



**Projekt realizowany w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia RID,
finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju
oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad**

Przedmiot umowy pn:

Ochrona przed hałasem drogowym

Tytuł przedmiotu umowy*:

**WYMAGANIA TECHNICZNE W ZAKRESIE ROZWIĄZAŃ MATERIAŁOWO-
TECHNOLOGICZNYCH NAWIERZCHNI ASFALTOWEJ REDUKUJĄCEJ
HAŁAS DROGOWY**

*zgodny z opisem, stanowiącym załącznik nr 1 do umowy nr DZP/RID-I-76/15/NCBR/2016
wytyczne/instrukcja/analiza/metodologia/wzór/rekomendacje

Akronim Projektu: OT1-1D/PK-PW-PWR-IBDiM-PL

Numer umowy: DZP/RID-I-76/15/NCBR/2016

Lider i Współwykonawcy: PK, PW, PWR, IBDiM, PL

Kierownik Projektu: prof. dr hab. inż. Marian Tracz

Data rozpoczęcia: 01.01.2016

Data zakończenia: 30.05.2018



Spis treści:

1.	Dokumenty powołane	2
1.	Zakres wytycznych	3
2.	Nawierzchnie o obniżonej hałaśliwości z mieszanki BBTM	3
2.1.	Podstawowe definicje	3
2.2.	Zastosowanie i zalecane materiały	4
2.3.	Projektowanie mieszanki BBTM	6
2.4.	Wykonanie warstwy ścieralnej BBTM o obniżonej hałaśliwości.....	10
3.	Nawierzchnie ciche z mieszanki PA.....	14
3.1.	Podstawowe definicje	14
3.2.	Zastosowanie i zalecane materiały	14
3.3.	Projektowanie mieszanki PA	15
3.4.	Wykonanie warstwy ścieralnej PA.....	17

1. DOKUMENTY POWOŁANE

Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 23 grudnia 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków.

PN-EN 13108-2:2016-07 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Wymagania – Część 2: Beton asfaltowy do bardzo cienkich warstw (BBTM).

PN-EN 13108-7:2016-07 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Wymagania – Część 7: Asfalt porowaty.

PN-EN 13808:2013-10 Asfalty i lepszczka asfaltowe - Zasady klasyfikacji kationowych emulsji asfaltowych.

WT-1 2014: Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utwaleń na drogach krajowych. Kruszywa - Wymagania Techniczne, Warszawa 2014 (załącznik do zarządzenia Nr 46 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 25.09.2014 r.).

WT-2 2010: Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych - Mieszanki mineralno-asfaltowe - Wymagania Techniczne, Warszawa 2010 (GDDKiA).

WT-2 2014: Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe - Wymagania Techniczne, Warszawa 2014 (załącznik do zarządzenia Nr 54 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 18.11.2014 r.).

WT-2 2016: Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych – część II Wykonanie warstw nawierzchni asfaltowych - Wymagania Techniczne, Warszawa 2016 (załącznik do zarządzenia Nr 7 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 09.05.2016 r.).

1. ZAKRES WYTYCZNYCH

Wytyczne zostały opracowane w celu przedstawienia wymagań technicznych w zakresie rozwiązań materiałowych oraz uwarunkowań technologicznych dotyczących wykonywania warstw ścieralnych asfaltowych nawierzchni drogowych redukujących hałas drogowy. W wytycznych zastosowano podział na dwie grupy: nawierzchnie o obniżonej hałaśliwości oraz nawierzchnie ciche.

Wytyczne przeznaczone są do stosowania na drogach klasy A, S, GP i G.

W dokumencie zaproponowano i scharakteryzowano mieszanki mineralno-asfaltowe BBTM i PA według nowej koncepcji opracowanej w Politechnice Warszawskiej (PW). Mieszanki są całkowicie zgodne z Wymaganiami Technicznymi WT-2 2014 w zakresie uziarnienia oraz częściowo w zakresie wymaganych właściwości. Przedstawione w niniejszych wytycznych oznaczenia BBTM 8A, BBTM 8B, BBTM 11A, BBTM 11B, PA 8 i PA 11 dotyczą mieszanek mineralno-asfaltowych redukujących hałas drogowy opracowanych wg nowej koncepcji PW.

2. NAWIERZCHNIE O OBNIŻONEJ HAŁAŚLIWOŚCI Z MIESZANKI BBTM

Półotwarta struktura warstw z mieszanek mineralno-asfaltowych, z odpowiednio ukształtowaną teksturą, wpływa na redukcję hałasu powstającego na styku opony z nawierzchnią. Do mieszanek o obniżonej hałaśliwości charakteryzujących się zwiększoną zawartością wolnych przestrzeni (ponad 7%) należy mieszanka mineralno-asfaltowa typu BBTM o uziarnieniu 8 oraz 11 mm. Mieszanki BBTM zgodne z Wymaganiami Technicznymi WT-2 2014 charakteryzują się szerokim przedziałem w zakresie zawartości wolnej przestrzeni; górna granica przedziału jest bliższa mieszankom o strukturze otwartej. W warunkach klimatu Polski warstwa wykonana z takiej mieszanki może nie być wystarczająco odporna na działanie czynników atmosferycznych. Nowoczesne mieszanki mineralno-asfaltowe BBTM, odporne na klimat Europy środkowo-wschodniej powinny charakteryzować się strukturą półotwartą (bliższą strukturze zamkniętej), odporną na działanie wody i mrozu, spójną ale jednocześnie zachowującą dobre cechy akustyczne, lepsze niż w przypadku nawierzchni z mieszanek standardowych. Wymaga to nowego podejścia do projektowania mieszanek o obniżonej hałaśliwości.

W Politechnice Warszawskiej opracowano, a następnie wdrożono koncepcję mieszanki mineralno-asfaltowej BBTM 8 o zwiększonej zawartości wolnej przestrzeni, co powoduje redukcję hałasu drogowego (nazywane **BBTM 8**). Struktura mieszanki jest spójna (pomimo zwiększonej zawartości wolnej przestrzeni), a tym samym jest odporna na działanie wody i środków odladzających oraz na wrywanie ziaren spowodowane ruchem samochodowym. Mieszanka BBTM 8 projektowana wg nowej koncepcji z zastosowaniem lepszego gumowo-asfaltowego jest szczególnie zalecana do budowy trwałych nawierzchni redukujących hałas drogowy.

2.1. Podstawowe definicje

Beton asfaltowy do bardzo cienkich warstw BBTM (fr. *Béton Bitumineuse Très Mince*, ang. *UE asphalt concrete for very thin layers*) w oryginalnym, francuskim założeniu jest to mieszanka mineralno-

asfaltowa do warstw ścieralnych o grubości 20-30 mm, wymagająca zagęszczenia, która ma nieciągłe uziarnienie i tworzy połączenia ziarno do ziarna, przez co mieszanka ma teksturę otwartą [1, 2].

Mieszanka typu BBTM jest najczęściej stosowana do cienkiej warstwy ścieralnej o obniżonej emisji hałasu toczenia (BBTM 8) i zwiększonej szorstkości (BBTM 8 i BBTM 11).

Mieszanki o obniżonej hałaśliwości BBTM, które są bardziej porowate od mieszanek standardowych o nieciągłym uziarnieniu (np. SMA), charakteryzują się mniejszym stopniem wypełnienia wolnych przestrzeni lepiszczem, wynoszącym ok. 70%. Ze względu na większą zawartość wolnych przestrzeni w szkieletie mineralnym mieszanki mineralno-asfaltowe BBTM są lepiej przystosowane do stosowania lepiszczy gumowo-asfaltowych. Budowa wewnętrzna takiej mieszanki pozwala, bez dużej korekty składu, na stosowanie lepiszcza gumowo-asfaltowego w zalecanej ilości, bez obawy o rozepchnięcie szkieletu mineralnego [3].

Należy zwrócić uwagę, że wg Wymagań Technicznych WT-2: 2014 zawartość wolnej przestrzeni w mieszance mineralno-asfaltowej BBTM 8 A i BBTM 8 B wynosi odpowiednio 12-19% i 20-25%. Tak otwarta struktura nawierzchni może skutkować obniżoną spójnością zagęszczonej warstwy i znacznie zmniejszoną odpornością na działanie wody, co z kolei przekłada się na trwałość warstwy ścieralnej. Tego typu mieszanki bliższe są technologii asfaltu porowatego niż technologii mieszanek o strukturze półotwartej.

Wg koncepcji BBTM 8 opracowanej w Politechnice Warszawskiej jest to mieszanka mineralno-asfaltowa o uziarnieniu 8 mm, do warstw ścieralnych o grubości 30 mm (max. 40 mm) i zwiększonej zawartości wolnej przestrzeni 4-12%, wymagająca zagęszczenia, która ma nieciągłe uziarnienie i tworzy połączenia ziarno do ziarna, przez co mieszanka ma teksturę półotwartą ale spójną i szczelną, o zwiększonej szorstkości i zdolnościach redukcji hałasu drogowego. Mieszanka BBTM 8 opracowana w PW jest rekomendowana do stosowania w przypadku wykonywania dróg o obniżonej hałaśliwości.

Mieszanka mineralno-asfaltowa o uziarnieniu 11 mm (BBTM 11) nie została opracowana w PW i powinna być projektowana zgodnie z WT-2: 2014, jednak zaleca się uwzględnić skorygowane wg koncepcji Politechniki Warszawskiej wymagane właściwości

2.2. Zastosowanie i zalecane materiały

Do projektowania mieszanki mineralno-asfaltowej o obniżonej hałaśliwości BBTM 8 (wg nowej koncepcji PW) przyjmuje się mieszankę mineralną wyjściową wg PN-EN 13108-2 „Mieszanki mineralno-asfaltowe – Wymagania – Część 2: Beton asfaltowy do bardzo cienkich warstw” oraz wg Wymagań Technicznych WT-2:2014. Opracowana wg nowej koncepcji mieszanka mineralno-asfaltowa BBTM 8 charakteryzuje się nieciągłą krzywą uziarnienia oraz znacząco zmniejszoną zawartością wolnej przestrzeni w porównaniu do mieszanki BBTM 8 wg WT:2014, co ma na celu zwiększenie spójności warstwy i jej odporności na działanie wody i mrozu.

W celu zachowania korzystnych cech akustycznych oraz trwałości nawierzchni, zaleca się stosowanie:

- w miejscach hamowania/przyspieszania/zatrzymania/włączania do ruchu pojazdów (obszar 100 m przed i za skrzyżowaniem i przejściem dla pieszych): mieszanki BBTM 8A o zawartości wolnej przestrzeni 4 - 8 % (fot. 2.1); długość odcinka drogowego wykonanego z BBTM 8A powinna wynosić min. 200 m.

- w miejscach ruchu pojazdów ze stałą prędkością: mieszanki BBTM 8B o zawartości wolnej przestrzeni 8 - 12 % (fot 2.2); długość odcinka wykonanego z BBTM 8B powinna wynosić min. 300 m.

W zakresie skuteczności akustycznej mieszanki BBTM 8A charakteryzują się mniej korzystnymi właściwościami w stosunku do mieszanek BBTM 8B. Ze względu na niższą prędkość pojazdów w miejscu aplikacji mieszanek BBTM 8A skuteczność akustyczna może być dodatkowo obniżona.



Fot. 2.1. Warstwa z mieszanki BBTM 8A



Fot. 2.2. Warstwa z mieszanki BBTM 8B

Zalecane zastosowanie mieszanek o obniżonej hałaśliwości BBTM oraz zalecane materiały przedstawiono w tablicy 2.1.

Mieszanki mineralno-asfaltowe o obniżonej hałaśliwości typu BBTM powinny być stosowane przede wszystkim na drogach, na których prędkość pojazdów wynosi minimum 50 km/h, a ruch pojazdów rolniczych jest zabroniony.

Tablica 2.1. Zastosowanie mieszanek BBTM do warstw konstrukcyjnych nawierzchni drogowych kategorii ruchu KR1-KR7 o obniżonej hałaśliwości oraz rodzaje zalecanych lepiszczy i kruszyw

Warstwa	Wyrób	Kategoria ruchu
		KR1-KR7
ścieralna	Mieszanki mineralno-asfaltowe	BBTM8 ^{a)} , BBTM11
	Lepiszczta asfaltowe	PMB 45/80-55, PMB 45/80-55 CR, PMB 45/80-65, PMB 45/80-80 PMB 65/105-60 ^{b)} PMB 65/105-80 ^{b)} Lepiszczta gumowo-asfaltowe ^{a), c)}
	Kruszywa mineralne	Wg Wytycznych Technicznych WT-1 2014

^{a)} zalecane wg BBTM-RID-hałas
^{b)} do cienkiej warstwy na gorąco BBTM o grubości nie większej niż 3,5 cm
^{c)} asfalt 70/100 z dodatkiem rozdrobnionej gumy o zawartości $\geq 15\%$ (m/m)

2.3. Projektowanie mieszanki BBTM

Do mieszanki o obniżonej hałaśliwości BBTM 8 (projektowanej wg koncepcji PW), z grupy lepiszczy wymienionych w tablicy 2.1 szczególnie zaleca się stosować lepiszcza gumowo-asfaltowe składające się z asfaltu 70/100 modyfikowanego rozdrobnioną gumą (metoda mokra) w ilości 15-18% w stosunku do masy lepiszcza całkowitego (asfalt + guma). Mieszanka BBTM z asfaltem modyfikowanym gumą, ze względu na dużą lepkość lepiszcza, nie wymaga zwykle stosowania stabilizatora w celu zapobieżenia spływowi lepiszcza (mastyksu) z ziaren kruszywa; zastosowanie stabilizatora należy potwierdzić w badaniach.

Uziarnienie mieszanki mineralnej oraz minimalną zawartość lepiszcza asfaltowego lub gumowo-asfaltowego podano w tablicy 2.2, a wymagane właściwości mieszanki BBTM 8A i BBTM 8B wg koncepcji Politechniki Warszawskiej przedstawiono w tablicy 2.3.

W przypadku stosowania mieszanki BBTM 8 do dróg o ruchu kategorii KR1-KR2 przyjęć można wymagania jak do projektowania mieszanki BBTM 8 do dróg o ruchu kategorii KR3-KR7.

Tablica 2.2. Uziarnienie mieszanki mineralnej oraz minimalna zawartość lepiszcza dla mieszanki o obniżonej hałaśliwości BBTM 8A i BBTM 8B przeznaczonej do ruchu kategorii KR1-KR7

Właściwość	Przesiew [% (m/m)]			
	BBTM 8A KR1-KR7		BBTM 8B KR1-KR7	
Wymiar sита # [mm]	od	do	od	do
11,2	100	100	100	100
8	90	100	90	100
5,6	55	75	46	65
4	35	55	25	45
2	25	35	15	25
0,125	10	15	6	11
0,063	7	9	4	6
Zawartość środka stabilizującego ^{a)}	0,3	1,5	0,3	1,5
Zawartość lepiszcza ^{b)}	$B_{min 5,6}$		$B_{min 5,4}$	

^{a)} W przypadku stosowania lepiszcza gumowo-asfaltowego należy sprawdzić zasadność stosowania stabilizatora

^{b)} Uwaga: podane minimalne zawartości asfaltu dotyczą mieszanki BBTM 8A i BBTM 8B do ruchu kategorii KR3-KR7 o referencyjnej gęstości mieszanki mineralnej wynoszącej 2,65 Mg/m³. W przypadku uzyskania innej gęstości mieszanki mineralnej dla B_{min} należy zastosować współczynnik korygujący α wg wzoru $\alpha = 2,65/\rho_a$, gdzie ρ_a – gęstość objętościowa ziaren kruszywa mieszanki mineralnej [Mg/m³], określona zgodnie z normą PN-EN 1097-6.

$$\alpha = \frac{2,650}{\rho_d}$$

Tablica 2.3. Wymagane właściwości mieszanki o obniżonej hałaśliwości BBTM 8A i BBTM 8B przeznaczonych do warstwy ścieralnej dla ruchu kategorii KR3-KR7

Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	BBTM 8A	BBTM 8B
Zawartość wolnych przestrzeni	Ubijanie, 2 × 50 uderzeń. Temp. zagęszczania 150±5°C	PN-EN 12697-8, p. 4 ^{a)}	$V_{m 4 do 8}^{e)}$	$V_{m 8 do 12}^{e)}$
Odporność na deformacje trwałe ^{a), c), d)}	C.1.20, wałowanie, P ₉₈ -P ₁₀₀	PN-EN 12697-22, metoda B w powietrzu, PN-EN 13108-20, D.1.6, 60°C, 10 000 cykli	$WTS_{AIR 0,3}^{e)}$ PRD_{AIR} Deklarowana	$WTS_{AIR 0,3}^{e)}$ PRD_{AIR} Deklarowana
Odporność na deformacje trwałe ^{a), c), d) *}	Wałowanie, P ₉₈ -P ₁₀₀	PN-EN 12697-22, duży aparat, temperatura 60°C, 3000 cykli	P_{15}	P_{15}
Odporność na działanie wody ^{b), c)}	Ubijanie, 2 × 35 uderzeń	PN-EN 12697-12, przechowywanie w temp. 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w temp. 25°C	$ITSR_{90}$	$ITSR_{90}$
Sptywność lepiscza	–	PN-EN 12697-18, p. 5	$D_{0,3}$	$D_{0,3}$

^{a)} Oznaczenie gęstości objętościowej metodą C w stanie uszczelnienia powierzchniowego ρ_{bsea} . Nie zaleca się stosowania parafiny do uszczelnienia powierzchniowego próbek.

^{b)} Ujednoliconą procedurę badania odporności na działanie wody z jednym cyklem zamrażania podano w załączniku 1, WT-2 2014.

^{c)} Procedurę kondycjonowania krótkoterminowego mieszanki mineralno-asfaltowej przed formowaniem próbek do badań funkcjonalnych i powiązanych funkcjonalnie podano w załączniku 2, WT-2 2014,

^{d)} Grubość płyty: BBTM 8 = 40 mm,

^{e)} wartości zalecane wg koncepcji PW

* metoda badania odporności na deformacje trwałe wg dużego aparatu może być stosowana alternatywnie w stosunku do metody B

Uziarnienie mieszanki mineralnej BBTM 11 oraz minimalną zawartość lepiszcza wg WT-2: 2014 podano w tablicy 2.4, a wymagane właściwości mieszanki BBTM 11A i BBTM 11B wg WT-2: 2014 oraz wg nowej koncepcji Politechniki Warszawskiej przedstawiono w tablicy 2.5.

W przypadku stosowania mieszanki BBTM 11 do dróg o ruchu kategorii KR1-KR2 przyjęć można wymagania jak do projektowania mieszanki BBTM 11 do dróg o ruchu kategorii KR3-KR7. Grubość warstwy BBTM 11 powinna wynosić 35 mm (max. 40 mm).

Tablica 2.4. Uziarnienie mieszanki mineralnej oraz minimalna zawartość lepiszcza dla mieszanki o obniżonej hałaśliwości BBTM 11A i BBTM 11B przeznaczonej do ruchu kategorii KR1-KR7 wg WT-2: 2014

Właściwość	Przesiew [% (m/m)]			
	BBTM 11A KR1-KR7		BBTM 11B KR1-KR7	
Wymiar sита # [mm]	od	do	od	do
16	100	-	100	-
11,2	90	100	90	100
8	-	-	-	-
2	25	35	15	25
0,063	7	9	4	6
Zawartość środka stabilizującego ^{a)}	0,3	1,5	0,3	1,5
Zawartość lepiszcza ^{b)}	$B_{\min} 6,0$		$B_{\min} 6,0$	

^{a)} W przypadku stosowania lepiszcza gumowo-asfaltowego należy sprawdzić zasadność stosowania stabilizatora

^{b)} Uwaga: podane minimalne zawartości asfaltu dotyczą mieszanki BBTM 11A i BBTM 11B do ruchu kategorii KR1-KR7 o referencyjnej gęstości mieszanki mineralnej wynoszącej 2,65 Mg/m³. W przypadku uzyskania innej gęstości mieszanki mineralnej dla B_{\min} należy zastosować współczynnik korygujący α wg wzoru $\alpha = 2,65/\rho_a$, gdzie ρ_a – gęstość objętościowa ziaren kruszywa mieszanki mineralnej [Mg/m³], określona zgodnie z normą PN-EN 1097-6.

$$\alpha = \frac{2,650}{\rho_d}$$

Tablica 2.5. Wymagane właściwości mieszanki o obniżonej hałaśliwości BBTM 11A i BBTM 11B przeznaczonych do warstwy ścieralnej dla ruchu kategorii KR3-KR7

Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	BBTM 11A	BBTM 11B
Zawartość wolnych przestrzeni	Ubijanie, 2 × 50 uderzeń. Temp. zagęszczania 150±5°C	PN-EN 12697-8, p. 4 ^{a)}	$V_{m 8 do 15}^{e)}$	$V_{m 15 do 20}^{e)}$
Odporność na deformacje trwałe ^{a), c), d)}	C.1.20, wałowanie, $P_{98-P_{100}}$	PN-EN 12697-22, metoda B w powietrzu, PN-EN 13108-20, D.1.6, 60°C, 10 000 cykli	$WTS_{AIR 0,3}^{e)}$ PRD_{AIR} Deklarowana	$WTS_{AIR 0,3}^{e)}$ PRD_{AIR} Deklarowana
Odporność na deformacje trwałe ^{a), c), d) *}	Wałowanie, $P_{98-P_{100}}$	PN-EN 12697-22, duży aparat, temperatura 60°C, 3000 cykli	P_{15}	
Odporność na działanie wody ^{b), c)}	Ubijanie, 2 × 35 uderzeń	PN-EN 12697-12, przechowywanie w temp. 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w temp. 25°C	$ITSR_{90}$	
Splywność lepiszczca	–	PN-EN 12697-18, p. 5	$D_{0,3}$	

^{a)} Oznaczenie gęstości objętościowej metodą C w stanie uszczelnienia powierzchniowego ρ_{bsea} . Nie zaleca się stosowania parafiny do uszczelnienia powierzchniowego próbek.

^{b)} Ujednoliconą procedurę badania odporności na działanie wody z jednym cyklem zamrażania podano w załączniku 1, WT-2 2014,

^{c)} Procedurę kondycjonowania krótkoterminowego mieszanki mineralno-asfaltowej przed formowaniem próbek do badań funkcjonalnych i powiązanych funkcjonalnie podano w załączniku 2, WT-2 2014,

^{d)} Grubość płyty: BBTM 11 = 40 mm,

^{e)} wartości zalecane wg koncepcji PW.

* metoda badania odporności na deformacje trwałe wg dużego aparatu może być stosowana alternatywnie w stosunku do metody B

2.4. Wykonanie warstwy ścieralnej BBTM o obniżonej hałaśliwości

Do produkcji i wbudowania warstwy ścieralnej z mieszanki BBTM należy stosować następujące urządzenia:

- wytwórnę (otaczarka) o mieszaniu cyklicznym lub ciągłym, z automatycznym komputerowym sterowaniem produkcji, do wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych,
- układarkę gąsienicową, z elektronicznym sterowaniem równości układanej warstwy,
- skrapiarke,

- walce stalowe gładkie,
- szczotki mechaniczne i/lub inne urządzenia czyszczące,
- samochody samowładowcze z przykryciem brezentowym lub termosami,
- sprzęt drobny.

Zakres temperatury mieszanki mineralno-asfaltowej podczas procesów technologicznych przedstawiono w tablicy 2.6. Temperatura mieszanki mineralnej nie powinna przekraczać o więcej niż 30°C najwyższej temperatury technologicznej mieszanki mineralno-asfaltowej.

Tablica 2.6. Najwyższa i najniższa temperatura mieszanki BBTM

Lepiszczce asfaltowe	Temperatura mieszanki mineralno-asfaltowej [°C]
Asfalt modyfikowany gumą	od 160 do 200
Polimeroasfalt	wg wskazań Producenta

Sposób i czas mieszania składników mieszanki mineralno-asfaltowej powinny zapewnić równomierne otoczenie kruszywa lepiszczem asfaltowym.

Uzyskanie wymaganej trwałości nawierzchni jest uzależnione od zapewnienia połączenia między warstwami i ich współpracy w przenoszeniu obciążenia nawierzchni ruchem. Podłoże powinno być skropione lepiszczem. Ma to na celu zwiększenie połączenia między warstwami konstrukcyjnymi oraz zabezpieczenie przed wnikaniem i zaleganiem wody między warstwami. Do złączania warstw konstrukcji nawierzchni (warstwa wiążąca z warstwą ścieralną) należy stosować kationowe emulsje asfaltowe lub kationowe emulsje modyfikowane polimerami według PN-EN 13808 (asfalt 70/100 modyfikowany polimerem lub lateksem butadienowo-styrenowym SBR).

Skropienie lepiszczem podłoża (np. z warstwy wiążącej asfaltowej), przed ułożeniem warstwy ścieralnej z mieszanki BBTM powinno być wykonane w ilości podanej w przeliczeniu na pozostałe lepiszcze, tj. $0,4 \div 0,8 \text{ kg/m}^2$, przy czym:

- zaleca się stosować emulsję modyfikowaną polimerem,
- ilość emulsji należy dobrać z uwzględnieniem stanu podłoża oraz porowatości mieszanki,
- jeśli mieszanka ma większą zawartość wolnych przestrzeni, to należy użyć większą ilość lepiszcza do skropienia, które po ułożeniu warstwy ścieralnej uszczelni ją.

Podłoże powinno być skropione emulsją asfaltową od 0,5 h do 2 h przed układaniem warstwy asfaltowej w celu odparowania wody.

Do uszczelnienia połączeń technologicznych (tj. złączy podłużnych i poprzecznych z tego samego materiału wykonywanego w różnym czasie oraz spoin stanowiących połączenia różnych materiałów lub połączenie warstwy asfaltowej z urządzeniami obcymi w nawierzchni lub ją ograniczającymi), należy stosować:

- materiały termoplastyczne, jak taśmy asfaltowe, pasty itp. według norm lub aprobat technicznych,
- emulsję asfaltową według PN-EN 13808 lub inne lepiszcza według norm lub aprobat technicznych.

Grubość materiału termoplastycznego do spoiny powinna wynosić:

- nie mniej niż 10 mm przy grubości warstwy technologicznej do 2,5 cm,

- nie mniej niż 15 mm przy grubości warstwy technologicznej większej niż 2,5 cm.

Mieszanke mineralno-asfaltową należy wbudowywać w odpowiednich warunkach atmosferycznych. Temperatura otoczenia w ciągu doby nie powinna być niższa od temperatury podanej w tabelicy 2.7. Temperatura otoczenia może być niższa w wypadku stosowania ogrzewania podłoża. Nie dopuszcza się układania mieszanki mineralno-asfaltowej asfaltowej podczas silnego wiatru ($V > 16$ m/s).

Tablica 2.7. Minimalna temperatura otoczenia podczas wykonywania warstw asfaltowych BBTM

Rodzaj robót	Minimalna temperatura otoczenia [°C]	
	przed przystąpieniem do robót	w czasie robót
Warstwa ścieralna o grubości > 4 cm	0	+5
Warstwa ścieralna o grubości ≤ 4 cm	+5	+10

W wypadku stosowania mieszanek mineralno-asfaltowych z dodatkiem obniżającym temperaturę mieszania i wbudowania należy indywidualnie określić wymagane warunki otoczenia.

Zagęszczanie rozłożonej mieszanki BBTM należy wykonywać wyłącznie walcami stalowymi. Do zagęszczania nie dopuszcza się używania walców na kołach ogumionych.

Wskaźnik zagęszczenia warstwy z mieszanki BBTM 8A i BBTM 8B nie może być mniejszy niż 98% a mieszanki BBTM 11A i BBTM 11B – nie mniejszy niż 97%. Właściwości wykonanej warstwy powinny spełniać warunki podane w tabelicy 2.8.

Tablica 2.8. Właściwości warstwy z mieszanki o obniżonej hałaśliwości BBTM

Typ i wymiar mieszanki	Projektowana grubość warstwy technologicznej [cm]	Wskaźnik zagęszczenia [%]	Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie [% (v/v)]
BBTM 8A	2,0÷4,0	97-101	4,0 ÷ 9,0
BBTM 8B	2,0÷4,0	97-101	8,0 ÷ 14,0
BBTM 11A	2,0÷4,0	97-101	8,0 ÷ 17,0
BBTM 11B	2,0÷4,0	97-101	14,0 ÷ 22,0

Mieszanka mineralno-asfaltowa powinna być wbudowywana rozkładarką wyposażoną w układ automatycznego sterowania grubości warstwy i utrzymywania niwelety zgodnie z dokumentacją projektową. W miejscach niedostępnych dla sprzętu dopuszcza się wbudowywanie ręczne.

Grubość wykonywanej warstwy powinna być sprawdzana co 25 m, w co najmniej trzech miejscach (w osi i przy brzegach warstwy).

Zakres badań Wykonawcy związanych z wykonywaniem nawierzchni jest następujący:

- pomiar temperatury powietrza,

- pomiar temperatury mieszanki mineralno-asfaltowej podczas wykonywania nawierzchni wg PN-EN 12697-13,
- ocena wizualna mieszanki mineralno-asfaltowej,
- wykaz ilości materiałów lub grubości wykonanej warstwy,
- pomiar spadku poprzecznego warstwy asfaltowej,
- pomiar równości warstwy asfaltowej,
- pomiar parametrów geometrycznych poboczy,
- ocena wizualna jednorodności powierzchni warstwy,
- ocena wizualna jakości wykonania połączeń technologicznych.

Wyniki badań kontrolnych są podstawą odbioru nawierzchni. Rodzaj badań kontrolnych mieszanki mineralno-asfaltowej i wykonanej z niej warstwy podano w tablicy 2.9.

Tablica 2.9. Rodzaj badań kontrolnych mieszanki BBTM

Lp.	Rodzaj badań
1	Mieszanka mineralno-asfaltowa ^{a), b)}
1.1	Uziarnienie
1.2	Zawartość lepiszcza
1.3	Temperatura mięknięcia lepiszcza odzyskanego
1.4	Gęstość i zawartość wolnych przestrzeni w próbce
2	Warstwa asfaltowa
2.1	Wskaźnik zagęszczenia ^{a)}
2.2	Spadki poprzeczne
2.3	Równość
2.4	Grubość lub ilość materiału
2.5	Zawartość wolnych przestrzeni ^{a)}
2.6	Właściwości przeciwpoślizgowe
^{a)} do każdej warstwy i na każde rozpoczęte 6000 m ² nawierzchni jedna próbka; w razie potrzeby liczba próbek może zostać zwiększona (np. nawierzchnie dróg w terenie zabudowy)	
^{b)} w razie potrzeby specjalne kruszywa i dodatki	

Prawidłowo wykonana warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej o podwyższonej zawartości wolnych przestrzeni powinna umożliwiać (pomimo rozwiniętej tekstury powierzchni) swobodne spływanie wody, zgodnie z nadanym spadkiem. Nawierzchnia w trakcie i tuż po opadach powinna być matowa - wilgotna. Oprócz konieczności zapewnienia odpowiednich spadków poprzecznych, warstwa ścieralna powinna znajdować się 1 cm powyżej elementów ścieku przykrawężnikowego (w przypadku zastosowania ścieku przykrawężnikowego).

3. NAWIERZCHNIE CICHE Z MIESZANKI PA

Otwarta struktura warstw z mieszanek mineralno-asfaltowych, z odpowiednio ukształtowaną teksturą wpływa na redukcję hałasu powstającego na styku opony z nawierzchnią. Do mieszanek cichych charakteryzujących się zwiększoną zawartością wolnych przestrzeni (ponad 18%) należy mieszanka mineralno-asfaltowa typu asfalt porowaty PA o uziarnieniu 8 i 11 mm.

3.1. Podstawowe definicje

Asfalt porowaty (ang. *porous asphalt*) jest to mieszanka mineralno-asfaltowa o bardzo dużej zawartości połączonych wolnych przestrzeni, które umożliwiają przepływ wody i powietrza, co zapewnia właściwości drenażowe i zmniejszające hałas drogowy, stosowana do warstw ścieralnych, wymagająca zagęszczenia, która ma nieciągłe uziarnienie i tworzy połączenia ziarno do ziarna, przez co mieszanka ma teksturę otwartą. Należy zwrócić uwagę, że wg Wymagań Technicznych WT-2: 2014 zawartość wolnej przestrzeni w mieszance mineralno-asfaltowej PA 8 i PA 11 do warstwy ścieralnej wynosi 18-24% i do dolnej warstwy w dwuwarstwowym układzie warstw ścieralnych porowatych wynosi 24-28%. W układzie dwuwarstwowym warstwy ścieralnej, do górnej warstwy stosuje się asfalt porowaty o mniejszym uziarnieniu, a do dolnej warstwy – o większym uziarnieniu.

Mieszanki ciche PA charakteryzują się mniejszym w stosunku do typowych mieszanek stopniem wypełnienia wolnych przestrzeni lepiszczem, wynoszącym ok. 60-70%. Asfalt porowaty jest mieszanką mineralno-asfaltową szczególnie wymagającą pod względem procesów technologicznych z powodu otwartej struktury nawierzchni.

3.2. Zastosowanie i zalecane materiały

Ciche mieszanki mineralno-asfaltowe typu PA projektuje się zgodnie z PN-EN 13108-7 oraz wg Wymagań Technicznych WT-2: 2014 (GDDKiA). Mieszanka charakteryzuje się nieciągłą krzywą uziarnienia.

Zalecane zastosowanie mieszanek cichych PA oraz zalecane materiały przedstawiono w tablicy 3.1.

Tablica 3.1. Zalecane zastosowanie mieszanek cichych PA do warstw konstrukcyjnych nawierzchni drogowych kategorii ruchu KR 3-7 oraz rodzaje zalecanych lepiszczy i kruszyw

Warstwa	Wyrób	Kategoria ruchu
		KR3-KR7
ścieralna	Mieszanki mineralno-asfaltowe	PA8, PA11
	Lepiszczta asfaltowe	PMB 45/80-55, PMB 45/80-55 CR, PMB 45/80-65, PMB 45/80-80 PMB 65/105-60

		PMB 65/105-80	
		Lepiszczce gumowo-asfaltowe ^{a)}	
	Kruszywa mineralne	Wg aktualnych Wytycznych Technicznych WT-1	
^{a)} asfalt 70/100 z dodatkiem rozdrobnionej gumy o zawartości $\geq 15\%$ (m/m)			

Mieszanki mineralno-asfaltowe ciche PA powinny być stosowane wyłącznie na drogach dwujezdniowych z węzłami drogowymi typu WA lub WB w miejscach, gdzie nie jest spodziewane zatrzymanie pojazdów, na których nie dopuszcza się ruchu pojazdów rolniczych i maszyn budowlanych oraz brak jest lokalnych zjazdów. Długość odcinka drogowego wykonanego z PA powinna wynosić min. 500 m.

Zaleca się ograniczenie stosowanie warstw porowatych cichych do dróg klas A (autostradach), S (ekspresowych) i GP (główna ruchu przyspieszonego).

Ze względu na skuteczność utrzymania nawierzchni porowatych najkorzystniejszym rozwiązaniem jest stosowanie nawierzchni porowatych na drogach o dopuszczalnej prędkości pojazdów powyżej 80 km/h, o minimalnej długości odcinka 1000 m i z maksymalną liczbą pasów w jednym kierunku 3 (pod warunkiem zapewnienia ich właściwego odwodnienia).

3.3. Projektowanie mieszanki PA

Do mieszanek cichych PA z grupy lepiszczy wyszczególnionych w tabelicy 3.1 szczególnie zaleca się stosować lepiszcze gumowo-asfaltowe składające się z asfaltu 70/100 modyfikowanego rozdrobnioną gumą w ilości 15-18% w stosunku do masy lepiszcza całkowitego (asfalt + guma). Grubość warstwy PA 8 i PA 11 powinna wynosić 40 - 50 mm.

Uziarnienie mieszanki mineralnej oraz minimalną zawartość lepiszcza asfaltowego lub gumowo-asfaltowego podano w tabelicy 3.2, a wymagane właściwości mieszanki PA 8 i PA 11 przedstawiono w tabelicy 3.3.

Tablica 3.2. Uziarnienie mieszanki mineralnej oraz minimalna zawartość lepiszcza dla mieszanki cichej PA 8 i PA 11 przeznaczonej do ruchu kategorii KR3-KR7 wg WT-2: 2014

Właściwość	Przesiew [% (m/m)]			
	PA 8 KR3-KR7		PA 11 KR3-KR7	
Wymiar sita # [mm]	od	do	od	do

16	-	-	100	-
11,2	100	-	90	100
8	90	100	5	15
5,6	5	15	-	-
2	5	10	5	10
0,063	3	5	3	5
Zawartość środka stabilizującego ^{a)}	≥ 0,5		≥ 0,4	
Zawartość lepiszcza ^{b)}	$B_{\min} 6,5$		$B_{\min} 6,0$	
<p>^{a)} W przypadku stosowania lepiszcza gumowo-asfaltowego należy sprawdzić zasadność stosowania stabilizatora</p> <p>^{b)} Uwaga: podane minimalne zawartości asfaltu dotyczą mieszanki PA do ruchu kategorii KR3-KR7 o referencyjnej gęstości mieszanki mineralnej wynoszącej 2,65 Mg/m³. W przypadku uzyskania innej gęstości mieszanki mineralnej dla B_{\min} należy zastosować współczynnik korygujący α wg wzoru $\alpha = 2,65/\rho_a$, gdzie ρ_a – gęstość objętościowa ziaren kruszywa mieszanki mineralnej [Mg/m³], określona zgodnie z normą PN-EN 1097-6.</p> $\alpha = \frac{2,650}{\rho_d}$				

Tablica 3.3. Wymagane właściwości mieszanki cichej PA 8 i PA 11 przeznaczonej do warstwy ścieralnej dla ruchu kategorii KR3-KR7 wg WT-2: 2014

Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	PA 8 i 11 do warstwy ścieralnej	PA 11 do dolnej warstwy (ukł. 2-warstwowy)

Zawartość wolnych przestrzeni	Ubijanie, 2 × 50 uderzeń. Temp. zagęszczania 150±5°C	PN-EN 12697-8, p. 4 ^{a)}	$V_{m 18 \text{ do } 24}$	$V_{m 24 \text{ do } 28}$
Odporność na działanie wody ^{b), c)}	Ubijanie, 2 × 35 uderzeń	PN-EN 12697-12, przechowywanie w temp. 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w temp. 25°C	$ITSR_{90}$	$ITSR_{80}$
Spywność lepiszcza	–	PN-EN 12697-18, p. 5	D_{NR}	D_{NR}
Ubytek ziaren	Ubijanie, 2 × 50 uderzeń	PN-EN 12697-17, temperatura 25°C	PL_{35}	PL_{35}
<p>^{a)} Oznaczenie gęstości objętościowej wg PN-EN 12697-6, metodą D na podstawie wymiarów</p> <p>^{b)} Ujednoliconą procedurę badania odporności na działanie wody z jednym cyklem zamrażania podano w załączniku 1, WT-2 2014,</p> <p>^{c)} Procedurę kondycjonowania krótkoterminowego mieszanki mineralno-asfaltowej przed formowaniem próbek do badań funkcjonalnych i powiązanych funkcjonalnie podano w załączniku 2, WT-2 2014.</p>				

3.4. Wykonanie warstwy ścieralnej PA

Do produkcji i wbudowania warstwy ścieralnej z mieszanki PA należy stosować następujące urządzenia:

- wytwórnę (otaczarka) o mieszaniu cyklicznym lub ciągłym, z automatycznym komputerowym sterowaniem produkcji, do wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych,
- układarkę gąsienicową, z elektronicznym sterowaniem równości układanej warstwy,
- skrapiarke,
- walce stalowe gładkie,
- szczotki mechaniczne i/lub inne urządzenia czyszczące,
- samochody samowładowcze z przykryciem brezentowym lub termosami,
- sprzęt drobny.

Zakres temperatury mieszanki mineralno-asfaltowej podczas procesów technologicznych przedstawiono w tabelicy 3.4. Temperatura mieszanki mineralnej nie powinna przekraczać o więcej niż 30°C najwyższej temperatury technologicznej mieszanki mineralno-asfaltowej.

Tablica 3.4. Najwyższa i najniższa temperatura mieszanki PA

Lepiszczce asfaltowe	Temperatura mieszanki mineralno-asfaltowej [°C]
Asfalt modyfikowany gumą	od 160 do 200
Polimeroasfalt	wg wskazań Producenta

Sposób i czas mieszania składników mieszanki mineralno-asfaltowej powinny zapewnić równomierne otoczenie kruszywa lepiszczem asfaltowym.

Uzyskanie wymaganej trwałości nawierzchni jest uzależnione od zapewnienia połączenia między warstwami i ich współpracy w przenoszeniu obciążenia nawierzchni ruchem.

Podłoże powinno być skropione lepiszczem. Ma to na celu zwiększenie połączenia między warstwami konstrukcyjnymi oraz zabezpieczenie przed wnikaniem i zaleganiem wody między warstwami. Do złączania warstw konstrukcji nawierzchni (warstwa wiążąca z warstwą ścieralną) należy stosować kationowe emulsje asfaltowe lub kationowe emulsje modyfikowane polimerami według PN-EN 13808 (asfalt 70/100 modyfikowany polimerem lub lateksem butadienowo-styrenowym SBR).

W przypadku stosowania dwuwarstwowej warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego, nie wolno stosować skropienia pomiędzy tymi warstwami.

Podłoże pod warstwę z asfaltu porowatego należy uszczelnić (przy dwuwarstwowym PA: pod dolną warstwą). Podłoże pod warstwę porowatą powinno być dokładnie oczyszczone w sposób mechaniczny i ręczny, a następnie skropione emulsją asfaltową w ilości: 0,8 kg/m² (0,5 kg/m² pozostałego asfaltu). Następnie tak przygotowaną warstwę należy posypać kruszywem łamanym lakierowanym frakcji 5/8 mm w ilości 7 kg/m², które należy wtłoczyć walcem w warstwę emulsji. Po wykonaniu wstępnego uszczelnienia, ponownie skrapia się podłoże emulsją w ilości 2,5 kg/m² (1,5 kg/m² ilość pozostałego lepiszcza). Warstwę uszczelniającą należy przygotować w taki sposób, aby nastąpiła penetracja lepiszcza w warstwę podłoża i odparowanie wody z emulsji i było możliwe poruszanie się maszyn drogowych bez ryzyka przyklejenia się lepiszcza i grysu do kół lub gąsienic pojazdów roboczych [4].

Nie należy stosować materiałów do uszczelnienia połączeń technologicznych (tj. złączy podłużnych i poprzecznych) w postaci lepiszczy, past i taśm, które spowodowałyby uszczelnienie otwartej struktury warstwy i uniemożliwienie swobodnego przepływu w niej wody w kierunku poziomym.

Mieszanek mineralno-asfaltowych należy wbudowywać w odpowiednich warunkach atmosferycznych. Temperatura otoczenia w ciągu doby nie powinna być niższa od temperatury podanej w tabelicy 3.5. Temperatura otoczenia może być niższa w wypadku stosowania ogrzewania podłoża. Nie dopuszcza się układania mieszanki mineralno-asfaltowej podczas silnego wiatru ($V > 16$ m/s).

W wypadku stosowania mieszanek mineralno-asfaltowych z dodatkiem obniżającym temperaturę mieszania i wbudowania należy indywidualnie określić wymagane warunki otoczenia.

Tablica 3.5. Minimalna temperatura otoczenia podczas wykonywania warstw asfaltowych z PA

Rodzaj robót	Minimalna temperatura otoczenia [°C]	
	przed przystąpieniem do robót	w czasie robót
Warstwa ścieralna PA bez względu na grubość	+10*	+10*
* temperatura podłoża co najmniej +5°C		

Zagęszczanie rozłożonej mieszanki PA należy wykonywać wyłącznie walcami stalowymi. Do zagęszczania nie dopuszcza się używania walców na kołach ogumionych. Ze względu na możliwość zniszczenia szkieletu gryсового w warstwie porowatej, a tym samym zatkania systemu kanałów odprowadzających wodę, podczas zagęszczania nie należy stosować wibracji.

Grubość warstwy ścieralnej (jednowarstwowej) z asfaltu porowatego PA powinna wynosić 4 cm, a pochylenie poprzeczne jednostronne - nie mniej niż 2,5% [4].

Wg WT-2: 2014 część II wskaźnik zagęszczenia warstwy z mieszanki PA 8 i PA 11 nie może być mniejszy niż 97%. Właściwości wykonanej warstwy powinny spełniać warunki podane w tabelicy 3.6.

Tablica 3.6. Właściwości warstwy cichej z PA wg WT-2: 2014

Typ i wymiar mieszanki	Projektowana grubość warstwy technologicznej [cm]	Wskaźnik zagęszczenia [%]	Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie [%{v/v}]
PA 8 i PA 11	4,0-5,0	97-101	16,0 ÷ 28,0

Mieszanka mineralno-asfaltowa powinna być wbudowywana rozkładarką wyposażoną w układ automatycznego sterowania grubości warstwy i utrzymywania niwelety zgodnie z dokumentacją projektową. W miejscach niedostępnych dla sprzętu dopuszcza się wbudowywanie ręczne.

Grubość wykonywanej warstwy powinna być sprawdzana co 25 m w co najmniej trzech miejscach (w osi i przy brzegach warstwy).

Zakres badań Wykonawcy związanych z wykonywaniem nawierzchni jest następujący:

- pomiar temperatury powietrza,
- pomiar temperatury mieszanki mineralno-asfaltowej podczas wykonywania nawierzchni wg PN-EN 12697-13,
- ocena wizualna mieszanki mineralno-asfaltowej,
- wykaz ilości materiałów lub grubości wykonanej warstwy,
- pomiar spadku poprzecznego warstwy asfaltowej,
- pomiar równości warstwy asfaltowej,
- pomiar parametrów geometrycznych poboczny,
- ocena wizualna jednorodności powierzchni warstwy,
- ocena wizualna jakości wykonania połączeń technologicznych.

Wyniki badań kontrolnych są podstawą odbioru nawierzchni. Rodzaj badań kontrolnych mieszanki mineralno-asfaltowej i wykonanej z niej warstwy podano w tabelicy 3.7.

Tablica 3.7. Rodzaj badań kontrolnych mieszanki PA

Lp.	Rodzaj badań
1	Mieszanka mineralno-asfaltowa ^{a), b)}
1.1	Uziarnienie
1.2	Zawartość lepiszcza
1.3	Temperatura mięknięcia lepiszcza odzyskanego
1.4	Gęstość i zawartość wolnych przestrzeni w próbce
2	Warstwa asfaltowa

2.1	Wskaźnik zagęszczenia ^{a)}
2.2	Spadki poprzeczne
2.3	Równość
2.4	Grubość lub ilość materiału
2.5	Zawartość wolnych przestrzeni ^{a)}
2.6	Właściwości przeciwpoślizgowe
^{a)} do każdej warstwy i na każde rozpoczęte 6000 m ² nawierzchni jedna próbka; w razie potrzeby liczba próbek może zostać zwiększona (np. nawierzchnie dróg w terenie zabudowy)	
^{b)} w razie potrzeby specjalne kruszywa i dodatki	

Prawidłowo wykonana warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej o bardzo dużej zawartości połączonych wolnych przestrzeni powinna umożliwiać swobodny przepływ wody w jej strukturze wewnętrznej, zgodnie z nadanym spadkiem. Nawierzchnia w trakcie i tuż po opadach powinna być matowa. Oprócz konieczności zapewnienia odpowiednich spadków poprzecznych, warstwa ścieralna powinna znajdować się 1 cm powyżej elementów ścieku przykrawężnikowego. Ścieki przykrawężnikowe powinny zostać wykonane z zastosowaniem rozwiązań technicznych dostosowanych do technologii asfaltu porowatego lub warstwa asfaltu porowatego nie powinna być ograniczona ściekiem przykrawężnikowym. Krawędź warstwy asfaltu porowatego nie powinna być uszczelniania w celu zapewnienia swobodnego wypływu wody.

Bibliografia:

- [1] Radziszewski P., Piłat J., Sarnowski M., Kowalski K., Król J.: Nawierzchnie asfaltowe na obiektach mostowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2016.
- [2] Piłat J., Radziszewski P., Król J.: Technologia materiałów i nawierzchni asfaltowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2015.
- [3] Radziszewski P., Sarnowski M., Król J., Kowalski K. J., Ruttmar I., Zborowski A.: Właściwości asfaltów modyfikowanych gumą i mieszanek mineralno-gumowo-asfaltowych. WKŁ, Warszawa 2017.
- [4] Kowalski K. J. i inni: Innowacyjna technologia nawierzchni drogowych o obniżonej emisji hałasu. Mostostal Warszawa S.A., Warszawa 2015.