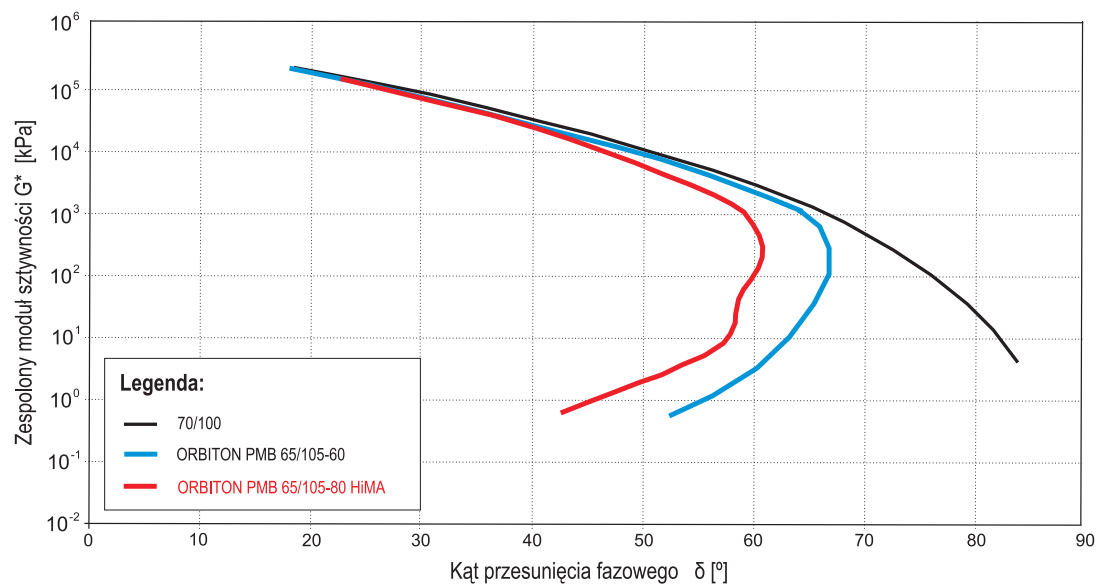
Krzywa Blacka służy do oceny zależności zespolonego modułu sztywności lepiscza  $G^*$  w funkcji kąta przesunięcia fazowego  $\delta$ . Jak widać na poniższych rysunkach, im bardziej elastyczne lepiscze tym w miarę obniżania zespolonego modułu sztywności  $G^*$  bardziej zaznacza się część sprężysta pracy lepiscza w postaci zmniejszania kąta przesunięcia fazowego. Im mniejszy kąt przesunięcia fazowego  $\delta$  – tym lepiej.



Rys. 5.7. Porównanie Krzywych Blacka dla ORBITON 25/55-80 HiMA z ORBITON 25/55-60, ORBITON 10/40-65 oraz asfaltem drogowym 35/50 (asfalty niestarte)



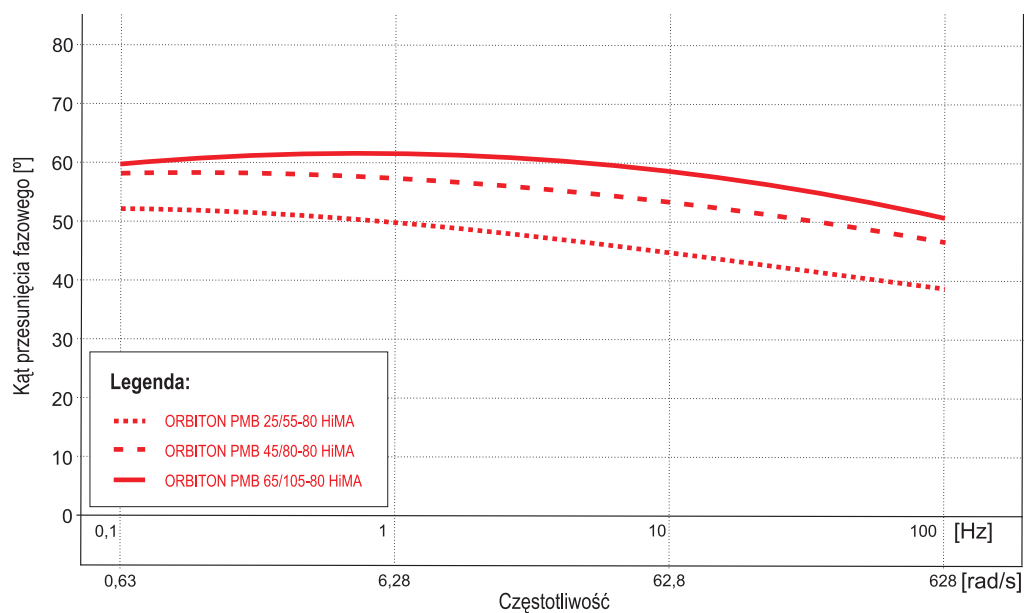
Rys. 5.8. Porównanie Krzywych Blacka dla **ORBITON 45/80-80 HiMA** z asfaltami ORBITON 45/80-55 i ORBITON 45/80-65 oraz drogowym 50/70 (asfalty niestarzone)



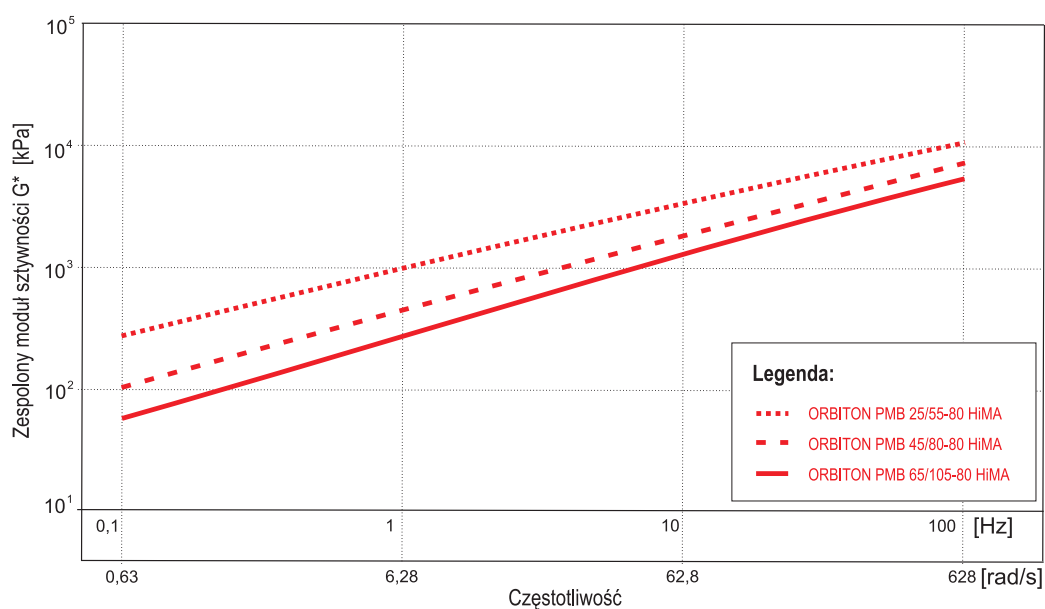
Rys. 5.9. Porównanie Krzywych Blacka dla **ORBITON 65/105-80 HiMA** z asfaltami ORBITON 65/105-60 i drogowym 70/100 (asfalty niestarzone)

Na rysunkach 5.10-5.11. przedstawiono krzywe wiodące (ang. *master curves*) zespolonego modułu sztywności  $G^*$  i kąta przesunięcia fazowego  $\delta$  w funkcji częstotliwości, wykonane dla wszystkich asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA.

Badania wykonano w zakresie częstotliwości 0,1÷10 Hz dla temperatury -10, 0, 10, 25, 40, 60, 70°C, a następnie wykorzystując metodę superpozycji temperatury i częstotliwości otrzymano krzywe wiodące dla temperatury 25°C.



Rys. 5.10. Krzywa wiodąca kąta przesunięcia fazowego  $\delta$  w funkcji częstotliwości dla asfaltów ORBITON HiMA przed starzeniem. Przemiatanie w zakresie częstotliwości od 0,1 do 10 Hz, superpozycja do 25°C



Rys. 5.11. Krzywa wiodąca zespolonego modułu sztywności  $G^*$  w funkcji częstotliwości dla asfaltów ORBITON HiMA przed starzeniem. Przemiatanie w zakresie częstotliwości od 0,1 do 10 Hz, superpozycja do 25°C

### 5.2.2.3.2. Wyniki i klasyfikacja asfaltów według metody MSCR

Badanie MSCR jest rozszerzeniem metody *Superpave*. Dokładny opis badania MSCR, znajduje się w rozdziale 8 niniejszego Poradnika.

W tabelach 5.11 – 5.13 przedstawiono wyniki badań MSCR asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA, produkowanych przez ORLEN Asfalt w 2015 roku, przeprowadzone w oparciu o metodę *Superpave Plus* oraz normę PN-EN 16659.

Tabela 5.11. Wyniki badania MSCR asfaltu ORBITON 25/55-80 HiMA w oparciu o metodę AASHTO TP 70/ ASTM D7405 oraz PN-EN 16659

Oznaczone parametry	Zakres temperaturowy zgodny z <i>Superpave</i>			Zakres temperaturowy zgodny z normą europejską		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			PN-EN 16659		
	Próbki po starzeniu metodą RTFOT wg EN 12607-1			Próbki przed starzeniem		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 kPa	0,013	0,023	0,035	0,020	0,022	0,068
$J_{nr}$ 3,2 kPa	0,015	0,027	0,041	0,013	0,026	0,094
$J_{nr}$ diff	9,1	16,7	15,9	31,0	23,0	38,2
R 0,1 kPa	92,7	92,3	92,9	87,5	94,5	91,5
R 3,2 kPa	92,2	91,6	92,4	91,6	93,5	89,1
R diff	0,5	0,8	0,6	-4,8	1	2,6
Końcowa klasyfikacja przydatności dla ruchu drogowego, wg parametru $J_{nr}$ 3,2 kPa (w temperaturze badania)	Extreme	Extreme	Extreme	nie klasyfikuje się		

Tabela 5.12. Wyniki badania MSCR asfaltu ORBITON 45/80-80 HiMA w oparciu o metodę AASHTO TP 70/ ASTM D7405 oraz PN-EN 16659

Oznaczone parametry	Zakres temperaturowy zgodny z <i>Superpave</i>			Zakres temperaturowy zgodny z normą europejską		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			PN-EN 16659		
	Próbki po starzeniu metodą RTFOT wg EN 12607-1			Próbki przed starzeniem		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 kPa	0,023	0,027	0,041	0,020	0,020	0,038
$J_{nr}$ 3,2 kPa	0,023	0,027	0,041	0,020	0,021	0,036
$J_{nr}$ diff	1,9	3,2	3,5	4,9	0,6	6,2
R 0,1 kPa	94,9	96,3	96,1	94,9	97,6	97,3
R 3,2 kPa	95,3	96,4	96,1	94,9	97,6	97,4
R diff	-0,4	-0,2	0,0	0,0	0,0	-0,1
Końcowa klasyfikacja przydatności dla ruchu drogowego, wg parametru $J_{nr}$ 3,2 kPa (w temperaturze badania)	Extreme	Extreme	Extreme	nie klasyfikuje się		

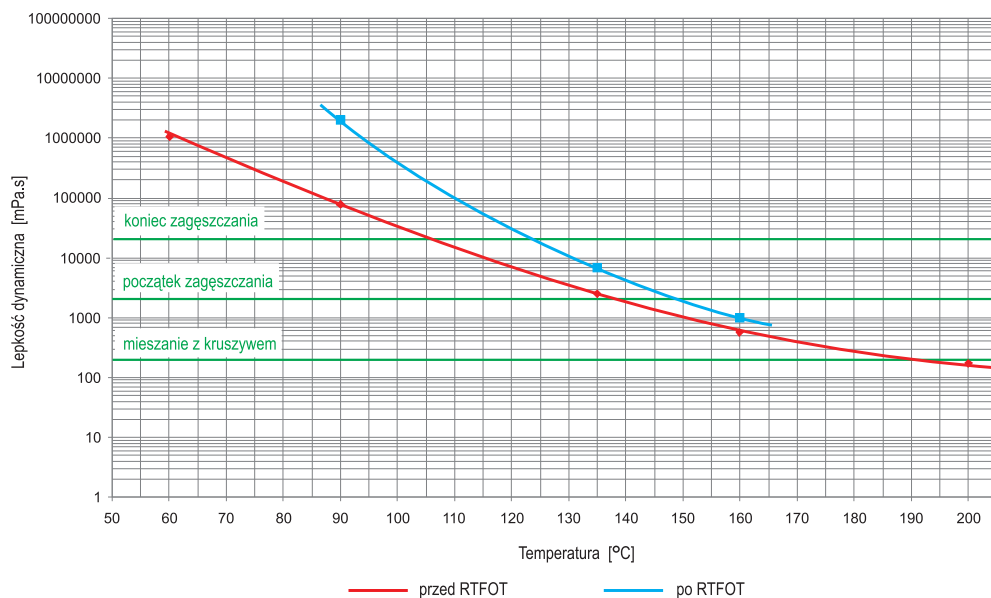


Tabela 5.13. Wyniki badania MSCR asfaltu **ORBITON 65/105-80 HiMA** w oparciu o metodę AASHTO TP 70/ ASTM D7405 oraz PN-EN 16659

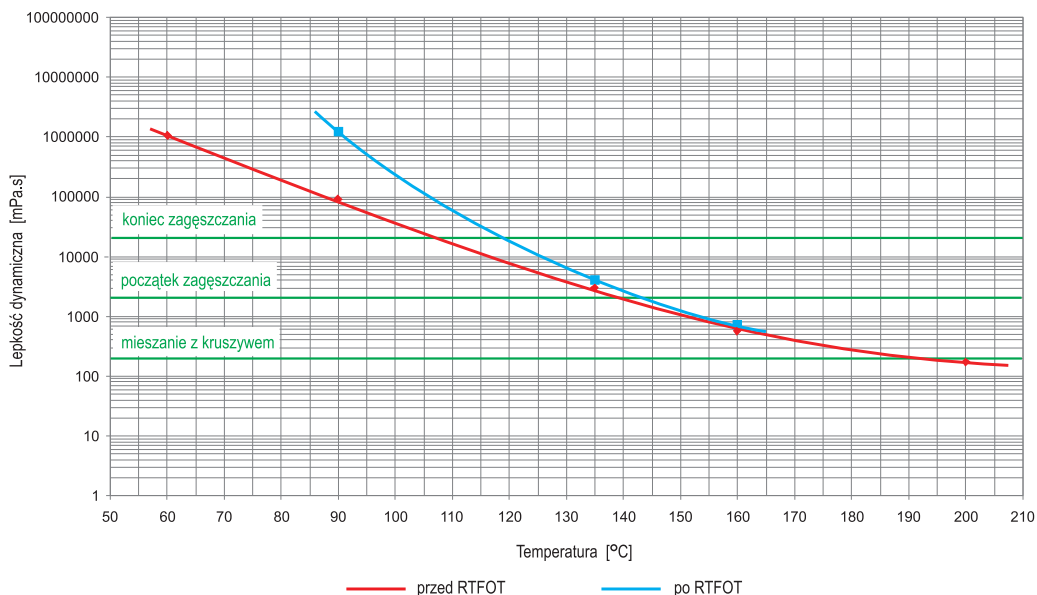
Oznaczone parametry	Zakres temperaturowy zgodny z <i>Superpave</i>			Zakres temperaturowy zgodny z normą europejską		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			PN-EN 16659		
	Próbki po starzeniu metodą RTFOT wg EN 12607-1			Próbki przed starzeniem		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 kPa	0,011	0,010	0,014	0,010	0,008	0,012
$J_{nr}$ 3,2 kPa	<b>0,008</b>	<b>0,009</b>	<b>0,012</b>	0,009	0,007	0,010
$J_{nr}$ diff	26,2	15,1	9,8	11,4	22,5	18,8
R 0,1 kPa	97,5	98,3	98,3	97,5	98,9	98,8
R 3,2 kPa	98,3	98,7	98,4	97,9	99,0	99,0
R diff	-0,8	-0,4	-0,2	-0,4	-0,2	-0,2
Końcowa klasyfikacja przydatności dla ruchu drogowego, wg parametru $J_{nr}$ 3,2 kPa (w temperaturze badania)	Extreme	Extreme	Extreme	nie klasyfikuje się		

### 5.2.3. Zależność lepkości od temperatury

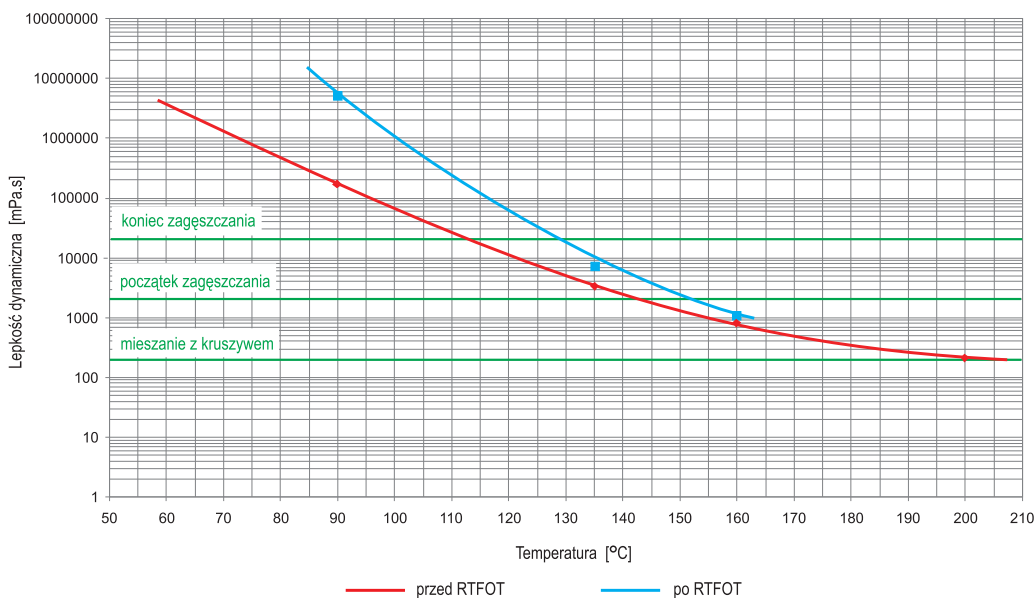
Na rys. 5.12 – 5.14 przedstawiono krzywe charakterystyczne lepkości asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA przed starzeniem i po starzeniu, które mogą być wykorzystane do ustalania charakterystyki lepkość-temperatura. Zważywszy jednak na nietypowe cechy lepiszcza wynikające z odwrócenia faz asfalt-polimer oraz specyficznych cech zastosowanego polimeru, przyjmowanie zależności lepkość-temperatura do precyzyjnego określenia temperatury technologicznej wydaje się niezbyt właściwe. Określone w ten sposób temperatury są w bardzo dużym stopniu przybliżone.



Rys. 5.12. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu wysokomodyfikowanego ORBITON 25/55-80 HiMA



Rys. 5.13. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu wysokomodyfikowanego ORBITON 45/80-80 HiMA



Rys. 5.14. Zależność lepkości od temperatury dla asfaltu wysokomodyfikowanego ORBITON 65/105-80 HiMA

### 5.2.4. Temperatury technologiczne

Zdaniem autorów niniejszego Poradnika, w przypadku asfaltów wysokomodyfikowanych typu HiMA opieranie się podczas ustalania temperatur technologicznych tylko na lepkości lepiszcza może prowadzić do ich zawyżenia, co z kolei przyczynia się do nadmiernego przegrzewania lepiszcza. Specjalny typ polimeru SBS stosowany do modyfikacji asfaltów typu HiMA, w temperaturze powyżej 100°C nie sprawia takich kłopotów jak standardowy SBS wykorzystywany do produkcji zwykłych lepiszczy modyfikowanych. W związku z tym, temperatury technologiczne należy dobrać bardzo ostrożnie.

W tabeli 5.15. przedstawiono propozycję temperatur technologicznych dla asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA w laboratorium, na otaczarni i na budowie.

Tabela 5.15. Temperatury technologiczne asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA

	ORBITON 25/55-80 HiMA	ORBITON 45/80-80 HiMA	ORBITON 65/105-80 HiMA
<b>Laboratorium:</b>			
Temperatura zagęszczania próbek w ubijaku Marshalla/w prasie żyrotorowej	155-160°C	150-155°C	145-150°C
<b>Temperatura składników na otaczarni:</b>			
Pompowanie asfaltu	powyżej 160°C	powyżej 150°C	powyżej 140°C
Magazynowanie asfaltu na otaczarni krótkotrwałe (do 3 dni)	do 200°C	do 190°C	do 190°C
Magazynowanie asfaltu na otaczarni długotrwałe (powyżej 3dni)	do 160°C	do 160°C	do 160°C
<b>Temperatura gotowej mieszanki mineralno-asfaltowej w mieszalniku otaczarki:</b>			
Beton asfaltowy	max. 195°C	max. 195°C	max. 185°C
SMA	max. 195°C	max. 195°C	max. 185°C
Asfalt porowaty	nie stosuje się	max. 195°C	max. 185°C
Asfalt lany	max. 220°C	max. 220°C	max. 200°C
<b>Temperatura na budowie:</b>			
Minimalna temperatura dostarczonej mieszanki na budowę (w koszu rozkładarki)	180°C	180°C	175°C
Temperatura końca efektywnego zagęszczania warstwy	>150°C	>145°C	>120°C

**Uwaga:** podane w tabeli 5.15 dane temperaturowe zostały określone na podstawie wstępnych wniosków z odcinków doświadczalnych. W następstwie zdobywania kolejnych doświadczeń mogą ulec zmianie. Zaleca się sprawdzenie temperatur technologicznych na odcinku próbnym.

### 5.2.5. Magazynowanie

Ze względu na szczególne właściwości asfaltów ORBITON HIMA zalecamy bezpośrednie zużycie lepiszcza po jego dostarczeniu, bez zbędnego czasu przechowywania w zbiorniku.

W przypadku konieczności przechowywania (maksymalnie do 3 dni) zaleca się ujednorodnienie produktu przez mieszanie asfaltu w obiegu zamkniętym w jednym lub kilku zbiornikach. Wskazane jest, aby co najmniej jeden ze zbiorników wyposażony był w mieszadło. Zbyt długie przechowywanie (powyżej 3 dni) w wysokiej temperaturze może prowadzić do stopniowego przyrostu lepkości asfaltu wysokomodyfikowanego, ograniczając możliwość jego bezproblemowego zastosowania.

W przypadku planowanego przechowywania asfaltu w zbiorniku powyżej 3 dni zalecamy obniżenie temperatury do max. 160°C i okresowe mieszanie (cyrkulacja).

Po upływie okresu 3 dni zaleca się przeprowadzanie podstawowych badań kontrolnych właściwości asfaltu wysokomodyfikowanego w celu upewnienia się, że produkt nie stracił swoich właściwości. Należy wykonać następujące badania:

- penetracja w 25°C wg PN-EN 1426
- temperatura mięknięcia wg PN-EN 1427
- nawrót sprężysty w 25°C wg PN-EN 13398

Jeśli otaczarka wyposażona jest w zbiorniki z mieszadłami należy okresowo mieszać asfalt w zbiorniku. Do tego celu można także użyć cyrkulacji.

### Magazynowanie długoterwałe (powyżej 3 dni) w wysokiej oraz w obniżonej temperaturze

Nie zaleca się magazynowania asfaltów wysokomodyfikowanych w okresie dłuższym niż 3 dni w wysokiej temperaturze. Przechowywanie w obniżonej temperaturze jest możliwe, ale wymaga kontroli parametrów lepiszcza.

#### Inne uwagi:

- w przypadku zmiany typu bądź rodzaju asfaltu w zbiorniku należy każdorazowo upewnić się, czy zbiornik magazynowy jest pusty,
- nie należy mieszać asfaltów wysokomodyfikowanych HiMA z innymi asfaltami, takie mieszanie powoduje znaczące pogorszenie właściwości użytkowych lepiszcza oraz wpływa na trwałość wykonanej nawierzchni,
- nie zaleca się wielokrotnego rozgrzewania i chłodzenia asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA.

### 5.2.6. Próbkki asfaltów w laboratorium

Sposób postępowania z asfaltem w laboratorium ma bardzo duży wpływ na otrzymywane wyniki badań zarówno asfaltów jak i mieszanek mineralno-asfaltowych. Należy zatem pamiętać, że wielokrotnie rozgrzewana i/lub przegrzewana próbka asfaltu w suszarce może utwardzić się w znaczącym stopniu, przez co otrzymywane wyniki będą niezgodne z prawdą.

Podczas wykorzystywania próbek z asfaltem należy więc unikać ich wielokrotnego rozgrzewania. Autorzy sugerują wykorzystywanie większej liczby małych próbek (do jednorazowego zużycia) zamiast jednego, dużego pojemnika z asfaltem. W przypadku konieczności stosowania asfaltu z jednego dużego pojemnika zaleca się rozgrzanie pojemnika z asfaltem pierwszy raz, ujednorodnienie przez wymieszanie a następnie rozlanie do kilku mniejszych pojemników, które będą wykorzystane w późniejszym terminie.

Sposób postępowania w laboratorium z próbkami asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA przedstawiono w tabeli 5.16.

Tabela 5.16. Temperatura rozgrzewania próbek w laboratorium

Wielkość próbki w pojemniku	ORBITON 25/55-80 HiMA	ORBITON 45/80-80 HiMA	ORBITON 65/105-80 HiMA
pojemnik do 1 litra pojemności, – czas rozgrzewania próbki max. 2 godziny	max. 180	max. 180	max. 175
pojemnik 1 ÷ 2 litrów pojemności, – czas rozgrzewania próbki max. 3 godziny	max. 180	max. 180	max. 175
pojemnik 2 ÷ 3 litrów pojemności, – czas rozgrzewania próbki max. 3,5 godziny	max. 185	max. 185	max. 180
pojemnik 3 ÷ 5 litrów pojemności, – czas rozgrzewania próbki max. 4 godziny	max. 185	max. 185	max. 180
pojemnik powyżej 5 litrów pojemności, – czas rozgrzewania próbki max. 12 godzin	160-200	160-220	160-180

#### Uwagi dodatkowe:

- pojemnik z próbką nie może być szczelnie zamknięty,
- w żadnym przypadku próbki nie powinny być rozgrzewane w temperaturze przekraczającej 200°C,
- po rozgrzaniu próbek w pojemnikach należy je ujednorodnić przez mieszanie, pamiętając, aby nie wprowadzić pęcherzyków powietrza do próbki, maksymalny czas mieszania (ujednorodnienia) wynosi 10 minut,
- próbki asfaltów otrzymane w wyniku wykonania ekstrakcji mieszanki mineralno-asfaltowej wg norm PN-EN 12697-1, PN-EN 12697-2, PN-EN 12697-4 powinny być poddane badaniom natychmiast po odzyskaniu, tak aby uniknąć powtórnego rozgrzewania.

#### 5.2.7. Produkcja mieszanki mineralno-asfaltowej

Podczas mieszania asfaltu z kruszywem procesy starzenia lepiszcza zdecydowanie przyspieszają, dlatego należy umiejętnie dobierać tzw. czas mieszania „na mokro”. Pamiętając o tym fakcie nie należy przegrzewać lepiszczy typu HiMA i kierować się wskazaniami z tablicy 5.15. Nie należy przekraczać zalecanej maksymalnej temperatury produkcji, nawet w celu zapewnienia wymaganej urabialności i zagęszczalności na budowie.

Podane w tablicy 5.15 temperatury nie dotyczą mieszanek mineralno-asfaltowych do których dodawany jest środek w celu obniżenia temperatury jej wytwarzania i wbudowania. W ORLEN Asphalt nie wykonywano badań w zakresie kompatybilności takich środków z ORBITON HiMA, dlatego ich stosowanie odbywa się na wyłączną odpowiedzialność producenta mieszanki mineralno-asfaltowej. Stosowanie dodatków obniżających temperaturę produkcji i wbudowania powinny więc być poprzedzone badaniami w laboratorium.

Asfalty ORBITON HiMA dodają nawierzchni naprawdę dużą odporność na koleinowanie. **Nie należy zatem projektować składu mieszanki mineralno-asfaltowej na minimalne ilości lepiszcza, ale zaleca się dodanie około 0.2-0.3 pp (punkta procentowego) lepiszcza więcej niż przy konwencjonalnych asfaltach.** Polepszy to elastyczność warstwy, jej odporność na spękania zimowe i urabialność w czasie wbudowania.

W przypadku stosowania wapna hydratyzowanego do mieszanki (w celu poprawy trwałości i adhezji asfaltu do kruszywa), należy wcześniej przeprowadzić badania urabialności mieszanki i tak dobrać zawartość wapna i lepiszcza, aby uzyskać odpowiednio zagęszczalną mieszanekę. Zawartość wapna nie powinna jednak przekraczać 1.3% masy mieszanki. Najprawdopodobniej, aby uzyskać urabialność konieczne będzie zwiększenie ilości lepiszcza w mma. Wapno należy raczej dodawać do mieszanek z bardziej miękkimi rodzajami HiMA (45/80-80 i 65/105-80).

W przypadku obszarów, na których występuje bardzo niska temperatura zalecane jest stosowanie PMB 65/105-80 HiMA.

#### 5.2.8. Transport mieszanki mineralno-asfaltowej

Przy transporcie mma, w których zastosowano asfalt wysokomodyfikowany, stosuje się te same zasady transportu mieszanek jak dla innych asfaltów modyfikowanych polimerami. Należy zwracać uwagę na przykrycie mieszanki plandeką.

#### 5.2.9. Wbudowywanie

Podczas wbudowywania mieszanek zawierających asfalt wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA należy stosować takie same zasady, które są wykorzystywane przy asfaltach modyfikowanych. Liczba i rodzaj walców, liczba przejeżdż może być zwiększona, a finalne parametry należy dobrać na odcinku próbnym. Kluczowym czynnikiem, na który należy zwracać uwagę jest odpowiednia temperatura produkcji mieszanki i wbudowania. W przypadku zbyt niskiej temperatury mieszanki mogą występować kłopoty z zagęszczaniem.

Podczas wbudowywania ORBITON 25/55-80 HiMA oraz ORBITON 45/80-80 HiMA może być konieczne zwiększenie liczby walców, szczególnie, gdy następuje szybki spadek temperatury mieszanki mineralno-asfaltowej (okres jesieni). Podczas zagęszczania mieszanka może zachowywać się elastycznie i nieco przesuwać się pod walcami, szczególnie w pierwszej fazie zagęszczania w wysokiej temperaturze.

Po zakończeniu prac nawierzchniowych, zalecamy oczyszczać sprzęt z resztek mma od razu, dopóki mieszanka jest gorąca (uwaga dotyczy głównie rozkładarek).

#### **5.2.10. Badania odbiorcze**

Do odbioru warstwy z mieszanki mineralno-asfaltowej zawierającej ORBITON HiMA stosuje się te same metody badawcze jak przy standardowych lepiszczach.

W przypadku, gdy kontrola obejmuje oznaczenie zawartości polimeru w odzyskanym lepiszczu, należy zwrócić uwagę, że przy dużej zawartości polimeru wynik charakteryzuje się mniejszą precyzją.

## Rozdział 6

# WPŁYW LEPISZCZA ASFALTOWEGO NA TRWAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWĄ MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH

### 6.1. WPROWADZENIE

Zjawisko zmęczenia nawierzchni asfaltowych jest jednym z kluczowych aspektów projektowania konstrukcji nawierzchni. Jest ono istotne nie tylko dla trwałości całej nawierzchni, liczonej w latach, ale także dla kosztów budowy i utrzymania dróg. Ma zatem wielki wpływ na strategię zarządzania siecią drogową przez zarządców dróg.

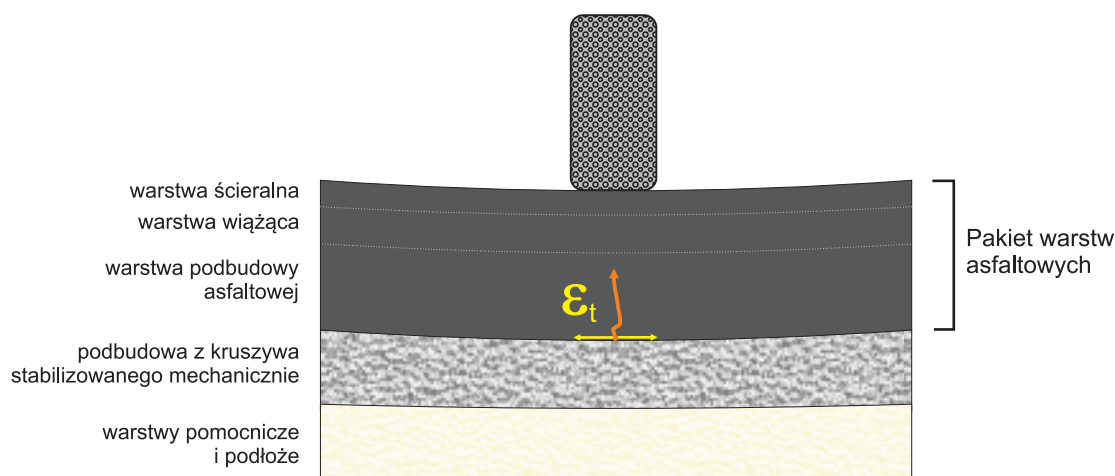
Dla większości drogowców, problemy trwałości zmęczeniowej nawierzchni asfaltowych są mało istotne, wręcz niezbrane. Niewiele osób interesuje się tym, co i w jakim stopniu wpływa na „trwałość obliczeniową” mieszanek mineralno-asfaltowych, a w konsekwencji na trwałość budowanej drogi.

W tym rozdziale chcemy przedstawić podstawową teorię dotyczącą zjawiska zmęczenia oraz wyniki badań porównawczych wpływu lepiszcza asfaltowego na wytrzymałość zmęczeniową mieszanek mineralno-asfaltowych.

Badania zmęczenia, metodą 4PB-PR wg PN-EN 12697-24, wykonano w laboratorium Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie, w 2015 roku.

### 6.2. ZJAWISKO ZMĘCZENIA W NAWIERZCHNI ASFALTOWEJ

Klasyczny układ konstrukcji nawierzchni asfaltowej składa się z pakietu warstw asfaltowych (zwykle 2-3, sporadycznie z 1): warstwy ścieralnej, wiążącej i podbudowy asfaltowej, leżących na podbudowie z kruszywa i przygotowanych warstwach podłoża. W momencie obciążenia kołem pojazdu, następuje ugięcie całej konstrukcji, a w ostatniej dolnej warstwie związanej (w tym wypadku lepiszczem asfaltowym) występuje największa wartość naprężeń i odkształceń rozciągających (rys. 6.1.). Odkształcenia rozciągające w spodzie ostatniej, dolnej warstwy asfaltowej (zwykle podbudowie asfaltowej) uznawane są za odkształcenia krytyczne  $\epsilon_t$  (oznaczane też  $\epsilon_r$ ), determinujące trwałość zmęczeniową konstrukcji.



Rys. 6.1. Układ warstw obciążonej nawierzchni podatnej i miejsce powstawania krytycznych odkształceń rozciągających

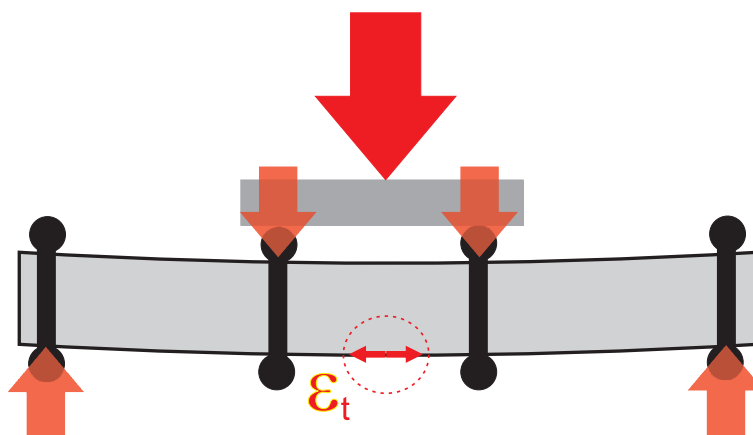
Jednostkowe obciążenie nawierzchni przez przejeżdżający pojazd ciężki, mimo wywołania odkształcenia rozciągającego, nie powoduje inicjacji pęknięcia podbudowy asfaltowej. Dopiero skumulowanie bardzo wielu cykli obciążenia powoduje narastanie tzw. szkody zmęczeniowej w mieszance mineralno-asfaltowej, w końcu inicjację pęknięcia i rozpoczęcie procesu degradacji nawierzchni.

Jest oczywiste, że im większe odkształcenia rozciągające powstają w zginanej nawierzchni, tym mniejsza liczba cykli obciążenia jest potrzebna do inicjacji pęknięcia podbudowy asfaltowej. Podczas projektowania konstrukcji nawierzchni, grubości warstw i charakterystyki materiałów dobiera się w taki sposób, aby występujące ugięcia były odpowiednio małe, co przekłada się na mniejsze krytyczne odkształcenia rozciągające i zarazem większą liczbę osi (liczbę ugięć), które może przenieść nawierzchnia w założonym okresie czasu. Stąd łatwo wytłumaczyć stosowane pojęcie kategorii ruchu obejmujące liczbę równoważnych osi standardowych 100 kN w okresie projektowym np. 20 lub 30 lat (np. dla KR7 jest to więcej niż 52 mln osi). Mając to wszystko na uwadze, należy bardzo ostrożnie podchodzić do zaniżania grubości warstw nośnych nawierzchni.

Wiedza teoretyczna dostarcza nam informacji, że trwałość zmęczeniowa mieszanki mineralno-asfaltowej nie zależy tylko od właściwości lepiszcza asfaltowego, ale także od projektu mma i wykonania warstwy na budowie. Istotna jest zawartość lepiszcza, a także parametry objętościowe w mma, takie jak zawartość wolnych przestrzeni w mma czy wypełnienie asfaltem wolnych przestrzeni w mieszance mineralnej (VFB). Samo lepiszcze, nawet najlepsze, nie zapewni pożądanej trwałości, jeśli na etapie projektowania składu mma lub w czasie wykonywania wystąpią jakieś nieprawidłowości.

### 6.3. BADANIE WYTRZYMAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ

Badania mieszank mineralno-asfaltowych wykonuje się wg PN-EN 12697-24 *Mieszanki mineralno-asfaltowe -- Metody badań mieszank mineralno-asfaltowych na gorąco – Część 24: Odporność na zmęczenie*. W normie tej podano kilka schematów obciążenia stosowanych do wyznaczania trwałości zmęczeniowej mma. W Polsce stosowany jest schemat 4PB-PR, czyli czteropunktowe zginanie belki prostokątnej (rys. 6.2.). Pozostałe warunki badania: temperatura 10°C, częstotliwość obciążenia sinusoidalnego 10 Hz, tryb kontrolowanego odkształcenia (tzn. każdy cykl obciążenia wywołuje w próbce ten sam założony poziom odkształceń rozciągających  $\epsilon_t$ ).

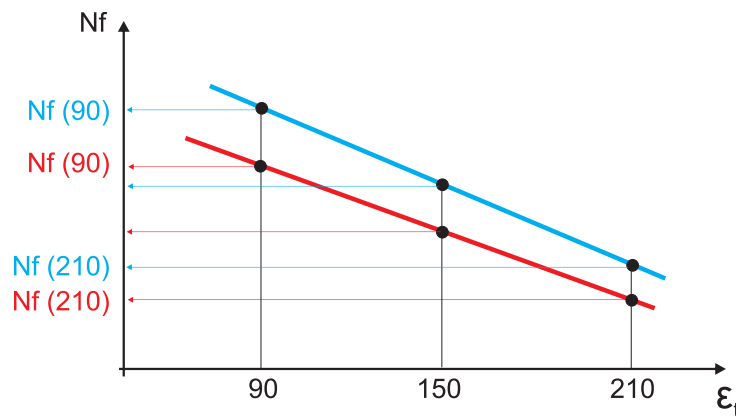


Rys. 6.2. Schemat obciążenia belki w badaniu 4PB-PR

Badanie wykonuje się dla minimum trzech wielkości odkształceń rozciągających  $\epsilon_t$ . Badanie rozpoczyna się wstępnym określeniem modułu sztywności materiału (mma) i trwa przez szereg cykli zginania belki aż do momentu, w którym aparat określi spadek modułu sztywności próbki o 50%. Oznacza to, że w materiale wystąpił szereg wewnętrznych zniszczeń, które skutkowały spadkiem sztywności o połowę. Liczba cykli do wystąpienia tego spadku przyjmowana jest jako umowna trwałość zmęczeniowa  $N_f$  dla założonego poziomu odkształcenia  $\epsilon_t$ , czyli  $N_f(\epsilon_t)$ .



Po wykonaniu badań dla trzech wielkości odkształceń  $\epsilon_t$  i uzyskaniu trzech odpowiadających im wyników  $N_f$ , na wykresie można wykreślić tzw. charakterystykę zmęczeniową badanej mieszanki mineralno-asfaltowej, która przedstawia trwałość zmęczeniową tego materiału w funkcji odkształcenia rozciągającego. Jeśli badamy dwie mieszanki mineralno-asfaltowe i umieścimy je na jednym wykresie, to możemy bezpośrednio porównać ich charakterystyki zmęczeniowe (rys. 6.3.). Mieszanka, której krzywa zmęczeniowa położona jest wyżej, wytrzyma więcej cykli do zniszczenia (jest więc lepsza).

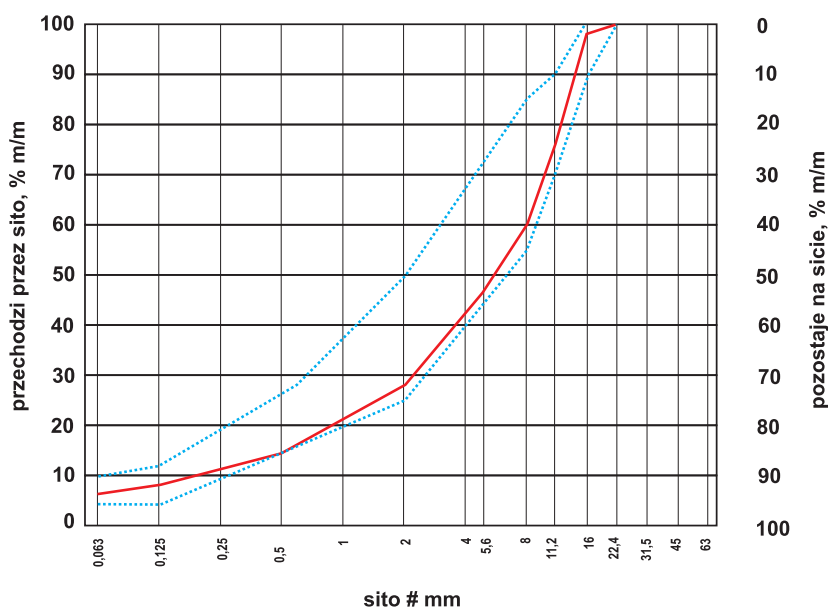


Rys. 6.3. Przykładowe charakterystyki zmęczeniowe dwóch mieszanek mineralno-asfaltowych. Mieszanka niebieska charakteryzuje się lepszymi parametrami zmęczeniowymi – przy tym samym odkształceniu liczba cykli do umownego zniszczenia jest większa niż dla mieszanki czerwonej

## 6.4. WYNIKI BADAŃ

W 2015 r. wykonano serię badań porównawczych wpływu lepiszcza asfaltowego na trwałość zmęczeniową mieszanek mineralno-asfaltowych.

Do badań wykorzystano mieszankę mineralno-asfaltową do warstwy wiążącej – AC 16 W. Wszystkie przygotowane mieszanki charakteryzowały się takim samym uziarnieniem, zgodnie z krzywą uziarnienia przedstawioną na rys. 6.4., oraz zawierały stałą ilość asfaltu – 4.6% m/m. Czynnikiem różnicującym mma był zastosowany rodzaj lepiszcza asfaltowego. Do wykonania badanych mieszanek zastosowano kruszywo bazaltowe.

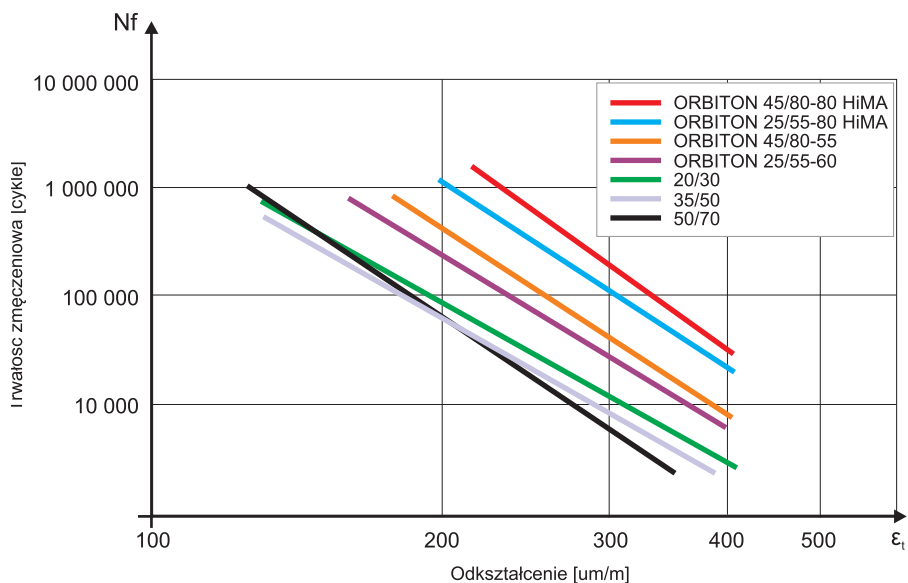


Rys. 6.4. Uziarnienie mieszanki mineralnej AC 16 W zastosowanej do badań zmęczenia i SCB (projekt IBDiM)

W badaniach porównywano następujące asfalty:

- asfalty drogowe: 20/30, 35/50, 50/70
- asfalty modyfikowane ORBITON: 25/55-60, 45/80-55
- asfalty wysokomodyfikowane ORBITON HiMA: 25/55-80, 45/80-80

W wyniku badań uzyskano charakterystyki zmęzeniowe dla 7 mieszanek mineralno-asfaltowych AC16W z 7 lepiszczami (rys. 6.5.).



Rys. 6.5. Porównanie charakterystyk zmęzeniowych 7 mieszanek AC 16 W z różnymi lepiszczami

W tabelicy 6.1. przedstawiono wyniki porównawcze dla  $\epsilon_6$  (odkształcenie równoważne dla trwałości  $N_f=10^6$  cykli zmęzeniowych) dla badanej mieszanki AC 16 W. Jest to orientacyjny ranking lepiszczy dla tej mieszanki. Należy zwrócić uwagę, że lepiszcza były porównywane w mieszance betonu asfaltowego do warstwy wiążącej (AC 16 W), a nie w mieszance o wysokim module sztywności (AC WMS o większej zawartości lepiszcza). Stąd uzyskiwane wartości  $\epsilon_6$  nie są tak wysokie jak uzyskiwane w AC WMS i nie powinny być odnoszone do wartości wymaganej dla tej mieszanki ( $\epsilon_6 \geq 130$ ).

Tablica 6.1. Wyniki porównawcze  $\epsilon_6$  dla badanej mieszanki AC 16 W z różnymi lepiszczami

Lepiszczce zastosowane w mieszance mineralno-asfaltowej AC 16 W	Odształcenie równoważne dla trwałości $N_f=10^6$ cykli zmęzeniowych $\epsilon_6$ [ $\mu\text{m/m}$ ]
ORBITON 45/80-80 HiMA	230
ORBITON 25/55-80 HiMA	203
ORBITON 45/80-55	171
ORBITON 25/55-60	153
50/70	125
20/30	122
35/50	116

Zarówno z rys. 6.5., jak i z tablicy 6.1. odczytujemy wyraźny podział lepiszczy na trzy grupy o różnych charakterystykach zmęczeniowych.

- Najlepsze wyniki uzyskuje się z asfaltami wysokomodyfikowanymi ORBITON HiMA, z których większą trwałością charakteryzuje się tzw. średnia HiMA (45/80-80). W tych lepiszczach o bardzo dobrym wyniku przesądza odwrócona faza w lepiszczu – przewaga fazy polimerowej nad asfaltową i ciągłość sieci elastomerowej, która zasadniczo wzmacnia wytrzymałość lepiszcza i mieszanki na rozciąganie.
- Drugą grupę stanowią klasyczne asfalty modyfikowane ORBITON. Również w tej grupie bardziej odporny zmęczeniowo okazał się polimeroasfalt bardziej miękki (45/80-55). Asfalty modyfikowane są lepsze od asfaltów drogowych, ale ustępują asfaltom wysokomodyfikowanym polimerami.
- Ostatnia grupa to asfalty drogowe, niemodyfikowane. Wszystkie trzy lepiszcza zastosowane w badaniach charakteryzują się zbliżonymi właściwościami trwałości zmęczeniowej.

We wszystkich grupach widoczna jest zależność uzyskiwania lepszych wyników przez lepiszcza bardziej miękkie, co bezpośrednio związane jest z metodą badania w trybie kontrolowanego odkształcenia. Ten sposób badania preferuje lepiszcza i mieszanki bardziej elastyczne i podatne, a zarazem o większej sprężystości. Stąd przewaga lepiszczy o zakresie penetracji 45-80 nad lepiszczami o penetracji 25-55 widoczna w każdej grupie asfaltów.

Podane powyżej wyniki mogą być zastosowane jako wskazówka podczas procesu wyboru lepiszcza do różnych zastosowań, w tym do warstw specjalnych, np. przeciwzmęczeniowych AF w konstrukcjach typu *perpetual pavements*.

## Rozdział 7

### WPLYW LEPISTCZA ASFALTOWEGO NA ODPORNOSC NA PEKANIE MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH

#### 7.1. WPROWADZENIE

Szacuje się, że spękania są jednym z najczęściej występujących zniszczeń nawierzchni asfaltowych, pojawiającym się nawet częściej niż osławione koleinowanie. Przyczyn pęknięć nawierzchni może być bardzo dużo i ich źródeł należałoby szukać w wielu zjawiskach i mechanizmach. Mogą to być pęknięcia skurczowe w niskiej temperaturze, pęknięcia odbite od dolnych warstw ze spoiwem hydraulicznym, pęknięcia zmęczeniowe itd. W wielu z tych przypadków kluczową rolę odgrywa skład mieszanki mineralno-asfaltowej, który w określonym zakresie może przyczyniać się lub przeciwdziałać (opóźniać) występowaniu pęknięć.

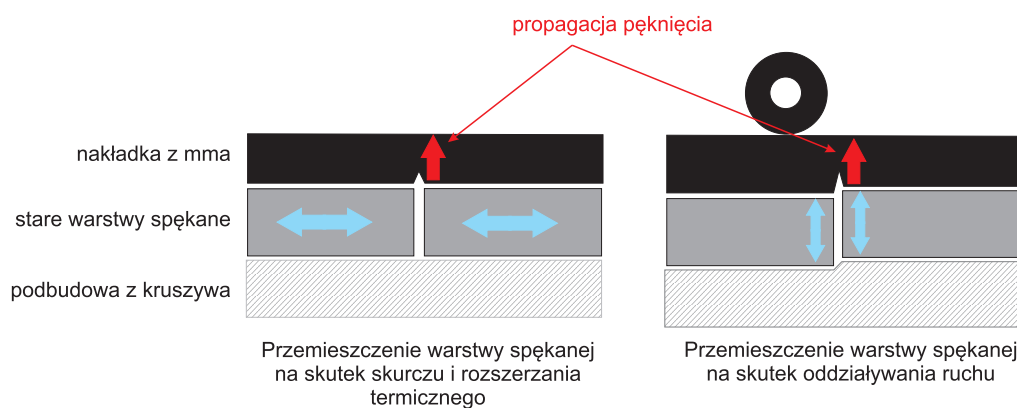
Jednym z czynników, który możemy brać pod uwagę przeciwdziałając spękaniami, jest właściwy wybór mieszanki mineralno-asfaltowej, dobry projekt składu mma i w końcu, zastosowanie odpowiedniego rodzaju lepiszcza asfaltowego.

W niniejszym rozdziale opisano wyniki badań odporności na pękanie mieszanek mineralno-asfaltowych zawierających różne lepiszcza asfaltowe. Badania wykonano metodą SCB – *Semi Circular Bending* wg PN-EN 12697-44, w laboratorium Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie, w 2015 roku.

#### 7.2. ZJAWISKO PEKANIA NAWIERZCHNI ASFALTOWEJ

Wśród wielu przyczyn pęknięć nawierzchni, pominiemy w obecnych rozważaniach problemy wywołane skurczem, temperaturą itd., a zajmiemy się tematem propagacji pęknięcia przez mieszankę mineralno-asfaltową. Najczęściej jest ono kojarzone ze spękaniami odbitymi, tzn. takimi, które przenoszone są z pękniętej warstwy dolnej przez warstwę mieszanki mineralno-asfaltowej. Takie zjawisko ma często miejsce, gdy w ramach zabiegów utrzymaniowych wykonuje się tzw. nakładkę na starej, spękanej nawierzchni.

Spękane, nieciągte stare warstwy pod nakładką asfaltową ulegają przemieszczeniom, czy to pod wpływem ruchu pojazdów, czy pod wpływem zmian temperatury (skurcz-rozszerzanie oraz paczenie) – rys. 7.1. Wywołuje to w mieszance mineralno-asfaltowej, zastosowanej do wykonania nakładki, naprężenia rozciągające i ścinające, które powodują propagację pęknięcia na powierzchnię nakładki.



Rys. 7.1. Schemat propagacji pęknięcia w nakładce z mieszanki mineralno-asfaltowej na skutek ruchów poziomych (zmiany temperatury) i pionowych (oddziaływanie ruchu)

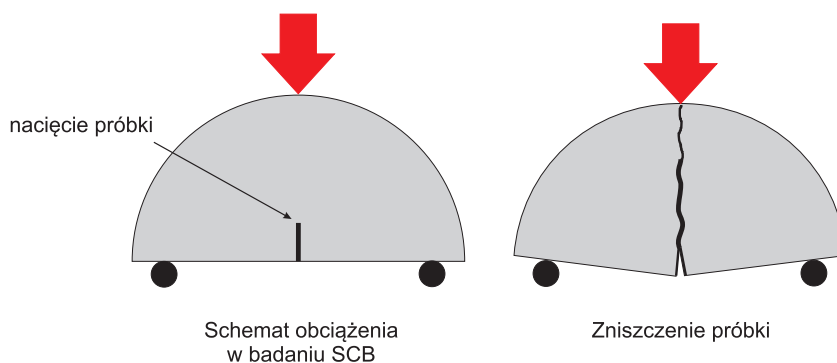
Badanie metodą SCB, z naciętą próbką półwałcową (patrz rys. 7.2.) ma na celu określenie odporności mma na propagację zainicjowanego sztucznie pęknięcia w spodzie warstwy podczas rozciągania przy zginaniu (kolokwialnie można by napisać – podczas rozrywania próbki).

### 7.3. BADANIE METODĄ SCB

Badania mieszanek mineralno-asfaltowych wykonuje się wg PN-EN 12697-44 *Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco – Część 44: Propagacja pęknięcia w badaniu zginania próbki półwałcowej*.

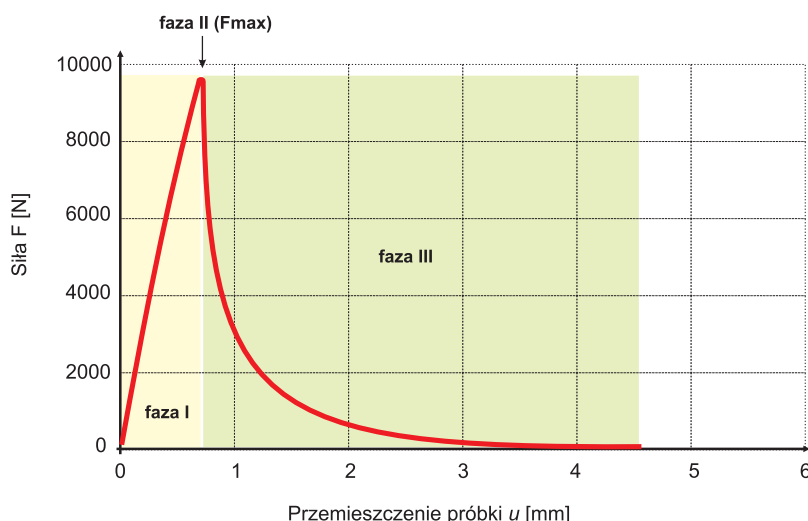
Badaniu poddaje się próbkę półwałcową o średnicy 150 mm i grubości 50 mm, z nacięciem o długości 10 mm i szerokości 0,35 mm. Siła obciążająca przykładana jest do próbki, w taki sposób aby uzyskać przemieszczenie 50 mm/min. Badanie wykonuje się w temperaturze 0°C.

Schemat badania przedstawia rys. 7.2.



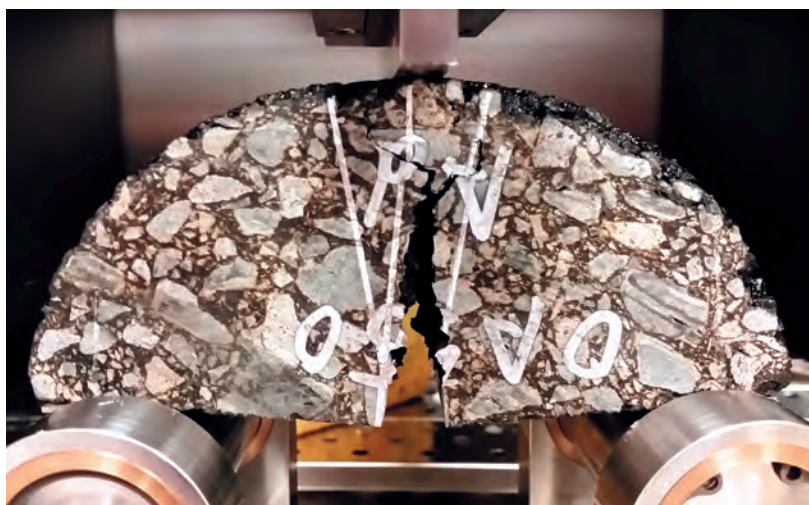
Rys. 7.2. Badanie metodą SCB

Typowy przebieg testu prezentuje rys. 7.3. W pierwszej fazie badania następuje szybki przyrost wartości siły  $F$  przy niewielkim przemieszczeniu próbki – jest to faza „oporu” materiału, w którym kohezja mieszanki przeciwstawia się naprężeniom rozciągającym w próbce. Faza druga to osiągnięcie wytrzymałości na rozciąganie próbki (maksymalna wartość siły  $F$ ) przy odpowiadającym jej przemieszczeniu i odkształceniu  $\epsilon_{\max}$ . Faza trzecia, po przekroczeniu wytrzymałości próbki na rozciąganie, pokazuje szybki postęp (propagację) zainicjowanego pęknięcia przez próbkę i jej zniszczenie.



Rys. 7.3. Przebieg badania SCB – wykres przemieszczenie-siła

Na rys. 7.4. przedstawiono przykład pęknięcia mieszanki AC 16 W.



Rys. 7.4. Pęknięcie mieszanki AC 16 W teście SCB (fot. IBDiM)

## 7.4. WYNIKI BADAŃ

W badaniach wykorzystano tę samą mieszankę mineralno-asfaltową AC 16 W (4.6% m/m lepiszcza), którą opisano w rozdziale 6.

W badaniach porównywano następujące asfalty:

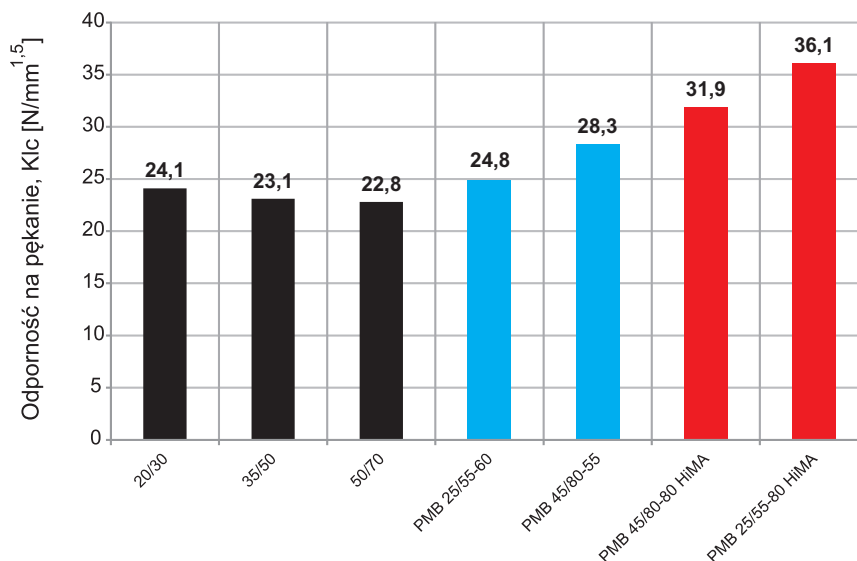
- asfalty drogowe: 20/30, 35/50, 50/70
- asfalty modyfikowane ORBITON: 25/55-60, 45/80-55
- asfalty wysokomodyfikowane ORBITON HiMA: 25/55-80, 45/80-80

Norma PN-EN 12697-44 jako wynik badania SCB podaje wskaźnik  $K_{Ic}$  [ $N/mm^{1.5}$ ] będący miernikiem odporności mieszanki na pęknięcie. W tabelicy 7.1. przedstawiono zestawione wyniki tego wskaźnika, dodatkowo podając także odkształcenie próbki  $\epsilon_{max}$  przy maksymalnej sile  $F$ . Informacja o odkształceniu jest interesująca, ponieważ wskazuje, na ile próbka z danym asfaltem jest w stanie się odkształcić przeciwdziałając propagacji pęknięcia. Świadczy to o elastyczności lepiszcza i zarazem elastyczności mastyksu w mieszance.

Tablica 7.1. Wyniki badania odporności na pęknięcie, wskaźnik  $K_{Ic}$

Lepiszczce zastosowane w mieszance mineralno-asfaltowej AC 16 W	Wytrzymałość na pęknięcie $K_{Ic}$ [ $N/mm^{1,5}$ ]	Odształcenie $\epsilon_{max}$ przy maksymalnej sile $F$ [%]
ORBITON 45/80-80 HiMA	31,9	1,9
ORBITON 25/55-80 HiMA	36,1	1,1
ORBITON 45/80-55	28,3	0,9
ORBITON 25/55-60	24,8	0,8
50/70	22,8	0,8
20/30	24,1	0,8
35/50	23,1	0,8

Podsumowując wyniki badań mieszanki AC16W z różnymi lepiszczami (rys. 7.5.), podobnie jak w przypadku badania zmęczenia, wyniki podzieliły lepiszcza na trzy grupy pod względem odporności na propagację spękań. Najlepsze okazały się asfalty wysokomodyfikowane ORBITON HiMA, następnie klasyczne asfalty modyfikowane ORBITON, w końcu asfalty drogowe.



Rys. 7.5. Wyniki zbiorcze wskaźnika  $K_{Ic}$

**Należy ponadto zwrócić uwagę na dwa aspekty wyników:**

- wytrzymałość na pękanie  $K_{Ic}$  związana jest ze sztywnością mieszanki i nie uwzględnia bezpośrednio odkształcalności (podatności) mieszanki, co wynika bezpośrednio z równania na  $K_{Ic}$  podanego w normie PN-EN 12697-44,
- odkształcalność przy maksymalnej sile wyrażona przez  $\epsilon_{max}$  wskazuje na dodatkowe, korzystne właściwości mieszanki i lepiszcza, umożliwiające mieszance kompensowanie ruchów podłoża bez pęknięcia, w tym kontekście najlepszym lepiszczem okazuje się ORBITON 45/80-80 HiMA.



## Rozdział 8

### BADANIE MSCR – BADANIE CYKLICZNEGO PEŁZANIA Z ODPRĘŻENIEM

#### 8.1. WPROWADZENIE

W 1987 r. w Stanach Zjednoczonych rozpoczęto duże przedsięwzięcie badawcze pod nazwą Strategiczny Drogowy Program Badawczy (*Strategic Highway Research Program* – SHRP). Jednym z jego celów było stworzenie nowego systemu klasyfikacyjnego lepiszczy drogowych ukierunkowanego na spełnianie przez lepiszcze określonych funkcji w nawierzchni.

Finalny system, łącznie z metodą projektowania mieszanek mineralno-asfaltowych nazwano *Superpave* (**SU**perior **PER**forming **Asphalt PAVE**ments).

W wyniku wprowadzenia systemu *Superpave*, w USA od wielu lat nie stosuje się już „klasycznych” parametrów klasyfikacji lepiszczy drogowych, takich jak penetracja czy lepkość. Podstawą podziału klasyfikacyjnego lepiszczy wg *Superpave* jest umowny przedział temperatury, w której dany asfalt powinien poprawnie „pracować”, nazwany PG – **Performance Grade** – rodzaj funkcjonalny.

Rodzaj funkcjonalny lepiszcza oznacza się jako kod **PG X-Y**, w którym X jest maksymalną temperaturą pracy nawierzchni (tzw. „górne PG”), natomiast Y jest minimalną temperaturą pracy nawierzchni (tzw. „dolne PG”). Można zatem stwierdzić, że to głównie warunki klimatyczne występujące na danym terenie, na którym budowana będzie droga wyznaczają wymagania wobec rodzaju i właściwości asfaltu (rodzaju PG), który należy tam zastosować. Dodatkowo, w klasycznym systemie PG stosuje się korekty górnego PG w zależności od obciążenia ruchem. Finalnie, z gradacją co 6°C uzyskujemy zestaw górnych i dolnych PG (tablica 8.1.). Takie oznaczenia rodzajów funkcjonalnych asfaltów ORLEN Asfalt zamieszczono w rozdziałach 2 ÷ 5.

Tablica 8.1. Szereg rodzajów funkcjonalnych PG

Wysoka temperatura („górne PG”)	Niska temperatura („dolne PG”)
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



## 8.2. BADANIA WŁAŚCIWOŚCI ASFALTU W WYSOKIEJ TEMPERATURZE

Badania lepkości asfaltowych w wysokiej temperaturze mają za zadanie odpowiedzieć na pytanie, jaka jest zdolność asfaltu do przeciwdziałania deformacjom lepko-plastycznym nawierzchni. Badania wykonuje się w oparciu o specyfikację AASHTO M 320 (*Specification for Performance-Graded Asphalt Binder*) oraz metodę ASTM D7175 (*Test Method for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer*), wykorzystując reometr dynamicznego ścinania – DSR.

W badaniu DSR określa się odporność na wysokie temperatury, przez badanie zespolonego modułu sztywności  $G^*$  i kąta przesunięcia fazowego  $\delta$ , asfaltu przed starzeniem i po starzeniu RTFOT.

Wymagane jest, aby w określonej na podstawie historycznych danych meteorologicznych najwyższej oczekiwanej temperaturze pracy asfaltu w nawierzchni (tzn. w „górnym PG”) asfalt charakteryzował się określonymi parametrami zbadanymi w DSR:

- $G^*/\sin\delta \geq 1.00$  kPa dla asfaltu przed starzeniem,
- $G^*/\sin\delta \geq 2.20$  kPa dla asfaltu po starzeniu metodą RTFOT.

Klasyfikacja oparta na parametrach  $G^*/\sin\delta$  okazała się jednak mało skuteczna w zakresie odporności nawierzchni na koleinowanie. W szeregu badań prowadzonych w USA w czasie stosowania oryginalnej klasyfikacji PG stwierdzono, że korelacja między wynikami koleinowania, a  $G^*/\sin\delta$  (w obu wariantach) jest niezadowalająca [44], szczególnie problemy ze specyfikacją opartą na  $G^*/\sin\delta$  pojawiały się dla asfaltów modyfikowanych polimerami [45]. Mniej więcej od 2010 roku, system klasyfikacji uzupełniono o badanie MSCR, a specyfikacja została opublikowana w AASHTO MP 19 (*Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder Using Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test*) oraz znowelizowana w AASHTO M 332-2014 (*Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder Using Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test*).

## 8.3. BADANIE MSCR W USA

Badanie MSCR wykonywane jest w USA zgodnie z normami: AASHTO TP 70: *Standard Method of Test for Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)* oraz ASTM D7405: *Standard Test Method for Multiple Stress Creep and Recovery (MSCR) of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer*. Zgodnie z wyżej wymienionymi normami, badanie można wykonywać na próbkach lepszczu niestarzonego, starzonego w RTFOT, PAV oraz RTFOT+PAV.

Podstawowym założeniem do klasyfikacji i oceny lepszczu na podstawie wyniku testu MSCR jest **badanie próbki asfaltu po starzeniu metodą RTFOT**. Do wyników z tak przygotowanej próbki dostosowano dodatkową klasyfikację systemu *Performance Grade* (tzw. *Superpave Plus*), w której za pomocą symboli literowych określa się, do jakiego typu ruchu dane lepszczu asfaltowe jest najbardziej odpowiednie (tablica 8.2.). Przydatność asfaltu do danej kategorii ruchu oceniana jest na podstawie parametru  $J_{nr,3,2}$  [ $\text{kPa}^{-1}$ ]. Wprowadzenie tego kryterium wyeliminowało tzw. „*grade bumping*” – podnoszenie wymaganego „górnego PG” o jeden lub dwa rzędy dla ruchu ciężkiego lub powolnego, które było stosowane w oryginalnym systemie PG wg AASHTO M 320.

Tablica 8.2. Oznaczenia lepiszczu asfaltowych i wymagania w odniesieniu do wielkości ruchu i jego charakterystyki wg obecnego systemu *Superpave*

Oznaczenie ruchu (kod literowy)	Obciążenie (liczba standardowych osi ekwiwalentnych i warunki ruchu)	Wymaganie dla lepiszczu w górnej temperaturze PG	
		Wymaganie dla $J_{nr,3,2}$	Wymaganie dodatkowe dla $J_{nr,diff}$ (ang. <i>Stress sensitivity parameter*</i> )
<b>S</b> – standardowy (ang. <i>Standard</i> )	< 10 milionów osi i ruch standardowy	≤ 4,0	≤ 75 %
<b>H</b> – ciężki (ang. <i>Heavy</i> )	10-30 milionów osi lub ruch powolny	≤ 2,0	
<b>V</b> – bardzo ciężki (ang. <i>Very Heavy</i> )	>30 milionów osi lub postój pojazdów	≤ 1,0	
<b>E</b> – ekstremalnie ciężki (ang. <i>Extreme</i> )	>30 milionów osi i postój pojazdów	≤ 0,5	

\* wskaźnik wrażliwości asfaltu na zmiany naprężenia

Test MSCR ma zastąpić dodatkowe badania asfaltów modyfikowanych określone w tzw. PG „plus”:

- nawrót sprężysty (ang. *elastic recovery*),
- rozciąganie z pomiarem siły (ang. *force ductility*),
- ciągliwość i wytrzymałość (ang. *toughness and tenacity*).

#### 8.4. BADANIE MSCR W EUROPIE

Zmiany w systemie *Superpave* dotarły również do Europy. Ze względu na możliwość praktycznego wykorzystania wyników badania MSCR, wiele ośrodków badawczych zaczęło na własną rękę stosować tę metodę pomiarową. Także w ORLEN Asfalt pierwsze badania metodą MSCR zaczęto wykonywać już w 2011 r.

Równocześnie w CEN, w Komitecie technicznym TC 336 „*Bituminous binders*” przygotowano program badań okrężnych testu MSCR. Wyniki posłużyły do opracowania projektu normy EN 16659:2015 *Bitumen and Bituminous Binders – Multiple Stress Creep and Recovery Test (MSCRT)*, która ukazała się w polskiej wersji językowej w lutym 2016 r. jako **PN-EN 16659:2016 Badanie cyklicznego pełzania z odprężeniem**.

W Normie Europejskiej PN-EN 16659 nie określono sposobu przygotowania próbki, domyślnie zatem wykonuje się badanie asfaltu nie starzonego, chociaż można oczywiście wykonać badanie na próbce starzonej (norma podaje np. metody RTFOT, PAV, RCAT). Podano zalecane wartości temperatury badania: 50; 60; 70 i 80°C. Inna temperatura może być zastosowana w celach porównawczych. **W przeciwieństwie do systemu amerykańskiego, w Europie nie zdefiniowano żadnej metody oceny lepiszczu na podstawie wyników testu MSCR.**

#### 8.5. WYKONANIE BADANIA MSCR

Istotą wykonania badania **MSCR**, czyli testu cyklicznego pełzania z odprężeniem, jest pomiar właściwości lepiszczu w najwyższej oczekiwanej temperaturze pracy nawierzchni (USA) lub dowolnie wybranej temperaturze porównawczej (Europa). **Wyniki określają wpływ lepiszczu na odporność mieszanki mineralno-asfaltowej na deformacje trwałe (koleinowanie) oraz oceniają stopień i skuteczność modyfikacji polimerami – w przypadku polimeroasfaltów.** Badanie wykonywane jest na odpowiednio skonfigurowanym reometrze dynamicznego ścinania DSR (rys. 8.1). W aparacie stosuje się układ płytek równoległych o średnicy 25 mm i szczelinie 1 mm.

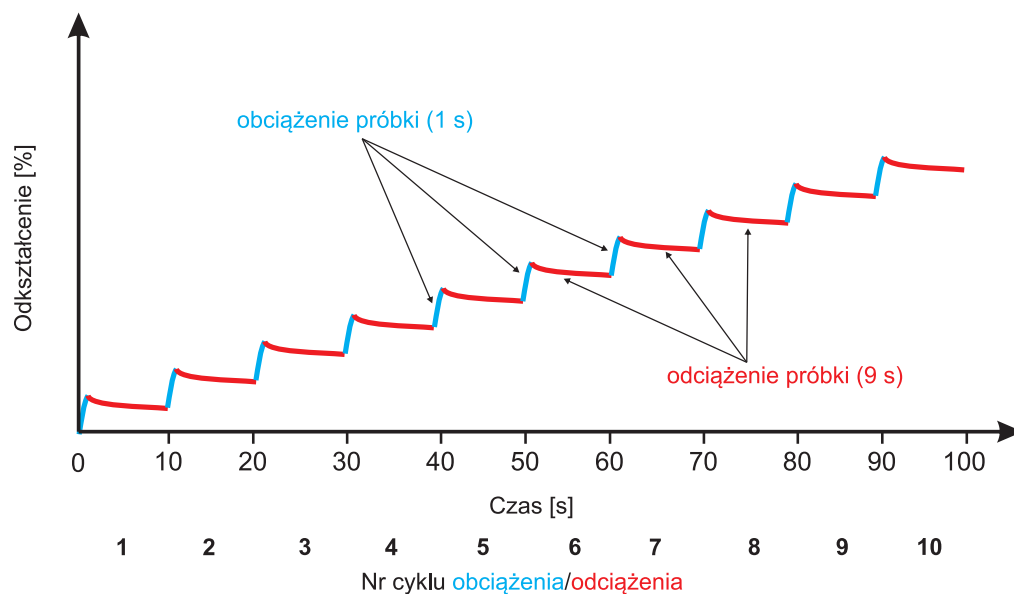


Rys. 8.1. Reometr DSR do badania MSCR (fot. ORLEN Asphalt dzięki uprzejmości ORLEN Laboratorium sp. z o.o.)

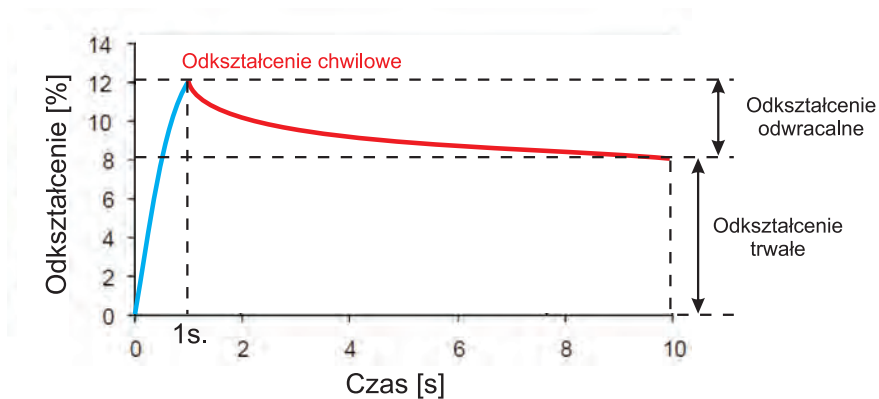
W trakcie przeprowadzania testu MSCR badane są następujące mechanizmy:

- mechanizm pełzania próbki lepiszcza – w trakcie 1-sekundowego naprężenia,
- mechanizm nawrotu próbki lepiszcza – w trakcie 9-cio sekundowego czasu odprężenia (po odjęciu naprężenia).

Badanie przeprowadza się przy dwóch wartościach przykładanego naprężenia: 0,1 kPa i 3,2 kPa. Próbkę poddaje się stałemu naprężeniu przez 1 s, a następnie odpręża się ją przez kolejne 9 s. Dziesięć cykli pełzania i odprężenia wykonuje się przy 0,1 kPa naprężenia ścinającego, a następnie kolejne dziesięć cykli przy 3,2 kPa naprężenia ścinającego (rys. 8.2.).



Rys. 8.2. Zasada wykonania testu MSCR (10 cykli pełzania i odprężenia) przy jednej wartości naprężenia ścinającego



Rys. 8.3. Jeden cykl pełzania (1 s) i odprężenia (9 s)

W rezultacie przeprowadzonego badania otrzymuje się dwie pary wyników: tzw. parametr  $J_{nr}$  (ang. *creep compliance*) w  $[kPa^{-1}]$  i procentowy nawrót  $R$  w [%], każdy przy naprężeniu 0,1 kPa oraz 3,2 kPa. A więc otrzymuje się następujące wyniki:  $J_{nr,0.1}$ ,  $J_{nr,3.2}$ ,  $R_{0.1}$  i  $R_{3.2}$ .

Parametr  $J_{nr}$  jest nieodwracalną częścią modułu podatności, równą pozostałemu odkształceniu próbki po cyklu pełzania i odprężenia podzielonym przez przyłożone naprężenie.

Z uzyskanych parametrów **kluczowy do klasyfikacji lepiszcza (wg Superpave) jest wynik  $J_{nr,3.2}$  kPa, który określa odporność lepiszcza na deformacje trwałe – im mniejsza wartość  $J_{nr,3.2}$  kPa, tym większa odporność na koleinowanie**. Wynik nawrotu  $R_{3.2}$  świadczy z kolei o skuteczności modyfikacji lepiszcza (o ile jest modyfikowane).

Z uzyskanych wyników  $J_{nr,0.1}$  kPa,  $J_{nr,3.2}$  kPa,  $R_{0.1}$  i  $R_{3.2}$  oblicza się dwa dodatkowe wskaźniki:

- $J_{nr,diff}$  – wskaźnik procentowej zmiany  $J_{nr}$  po zmianie (podwyższeniu) naprężenia z 0.1 na 3.2 kPa – który jest miarą wrażliwości lepiszcza na zwiększanie obciążenia, wymagane jest aby ten wzrost nie był większy niż 75%. Parametr  $J_{nr,diff}$  obliczany jest wg równania:

$$J_{nr,diff} = \frac{(J_{nr,3.2kPa} - J_{nr,0.1kPa})}{J_{nr,0.1kPa}} \cdot 100\%$$

- $R_{diff}$  – wskaźnik procentowej zmiany nawrotu sprężystego po zmianie (podwyższeniu) naprężenia z 0.1 na 3.2 kPa – który jest miarą zmian sprężystości lepiszcza w warunkach zwiększania obciążenia. Parametr ten obliczany jest wg równania:

$$R_{diff} = \frac{(R_{0.1kPa} - R_{3.2kPa})}{R_{0.1kPa}} \cdot 100\%$$

W badaniach amerykańskich określono doświadczalnie linię oddzielającą asfalty modyfikowane od niemodyfikowanych, lub inaczej – skutecznie zmodyfikowane od niemodyfikowanych [46]. Linia ta została przedstawiona na rysunkach 8.4.÷8.6.

## 8.6. WYNIKI BADAŃ

Planując badania lepiszczy metodą MSCR w 2015 r. Dział Badań i Rozwoju kierował się doświadczeniami z badań wykonanych zgodnie z wymaganiami *Superpave* w latach 2010-2014. W 2015 r. wykonano także badania wg założeń Normy Europejskiej PN-EN 16659.

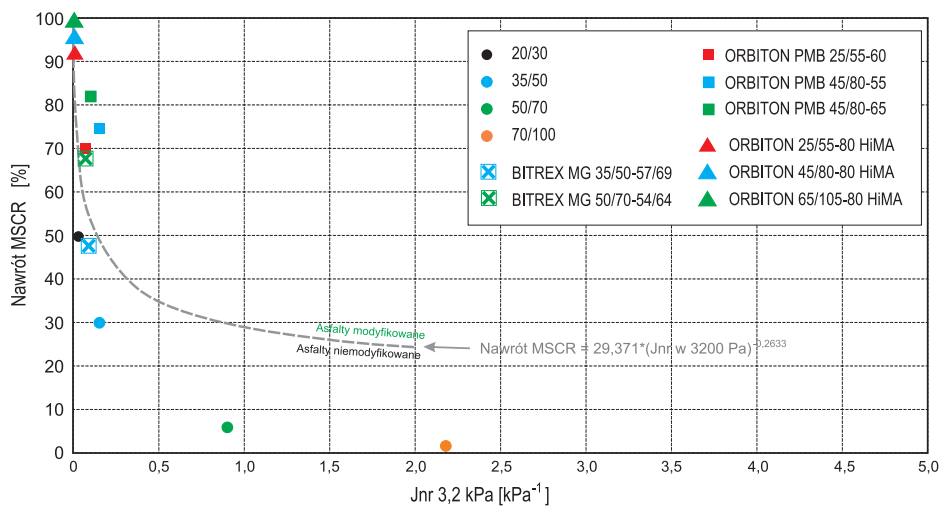
Interesujący zakres temperaturowy badań określono na 50-70°C, tzn.:

- badania wg *Superpave*: 58°C, 64°C, 70°C (asfalty po starzeniu RTFOT),
- badania wg PN-EN: 50°C, 60°C, 70°C (asfalty niestarzone).

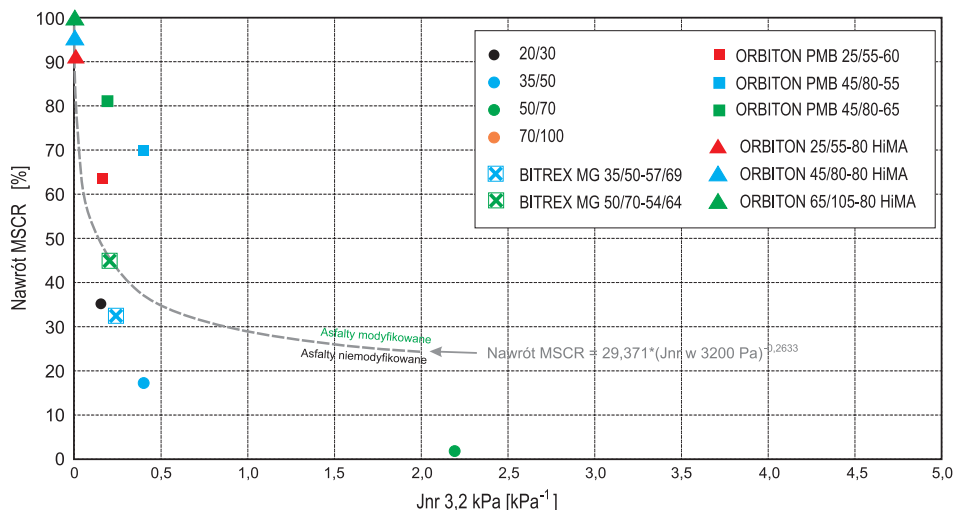
Publikowane wyniki należy analizować z zastrzeżeniem, że są to wyniki losowo wybranych próbek z bieżącej produkcji i nie stanowią typowych wartości osiąganych w ciągu całego (i każdego) sezonu produkcji. W sposób oczywisty, nie są to wartości gwarantowane przez ORLEN Asphalt sp. z o.o.

### 8.6.1. Badania w temperaturze zgodnej z Superpave

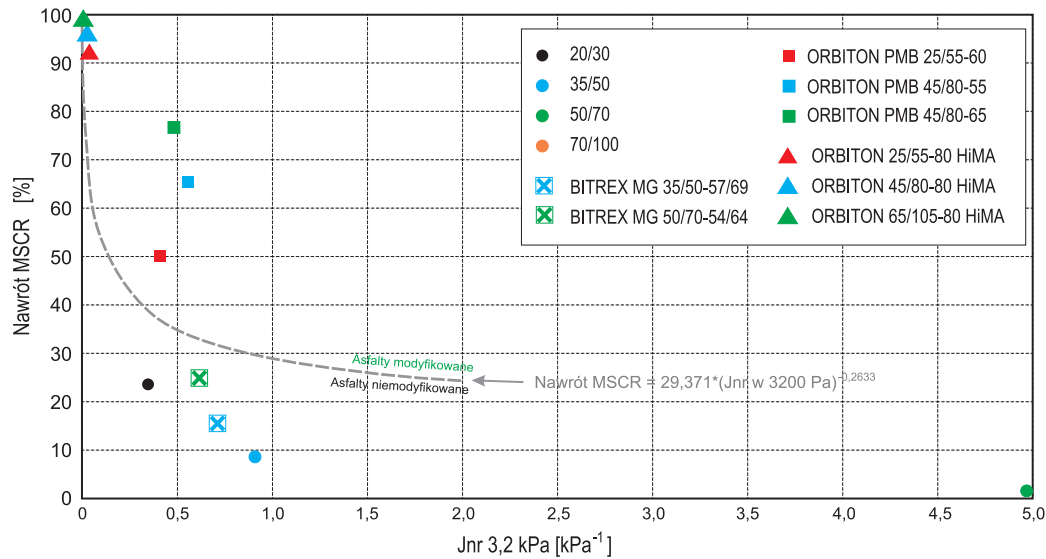
Na rys. 8.4. ÷ 8.6. przedstawiono wyniki badań różnych asfaltów ORLEN Asphalt zbadanych metodą MSCR w temperaturze 58°C, 64°C i 70°C. Wszystkie próbki asfaltów zostały wcześniej podane starzeniu metodą RTFOT. Na rysunkach zaznaczono linię rozdzielającą obszary asfaltów modyfikowanych (tzn. lepszych spełniających wymagania dla asfaltów modyfikowanych w zakresie nawrotu  $R_{3,2}$  skorelowanego z przedziałami wartości  $J_{nr,3.2}$  kPa).



Rys. 8.4. Prezentacja wyników asfaltów na wykresie MSCR: nawrót  $R$  w funkcji  $J_{nr}$  przy obciążeniu 3,2 kPa w temperaturze 58°C (im mniejsza wartość  $J_{nr}$  tym większa odporność na koleinowanie, im większy nawrót, tym bardziej sprężyste lepiszczsze)



Rys. 8.5. Prezentacja wyników asfaltów na wykresie MSCR: nawrót  $R$  w funkcji  $J_{nr}$  przy obciążeniu 3,2 kPa w temperaturze 64°C (im mniejsza wartość  $J_{nr}$  tym większa odporność na koleinowanie, im większy nawrót, tym bardziej sprężyste lepiszczsze)



Rys. 8.6. Prezentacja wyników asfaltów na wykresie MSCR: nawrót  $R$  w funkcji  $J_{nr}$  przy obciążeniu 3,2 kPa w temperaturze 70°C (im mniejsza wartość  $J_{nr}$  tym większa odporność na koleinowanie, im większy nawrót, tym bardziej sprężyste lepiszczce)

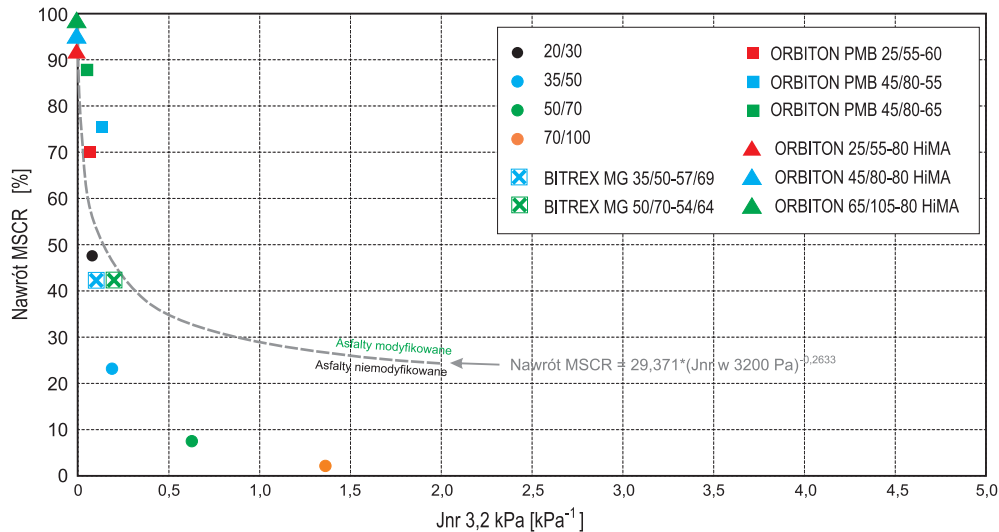
Tablica 8.3. Klasyfikacja lepiszczki po badaniu MSCR według obciążenia ruchem (badania asfaltów z roku 2015), na podstawie przedziałów z tablicy 8.2

	Klasyfikacja ruchu w temperaturze		
	58°C	64°C	70°C
Drogowy 20/30	E	E	E
Drogowy 35/50	E	E	V
Drogowy 50/70	V	S	*
Drogowy 70/100	S	*	*
Wielorodzajowy BITREX 35/50-57/69	E	E	V
Wielorodzajowy BITREX 50/70-54/64	E	E	V
Modyfikowany ORBITON 25/55-60	E	E	E
Modyfikowany ORBITON 45/80-55	E	E	V
Modyfikowany ORBITON 45/80-65	E	E	E
Modyfikowany ORBITON 25/55-80 HiMA	E	E	E
Modyfikowany ORBITON 45/80-80 HiMA	E	E	E
Modyfikowany ORBITON 65/105-80 HiMA	E	E	E
* poza klasyfikacją ( $J_{nr,3.2} > 4.0$ ) S – ruch standardowy H – ruch ciężki V – ruch bardzo ciężki E – ruch ekstremalnie ciężki			

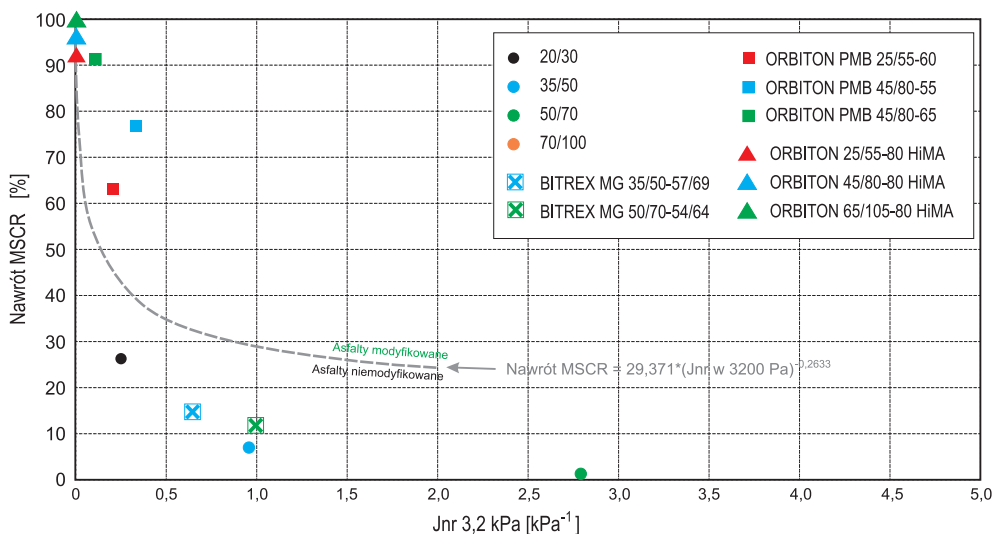
### 8.6.2. Badania w temperaturze zgodnej z PN-EN 16659

Na rys. 8.7. ÷ 8.9. przedstawiono wyniki badań różnych asfaltów ORLEN Asphalt zbadanych metodą MSCR w temperaturze 50°C, 60°C i 70°C. Próbki asfaltów nie zostały wcześniej podane starzeniu.

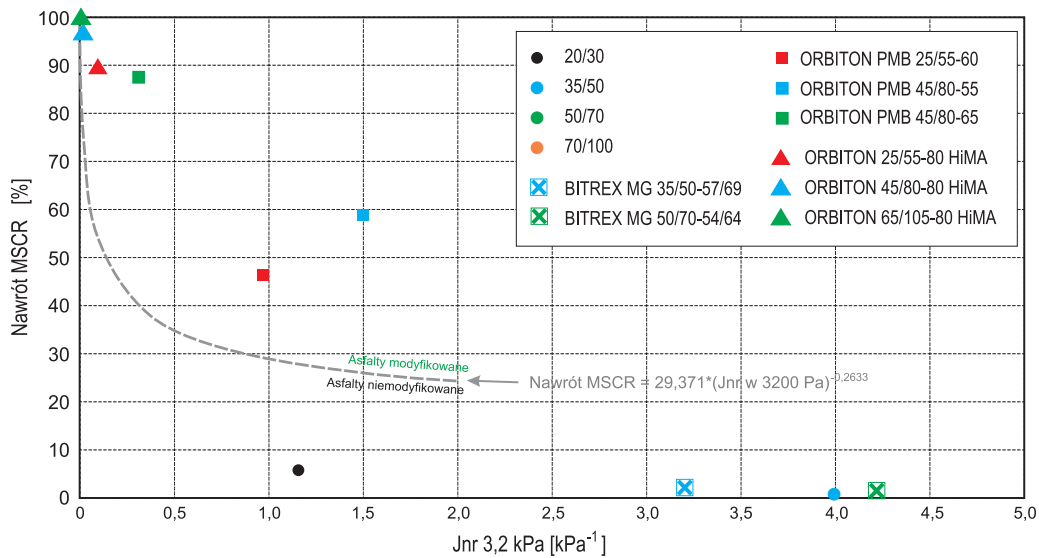
Ponieważ w Europie nie stosuje się klasyfikacji wg *Superpave*, a badania wykonano dla lepizczy niestarzonych, nie było możliwe odniesienie wyników do wymagań klasyfikacyjnych ruchu drogowego stosowanych w USA (jak w tabelcy 8.3.).



Rys. 8.7. Prezentacja wyników asfaltów na wykresie MSCR: nawrót  $R$  w funkcji  $J_{nr}$  przy obciążeniu 3,2 kPa w temperaturze 50°C (im mniejsza wartość  $J_{nr}$  tym większa odporność na koleinowanie, im większy nawrót, tym bardziej sprężyste lepizcze)



Rys. 8.8. Prezentacja wyników asfaltów na wykresie MSCR: nawrót  $R$  w funkcji  $J_{nr}$  przy obciążeniu 3,2 kPa w temperaturze 60°C (im mniejsza wartość  $J_{nr}$  tym większa odporność na koleinowanie, im większy nawrót, tym bardziej sprężyste lepizcze)



Rys. 8.9. Prezentacja wyników asfaltów na wykresie MSCR: nawrót  $R$  w funkcji  $J_{nr}$  przy obciążeniu 3,2 kPa w temperaturze 70°C (im mniejsza wartość  $J_{nr}$ , tym większa odporność na koleinowanie, im większy nawrót, tym bardziej sprężyste lepiszcze)

## 8.7. PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań metodą MSCR umożliwiają klasyfikację asfaltów zbadanych w wysokiej temperaturze pomiaru. Są to asfalty po starzeniu metodą RTFOT (wg *Superpave*) lub asfalty nie starzone (wg PN-EN). Zakres temperatury, w której badano lepiszcza i korelacja wyników z umowną odpornością na koleinowanie wg parametru  $J_{nr, 3,2}$  dają inżynierom bardzo dobre narzędzie do oceny zachowania wybranych asfaltów w warunkach bardzo rozgrzanej nawierzchni. A biorąc pod uwagę coraz bardziej gorące lata w Polsce, może to mieć wymiar nie tylko naukowy, ale także niezwykle praktyczny. Szczególnie w kontekście udzielanych wieloletnich gwarancji na równość poprzeczną (koleiny) budowanych dróg.

Wyniki badania MSCR w coraz wyższej temperaturze wskazują na dość dużą wrażliwość lepiszczy na bardzo wysoką temperaturę. Oznacza to, że przypadki ekstremalnie gorącego powietrza, jakie pojawiają się w Polsce w ostatnich latach, mogą w znaczący sposób przyczyniać się do powstawania kolein. Nie wszystkie stosowane powszechnie lepiszcza asfaltowe, szczególnie te do warstw ścieralnych, są w stanie wytrzymać wzrost temperatury nawierzchni z 50 na 70°C. Powinno to być przyczynkiem do dyskusji nad wytycznymi wyboru typu i rodzaju lepiszcza na duże kontrakty, gdzie występują największe obciążenia ruchem.



## Rozdział 9

### TWARDNIENIE FIZYCZNE LEPI SZCZY ASFALTOWYCH

Asfalt jest materiałem termoplastycznym, a więc jego właściwości zależą od temperatury. Zmiana poszczególnych właściwości asfaltu przekłada się na zachowanie lepisczka w nawierzchni, w tym również na powstawanie określonych rodzajów zniszczeń.

W tym rozdziale przedstawiamy wyniki badań właściwości niskotemperaturowych asfaltów, przeprowadzone w 2015 roku przez Dział Badań i Rozwoju ORLEN Asphalt, wykonane w oparciu o metodę LS-308 – „*Method of test for determination of performance grade of physically aged asphalt cement using extended beam rheometer (BBR) method*” opracowaną przez Ministerstwo Transportu w Kanadzie.

Badaniami objęto wybrane rodzaje asfaltów drogowych, modyfikowanych oraz wysokomodyfikowanych polimerami.

#### 9.1. WPROWADZENIE

Nawierzchnie asfaltowe, a szczególnie mieszanki mineralno-asfaltowe stosowane w warstwach ścieralnych podlegają wielu szkodliwym czynnikom w okresie zimowym.

Są to między innymi:

- efekty działania niskiej temperatury na asfalt: skurcz termiczny, twardnienie fizyczne lepisczki asfaltowych, przesztywnienie warstw,
- działanie zamarzającej wody,
- działanie środków odładzających.

Kumulacja wymienionych czynników działa na nawierzchnię w sposób destrukcyjny. Czynniki te nie działają jednak identycznie w całym zakresie niskiej temperatury. Część z nich zależy od gradientu spadku temperatury, niektóre działają tuż po przekroczeniu 0°C, a jeszcze inne wymagają bardzo niskiej temperatury utrzymującej się przez dłuższy okres czasu.

Jednym ze sposobów sprawdzania właściwości niskotemperaturowych lepisczki asfaltowych jest kanadyjska metoda LS-308, która określa, w jakim stopniu lepisczka asfaltowe ulegają usztywnieniu na skutek długotrwałego wymrażania w niskiej temperaturze.

#### 9.2. OPIS ZJAWISKA TWARDNIENIA FIZYCZNEGO ASFALTÓW

**Twardnienie fizyczne lepisczki asfaltowych** następuje podczas długotrwałego przetrzymywania ich w niskiej temperaturze. Polega na zwiększeniu sztywności materiału, podczas którego wewnątrz lepisczka powstają naprężenia, które mogą prowadzić do powstawania spękań niskotemperaturowych. O skali zjawiska decyduje w głównej mierze czas termostatowania próbki asfaltu w określonej, niskiej temperaturze. Jest to proces całkowicie odwracalny, więc po podwyższeniu temperatury sztywność badanego materiału powraca do stanu pierwotnego. Twardnienie fizyczne powoduje zmiany tylko we właściwościach reologicznych lepisczka asfaltowego, nie zmieniając jego składu i struktury chemicznej [8].

Zjawisko twardnienia fizycznego występuje we wszystkich rodzajach asfaltów, jednak nie jest ono we wszystkich jednakowe. O podatności danego asfaltu na wpływ niskiej temperatury decyduje wiele czynników, m.in.: skład chemiczny asfaltu, źródło ropy naftowej, technologia produkcji, sposób modyfikacji asfaltu, stosowanie dodatków [24], [27]. Czynniki te sprawiają, że w nominalnie takim samym rodzaju asfaltu zjawisko twardnienia fizycznego może zachodzić w różnym stopniu, np. asfalt 35/50 producenta A będzie miał większą tendencję do twardnienia fizycznego niż asfalt 35/50 producenta B [25], [26].

Jest to istotne, ponieważ twardnienie fizyczne asfaltów, a co za tym idzie zmiany we właściwościach mieszanek mineralno-asfaltowych mają bardzo znaczący wpływ na zachowanie się nawierzchni drogowej w okresie występowania niskiej temperatury i mogą być przyczyną powstawania większej ilości spękań niskotemperaturowych.

W praktyce, zjawisko twardnienia fizycznego asfaltów i zmiany w mieszankach mineralno-asfaltowych zachodzą podczas długotrwałych mrozów i nie mają związku z gradientem spadku temperatury, ale z czasem, w którym nawierzchnia pozostaje zamrożona.

### 9.3. METODA BADANIA TWARDNIENIA FIZYCZNEGO

Badanie wielkości twardnienia fizycznego asfaltów wykonuje się w oparciu o kanadyjską metodę LS-308, wykorzystując w tym celu reometr zginanej belki BBR (*Bending Beam Rheometer*).



Rys. 9.1. Reometr zginanej belki BBR (fot. ORLEN Asfalt sp. z o.o. dzięki uprzejmości VÚAnCh)

Istotą badania jest kondycjonowanie (wymrażanie) próbki asfaltu w określonej temperaturze, którą wyznacza się w oparciu o *Performance Grade* (PG) – czyli rodzaj funkcjonalny danego lepiszcza. Po każdym okresie kondycjonowania, badana jest sztywność próbki asfaltu w reometrze zginanej belki BBR i na podstawie otrzymanych wyników, wyliczana jest wielkość twardnienia fizycznego występującego w danym lepiszczu asfaltowym.

Poniżej przedstawiono opis metody LS-308:

**Starzenie lepiszczy asfaltowych** – badanie LS-308 rozpoczyna się od starzenia próbek lepiszcza asfaltowego, najpierw metodą RTFOT symulującą starzenie krótkoterminowe (technologiczne), czyli zachowanie lepiszcza podczas mieszania z kruszywem na otaczarni, a następnie metodą PAV symulującą starzenie długoterminowe, czyli zachowanie lepiszcza w nawierzchni drogowej w czasie eksploatacji.

### Wyznaczenie dolnej temperatury krytycznej „LCT” lepiszczy asfaltowych, według metody *Superpave*

– po zestarzeniu lepiszczy asfaltowych, należy wyznaczyć ich Dolną Temperaturę Krytyczną – LCT (*Low Critical Temperature*), zgodnie z amerykańskim systemem *Superpave*. Najniższą temperaturę krytyczną asfaltu wyznacza się za pomocą reometru zginanej belki BBR. Oznaczone w ten sposób „dolne PG” (LCT), determinuje dalsze temperatury przeprowadzania badania.

**Wyznaczenie temperatury wymrażania próbek** – gdy zostanie określona dolna temperatura krytyczna asfaltu (LCT), kolejnym krokiem jest wyznaczenie temperatury wymrażania próbek. Temperatury kondycjonowania (wymrażania) wylicza się następująco:

- a) pierwsza temperatura kondycjonowania:  $20^{\circ}\text{C} + \text{YY}$  (dolne PG)
- b) druga temperatura kondycjonowania:  $10^{\circ}\text{C} + \text{YY}$  (dolne PG)

Następnie, próbki lepiszczy asfaltowych kondycjonuje się w wyznaczonych, dwóch różnych wartościach temperatury przez odpowiednią długość czasu: 1 h, 24 h, 72 h.

**Badanie w reometrze zginanej belki BBR** – po każdym okresie kondycjonowania (1 h, 24h, 72 h), należy zbadać sztywność próbki asfaltu w reometrze zginanej belki BBR i na podstawie otrzymanych wyników określić nową wartość LCT i wielkość twardnienia fizycznego występującego w danym lepiszczu asfaltowym.

## 9.4. UZYSKANE WYNIKI

W programie badawczym przeprowadzonym przez ORLEN Asphalt, do badań według metody LS-308 wykorzystano następujące rodzaje asfaltów:

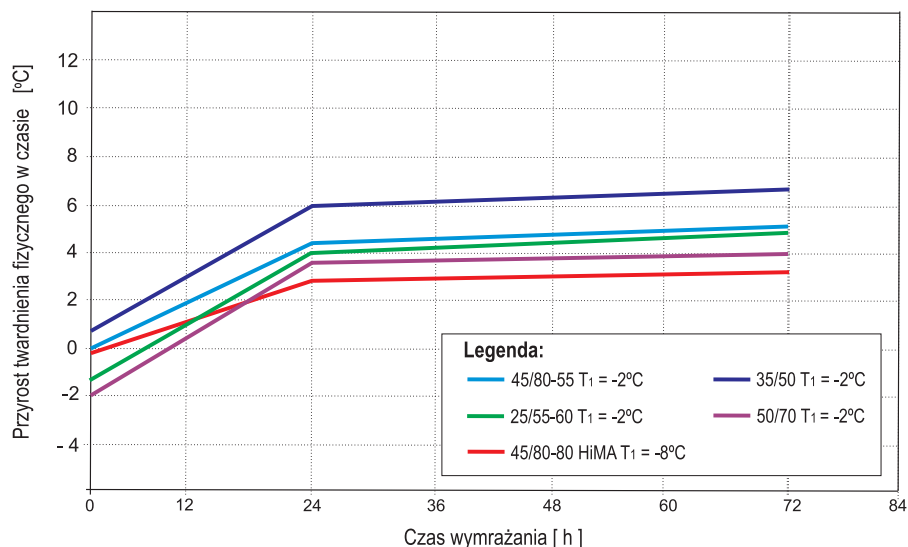
- Asfalt drogowy 35/50
- Asfalt drogowy 50/70
- Asfalt modyfikowany ORBITON 25/55-60
- Asfalt modyfikowany ORBITON 45/80-55
- Asfalt wysokomodyfikowany ORBITON 45/80-80 HiMA

W tablicy 9.1. przedstawiono uzyskane wyniki twardnienia fizycznego badanych asfaltów, w zależności od czasu i temperatury wymrażania próbek.

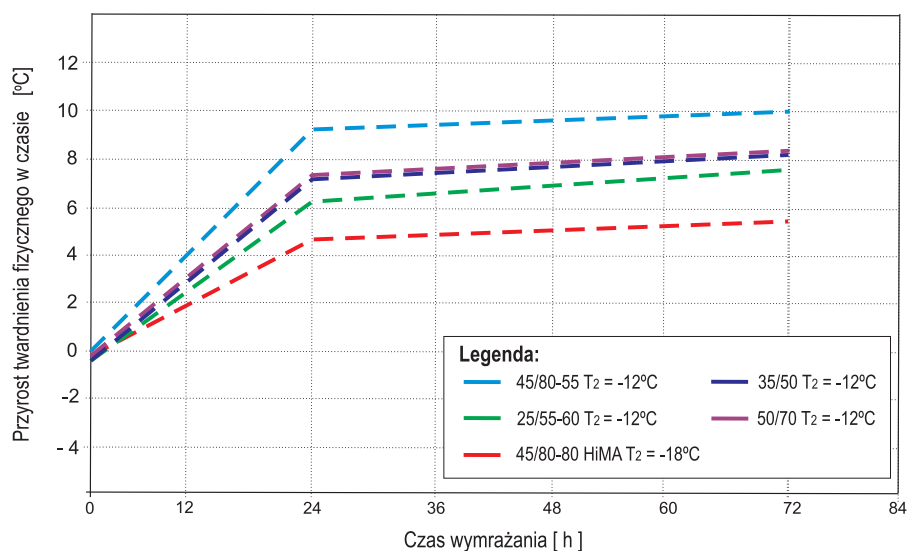
Tablica 9.1. Wyniki twardnienia fizycznego badanych asfaltów, oznaczone zgodnie z normą LS-308, na podstawie wyników odczytanych przy sztywności  $S=300$  [MPa]

Temperatura kondycjonowania próbki [°C]	Czas kondycjonowania próbki [godz]	35/50	50/70	ORBITON 25/55-60	ORBITON 45/80-55	ORBITON 45/80-80 HiMA
		Twardnienie fizyczne, zgodnie z LS-308				
20°C+YY	1 h	0,7	-2,3	-1,6	0,1	-0,4
	24 h	6,0	3,2	4,0	4,2	2,9
	72 h	6,5	3,9	4,3	4,6	3,4
10°C+YY	1 h	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	24 h	6,9	7,0	6,4	8,8	4,5
	72 h	7,9	8,2	7,3	9,0	5,3

Na poniższych wykresach przedstawiono w sposób graficzny porównanie wielkości twardnienia fizycznego występującego w badanych lepiszczach asfaltowych w zależności od czasu i temperatury wymrażania.



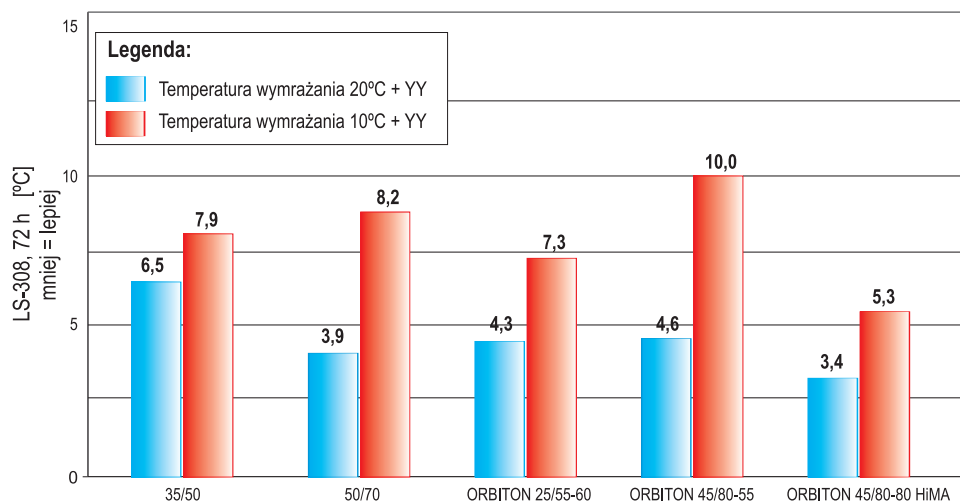
Rys.9.2. Prezentacja wyników wielkości twardnienia fizycznego wszystkich asfaltów w temperaturze wymrażania równej  $T_1 = 20^\circ\text{C} + YY$



Rys.9.3. Prezentacja wyników wielkości twardnienia fizycznego wszystkich asfaltów w temperaturze wymrażania równej  $T_2 = 10^\circ\text{C} + YY$

Dla wszystkich zbadanych rodzajów asfaltów największy przyrost wielkości twardnienia fizycznego obserwujemy w ciągu pierwszych 24 godzin przetrzymywania próbek w niskich temperaturach. Dalsze 48 godzin nie wpływa już w tak znaczący sposób na zwiększanie stopnia twardnienia fizycznego w badanych próbkach, choć bez wątpienia taki przyrost usztywnienia następuje. Na powyższych wykresach wyraźnie widać również, że wielkość twardnienia fizycznego zależy od temperatury wymrażania próbek. Im temperatura kondycjonowania jest niższa tym przyrost twardnienia fizycznego w czasie jest większy.

Finalnie wynik końcowy badania można przedstawić w postaci wielkości przyrostu twardnienia fizycznego w danym asfalcie od momentu rozpoczęcia badania do czasu wymrażania przez 72 godziny.



Rys.9.4. Stopień twardnienia fizycznego w badanych lepiszczach asfaltowych po 72 h wymrażania, na podstawie parametru  $S=300$  MPa

Mimo, że asfalt wysokomodyfikowany ORBITON 45/80-80 HiMA wymrażany był w niższej temperaturze niż pozostałe lepiszcza, stopień usztywnienia reprezentowany przez wielkość twardnienia fizycznego był w tym przypadku najmniejszy. Oznacza to, że nawierzchnia wykonana z tego typu asfaltem charakteryzuje się największą odpornością na niskie temperatury utrzymujące się przez dłuższy okres czasu.

## 9.5. PODSUMOWANIE

Analizując wyniki badań LS-308, tak naprawdę oceniamy stopień usztywnienia asfaltu w niskiej temperaturze. Wzrost sztywności lepiszczy asfaltowych prowadzi do pogorszenia (wzrostu) „dolnego PG”, czego konsekwencją jest z kolei zwiększenie zakresu funkcjonalnego pracy dla danego asfaltu.

Zbyt duża sztywność lepiszcza asfaltowego jest niekorzystna, ponieważ może wpływać na powstawanie większej ilości spękań w nawierzchni w okresie występowania niskiej temperatury. Tak więc **im mniejsza wartość twardnienia fizycznego tym lepiej**. Potwierdzają to wcześniejsze badania ORLEN Asphalt, w których znaleziono korelację pomiędzy LCT ( $S=300$  MPa) oraz sztywnością lepiszcza w temperaturze  $-16^{\circ}\text{C}$ , a temperaturą pęknięcia mieszanki mineralno-asfaltowej w teście TSRST [28].

Na wielkość twardnienia fizycznego ma wpływ temperatura i czas wymrażania asfaltu. Im niższa temperatura i dłuższy czas wymrażania tym efekt twardnienia fizycznego jest większy. Oznacza to, że nawierzchnia asfaltowa jest narażona na przeszywnienie w czasie długotrwałych mrozów, a im działająca długotrwałe temperatura jest niższa, tym ryzyko spękań nawierzchni wzrasta.

## ODPORNOŚĆ LEPISZCZA W ASFALCIE LANYM NA STARZENIE TECHNOLOGICZNE

### 10.1. WPROWADZENIE

Starzenie technologiczne lepiszczy asfaltowych jest procesem niezwykle złożonym. Zależy od bardzo wielu czynników, m.in. od natury, struktury i składu grupowego asfaltu oraz różnych czynników zewnętrznych. Jest to proces chemiczny, zmieniający w sposób nieodwracalny właściwości funkcjonalne lepiszczy asfaltowych.

Utwardzanie lepiszczy asfaltowych pod wpływem wysokiej temperatury nazwano starzeniem technologicznym lub starzeniem krótkoterminowym.

Stopień zesterzenia lepiszczy asfaltowych decyduje o czasie, w którym nawierzchnia pracuje prawidłowo, niezależnie od tego czy mamy do czynienia z konwencjonalnymi asfaltami drogowymi czy z asfaltami modyfikowanymi polimerami. Najbardziej intensywne procesy starzenia asfaltu zachodzą podczas mieszania go z gorącym kruszywem w mieszalniku otaczarki. Temperatura jest wtedy najwyższa, dostęp tlenu z powietrza – swobodny, a warstwa lepiszcza na kruszywie – bardzo cienka. W czasie otaczania kruszywa asfaltem odparowywanie lekkich frakcji i utlenianie składników asfaltu jest najszybsze i najbardziej intensywne.

Na skutek reakcji utleniania, w składzie i strukturze chemicznej asfaltu zachodzą nieodwracalne zmiany, których konsekwencją jest między innymi:

- spadek penetracji,
- wzrost temperatury mięknięcia,
- wzrost (pogorszenie) temperatury łamliwości,
- wzrost lepkości.

Z punktu widzenia trwałości nawierzchni pożądane jest sprawdzenie, jakim zmianom w wyniku starzenia technologicznego uległy przynajmniej podstawowe właściwości asfaltu, takie jak: penetracja, temperatura mięknięcia, lepkość czy nawrót sprężysty (dla asfaltów modyfikowanych).

Podczas naszych rozważań o asfalcie, jako materiale budowlanym, nie sposób zlekceważyć znaczenia starzenia technologicznego asfaltu. Pamiętajmy, **że asfalt, który wbudowano w nawierzchnię, jest asfaltem po starzeniu technologicznym**. Stąd, nie bez przyczyny, należy badać podatność asfaltów na starzenie.

### 10.2. CEL I ZAKRES BADAŃ

Zmiany zachodzące w strukturze chemicznej asfaltu, spowodowane reakcją utleniania prowadzą z reguły do pogorszenia jego właściwości. Asfalt staje się bardziej kruchy i sztywny, wzrasta jego lepkość i temperatura mięknięcia a obniża penetracja i ciągliwość. Mieszanki na gorąco nie są jednak w równym stopniu narażone na starzenie. W przypadku mieszanek zagęszczanych mechanicznie, czyli wałowanych (np.: beton asfaltowy czy SMA) temperatura produkcji mma nie przekracza zwykle 180°C i jest to temperatura uważana za bezpieczną granicę ogrzewania lepiszczy asfaltowych.



W przypadku asfaltu lanego (*mastic asphalt MA*) temperatura wytwarzania mieszanki sięga nawet 240°C, a czas mieszania/przechowywania mma dochodzi często do 6 godzin. W tym czasie asfalt ulega bardzo intensywnym procesom starzenia.

Aby sprawdzić stopień destrukcji lepiszczy asfaltowych stosowanych do produkcji asfaltu lanego, ORLEN Asphalt przeprowadził w 2015 roku pracę badawczą, która miała na celu oszacowanie do jakich temperatur można bezpiecznie podgrzewać asfalt i w jakim okresie czasu można ten asfalt przechowywać, aby zachował on stabilne właściwości.

Do badań odporności na starzenie technologiczne wykorzystano twarde asfalty – stosowane zwykle do produkcji asfaltu lanego *MA*:

- Asfalt drogowy 35/50
- Asfalt wielorodzajowy BITREX 35/50-57/69
- Asfalt modyfikowany ORBITON 25/55-60

Wszystkie lepiszcza wykorzystane do badań, starzono metodą TFOT (ang. *Thin Film Oven Test*), zgodnie z normą PN-EN 12607-2 „12607-2 *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza. Część 2: Metoda TFOT*”, w czasie i temperaturach symulujących rzeczywiste warunki produkcji *MA*. Nie wykorzystano metody RTFOT, referencyjnej dla badania starzenia asfaltów, z przyczyn technicznych. W planie badawczym założono wygrzewanie lepiszczy w temperaturze powyżej 200°C, co okazało się niewykonalne w suszarce do starzenia metodą RTFOT.

Stopień zesterzenia lepiszczy asfaltowych oceniono na podstawie analizy zmian podstawowych właściwości, tj:

- Penetracji w 25°C wg PN-EN 1426
- Temperatury mięknięcia PiK wg PN-EN 1427
- Temperatury łamliwości Fraassa wg PN-EN 12593
- Lepkości dynamicznej w 60°C wg PN-EN 13702-1

Każde lepiszcze wygrzewano w suszarce TFOT przez 75, 120, 240, 360 i 480 minut w następujących wartościach temperatury w suszarce: 163°C, 200°C, 220°C, 240°C, obejmujących zarówno typowy zakres stosowany w technologiach „na gorąco” (<200°C), jak i stosowany w technologii asfaltu lanego (>200°C).

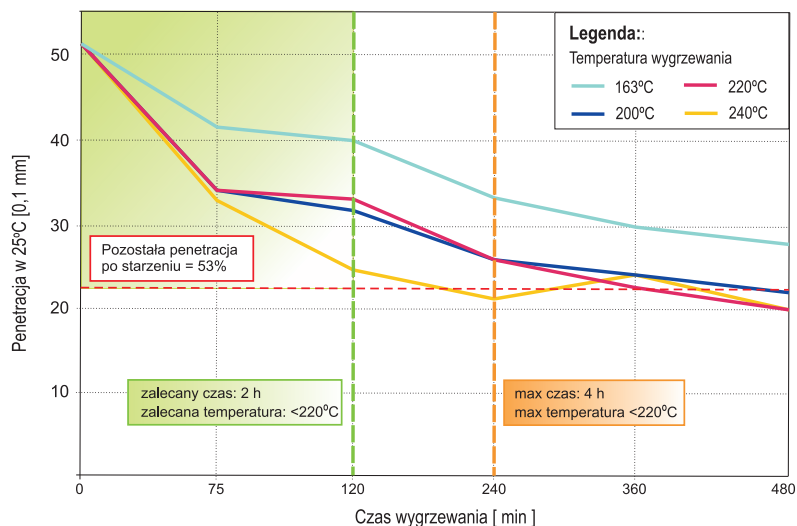
W wyniku badań uzyskano przede wszystkim informacje specyficzne dla asfaltu lanego, jednak część wniosków może być wykorzystana dla klasycznych mieszanek (AC, SMA, PA itd.).

### 10.3. UZYSKANE WYNIKI

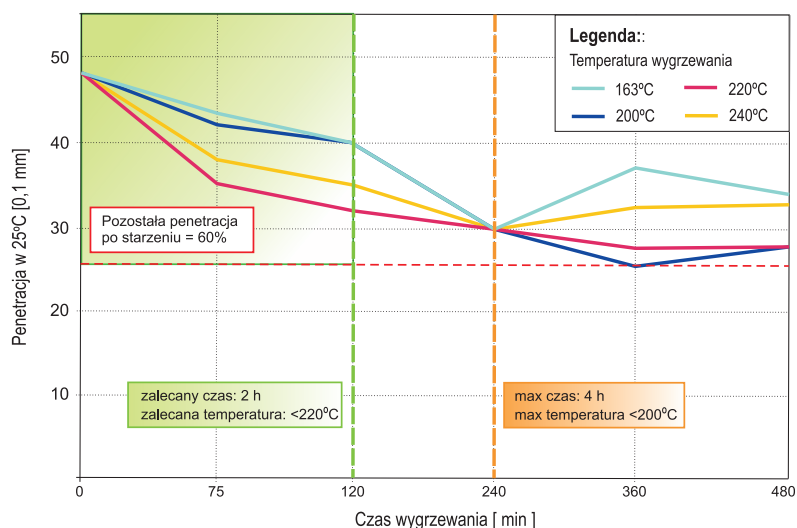
#### 10.3.1. Zmiana penetracji w 25°C

Badanie penetracji wykonywano zgodnie z normą PN-EN 1426 „*Asfalty i produkty asfaltowe. Oznaczanie penetracji igłą*”.

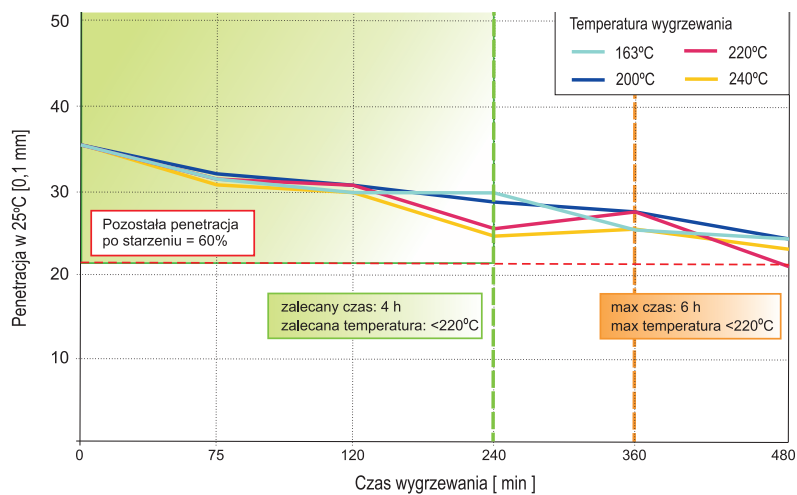
Na rysunkach 10.1-10.3 przedstawiono zmianę penetracji badanych lepiszczy asfaltowych w funkcji czasu i temperatury wygrzewania.



Rys.10.1. Zmiana wartości penetracji asfaltu drogowego 35/50



Rys.10.2. Zmiana wartości penetracji asfaltu wielorodzajowego BITREX 35/50-57/69



Rys.10.3. Zmiana wartości penetracji asfaltu modyfikowanego ORBITON 25/55-60



W wyniku starzenia technologicznego wartość penetracji spada – jest to bezpośrednio związane z procesem utwardzania się asfaltów. Parametrem, który normowo określa dopuszczalny stopień zestarzenia lepiscza w oparciu o badanie penetracji w 25°C jest *Pozostała penetracja po starzeniu* wyrażana w [%].

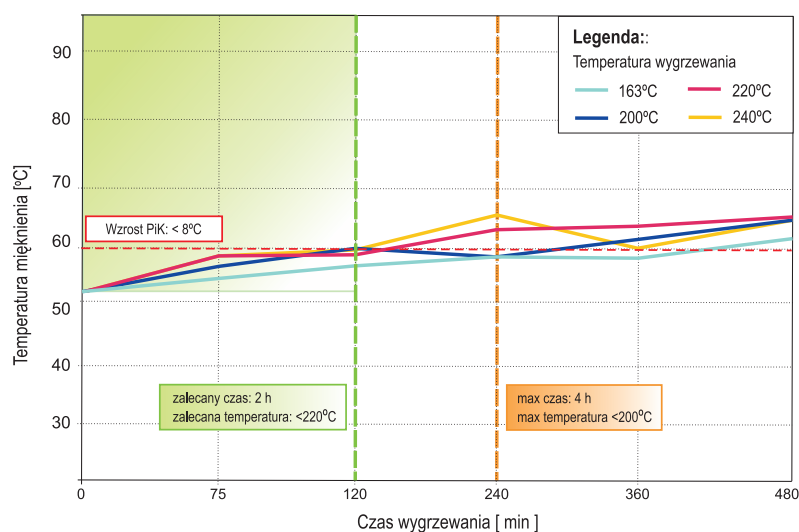
Na powyższych wykresach linią czerwoną zaznaczono dopuszczalną wartość penetracji, którą może charakteryzować się dane lepiscze asfaltowe, aby jego parametry po procesie utwardzania były nadal zgodne z normą. Należy jednak przy tym pamiętać, że norma określa wymagania dla asfaltów po starzeniu metodą RTFOT, która jest bardziej agresywna niż metoda TFOT. Zielonym polem oznaczono bezpieczny przedział wygrzewania (zalecany przez ORLEN Asphalt) dla każdego lepiscza asfaltowego.

### 10.3.2. Zmiana temperatury mięknięcia PiK

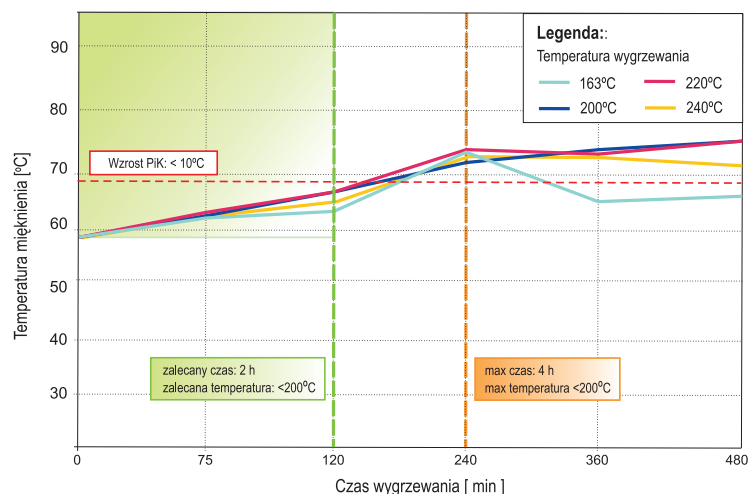
Badanie zmian temperatury mięknięcia asfaltów wykonywano w oparciu o normę PN-EN 1427 „Asfalty i produkty asfaltowe. Oznaczanie temperatury mięknięcia. Metoda Pierścieni i Kula”.

Temperatura mięknięcia określa właściwości asfaltu w tzw. wysokiej temperaturze eksploatacji oraz stanowi, w przybliżeniu (umowną), górną granicę stanu lepko-sprężystego.

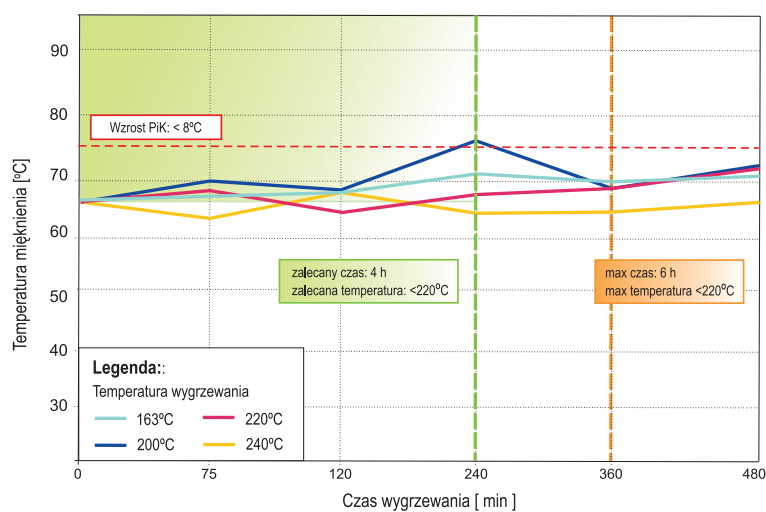
Na rys. 10.4.-10.6. przedstawiono zmiany wartości temperatury mięknięcia PiK badanych lepisczy asfaltowych w funkcji czasu i temperatury wygrzewania.



Rys.10.4. Zmiana wartości temperatury mięknięcia PiK asfaltu drogowego 35/50



Rys.10.5. Zmiana wartości temperatury mięknięcia PiK asfaltu wielorodzajowego BITREX 35/50-57/69



Rys.10.6. Zmiana wartości temperatury mięknięcia PiK asfaltu modyfikowanego ORBITON 25/55-60

W wyniku starzenia lepiszczy asfaltowych temperatura mięknięcia rośnie, co również jest bezpośrednim następstwem utwardzania się asfaltu w wysokiej temperaturze.

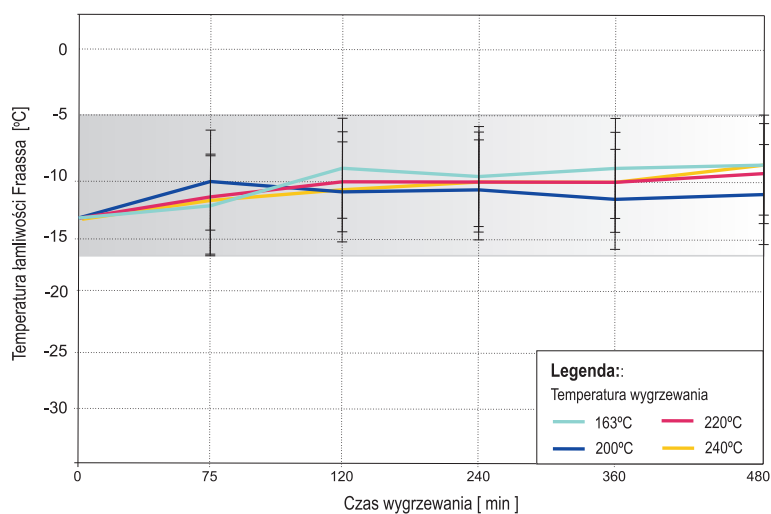
Parametrem normowym określającym dopuszczalny wzrost PiK po procesie utleniania jest różnica pomiędzy temperaturą mięknięcia asfaltu przed starzeniem i po starzeniu (dopuszczalny wzrost PiK). Dla każdego asfaltu, podobnie jak w przypadku analizy wykresów penetracji linią czerwoną zaznaczono dopuszczalny normowo wzrost wartości temperatury PiK. Także w tym przypadku trzeba pamiętać, że norma określa ten parametr dla metody RTFOT. Polem zielonym oznaczono bezpieczny czas i temperaturę technologiczną, zalecaną przez ORLEN Asphalt dla poszczególnych rodzajów asfaltów, podczas produkcji MA.

### 10.3.3. Badanie temperatury łamliwości metodą Fraassa

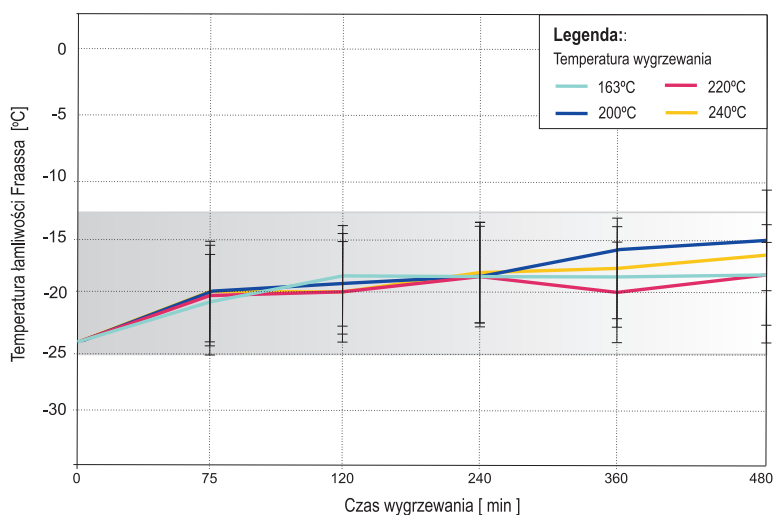
Kolejnym badaniem, które wykonano w ramach oceny właściwości lepiszczy asfaltowych po starzeniu technologicznym była temperatura łamliwości metodą Fraassa.

Temperatura łamliwości określa niskotemperaturowe właściwości asfaltu oraz, w przybliżeniu – umowną, dolną granicę stanu lepko-sprężystego. Badanie temperatury łamliwości wykonywano zgodnie z normą PN-EN 12593 „Asfalty i produkty asfaltowe. Oznaczanie temperatury łamliwości Fraassa”.

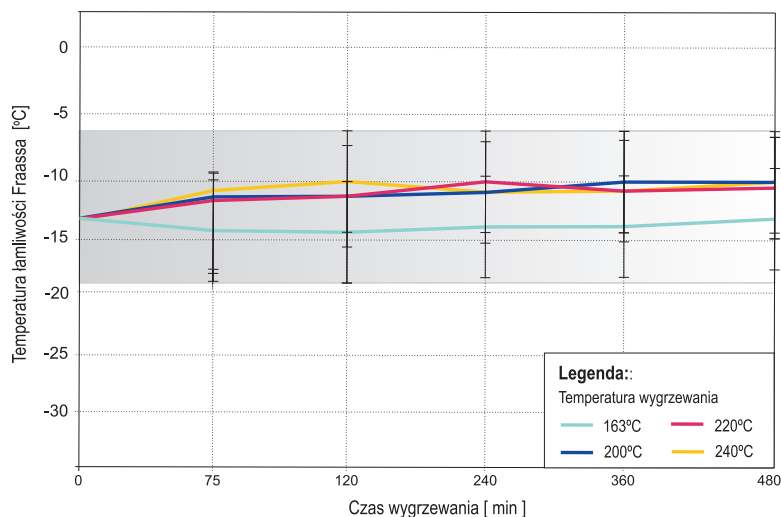
Na rysunkach 10.7.–10.9. przedstawiono zmiany temperatury łamliwości Fraassa uzyskane dla badanych lepiszczy asfaltowych.



Rys.10.7. Zmiana wartości temperatury łamliwości Fraassa asfaltu drogowego 35/50



Rys.10.8. Zmiana wartości temperatury łamliwości Fraassa asfaltu wielorodzajowego BITREX 35/50-57/69



Rys.10.9. Zmiana wartości temperatury łamliwości Fraassa asfaltu modyfikowanego ORBITON 25/55-60

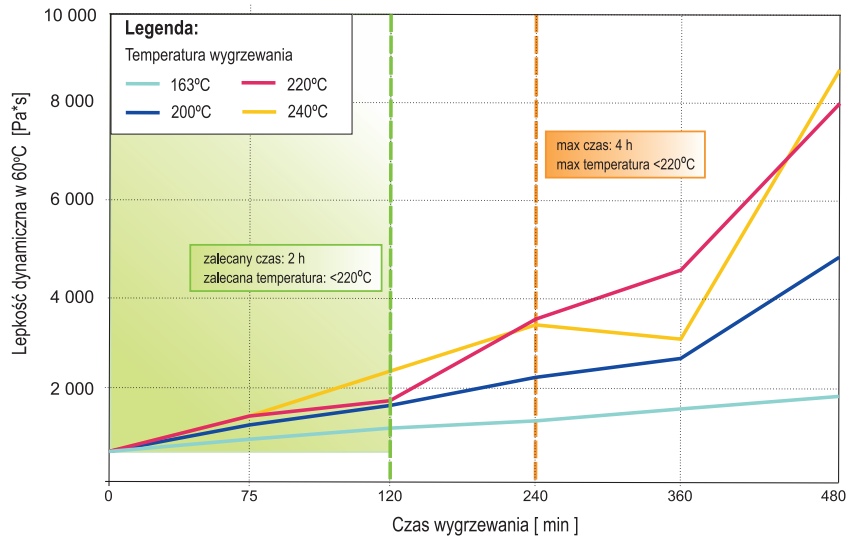
Na powyższych wykresach szarym polem została zaznaczona niepewność pomiaru, ustalona na podstawie walidacji metody w laboratorium wykonującym badania. Należy zdać sobie sprawę, że tak naprawdę każdy z otrzymanych wyników mieści się w zakresie  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ . Oznacza to, że dla asfaltu, którego wyznaczona temperatura łamliwości Fraassa wynosi  $-10^{\circ}\text{C}$ , wynik prawidłowy zawierający się w granicach niepewności pomiaru znajduje się w przedziale  $-7^{\circ}\text{C} \div -13^{\circ}\text{C}$ . Rozrzut otrzymywanych wyników jest więc bardzo duży.

Ze względu na małą precyzję badania przydatność metody Fraassa jest kwestionowana, jako metody nie mającej przełożenia na rzeczywiste zachowanie asfaltu w nawierzchni. Można więc stwierdzić, że oznaczana w ten sposób temperatura łamliwości nie jest odpowiednią metodą do sprawdzania właściwości niskotemperaturowych lepiszczy asfaltowych po procesie starzenia technologicznego.

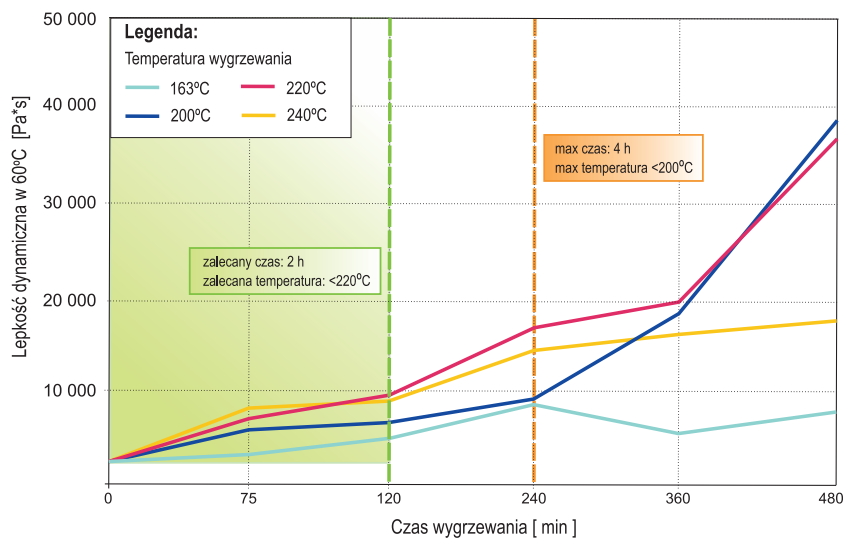
#### 10.3.4. Zmiana lepkości dynamicznej w temperaturze $60^{\circ}\text{C}$

Badanie lepkości dynamicznej metodą stożek płaszczyzna przeprowadzono w oparciu o normę PN-EN 13702-1 „Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie lepkości dynamicznej asfaltów modyfikowanych. Część 1: Metoda stożek płaszczyzna”.

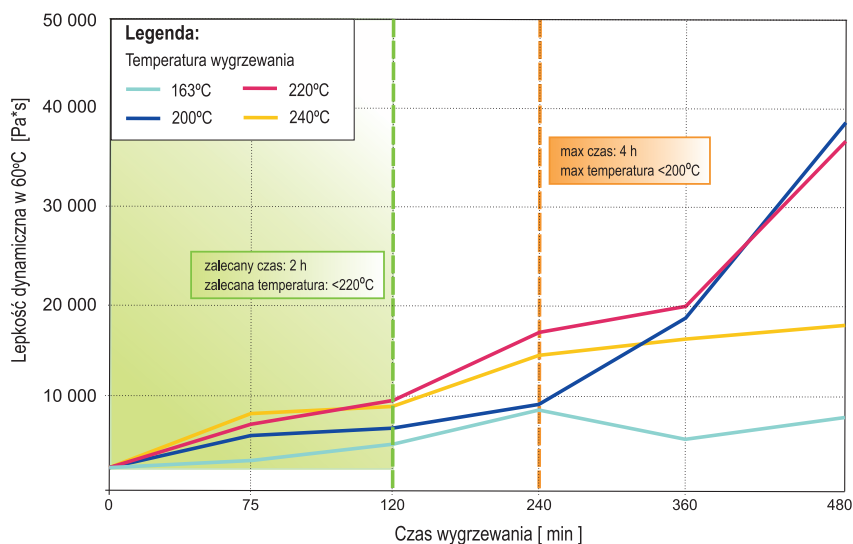
Wzrost lepkości jest jedną z głównych zmian we właściwościach reologicznych lepiszczy asfaltowych zachodzących podczas starzenia technologicznego. Na poniższych wykresach przedstawiono zmianę lepkości dynamicznej badanych asfaltów w zależności od czasu i temperatury wygrzewania.



Rys.10.10. Zmiana lepkości dynamicznej w temperaturze 60°C asfaltu drogowego 35/50



Rys.10.11. Zmiana lepkości dynamicznej w temperaturze 60°C asfaltu wielorodzajowego BITREX 35/50-57/69



Rys.10.12. Zmiana lepkości dynamicznej w temperaturze 60°C asfaltu modyfikowanego ORBITON 25/55-60

Znaczny wzrost lepkości asfaltów podczas ogrzewania świadczy o tym, że jest to cecha bardzo wrażliwa na proces starzenia technologicznego.

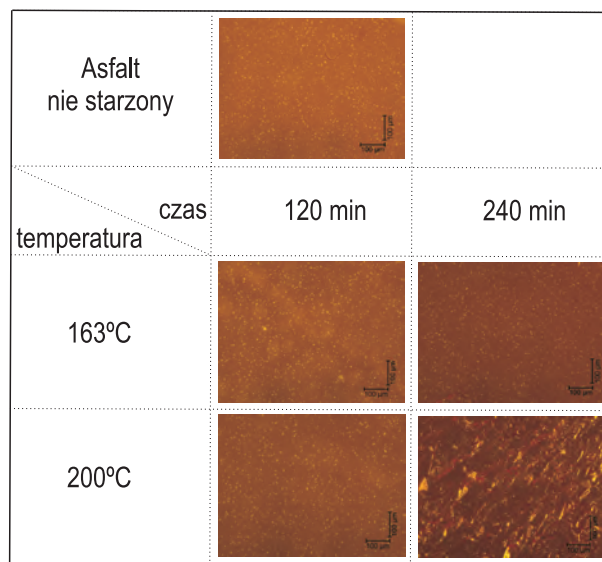
W normach PN-EN dla poszczególnych rodzajów asfaltów nie podano dopuszczalnego wzrostu lepkości po starzeniu. Nie ma więc odniesienia normowego do maksymalnego poziomu przyrostu lepkości w czasie wygrzewania. Jest to jednak cecha, którą należy bardzo poważnie brać pod uwagę, ponieważ nadmierny wzrost lepkości w czasie starzenia wpływa bezpośrednio na temperatury technologiczne oraz może znacznie utrudniać np. wbudowywanie mieszanki (szczególnie ręczne).

### 10.3.5. Starzenie asfaltów modyfikowanych polimerami

Złożoność procesu starzenia wzrasta, jeżeli mamy do czynienia z asfaltami modyfikowanymi polimerami. Pomimo, że z analizy powyższych badań wynika wyraźnie, że są to lepszycza najbardziej odporne na działanie wysokiej temperatury, przy aplikacji tej grupy asfaltów należy mimo wszystko być bardzo ostrożnym, ponieważ w trakcie nadmiernego ogrzewania zniszczeniu może ulec sieć polimerowa asfaltu. Właściwości asfaltów modyfikowanych będą zatem zależne również od stopnia rozpadu zastosowanego polimeru. Analiza tylko podstawowych parametrów jest więc niewystarczająca do oceny właściwości tych lepszyczy po procesie utleniania.

Jedną z metod, która pozwala „zajrzeć” w strukturę chemiczną lepszycza jest badanie za pomocą mikroskopu fluorescencyjnego z lampą UV poprzez analizę obrazu w świetle odbitym. Badanie wykonuje się w oparciu o normę PN-EN 13632 *Asfalty i lepszycza asfaltowe. Wzrokowa ocena zdyspergowania polimeru w asfaltach modyfikowanych polimerami*.

Na poniższych zdjęciach, prezentujemy dyspersję polimeru SBS w asfalcie modyfikowanym ORBITON 25/55-60, po procesie starzenia:



Rys. 10.13. Zmiana struktury polimeru SBS w asfalcie modyfikowanym ORBITON 25/55-60 na skutek starzenia

W temperaturze 163°C, w czasie wygrzewania do 4 godzin, nie zaobserwowano znaczących zmian w mikrostrukturze polimeroasfaltu. W przypadku podniesienia temperatury do 200°C początek zmian w mikrostrukturze następuje już po 240 min ogrzewania asfaltu.

#### 10.4. PODSUMOWANIE

Głównym czynnikiem odpowiedzialnym za starzenie asfaltów jest reakcja jego składników z tlenem zawartym w powietrzu. Zarówno wysoka temperatura jak i czas przechowywania mieszanki mają wpływ na stopień zesterzenia lepiszcza. Im wyższa temperatura i dłuższy czas wygrzewania asfaltu tym starzenie przebiega szybciej i intensywniej.

Z powyższych wykresów, można wywnioskować, że najbardziej odporny na działanie wysokiej temperatury jest asfalt modyfikowany ORBITON 25/55-60 – jego podstawowe właściwości najdłużej pozostają stabilne w czasie wygrzewania. Najbardziej wrażliwy na wysoką temperaturę i długi czas wygrzewania jest asfalt wielorodzajowy, którego parametry podstawowe po przekroczeniu 240 min wygrzewania już w temperaturze powyżej 200°C zmieniają się niekorzystnie, w sposób trudny do przewidzenia. Asfalt drogowy wykazuje właściwości pośrednie pomiędzy asfaltem wielorodzajowym i modyfikowanym.

Finalnie, zalecamy stosowanie następujących warunków technologicznych podczas produkcji asfaltu lanego MA:

35/50		BITREX 35/50-57/69		ORBITON 25/55-60	
Czas	Temperatura	Czas	Temperatura	Czas	Temperatura
Max. do 4h Zalecane do 2h	< 220°C	Max. do 4h Zalecane do 2h	< 200°C	Zalecane do 4h	< 220°C

## Rozdział 11

### TECHNOLOGIA STOSOWANIA ASFALTÓW

Stosowanie lepiszczy asfaltowych wymaga przede wszystkim wiedzy o optymalnych temperaturach technologicznych oraz szczególnych warunkach postępowania z próbkami asfaltów. W następnych punktach przedstawiono szereg informacji interesujących pracowników laboratoriów oraz pionierzy technologiczne przedsiębiorstw drogowych.

W tablicy 11.2. zebrano wszystkie podstawowe informacje dotyczące temperatury technologicznej stosowania asfaltów produkcji ORLEN Asphalt.

#### 11.1. WSKAZÓWKI LABORATORYJNE

##### 11.1.1. Ustalanie temperatur technologicznych

Asfalty różnią się zakresem charakterystycznej lepkości w temperaturze 60-165°C (najczęściej badany zakres). Wyniki lepkości uzyskane dla asfaltu wyprodukowanego w rafinerii i nie poddanego starzeniu będą zawsze różniły się od wyników asfaltów po starzeniu. W wyniku starzenia asfalt utwardza się, a jego lepkość wzrasta. Symulacja tego zjawiska w zakresie starzenia technologicznego (krótkoterminowego) w laboratorium odbywa się w aparacie RTFOT, a dla starzenia eksploatacyjnego (długoterminowego) w aparacie PAV lub RCAT.

Krzywa zależności lepkość-temperatura po starzeniu technologicznym (RTFOT) nie pokrywa się z krzywą charakterystyczną dla asfaltu niestarzonego, jest przesunięta w kierunku wyższych lepkości. Oznacza to, że temperatury technologiczne powinny być określane na podstawie badania lepkości asfaltu zarówno przed jak i po starzeniu RTFOT.

Dla większości ważnych procesów technologicznych znana jest optymalna lepkość lub zakres lepkości i na tej podstawie możemy określić optymalne temperatury technologiczne.

Do oznaczenia temperatury pompowania i otaczania kruszywa asfaltem stosujemy wyniki badań asfaltu *przed starzeniem*, ponieważ te procesy technologiczne następują przed kontaktem cienkiej warstwy lepiszcza z powierzchnią gorącego kruszywa (przed rozpoczęciem zasadniczego starzenia technologicznego). Do oznaczenia temperatury początku i końca zagęszczania mieszanki mineralno-asfaltowej na budowie należy raczej stosować wyniki badań lepkości asfaltu *po starzeniu* (met. RTFOT). W rzeczywistym procesie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej po etapie mieszania na mokro składników (kruszywa i asfaltu) następuje okres przechowywania gorącej mieszanki w silosie i jej transportu na budowę. Zwykle etap ten trwa od kilkudziesięciu minut do kilku godzin. Przez ten czas asfalt znajduje się na gorącym kruszywie i następuje jego starzenie – odparowanie lżejszych składników i w konsekwencji utwardzenie. Spada penetracja asfaltu, wzrasta jego temperatura mięknięcia i lepkość, pogarsza się temperatura łamliwości. A więc w momencie rozpoczęcia rozkładania mieszanki i jej zagęszczania lepiszcze znajdujące się w mieszance jest już zwykle po starzeniu technologicznym. Dlatego sugerujemy stosowanie lepkości po starzeniu RTFOT do określania temperatury początku i końca zagęszczania.

Ponieważ lepkości wyprodukowanych asfaltów zależą w znacznym stopniu od właściwości surowca (pozostałości próżniowej z destylacji ropy naftowej), należy przyjmować, że określana temperatura technologiczna może się wahać w czasie sezonu produkcji.



Krzywe zależności lepkość-temperatura dla każdego asfaltu zostały przedstawione na rysunkach w rozdziałach 2÷5.

Wśród omawianych wartości temperatury technologicznej, szczególną uwagę należy zwrócić na prawidłowy dobór temperatury zagęszczania próbek w laboratorium (wg metody wybranej z PN-EN 13108-20). Temperatura przygotowywania próbek mieszanki mineralno-asfaltowej powinna odnosić się do rzeczywistych warunków występujących na otaczarni i na budowie. Przyjęcie zbyt wysokiej temperatury w laboratorium spowoduje osiągnięcie wysokich wartości gęstości objętościowej  $m_{ma}$  w próbkach i zaniżenie zawartości wolnych przestrzeni. Jeśli warunki na budowie będą znacząco różniły się od przyjętych w laboratorium, tzn. temperatura mieszanki mineralno-asfaltowej podczas zagęszczania warstwy będzie znacząco niższa, to praktycznie niemożliwe będzie osiągnięcie wymaganych wskaźników zagęszczenia warstwy. Przyjęcie zbyt niskiej temperatury w laboratorium będzie z kolei skutkowało osiaganiem na budowie wskaźników zagęszczenia większych od 100% i zbyt małą zawartością wolnych przestrzeni w warstwie, co zwiększy ryzyko pojawienia się kolein. Dlatego przyjęcie właściwej temperatury zagęszczania próbek na etapie projektowania mieszanki w laboratorium jest bardzo ważne.

### 11.1.2. Próbkki asfaltów w laboratorium

Laboratorium drogowe otrzymuje próbki lepisczy asfaltowych od ORLEN Asphalt w opakowaniach metalowych (zamykanych puszkach) lub wyjątkowo w specjalnych małych opakowaniach tekturowych wyłożonych folią aluminiową (pojemność ok. 1 litra).

Sposób postępowania z asfaltem ma bardzo duży wpływ na otrzymywane wyniki badań zarówno asfaltów, jak i mieszanek mineralno-asfaltowych. Należy pamiętać, że wielokrotnie rozgrzewana i/lub przegrzewana próbka asfaltu w suszarce może utwardzić się w znaczącym stopniu.

Podczas wykorzystywania próbek z asfaltem należy unikać ich wielokrotnego rozgrzewania. Dlatego sugerujemy wykorzystywanie większej liczby małych próbek (do jednorazowego zużycia) zamiast jednego, dużego pojemnika z asfaltem.

W przypadku posiadania próbki asfaltu w jednym dużym pojemniku (np. 10 kg), zaleca się rozgrzanie pojemnika z asfaltem pierwszy raz, ujednorodnienie przez wymieszanie a następnie rozlanie do kilku oznaczonych mniejszych pojemników, które będą wykorzystane w późniejszym terminie.

Sposób postępowania z próbkami do badań asfaltów określa norma PN-EN 12594:2014 *Asfalty i lepiscza asfaltowe. Przygotowanie próbek do badań*.

Rozgrzewanie próbek w laboratorium wg procedury normowej:

- pojemnik nie może być szczelnie zamknięty,
- w żadnym przypadku próbki nie powinny być rozgrzewane w temperaturze przekraczającej 200°C,
- **pojemniki o objętości poniżej 1 litra**, czas rozgrzewania do 120 minut, temperatura rozgrzewania w suszarce: nie więcej niż 100°C ponad spodziewaną temperaturę mięknięcia asfaltu,
- **pojemniki o objętości 1÷2 litrów**, czas rozgrzewania do 3 godzin, temperatura rozgrzewania w suszarce: nie więcej niż temperatura mięknięcia asfaltu +100°C,
- **pojemniki o objętości 2÷3 litrów**, czas rozgrzewania do 3,5 godziny, temperatura rozgrzewania w suszarce: nie więcej niż temperatura mięknięcia asfaltu +100°C,
- **pojemniki o objętości 3÷5 litrów**, czas rozgrzewania do 4 godzin, temperatura rozgrzewania w suszarce: nie więcej niż temperatura mięknięcia asfaltu +100°C,
- **pojemniki o objętości większej niż 5 litrów**, czas rozgrzewania do 12 godzin, temperatura rozgrzewania w suszarce: nie więcej niż temperatura mięknięcia asfaltu +50°C, na ostatnie 2 godziny należy podnieść odpowiednio temperaturę.

W przypadku asfaltów modyfikowanych należy zastosować procedurę przewidzianą przez dostawcę próbki. Jeżeli nie zostały dostarczone żadne informacje dotyczące asfaltu modyfikowanego polimerami (zgodnego z EN 14023), temperatura w suszarce powinna mieścić się w granicach od 180°C do 200°C, niezależnie od temperatury mięknięcia.

Po rozgrzaniu próbek w pojemnikach należy je ujednorodnić przez mieszanie, pamiętając, aby nie wprowadzić pęcherzyków powietrza do próbki. Maksymalny czas mieszania (ujednorodnienia) powinien wynosić nie więcej niż 10 minut.

Jeśli próbka zawiera zanieczyszczenia koksem lub mineralnym materiałem rozdrobnionym, dozwolone jest przesączenie próbki poprzez ogrzane sito (oczka 0,5 mm) przed pobraniem próbki do badania. Obecność koksu lub mineralnego materiału rozdrobnionego i przesiewanie (przesączenie) powinno być odnotowane w sprawozdaniu z badań.

Próbki asfaltów otrzymane w wyniku:

- wykonania ekstrakcji mieszanki mineralno-asfaltowej (wg norm PN-EN 12697-1, PN-EN 12697-2, PN-EN 12697-4),
- badań odporności na twardnienie lub starzenie (zgodnie z EN 12607-1, EN 12607-2 i EN 12607-3 lub EN 14769 lub innej odnośnej normy, która dotyczy twardnienia lub starzenia)

należy przygotować i badać zgodnie z odpowiednimi metodami pobierania i badania.

### 11.1.3. Przyczepność asfaltu do kruszyw mineralnych

Przyczepność (przyleganie) asfaltu do powierzchni ziaren kruszywa zależy od wielu czynników, w tym między innymi od rodzaju skały z której wyprodukowano kruszywo. Ogólnie w technice drogowej wykorzystuje się pojęcia kruszywo „kwaśne” i „zasadowe”, co ma związek z dużą i małą zawartością SiO<sub>2</sub> (krzemionki) w skale. Ogólnie przyjmuje się, że kruszywa „kwaśne” mają słabe powinowactwo z asfaltem i wymagają stosowania środków polepszających adhezję asfaltu. Kruszywa „zasadowe”, jak np. wapienie, charakteryzują się lepszą przyczepnością asfaltu. Niemniej jednak wybór środka polepszającego adhezję asfaltu do kruszywa wymaga przeprowadzenia badań sprawdzających w laboratorium, ponieważ niektóre środki chemiczne pogarszają adhezję asfaltu do kruszywa.

Obecne normy dostarczają narzędzi do badania adhezji asfaltu do kruszywa i ogólnie – odporności mieszanki mineralno-asfaltowej na działanie wody i mrozu:

- PN-EN 12697-11 *Mieszanki mineralno-asfaltowe — Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco – Część 11: Oznaczanie powinowactwa pomiędzy kruszywem i asfaltem,*
- PN-EN 12697-12 *Mieszanki mineralno-asfaltowe — Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco – Część 12: Określanie wrażliwości próbek asfaltowych na wodę.*

W przypadku słabego powinowactwa asfaltu i kruszywa, stosuje się środki polepszające przyczepność asfaltu do kruszywa (tzw. środki adhezyjne). Ocenę przyczepności można określić na przykład na podstawie badania wg PN-EN 12697-11, metoda A na wybranej frakcji mieszanki mineralnej. Przyczepność lepszczą do kruszywa powinna wynosić co najmniej 80% po 6 godzinach badania.

Dostępne na rynku środki adhezyjne oraz ich zawartość w asfalcie, należy dobierać do konkretnego asfaltu i kruszywa z mieszanki mineralnej, pamiętając, że rzadko spotyka się uniwersalne produkty działające dobrze z każdą parą asfalt-kruszywo.

Finalnym sprawdzeniem odporności mieszanki mineralno-asfaltowej na działanie wody i mrozu jest badanie ITSr wg PN-EN 12697-12. Stosuje się różne wersje procedury badawczej, w zależności od dokumentu technicznego, np. WT-2 cz.1 2014 lub WTW BT 2016 Zarządu Dróg Wojewódzkich w Katowicach.

## 11.2. MAGAZYNOWANIE ASFALTU

Lepiszczta asfaltowe należy magazynować w zbiornikach specjalnie do tego celu przeznaczonych. Asfalt w zbiorniku roboczym powinien być ogrzewany w sposób pośredni, z układem termostatowania, zapewniającym utrzymanie określonej temperatury z tolerancją  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ . Oznacza to, że zbiornik powinien być wyposażony w precyzyjne układy pomiarowe z lokalnym bądź zdalnym odczytem wskazań temperatury, umieszczonymi w obszarze węzownicz grzewczych oraz poza tym obszarem, z możliwością łatwego demontażu w celu regularnego czyszczenia. Według wymagań normy do Zakładowej Kontroli Produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych PN-EN 13108-21 (*Mieszanki mineralno-asfaltowe – Wymagania – Część 21: Zakładowa kontrola produkcji*) temperatura asfaltu powinna być rejestrowana z częstotliwością raz dziennie.

Długotrwałe przetrzymywanie partii asfaltu w temperaturze zbliżonej do maksymalnej temperatury magazynowania, może powodować po pewnym czasie powstawanie na dnie zbiorników osadów, złożonych z wytrąconych najcięższych frakcji asfaltu (tzw. koks). Im twardszy asfalt, tym prawdopodobieństwo tworzenia się koksu rośnie, dlatego podczas magazynowania asfaltów drogowych rodzaju 20/30 i 35/50 należy monitorować okresowo stan czystości zbiornika. Brak czyszczenia zbiornika może spowodować po pewnym czasie przedostawanie się osadów do rur, zatykanie filtrów i blokowanie pomp.

Przechowywaniu asfaltu drogowego w zbiorniku może towarzyszyć zjawisko starzenia powodowanego powolnym utlenianiem asfaltu oraz odparowaniem jego lżejszych składników. Proces starzenia asfaltu w zbiorniku jest procesem powolnym ponieważ powierzchnia kontaktu asfaltu z powietrzem jest niewielka. Niemniej jednak przechowywanie niewielkich ilości asfaltu w zbiorniku w warunkach wysokiej temperatury może powodować przegrzewanie warstwy asfaltu na ścianach zbiornika lub na węzownicach grzewczych. Powoduje to dodatkowe osadzanie koksu na dnie zbiornika.

Podczas mieszania asfaltu z kruszywem na otaczarni procesy starzenia zdecydowanie przyśpieszają (bardzo cienka warstwa asfaltu na kruszynie, bardzo wysoka temperatura i dostęp tlenu) dlatego należy umiejętnie dobierać tzw. czas mieszania „na mokro”.

Stosowanie zbyt gorącego lepiszcza do produkcji ma inne negatywne skutki, szczególnie w przypadku produkcji mieszanek o nieciągłym uziarnieniu (SMA lub asfaltu porowatego PA), w których występuje zwiększone ryzyko spływania lepiszcza. Należy w takich wypadkach zastosować zwiększoną zawartość stabilizatora (np. włókien celulozowych) oraz sprawdzić spływność metodą Schellenberga w wyższej temperaturze (opis w normie PN-EN 12697-18 *Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco – Część 18: Spływność lepiszcza*).

Tablica 11.1. Starzenie asfaltu w zbiornikach magazynowych

Przyczyny starzenia asfaltu w zbiorniku	Czynniki ograniczające starzenie
Długotrwałe magazynowanie asfaltu w wysokiej temperaturze	Należy unikać przechowywania asfaltu w podwyższonej temperaturze przez dłuższy czas. W okresach przerw między produkcją mieszanki mineralno-asfaltowej, zaleca się obniżyć temperaturę asfaltu w zbiorniku do poziomu umożliwiającego późniejsze rozgrzanie.
Cyrkulacja asfaltu	Cyrkulacja asfaltu jest powszechnie stosowana, wykorzystuje się ją do ujednorodniania asfaltu w zbiorniku. Jeśli asfalt magazynowany jest przez dłuższy okres, najlepiej jest ograniczyć cyrkulację lub włączyć ją okresowo. Cyrkulacja jest szczególnie przydatna podczas przechowywania asfaltów modyfikowanych. Jej zastosowanie umożliwia osiągnięcie lepszej jednorodności lepiszcza po dłuższym czasie magazynowania.  Wejście rurociągu powrotnego asfaltu cyrkulacyjnego do zbiornika powinno być poniżej górnej powierzchni cieczy, jaką tworzy lepiszcze w zbiorniku.
Budowa zbiornika	Najkorzystniej jest, gdy stosunek powierzchni asfaltu do jego objętości w zbiorniku jest mały, dlatego zbiorniki magazynowe asfaltu powinny być pionowe, gdzie stosunek wysokości do średnicy zbiornika jest duży.

Szczegółowe informacje o magazynowaniu poszczególnych typów lepiszczy asfaltowych podano w rozdziałach 2 ÷ 5.

## Inne zalecenia

W przypadku zmiany typu bądź rodzaju asfaltu w zbiorniku należy każdorazowo upewnić się, czy zbiornik magazynowy jest pusty.

Nie należy mieszać asfaltów różnego typu, np. asfaltów drogowych z asfaltami modyfikowanymi polimerami. Takie mieszanie powoduje znaczące pogorszenie właściwości użytkowych lepiszcza i wykonanej nawierzchni.

Mieszanie asfaltów tego samego typu, ale różnych rodzajów np. 50/70 z 70/100 odbywa się na wyłączną odpowiedzialność wykonawcy. Proces ten wymaga efektywnego systemu mieszającego w zbiorniku oraz kontroli laboratoryjnej. Nie zaleca się mieszania lepiszczy pochodzących od różnych producentów.

Nie zaleca się wielokrotnego rozgrzewania i chłodzenia zarówno asfaltów modyfikowanych ORBITON, asfaltów wysokomodyfikowanych ORBITON HiMA oraz asfaltów wielorodzajowych BITREX.

Jeśli asfalt ma pozostać w zbiorniku otaczarni przez okres zimowy, należy obniżyć temperaturę w zbiorniku do temperatury otoczenia. W takich warunkach asfalt może być przechowywany przez kilka miesięcy. Należy pamiętać, że wiosną okres rozgrzewania kilkudziesięciu ton asfaltu może być dość długi i zależy od efektywności i budowy systemu grzewczego w zbiornikach. Po rozgrzaniu należy koniecznie zbadać właściwości lepiszcza. Uwaga – nie każdy typ i rodzaj asfaltu można w ten sposób przechowywać (patrz rozdziały 2÷5).

Temperatura asfaltów podczas magazynowania nie powinna przekraczać wartości podanych w tablicy 11.2.

## 11.3. PRODUKCJA MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Asfalt dostarczony do wytwórni mieszanki mineralno-asfaltowej bądź emulsji asfaltowej powinien posiadać lepkość na tyle małą, aby było możliwe jego rozładowanie z autocysterny. Ponieważ lepkość asfaltu wiąże się ściśle z jego temperaturą (im wyższa temperatura asfaltu tym lepkość jego jest mniejsza), w chłodnych porach roku, podczas transportu asfaltu z rafinerii należy monitorować temperaturę asfaltu w autocysternie. Przyjmuje się, że minimalna temperatura pompowania osiągnięta jest przy lepkości asfaltu wynoszącej około 2 Pa·s.

Przegrzewanie mieszanki mineralno-asfaltowej podczas produkcji na otaczarni prowadzi do znacznego starzenia technologicznego asfaltu, co w konsekwencji zmniejsza trwałość nawierzchni asfaltowej. Dlatego nie należy przekraczać zalecanej maksymalnej temperatury produkcji, nawet w celu zapewnienia wymaganej urabialności i zagęszczalności na budowie.

**Podane w tablicy 11.2. temperatury nie dotyczą mieszanek mineralno-asfaltowych, do których dodawany jest środek w celu obniżenia temperatury jej wytwarzania i wbudowywania.**

Okres przechowywania świeżo wyprodukowanej mieszanki w silosie nie powinien doprowadzić do nadmiernego wychłodzenia mieszanki i jest uzależniony od następujących czynników:

- temperatury produkcji mieszanki,
- rodzaju mieszanki i zawartości w niej lepiszcza oraz jego rodzaju (asfalt drogowy, wielorodzajowy czy modyfikowany),
- obecności dodatków takich jak stabilizatory, modyfikatory czy środki adhezyjne,
- stanu technicznego i wyposażenia silosów (izolacja termiczna, ogrzewanie),
- ilości mieszanki mineralno-asfaltowej w silosie.

## 11.4. TRANSPORT MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Należy zwrócić szczególną uwagę na czystość skrzyń ładunkowych (bez resztek starej mieszanki mineralno-asfaltowej) samochodów dostarczających mieszankę na budowę. Wewnętrzna część skrzyń powinna być zroszona (bez nadmiaru) specjalnym środkiem zabezpieczającym ściany i dno przed przyklejaniem się mieszanki. Stosuje się tylko te środki antyadhezyjne do zraszania skrzyń ładunkowych, które nie działają szkodliwie na lepiszcze asfaltowe. **Nie wolno stosować do zraszania skrzyń ładunkowych oleju napędowego ani innych olejów mineralnych.**

Podczas transportu mieszanki należy bezwzględnie stosować przykrycie skrzyń ładunkowych plandekami. W warunkach obniżonej temperatury lub niekorzystnych warunków atmosferycznych zalecane jest stosowanie samochodów z izolowanymi skrzyniami ładunkowymi. W przypadku konieczności prowadzenia prac w bardzo niekorzystnych warunkach temperaturowych (temperatury  $< +5^{\circ}\text{C}$ , silny wiatr  $> 10\text{ m/s}$ , duże odległości transportu) należy rozważyć stosowanie między rozkładarką a samochodem wyładującym mieszankę urządzeń pośrednich z dodatkowym mieszalnikiem i podgrzewaniem mieszanki (MTV, *Shuttle-buggy*). Pracę transportu należy zorganizować w taki sposób, aby zapewniona była ciągłość dostaw mieszanki na budowę (bez postojów rozkładarki).

Po załadowaniu mieszanki mineralno-asfaltowej na samochód należy dokonać kontroli temperatury mieszanki oraz jej wizualnej oceny. Warto zwrócić uwagę na [1]:

- **niebieski dym** – unoszący się nad mieszanką – świadczy o jej znacznym przegrzaniu w czasie mieszania asfaltu z kruszywem (ponad  $200^{\circ}\text{C}$ ). W zasadzie została ona zniszczona (przepalona) i po wbudowaniu będzie się wykruszać oraz będzie nieodporna na wodę i mróz;
- **mieszanka „rozpływa się”** w skrzyni samochodu dostawczego – prawdopodobne przyczyny:
  - a. nastąpiło uszkodzenie dozownika asfaltu i mieszanka jest przeasfaltowana,
  - b. nieprawidłowy skład mieszanki mineralnej – brak którejś frakcji przy prawidłowej zawartości asfaltu,
  - c. nieprawidłowy skład mieszanki mineralno-asfaltowej – projekt w laboratorium od razu zakładał zbyt dużą zawartość asfaltu,
  - d. nastąpiło przedozowanie środka adhezyjnego.
- **po załadunku mieszanka tworzy ostry stożek, mieszanka ma kolor matowy, bez połysku** – może świadczyć o zbyt niskiej temperaturze mieszanki lub zbyt małej zawartości asfaltu; w rezultacie mieszanka może nie mieć odpowiedniej urabialności i zagęszczalności na budowie; normalnie mieszanka po załadunku powinna formować się w kształcie kopuły;
- **kruszywo nie jest otoczone całkowicie asfaltem** – prawdopodobne przyczyny:
  - a. zbyt mało asfaltu w mieszance (błąd w projektowaniu),
  - b. uszkodzony dozownik asfaltu,
  - c. zbyt niska temperatura asfaltu podczas otaczania kruszywa,
  - d. zbyt krótki czas mieszania „na mokro” w otaczarce.
- **ziarna grysów pokryte są pęcherzykami asfaltu** – zjawisko wygląda tak, jakby asfalt kipiał na powierzchni kruszywa; przyczyną jest znaczne zawilgocenie kruszywa, którego suszarka otaczarki nie była w stanie zlikwidować; zjawisko zdarza się częściej przy kruszywach o dużej nasiąkliwości i po dłuższych opadach deszczu.

## 11.5. WBUDOWYWANIE

Mieszanki betonu asfaltowego o wysokim module sztywności (AC EME) z asfaltami twardymi należy wbudowywać z największą dopuszczalną technologicznie i projektowo grubością warstwy. Dzięki temu polepszone zostaną warunki temperaturowe zagęszczania.

Podczas wbudowywania mieszanek na podłożu o podwyższonej temperaturze (świeżo wbudowanej warstwie) należy starannie kontrolować temperaturę w środku grubości wbudowywanej warstwy. Nie zaleca się stosowania termometrów bezkontaktowych, ale termometry ze stalowym trzpieniem umożliwiające zagłębienie w głąb warstwy.

W przypadku, gdy temperatura wbudowywanej mieszanki jest bardzo wysoka (a mieszanka stygnie bardzo powoli) nie należy rozpoczynać wałowania aż do momentu spadku temperatury umożliwiającej rozpoczęcie zagęszczania. W podobny sposób należy postępować, gdy mieszanka układana jest na gorącym podłożu (gorącej poprzedniej warstwie). Podane zalecenia nie dotyczą technologii *Kompaktasphalt*.

Mieszanka asfaltu lanego ze względu na dużą lepkość nie zawsze może być rozkładana ręcznie. Zalecane jest stosowanie mechanicznego sprzętu do wbudowywania oraz dodatków obniżających temperaturę wbudowywania. Należy uważać, na temperaturę i czas przechowywania mieszanki asfaltu lanego, wskazówki zamieszczono w rozdziale 10.

## 11.6. TEMPERATURY TECHNOLOGICZNE

Tablica 11.2. Minimalna i maksymalna temperatura asfaltów i mieszanek mineralno- asfaltowych w zależności od rodzaju asfaltu

Rodzaj asfaltu	Asfalt drogowy			Asfalt wielorodzajowy			Asfalt modyfikowany polimerami				
	PN-EN 12591 zał. NA			PN-EN 13924-2 zał. NA			PN-EN 14023 zał. NA				
	Asfalt 20/30	Asfalt 35/50	Asfalt 50/70	BITREX 20/30-64/74	BITREX 35/50-57/69	BITREX 50/70-54/64	ORBITON 10/40-65	ORBITON 25/55-60	ORBITON 45/80-55	ORBITON 45/80-65	ORBITON 65/105-60
<b>Temperatura [°C]</b>											
<b>Laboratorium:</b>											
Temperatura zagęszczania próbek Marshalla/w prasie żyrotorowej	155-160	140-145	135-140	160-165	145-150	140-145	150-155	145-150	145-150	150-155	145-150
<b>Temperatura składników na otaczarni:</b>											
Pompowanie asfaltu	>145	>140	>130	>150	>140	>140	>150	>150	>150	>150	>150
Magazynowanie asfaltu na otaczarni krótkotrwałe	do 190	do 190 (do 200 <sup>d</sup> )	do 190 (do 200 <sup>d</sup> )	do 190	do 190	do 190	do 190	do 190	do 190	do 190	do 190
<b>Temperatura gotowej mieszanki mineralno-asfaltowej w mieszalniku otaczarki:</b>											
Beton asfaltowy	<185	<180	<175	<185	<185	<180	<185	<185	<185	<185	<185
SMA	—	—	<175	—	<185	<180	—	<185	<185	<185	<185
Asfalt porowaty	—	—	—	—	—	—	—	—	<185	<185	<185
Asfalt lany	<220 <sup>a</sup>	<220 <sup>a</sup>	—	—	<200 <sup>b</sup>	--	<230 <sup>c</sup>	<230 <sup>c</sup>	<230 <sup>c</sup>	—	—
<b>Temperatura na budowie:</b>											
Minimalna temperatura dostarczonej mieszanki na budowę w koszu rozkładarki)	165	150	145	165	155	150	160	155	155	160	160
Temperatura końca efektywnego zagęszczania	>120	>115	>110	>125	>120	>115	>125	>125	>120	>125	>120

a) czas przebywania mieszanki asfaltu lanego w kotle w podanej temperaturze do 6 h, dopuszcza się wyższą temperaturę asfaltu lanego, do 230°C jeśli czas przebywania w kotle nie przekroczy 2 h  
b) czas przebywania mieszanki asfaltu lanego w kotle w podanej temperaturze do 4 h  
c) czas przebywania mieszanki asfaltu lanego w kotle w podanej temperaturze do 4 h, dopuszcza się wyższą temperaturę asfaltu lanego, do 230°C jeśli czas przebywania w kotle nie przekroczy 2 h  
d) maksymalna temperatura w zbiorniku 200°C tylko w wyjątkowych przypadkach dostaw z rafinerii asfaltu o takiej temperaturze

Tablica 11.3. Minimalna i maksymalna temperatura asfaltów i mieszanek mineralno- asfaltowych w zależności od rodzaju asfaltu wysokomodyfikowanego

	ORBITON 25/55-80 HiMA	ORBITON 45/80-80 HiMA	ORBITON 65/105-80 HiMA
	Temperatura [°C]		
<b>Laboratorium:</b>			
Temperatura zagęszczania próbek w ubijaku Marshalla/w prasie żyrotorowej	155-160	150-155	145-150
<b>Temperatura składników na otaczarni:</b>			
Pompowanie asfaltu	powyżej 160	powyżej 150	powyżej 140
Magazynowanie asfaltu na otaczarni krótkotrwałe (do 3 dni)	do 200	do 190	do 190
Magazynowanie asfaltu na otaczarni długotrwałe (powyżej 3 dni)	do 160	do 160	do 160
<b>Temperatura gotowej mieszanki mineralno-asfaltowej w mieszalniku otaczarki:</b>			
Beton asfaltowy	max. 195	max. 195	max. 185
SMA	max. 195	max. 195	max. 185
Asfalt porowaty	nie stosuje się	max. 195	max. 185
Asfalt lany	max. 220	max. 220	max. 200
<b>Temperatura na budowie:</b>			
Minimalna temperatura dostarczonej mieszanki na budowę (w koszu rozkładarki)	180	180	175
Temperatura końca efektywnego zagęszczania warstwy	>150	>145	>120



## Rozdział 12

### BEZPIECZEŃSTWO PRACY Z ASFALTAMI I OCHRONA ŚRODOWISKA

#### 12.1. WSTĘP

Ogólne aspekty bezpieczeństwa pracy, ochrony zdrowia i środowiska omówione poniżej dotyczą asfaltów pochodzenia naftowego, produkowanych przez firmę ORLEN Asphalt. Właściwości normowe asfaltów oraz aktualne wyniki badań zostały podane i omówione w pierwszej części Poradnika, (rozdziały 2 – 5).

Mimo tego, że asphalt nie jest klasyfikowany jako substancja niebezpieczna, karty charakterystyki asfaltów są powszechnie dostępne dla odbiorców, w celu zapewnienia maksimum bezpieczeństwa stosowania i pełnej informacji o produkcie.

Obszerne informacje ekologiczne i toksykologiczne oraz dane dotyczące identyfikacji zagrożeń, postępowania w przypadku pożaru czy niezamierzonego uwolnienia do środowiska dla wszystkich produktów ORLEN Asphalt zawarte są w aktualnych kartach charakterystyki, dostępnych na stronie internetowej spółki [13].

Wszystkie karty charakterystyki przekazywane do rąk klientów są zgodne z obowiązującymi przepisami UE: tj. z rozporządzeniem REACH (*Registration Evaluation and Authorisation of Chemicals*) oraz rozporządzeniem CLP (*Classification, Labelling, Packaging*).

W niniejszym rozdziale zwrócono uwagę tylko na niektóre aspekty dotyczące szeroko rozumianego BHP podczas pracy z asfaltami. Pełna informacja na ten temat zawarta jest wymienionych powyżej kartach charakterystyki.

Trzeba bezwzględnie stwierdzić, że przy rozpoznawaniu zagrożeń i ocenie ryzyka należy brać także pod uwagę fakt mieszania asfaltów drogowych z innymi substancjami czy dodatkami. Takie mieszaniny mogą generować dodatkowe zagrożenia. Jednak za zmiany, w wyniku których asphalt stanie się substancją niebezpieczną dla zdrowia człowieka czy dla środowiska, odpowiedzialność ponoszą producenci takich mieszanin.

#### 12.2. POTENCJALNE ZAGROŻENIA DLA ZDROWIA PODCZAS PRODUKCJI, MAGAZYNOWANIA, TRANSPORTU I STOSOWANIA LEPIEJCZY ASFALTOWYCH

##### 12.2.1. Transport asfaltu

Transport asfaltów podlega międzynarodowym przepisom dotyczącym transportu substancji niebezpiecznych. **Asfalty sklasyfikowano jako niebezpieczne z powodu wysokiej temperatury podczas transportu.** Zdecydowana większość produktów ORLEN Asphalt przewożona jest cysternami samochodowymi.

Transport drogowy substancji niebezpiecznych w Europie reguluje międzynarodowe porozumienie ADR (*L'Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route*), które wprowadza między innymi odpowiednie oznakowanie pojazdu przeznaczonego do przewozu asfaltów.



### 12.2.2. Oparzenia asfaltami (kontakt ze skórą, z oczami)

Temperatura podczas pracy z asfaltami drogowymi zwykle przekracza 100°C. Dlatego istotnym zagrożeniem mogącym wystąpić podczas pracy z asfaltami są oparzenia termiczne (do poparzeń trzeciego stopnia włącznie).

Do oparzeń może dojść w różnych sytuacjach: podczas normalnej pracy (np. poborze próbek, rozładunku cysterny, pracach remontowych itp.), ale także podczas zdarzeń awaryjnych, na przykład podczas niekontrolowanego wycieku gorącego asfaltu na skutek rozszczelnienia zbiornika czy nieprawidłowej pracy armatury odcinającej.

**Podczas pracy z gorącym asfaltem należy bezwzględnie stosować środki ochrony osobistej, takie jak:**

- kask ochronny z osłoną twarzy i karku – należy pamiętać, że okulary ochronne chronią tylko oczy!
- odzież i obuwie robocze,
- rękawice ochronne odporne na działanie wysokiej temperatury (uwaga: należy upewnić się, że do rękawic nie dostanie się gorący asfalt!).

Postępowanie w przypadku oparzeń:

- należy natychmiast schładzać oparzone miejsce bieżącą, zimną wodą przez co najmniej 10 minut,
- nie próbować usuwać asfaltu z obszaru oparzenia,
- w każdym przypadku poważnych oparzeń należy natychmiast wezwać pomoc lekarską.

### 12.2.3. Pożar (działania zapobiegawcze)

Nie należy przechowywać asfaltów drogowych w temperaturach powyżej 220°C. Wszelkie manipulacje należy prowadzić w temperaturze min. 30°C poniżej temperatury zapłonu. Warto wiedzieć, że temperatury zapłonu (badane w tyglu otwartym met. Clevelanda) asfaltów drogowych omawianych w tym poradniku wynoszą ponad 310°C (część pierwsza Poradnika, tablice z właściwościami). Obecne normy asfaltowe nie wymagają badania temperatury zapłonu w tyglu zamkniętym (met. Martensa-Pensky'ego), ale można przyjąć, że będzie ona niższa od otrzymanej z badania w tyglu otwartym.

W przypadku przegrzania asfaltu w zbiorniku istnieje prawdopodobieństwo powstawania łatwopalnych produktów rozkładu, które zwiększają ryzyko pożaru a nawet wybuchu. Zgodnie z kartą bezpieczeństwa chemicznego przygotowaną przez CONCAWE (*Conservation Of Clean Air And Water In Europe*) asfalty jako takie, nie są uważane za wybuchowe na podstawie rozważań strukturalnych i bilansu tlenowego [6]. Celem minimalizowania ryzyka powstawania oparów, należy unikać przegrzewania asfaltu, na skutek którego dochodzi również do utraty deklarowanych przez producenta właściwości produktu. Podczas eksploatacji zbiorników należy pamiętać o możliwości odkładania się na ich ściankach i dachach osadów, które mogą być źródłem samozapłonu w obecności tlenu.

### 12.2.4. Gaszenie pożaru asfaltu

Podstawową zasadą dotyczącą postępowania w przypadku wszystkich pożarów jest stosowanie właściwych środków gaśniczych. **Podczas gaszenia pożaru asfaltu nie wolno stosować zwartych strumieni wody skierowanych na powierzchnię płynnego asfaltu**, ponieważ istnieje bardzo poważne zagrożenie gwałtownych rozprysków gorącego asfaltu. Woda może zostać użyta jedynie do chłodzenia gorących powierzchni.

Odpowiednimi środkami gaśniczymi są: dwutlenek węgla, proszek gaśniczy, piana gaśnicza, piasek czy rozproszone prądy wodne.

#### **Postępowanie w przypadku pożaru asfaltu:**

- należy natychmiast wezwać Straż Pożarną,
- jeśli to nie zagraża naszemu bezpieczeństwu należy:
  - wyłączyć podgrzewanie asfaltu,
  - wyłączyć pompy cyrkulacyjne, itp.,
  - zamknąć zawory, co może przyczynić się do ograniczenia rozprzestrzeniania się pożaru.

#### **12.2.5. Pienienie w obecności wody**

W przypadku kontaktu gorącego asfaltu z wodą następuje pienienie asfaltu na skutek gwałtownego zwiększenia objętości (przemiany wody w parę wodną). Powstaje wtedy realne niebezpieczeństwo wykipienia asfaltu ze zbiornika czy cysterny. Pienieniu asfaltu mogą towarzyszyć rozpryski gorącego asfaltu.

Bardzo ważnym elementem podczas załadunku jest sprawdzenie, czy cysterna nie zawiera wody, a podczas rozładunku asfaltu – czy węże nie zawierają wody bądź wilgoci.

Zbiornik magazynowy na asfalt w każdym przypadku powinien być suchy. Pusty i zimny zbiornik powinno się napełniać początkowo niewielką ilością asfaltu, żeby umożliwić ewentualnej wilgoci znajdującej się w zbiorniku powolne odparowanie. Szybkie i nieostrożne napełnianie zimnego, długo nieużywanego zbiornika, co do którego nie ma się pewności, że jest suchy, może grozić gwałtownym wypienieniem asfaltu.

#### **12.2.6. Opary asfaltów (mgła asfaltowa, dymy)**

Gorące asfalty mogą wydzielać opary. Od wielu lat przemysł asfaltowy wspiera i organizuje badania naukowe dotyczące potencjalnego ryzyka zawodowego wynikającego z narażenia pracowników na opary asfaltowe. W Europie kontynuowane są dodatkowe badania i monitoring procesów produkcji. W przypadku, gdy temperatury technologiczne są ściśle kontrolowane tak, aby minimalizować emisję oparów z asfaltu, oraz obszar pracy z asfaltami jest otwarty albo dobrze wentylowany (kontrola warunków pracy) nie ma dowodów, że pary asfaltów stanowią zagrożenie dla zdrowia pracowników.

Badania z lipca 2009 na temat zachorowalności na raka płuc pracowników mających styczność z asfaltami, prowadzone przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (IARC – *The International Agency for Research on Cancer*) nie wykazały związku pomiędzy ryzykiem powstania raka płuc a ekspozycją na opary asfaltu [11].

Chociaż opary asfaltu nie zostały uznane za szkodliwe dla człowieka, mimo to przy pracach z gorącymi asfaltami należy unikać kontaktu z nimi oraz unikać wdychania oparów lub mgły rozgrzanego produktu. Długie narażenia na wysokie stężenia oparów/dymów z gorących asfaltów mogą powodować podrażnienia dróg oddechowych lub podrażnienie oczu, a nawet trudności w oddychaniu czy nudności. Należy więc dążyć do ograniczania tworzenia się oparów asfaltów.

Narażenie pracowników na opary/dymy asfaltów powinno być minimalizowane poprzez stosowanie tzw. dobrych praktyk [11]:

- utrzymywanie temperatur technologicznych możliwie na jak najniższych poziomach,
- praca przy dobrej wentylacji,
- rotacja wśród załogi w obrębie placu budowy,
- stosowanie środków ochrony indywidualnej, zwłaszcza w pomieszczeniach zamkniętych.

W razie zaistniałych ewentualnych trudności w oddychaniu spowodowanych nadmiernym wdychaniem oparów asfaltu należy:

- wynieść uszkodzowanego z obszaru zagrożenia na świeże powietrze,
- zasięgnąć pomocy lekarskiej w przypadku utrzymywania się trudności z oddychaniem.

### 12.2.7. Siarkowodór

Skład elementarny asfaltów jest zróżnicowany w zależności od natury chemicznej ropy, z której zostały one wyprodukowane oraz od metody produkcji [9]. Dla większości asfaltów na skład elementarny składają się również niewielkie ilości siarki. Dlatego też, przy długim magazynowaniu gorącego asfaltu w zbiornikach zamkniętych, z asfaltu może uwalniać się siarkowodór, którego stężenie – w skrajnych przypadkach – może osiągnąć niebezpieczną wartość. Przed wejściem do opróżnionego zbiornika konieczne jest jego wcześniejsze wywietrzenie, następnie pozostawienie pod stałym napływem powietrza oraz obniżenie temperatury. Po takim przygotowaniu zbiornika do wejścia pracowników do środka, należy wykonać dodatkowo analizy atmosfery wnętrza na zawartość tlenu oraz potencjalnych stężeń substancji wybuchowych lub toksycznych. Analiza powinna być wykonana nie wcześniej, jak 1 godzinę przed zamierzonym wejściem. Pracownik wchodzący do wnętrza zbiornika powinien być odpowiednio wyposażony w środki ochrony indywidualnej.

Na otwartej przestrzeni siarkowodór nie stanowi zagrożenia dla zdrowia i życia człowieka, ponieważ stężenie tego gazu w parach asfaltu jest bardzo małe.

### 12.2.8. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)

Obecność śladowych ilości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych – w skrócie WWA (ang. PAH – *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon*) w oparach asfaltu, budzi obawy dotyczące potencjalnego wpływu na zdrowie pracowników narażonych na działanie asfaltu lub oparów asfaltu. Stwierdzono, że niektóre policykliczne węglowodory aromatyczne wykazują właściwości rakotwórcze. Agencja Ochrony Środowiska USA sporządziła wykaz piętnastu węglowodorów uznanych za trujące. Spośród tych węglowodorów najsilniejsze działanie rakotwórcze ma benzo(a)piren. Kancerogenne działanie tego związku ma miejsce, gdy jego zawartość w lepischu przekracza 50 mg/kg. Tymczasem maksymalna zawartość benzo(a)pirenu w asfaltach wynosi 4 mg/kg, a sumaryczna zawartość WWA nie przekracza 40 mg/kg [2].

ORLEN Asphalt prowadzi dodatkowo badania swoich produktów pod kątem aspektów ekologicznych i toksykologicznych. W ostatnich latach przeprowadzono szereg badań pod kątem zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w mg/kg w próbkach popularnego asfaltu drogowego 35/50 techniką chromatografii gazowej (GC). We wszystkich badanych próbkach zawartość benzo(a)pirenu nie przekracza 0,5 mg/kg a suma WWA wynosi ok. 4,5 mg/kg.

Spółka zleciła także badanie emisji lotnych związków organicznych z próbek asfaltu drogowego 35/50 oraz asfaltu modyfikowanego ORBITON 25/55-60. Badanie wykonano metodą HS/GC-MS (chromatografia gazowa z detektorem mas). W analizie próbek lepischu nie stwierdzono emisji lotnych związków organicznych.

Pomimo istnienia niewielkich ilości WWA w asfaltach, nie ma dowodów, że kontakt z asfaltami czy oparami asfaltu może zwiększać ryzyko powstania raka płuc.

Wyniki pomiarów szkodliwych substancji chemicznych podczas przygotowywania mas asfaltowych oraz robót drogowych przeprowadzonych w różnych ośrodkach krajowych i zagranicznych wykazały, że w dymach asfaltów występuje benzo(a)piren na poziomie od 0,004 do 1,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [17]. Należy przypomnieć, że wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia (NDS) w środowisku pracy dla WWA oraz benzen(a)pirenu wynosi 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i jest ustalona Rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [19].

### 12.2.9. Atesty PZH

Wszystkie asfalty produkowane przez ORLEN Asphalt odpowiadają wymaganiom higienicznym. Spółka posiada na swoje wyroby Atest Higieniczny wydany przez Państwowy Zakład Higieny – Zakład Higieny Komunalnej o numerze HK/B/1054/01/2010.

### 12.3. PODSUMOWANIE

Podsumowując, warto przytoczyć wniosek końcowy ze szczegółowego koreferatu „*Badanie kliniczno-kontrolne przypadków nowotworu płuc zagnieżdżone w kohorcie pracowników europejskiej branży asfaltowej. Raport końcowy z lipca 2009 r.*” do raportu opublikowanego w 2009 roku przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (IARC). Koreferat został opracowany przez Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi [21]. We wniosku stwierdzono, że nie znaleziono spójnych dowodów na występowanie związku przyczynowo – skutkowego pomiędzy narażeniem (inhalacyjnym i dermalnym) na asfalty a ryzykiem zachorowania na raka płuc. Stwierdzona w badaniu kohortowym nadwyżka nowotworów płuca u pracowników narażonych na asfalty może być raczej przypisana intensywności palenia papierosów i ewentualnemu narażeniu na smołę węglową. Natomiast pozostałe badane czynniki zawodowe nie odgrywały istotnej roli w kształtowaniu ryzyka raka płuc.

Należy także zdawać sobie sprawę, że asfalt znajdujący się w mieszance mineralno-asfaltowej stanowiącej nawierzchnię asfaltową (droga, lotnisko, inna nawierzchnia) jest w postaci stałej i nie stwarza zagrożenia dla zdrowia ani dla środowiska naturalnego. Co więcej, asfalt jako jeden z nielicznych produktów do budowy dróg jest uznawany za ekologiczny ze względu na możliwość 100% recyklingu i ponownego wbudowania w nawierzchnię drogi.

## Rozdział 13

### LABORATORIA ASFALTOWE GRUPY KAPITAŁOWEJ ORLEN

#### 13.1 WPROWADZENIE

O ogromnym znaczeniu sprawnego, skutecznego i wiarygodnego laboratorium nie trzeba nikogo przekonywać. Bieżąca kontrola laboratoryjna pozwala w pełni nadzorować poprawność prowadzonych procesów produkcyjnych oraz sprawnie reagować w przypadku występujących problemów.

W GK ORLEN badania kontrolne produkcji i część prac badawczych wykonywane są w ORLEN Laboratorium oraz VÚAnCh, a.s. (Czechy).

Spółka ORLEN Laboratorium działa na rynku polskim od prawie 15 lat. Główna siedziba spółki wraz z Laboratorium Centralnym mieści się na terenie rafinerii PKN ORLEN w Płocku.

Laboratorium chemiczne VÚAnCh, a.s. zlokalizowane jest w Litvínovie w Czechach na terenie rafinerii Česka Rafinerska należącej również do GK ORLEN.

Laboratoria GK ORLEN są to jednostki prowadzące głównie działalność analityczną, skupiającą się przede wszystkim na bieżącej kontroli laboratoryjnej prowadzonych procesów na instalacjach produkcyjnych. Drugim kierunkiem działań są prace wdrożeniowe oraz badawczo-rozwojowe realizowane dla całej GK ORLEN.

#### 13.2 ORLEN LABORATORIUM

##### 13.2.1 Informacje ogólne

ORLEN Laboratorium jest to spółka wchodząca w skład GK ORLEN, należąca do czołówki polskich firm wykonujących analizy paliw, produktów ropopochodnych (w tym lepszycy asfaltowych), wód, ścieków, gleby, powietrza oraz nawozów i tworzyw sztucznych.

Wychodząc naprzeciw zapotrzebowaniu Klientów oraz dla potwierdzenia wysokiego standardu świadczonych usług, ORLEN Laboratorium pracuje w systemie zgodnym z międzynarodową normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005. Standard ten zawiera wytyczne dotyczące zarówno zarządzania jakością w laboratorium, jak i wymagania techniczne mające wpływ na prawidłowe wykonywanie badań.

Potwierdzeniem prawidłowego funkcjonowania systemu oraz uznaniem i potwierdzeniem kompetencji technicznych jest pozytywny wynik oceny prowadzonej przez niezależnych audytorów Polskiego Centrum Akredytacji oraz uzyskanie Certyfikatu Akredytacji nr AB 484 dnia 9 kwietnia 2004 r.

Jakość i wiarygodność usług świadczonych przez ORLEN Laboratorium potwierdza również wdrożony i stale doskonalony Zintegrowany System Zarządzania, który obejmuje: zarządzanie jakością (wg normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005), zarządzanie środowiskowe (wg normy PN-EN ISO 14001:2005), zarządzanie BHP (wg normy PN-EN 18001:2004) oraz zarządzanie bezpieczeństwem informacji (wg normy PN-ISO/IEC 27001:2014-12). Obejmuje on więc wszystkie obszary działalności spółki mające wpływ na jakość świadczonych usług oraz zapewnia, że, jakościowe i proekologiczne wymagania Klientów będą dotrzymanywane, a bezpieczeństwo pracy i ochrona zdrowia pracowników są zgodne z wymaganiami prawnymi i stale doskonalone.

ORLEN Laboratorium dzięki stosowaniu aktualnie obowiązujących, nowoczesnych technik i metod badawczych oraz ciągłemu inwestowaniu w najnowocześniejszy sprzęt laboratoryjny wykonuje analizy zgodnie z normami polskimi, europejskimi i amerykańskimi.

### 13.2.2. Laboratorium Centralne spółki ORLEN Laboratorium

Do 2015 roku, na terenie rafinerii PKN ORLEN w Płocku, zlokalizowanych było 8 laboratoriów obsługujących procesy produkcyjne prowadzone na Zakładzie Głównym.

W ramach programu: „Budowa i rozwój komponentu technologicznego i naukowo-badawczego Płockiego Parku Przemysłowo – Technologicznego dla ponadregionalnej działalności innowacyjnej” podjęto decyzję o centralizacji usług laboratoryjnych na terenie płockiej rafinerii. Dzięki inwestycji Płockiego Parku Przemysłowo-Technologicznego oraz dofinansowaniu ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w 2015 roku zostało uruchomione **Laboratorium Centralne** – jeden z najnowocześniejszych obiektów laboratoryjnych w kraju.



Rys. 13.1. Laboratorium Centralne, widok z zewnątrz (fot. dzięki uprzejmości PPP-T)

Sześć laboratoriów spółki ORLEN Laboratorium znajdujących się wcześniej na terenie rafinerii w Płocku zostało przeniesione do Laboratorium Centralnego. Założeniem inwestycji była optymalizacja procesów analitycznych, efektywniejsze wykorzystanie sprzętu laboratoryjnego oraz usprawnienia logistyczne poprzez koncentrację analityki dla różnych obiektów badań w jednej lokalizacji.

W Laboratorium Centralnym wykonywane są badania analityczne monitorujące procesy produkcyjne oraz prowadzone są prace rozwojowe i wdrożeniowe. Kompleks posiada 45 sal laboratoryjnych mieszczących ponad 1100 stanowisk badawczych. Swoją siedzibę ma tu również Dział Logistyki, który odpowiedzialny jest za specjalistyczny pobór i transport próbek.

W Laboratorium Centralnym wykonywany jest dotychczasowy zakres badań z przeniesionych laboratoriów, a więc: analizy paliw, produktów rafineryjnych i petrochemicznych, surowców, strumieni międzyoperacyjnych, lepszycy asfaltowych, wód ściekowych, osadów. Zakres świadczonych przez ORLEN Laboratorium usług jest więc bardzo szeroki i zawiera między innymi:

- usługi laboratoryjne w zakresie kwalifikacji jakości badanych produktów,
- usługi laboratoryjne w zakresie kontroli jakości paliw sprzedawanych w stacjach paliw i bazach magazynowych,
- usługi laboratoryjne w zakresie profesjonalnego poboru próbek paliw, produktów naftowych, wód, ścieków osadów i innych mediów,
- analizy fizykochemiczne paliw, biopaliw, LPG, olejów silnikowych, gaczy parafinowych, ropy naftowej,



- badania lepiszczy asfaltowych,
- badania olejów przepracowanych,
- badania biokomponentów,
- analizy mikrobiologiczne paliw,
- usługi laboratoryjne w zakresie badań fizykochemicznych gleb zaolejonych,
- badania fizykochemiczne nawozów,
- badania fizykochemiczne i mechaniczne tworzyw sztucznych,
- badania procesów korozyjnych,
- pomiary stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia, występujących na stanowiskach pracy,
- oceny narażenia zawodowego pracowników niezbędne do oszacowania ryzyka zawodowego,
- analizy z zakresu ochrony środowiska,
- pobór i analizy próbek pobranych z otworów obserwacyjnych (piezometrów),
- monitorowanie i analizę wód, ścieków, osadów i gleb,
- świadczenie usług w zakresie doradztwa technicznego i technologicznego.

Uruchomienie placówki było dla ORLEN Laboratorium ogromnym przedsięwzięciem, które wymagało koordynacji wielu obszarów oraz wielu miesięcy wytężonej pracy. Pracownicy spółki na bieżąco uczestniczyli w pracach projektowych w zakresie technologii stanowisk pracy.



*Rys. 13.2 Aparatura pomiarowa – widok ogólny (fot. ORLEN Asphalt sp. z o.o. dzięki uprzejmości ORLEN Laboratorium sp. z o.o.)*

Cechami, które na pewno wyróżniają Laboratorium Centralne w Płocku, są:

- ponadprzeciętne nasycenie infrastrukturą instalacyjną,
- systemy sygnalizacji pożaru oraz lokalnych zagrożeń chemicznych,
- monitoring zewnętrzny oraz wewnętrzny,
- wyposażenie sal laboratoryjnych w specjalistyczne meble laboratoryjne, np. dygestoria pracujące w trybie automatycznym z funkcją elektrycznego podnoszenia szyby i systemem zamykania sterowanym czujnikiem ruchu, z dużą komorą roboczą, bezpieczne przy niskich przepływach powietrza,
- całkowicie sterowalny i zbilansowany system nawiewu i wywiewu powietrza (VAV) energooszczędny oraz adekwatny w skuteczności i funkcji do ilości i wymogów prowadzonych analiz chemicznych reagujący automatycznie lub manualnie w stanach zagrożenia tj. w czasie przekroczenia stężeń substancji szkodliwych lub palnych.

Laboratorium Centralne jest największym obiektem analityczno-chemicznym w Polsce i szóstym co do wielkości z branżowych laboratoriów w Europie.

### 13.2.3. Pracownia Przerobu Ropy

Pracownia Przerobu Ropy, obsługująca instalację do produkcji asfaltów, funkcjonuje w strukturach ORLEN Laboratorium od 2003 r. Od lipca 2015 r. działa w ramach Laboratorium Rafinerii zlokalizowanego w **Laboratorium Centralnym**.

Podstawowym zadaniem pracowni jest kontrola analityczna realizowanych procesów rafineryjnych takich jak: wytwarzanie paliw, olejów, smarów, lepiszczy asfaltowych oraz innych produktów powstających w procesach przeróbki ropy naftowej.

Na poniższych zdjęciach przedstawiono przykład nowoczesnej aparatury badawczej wykorzystywanej podczas analiz lepiszczy asfaltowych.



*Rys. 13.3. Reometr dynamicznego ścinania DSR (fot. ORLEN Asphalt sp. z o.o. dzięki uprzejmości ORLEN Laboratorium sp. z o.o.)*



*Rys. 13.4. Mikroskop fluorescencyjny z lampą UV do badania mikrostruktury asfaltów (fot. ORLEN Asphalt sp. z o.o. dzięki uprzejmości ORLEN Laboratorium sp. z o.o.)*

Kontrola laboratoryjna procesu produkcji asfaltów, prowadzona jest w sposób ciągły (24/7), a analizy wykonywane są wg opracowanego i zatwierzonego Grafiku Analiz, zgodnego z wymaganiami Zakładowej Kontroli Produkcji. Metodyka badań lepiszczy asfaltowych zawiera analizy wykonywane według norm PN-EN, ASTM oraz metod własnych. Większość prowadzonych analiz objętych jest zakresem akredytacji AB 484. We wszystkich realizowanych badaniach wykorzystywane są zarówno wysoko zawansowane analizy instrumentalne, pozwalające na wnikliwą charakterystykę parametrów fizyko-chemicznych oraz reologicznych, jak również techniki klasyczne. Laboratorium Przerobu Ropy posiada bardzo szerokie i nowoczesne zaplecze pomiarowe, pozwalające na uzyskiwanie wyników prowadzonych badań o bardzo dużej czułości i dokładności.

Pracownia Przerobu Ropy badająca lepiszcza asfaltowe, nieprzerwanie od 2004 roku uzyskuje potwierdzenie krajowej jednostki akredytacyjnej – Polskiego Centrum Akredytacji posiadania kompetencji do wykonywania badań w ramach określonych w Zakresie Akredytacji AB 484 oraz spełnienia wymagań normy odniesienia PN-EN ISO/IEC 17025:2005 „System Zarządzania Jakością w Laboratorium Badawczym”.

Dział Badań i Rozwoju ORLEN Asphalt współpracuje z ORLEN Laboratorium od początku swojej działalności.



## 13.3 RESEARCH INSTITUTE OF INORGANIC CHEMISTRY – VÚANCH, A.S.

### 13.3.1 Informacje ogólne

Drugim centrum analityczno-badawczym funkcjonującym w ramach GK ORLEN jest laboratorium Research Institute of Inorganic Chemistry – VÚAnCh, a. s. znajdujące się w Litvínovie w Czechach na terenie rafinerii Česka Rafinerska.

Laboratorium chemiczne VÚAnCh, a. s. powstało w 1952 roku. Początkowo funkcjonowało jako laboratorium, którego głównym kierunkiem działania były analizy z zakresu chemii analitycznej i nieorganicznej. Obecnie laboratorium działa w ramach struktury Grupy Unipetrol, gdzie ze względu na charakter prowadzonych procesów technologicznych, działalność badawcza laboratorium musiała zostać rozszerzona o analizy z zakresu chemii organicznej, głównie dotyczące kontroli procesów petrochemicznych oraz rafineryjnych związanych z przeróbką ropy naftowej.

Dzięki dofinansowaniu ze środków Unii Europejskiej w latach 2010-2015 laboratorium zostało całkowicie zmodernizowane. Obecnie VÚAnCh jest największym i najlepiej wyposażonym centrum badawczo-rozwojowym w Czechach. Główną działalnością laboratorium jest bieżąca kontrola laboratoryjna prowadzonych procesów na instalacjach produkcyjnych. Ponadto, centrum badawcze VÚAnCh uczestniczy oraz koordynuje szereg programów badawczych oraz współpracuje z wieloma prestiżowymi jednostkami badawczymi w zakresie naukowym i edukacyjnym.

W chwili obecnej zaplecze techniczne i kadrowe laboratorium umożliwia swoim partnerom i klientom współpracę w następujących obszarach:

- optymalizacji procesów produkcyjnych,
- badania technologii syntezy podstawowych i / lub specjalnych związków nieorganicznych,
- badania technologii produkcji nawozów,
- unieszkodliwiania stałych, ciekłych i gazowych produktów odpadowych, minimalizacja recyklingu,
- syntezy katalizatorów wraz z optymalizacją procesów katalitycznych,
- technologii przerobu ropy naftowej – kontrola produkcji i jakości min. paliw, olejów i asfaltów.

Laboratorium chemiczne VÚAnCh posiada wdrożony system zarządzania jakością zgodny z międzynarodową normą ISO 9001:2008. Potwierdzeniem prawidłowo funkcjonującego systemu oraz kompetencji technicznych pracowników Spółki jest pozytywny wynik oceny prowadzonej przez niezależnych audytorów.

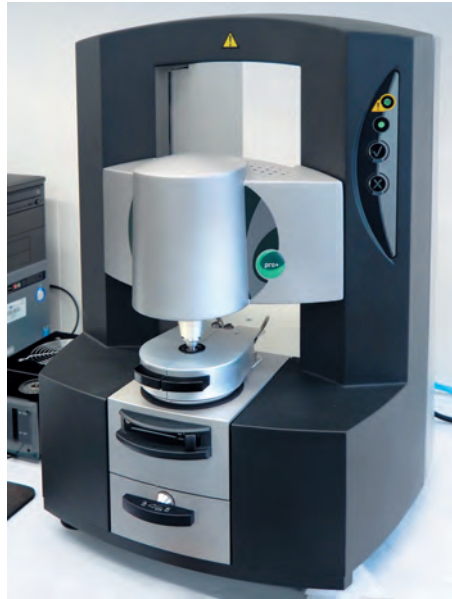
Centrum badawcze VÚAnCh oferuje swoim klientom szeroki zakres metod akredytowanych oraz metod własnych obejmujących analizy chemiczne oraz fizykochemiczne produktów naftowych, petrochemicznych i innych.

### 13.3.2 Pracownia badawczo-analityczna lepiszczy asfaltowych

Pracownia analityczna lepiszczy asfaltowych została założona w 1993 roku. Początkowo zakres badań wykonywanych w laboratorium obejmował tylko analizy klasyczne dotyczące oceny zgodności produkowanych asfaltów w oparciu o wymagania norm czeskich i europejskich.

W 2006 roku rozpoczęto implementację nowoczesnych metod badawczych, opartych na amerykańskim systemie *Superpave*, które umożliwiają badania funkcjonalne lepiszczy asfaltowych.

W latach 2010-2015 pracownia analityczna lepiszczy asfaltowych przeszła całkowitą modernizację. Obecnie znajduje się tam najnowocześniejszy sprzęt badawczy, umożliwiający prowadzenie badań na najwyższym poziomie.



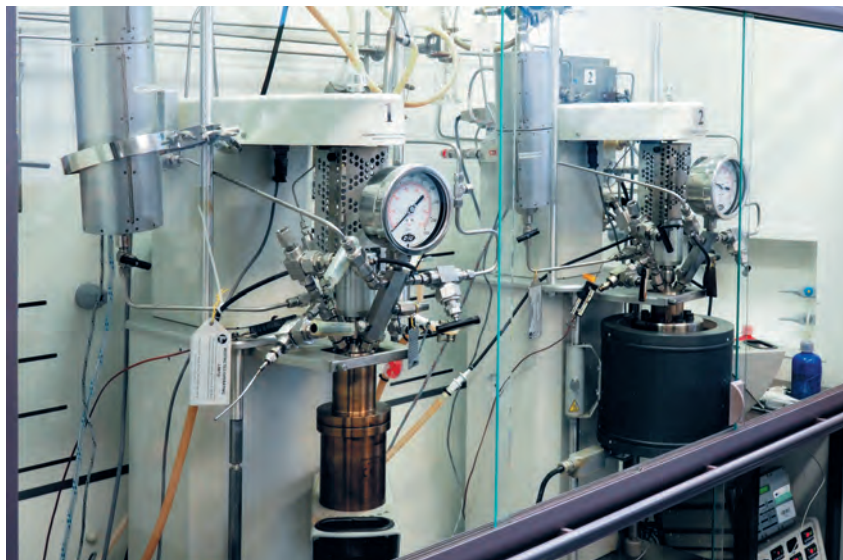
Rys. 13.5. Reometr dynamicznego ścinania DSR (fot. ORLEN Asphalt sp. z o.o. dzięki uprzejmości VÚAnCh, a. s.)



Rys. 13.6. Chromatografy gazowe, widok ogólny (fot. ORLEN Asphalt sp. z o.o. dzięki uprzejmości VÚAnCh, a. s.)

Kontrola analityczna procesu produkcji asfaltów prowadzona jest na bieżąco, w sposób gwarantujący odpowiednią jakość produktów końcowych. Metodyka badań lepiszczy asfaltowych opiera się na wymaganiach norm europejskich, na podstawie których wystawiane są dokumenty potwierdzające właściwości wyprodukowanych asfaltów oraz na wymaganiach i wytycznych zawartych w amerykańskich normach ASTM lub AASHTO.

Laboratorium zajmuje się także badaniami reologicznymi asfaltów, wpływem różnych czynników na właściwości końcowe lepiszczy asfaltowych oraz optymalizacją produkcji. W pracowniach znajdują się również instalacje testowe, służące do prowadzenia badań min. z zastosowaniem nowych polimerów, nowych katalizatorów w skali laboratoryjnej, które następnie po przeprowadzeniu niezbędnych testów mogą być implementowane do skali produkcyjnej.



Rys. 13.7. Instalacja testowa, do prowadzenia prób produkcyjnych w skali laboratoryjnej, widok ogólny (fot. ORLEN Asphalt sp. z o.o. dzięki uprzejmości VÚAnCh, a.s.)

Pracownicy centrum badawczego VÚAnCh, a.s. współpracują z wieloma jednostkami naukowymi w Czechach, uczestniczą w projektach wdrożeniowych oraz badawczo-rozwojowych. Angażują się również w działalność naukową i edukacyjną, a efekty swojej pracy publikują w wielu prestiżowych czasopiśmie branżowych.



Rys. 13.8. Przykłady publikacji pracowników Laboratorium VÚAnCh – plakaty z publikacjami (fot. ORLEN Asphalt sp. z o.o. dzięki uprzejmości VÚAnCh, a. s.)

Dział Badań i Rozwoju ORLEN Asphalt współpracuje z laboratorium VÚAnCh od 2009 roku.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Anderson R. M.; Walker D. E. ; Turner P. A. Low-temperature evaluation of Kentucky performance-graded 70-22 asphalt binders. Annual Meeting of the Transportation Research Board No78 (01/1999) 1999, no 1661 pp. 69-74
- [2] Bahia H.U. et al. Characterization of Modified Asphalt Binders in Superpave Mix Design. National Cooperative Highway Research Program 2001. REPORT 459. ISBN 0-309-06707-3
- [3] Bahia, H.U., and D.I. Hanson. "Survey Report of Modified Asphalt Binder Users, Producers, and Researchers," Project NCHRP 9-10 (Superpave Protocols for Modified Asphalt Binders), prepared for the National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. (February 1997)
- [4] Błażejowski K., Styk S. Technologia warstw asfaltowych. WKŁ 2004
- [5] Wymagani Techniczne GDDKiA „Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe”
- [6] CONCAWE: Chemical Safety Report. Part B. „Bitumen’ and „Oxidized Asphalt”
- [7] Development in Asphalt Binder Specifications. Transportation Research Circular E-C147. Transportation Research Board, December 2010, ISSN 0097-8515, pp. 39-40
- [8] Encyklopedia fizyki. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. 1972
- [9] Gawel I., Kalabińska M., Piłat J. Asfalty drogowe. Wydawnictwa Komunikacji I Łączności, wyd.2, 2014
- [10] ust J., Pawłowski K. Systemy oceny zgodności wyrobów budowlanych. Kryteria doboru systemu. Warszawa-Miedzeszyn 2003
- [11] <http://pl.wikipedia.org>
- [12] <http://www.eurobitume.eu/hse>
- [13] [http://www.orlen-asfalt.pl/informacje\\_tecniczne.php](http://www.orlen-asfalt.pl/informacje_tecniczne.php)
- [14] Kossowicz L., Polskie asfalty naftowe, Kraków 1968, Zjednoczenie Przemysłu Rafinerii Nafty
- [15] Habib N.Z., Kamaruddin I., Napiah M., Tan I.M., Effect of thermoplastic copolymers on microstructure and viscoelastic behavior of bitumen. Proceeding of Malaysian Universities Transportation Research Forum and Conferences 2010 (MUTRFC2010), 21 December 2010, Universiti Tenaga Nasional. ISBN 978-967-5770-08-1
- [16] Physical differentiation between air-rectified and oxidised bitumens. Technical Committee Task Force. Eurobitume, 15.04.2011
- [17] Pośniak M., Makhniashvili I., Kowalska J. (2000), Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w procesach stosowania asfaltów, „Bezpieczeństwo pracy nauka i praktyka” 7-8/2000, Centralny Instytut Ochrony Pracy.
- [18] Raport Bezpieczeństwa Chemicznego przygotowany przez CONCAWE. Część B. „Asfalt utleniony” i „Asfalt destylacyjny”
- [19] Rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy
- [20] Schramm G.: „Reologia. Podstawy i zastosowania”, Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań 1998
- [21] Szadkowska-Stańczyk I., Analiza wyników badań epidemiologicznych dotyczących ryzyka nowotworowego u pracowników branży asfaltowej i przygotowanie opracowania uwzględniającego opublikowane w 2009 roku przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakim (IARC) wyniki badań w zakresie tej problematyki, Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2010
- [22] Szydłowski C., Judycki J., Badania odporności na pękanie mieszanek mineralno-asfaltowych na próbkach półwałcowych, Drogownictwo 10/2015, pp. 348-353.
- [23] West R.C., Watson D.E., Turner P.A., Casola J.R. Mixing and Compaction Temperatures of Asphalt Binders in Hot-Mix Asphalt. NCHRP Report 648. Transportation Research Board. 2010
- [24] Soenen H., Ekblad J., Lu X., Redelius P., Isothermal Hardening in Bitumen and in Asphalt Mixes, Proceedings of the 3rd Euroasphalt and Eurobitume Congress, Vienna, May, 2004, vol. 2, pp. 1364-1375
- [25] Hesp S.A.M., Genin S.N., Scafe D., Shurvell H.F., Subramani S., Five Years Performance Review of a Northern Ontario Pavement Trial: Validation of Ontario’s Double-Edge-Notched Tension (DENT) and Extended Bending Beam Rheometer (BBR) Test Methods, Proceedings of the Canadian Technical Asphalt Association, Vol. 54, 2009, pp. 99-126
- [26] Zhao M.O., Hesp S.A.M., Performance Grading of the Lamont, Alberta C-SHRP Pavement Trial Binders, International Journal of Pavement Engineering, Vol. 7, No. 3, September, 2006, pp. 199-211
- [27] Lu X., Isacson U., Laboratory Study on the Low Temperature Physical Hardening of Conventional and Polymer Modified Bitumens, Construction and Building Materials, No. 14, 2000, pp. 79-88



- [28] Błażejowski K., Olszacki J., Peciakowski H. The influence of functional binder properties on asphalt mixtures performance, XIV-th Romanian National Congress of Roads and Bridges, 2014
- [29] LS-308 „Method of test for determination of performance grade of physically aged asphalt cement using extended beam rheometer (BBR) method”
- [30] Baglieria O., Dalmazzoa D., Baraziaa M., Tabatabaeeb H.A., Bahia H.A., Influence of Physical Hardening on the Low-Temperature Properties of Bitumen and Asphalt Mixtures, SIIV – 5th International Congress – Sustainability of Road Infrastructures, 2012
- [31] Judycki J. Twardnienie fizyczne asfaltów i mieszanek mineralno-asfaltowych oraz jego wpływ na spękania niskotemperaturowe, Drogownictwo 12/2013, pp. 368-373.
- [32] AASHTO TP 70: Standard Method of Test for Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)
- [33] Anderson R. M. (2011), „Understanding the MSCR Test and its Use in the PG Asphalt Binder Specification”, Asphalt Institute
- [34] Kluttz R., Willis R., Molenaar A., Scarpas T., Scholten E., Fatigue Performance of Highly Modified Asphalt Mixtures in Laboratory and Field Environment, 7th RILEM International Conference on Cracking in Pavements, 2012
- [35] Kluttz, R. Q., Molenaar A., Van de Ven M. F. C., Poot M.R., Liu X., Scarpas A., Scholten E.J., Modified Base Courses for Reduced Pavement Thickness and Improved Longevity. Proceedings of the International Conference on Perpetual Pavement, October, 2009, Columbus, OH.
- [36] Kluttz R. Q., Jellema E., Woldekidan M.F., Huurman M., Highly Modified Bitumen for Prevention of Winter Damage in OGFCs, Am Soc. Civil E., 2013.
- [37] Timm, D., Robbins M., Kluttz R., Full-Scale Structural Characterization of a Highly Polymer-Modified Asphalt Pavement, Proceedings of the 90th Annual Transportation Research Board, Washington, D.C., 2011.
- [38] Timm D.H., Robbins M.M., Willis J.R., Tran N., Taylor A.J., Field and Laboratory Study of High-Polymer Mixtures at the NCAT Test Track. Draft Report, National Center for Asphalt Technology, Auburn University, 2013.
- [39] Timm D., Powell R., Willis J., Kluttz R., Pavement Rehabilitation Using High Polymer Asphalt Mix, submitted for the Proc. 91<sup>st</sup> Annual Transp. Res. Board, Washington D.C., 2012.
- [40] West R., Timm D., Willis R., Powell B., Tran N., Watson D., Brown R., Robbins M., Vargas-Nordbeck A., Nelson J., Phase IV NCAT Pavement Test Track Findings, Draft Report, National Center for Asphalt Technology, Auburn University, February 2012.
- [41] Willis J., Timm D., Kluttz R., Taylor A., Tran, N. Laboratory Evaluation of a High Polymer Plant-Produced Mixture, submitted for the Assoc. Asphalt Paving Technology, Annual Meeting, Austin, TX, 2012.
- [42] Paczusi M., Przedlacki M., Lorek A. Technologia produktów naftowych, Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2015
- [43] Cortizoa M.S., Larsenb D.O., Bianchetob H., Alessandrini J.L., Effect of the thermal degradation of SBS copolymers during the ageing of modified asphalts, Polymer Degradation and Stability, Volume 86, Issue 2, November 2004, pp. 275-282
- [44] Anderson R.M. Understanding the MSCR Test and its Use in the PG Asphalt Binder Specification. Presentation Asphalt Institute, 31 August 2011
- [45] 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
- [46] Guidance on the Use of the MSCR Test with the AASHTO M320 Specification. Asphalt Institute Technical Advisory Committee, 2 December 2010
- [47] The Multiple Stress Creep Recovery (Mscr) Procedure. Tech Brief US Department of Transportation, Federal Highway Administration, FHWA-HIF-11-038, April 2011
- [48] AASHTO MP19 (*Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder Using Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test*)
- [49] AASHTO M 332-2014 (*Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder Using Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test*)
- [50] Arabani M., Ferdowsi B. Evaluating The Semi-Circular Bending Test For Hma Mixtures. IJE Transactions A: Basics. Vol. 22, No. 1, February 2009
- [51] Birgisson B., Montepara A., Romeo E., Roncella R. Napier J.A.L., Tebaldi G. Determination and prediction of crack patterns in hot mix asphalt (HMA) mixtures. Engineering Fracture Mechanics 75 (2008) 664–673
- [52] Biligiri K.P., Said S., Hakim H. Asphalt Mixtures’ Crack Propagation Assessment using Semi-Circular Bending Test. Int. J. Pavement Res. Technol. 5(4):209-217

## AUTORZY PORADNIKA ASFALTOWEGO



**dr inż. Krzysztof Błażejowski**

Absolwent Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej (1992). Autor wielu publikacji z dziedziny lepiszczy asfaltowych i nawierzchni asfaltowych. Dyrektor ds. Badań i Rozwoju w ORLEN Asfalt. Członek Sekcji Inżynierii Materiałów Budowlanych Polskiej Akademii Nauk. Rzecznik SITK RP w dziedzinie nawierzchni drogowych.



**mgr inż. Marta Wójcik-Wiśniewska**

Absolwentka Wydziału Chemii Politechniki Śląskiej w Gliwicach (2011). Specjalizuje się w zagadnieniach związanych z metodami badań lepiszczy asfaltowych. Dodatkowy obszar zainteresowań to badania z zakresu reologii oraz właściwości niskotemperaturowych asfaltów. Pracownik Działu Badań i Rozwoju w ORLEN Asfalt.

## Współautorzy poprzednich wydań Poradnika Asfaltowego



**dr inż. Jacek Olszacki**

Absolwent Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej (2000). Autor wielu publikacji z dziedziny nawierzchni z asfaltu porowatego i cichych nawierzchni. Zajmuje się także reologią lepiszczy asfaltowych, w tym badaniami z DSR. Pracownik Działu ds. Technologii, Badań i Rozwoju w ORLEN Asfalt w latach 2006-2014. Obecnie w PKN ORLEN S.A.



**mgr inż. Hubert Peciakowski**

Absolwent Wydziału Chemii, Petrochemii i Mechaniki Politechniki Warszawskiej (2003). Specjalizuje się w tematyce badawczej lepiszczy asfaltowych oraz w zagadnieniach procesów produkcji. Dodatkowy obszar zainteresowań to wpływ właściwości surowców na jakość produktów finalnych. Pracownik Działu ds. Technologii, Badań i Rozwoju w ORLEN Asfalt w latach 2008-2014. Obecnie w PKN ORLEN S.A.

## DZIAŁ BADAŃ I ROZWOJU (GT)

Komórka organizacyjna spółki ORLEN Asphalt. Istnieje od początku funkcjonowania spółki, tzn. od 2003 r. Zajmuje się prowadzeniem prac badawczych i rozwojowych w zakresie lepiszczy asfaltowych oraz mieszanek mineralno-asfaltowych, marketingiem technicznym oraz tworzeniem nowych wyrobów. Dla klientów firmy świadczy usługi doradztwa technicznego w zakresie zastosowań lepiszczy asfaltowych produkowanych przez spółkę.

W dorobku Działu B+R są zgłoszenia patentowe, złoty medal na Międzynarodowej Wystawie Wynalazków IWIS 2007 (asfalt wielorodzajowy BITREX) oraz nagroda polskiego Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za osiągnięcia wynalazcze (2007). W 2016 r. ORLEN Asphalt uzyskał nagrodę Lider Innowacji w konkursie Diamenty Polskiej Infrastruktury za asfalt wysokomodyfikowany ORBITON HiMA opracowany przez Dział Badań i Rozwoju.

Doradztwo techniczne dostępne jest dla klientów spółki pod adresem email:  
[doradztwo.technologiczne@orlen-asfalt.pl](mailto:doradztwo.technologiczne@orlen-asfalt.pl)







