

Instytut Badawczy Dróg i Mostów

**Zalecenia materiałowe i technologiczne nawierzchni
asfaltowych o zwiększonej trwałości (ZMT-NAZT 2006)**

(Projekt wersja 4)

Opracowano w Zakładzie Technologii Nawierzchni
pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Dariusza Sybilskiego

Warszawa, czerwiec 2006

Spis treści

1. Wprowadzenie	4
2. Dokumenty związane	5
3. Zalecenia doboru mieszanek mineralno-asfaltowych i lepiszczy asfaltowych	8
4. Zalecenia do projektowania składu mieszanek mineralno-asfaltowych	16
5. Zalecane właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych	17
5.1. Beton asfaltowy (BA) do podbudowy	17
5.2. Beton asfaltowy (BA) do warstwy wiążącej	21
5.3. Beton asfaltowy (BA) do warstwy ścieralnej	25
5.4. Beton asfaltowy o wysokim module sztywności (BAWMS) do warstwy wiążącej i warstwy podbudowy	29
5.5. Mieszanka SMA do warstwy ścieralnej	32
5.6. Mieszanka o nieciągłym uziarnieniu MNU do warstwy ścieralnej	36
6. Połączenie międzywarstwowe. Wymagania.	37
7. Konstrukcja półsztywna. Zmniejszenie ryzyka spękań odbitych	38
8. Zalecany dobór i układ warstw nawierzchni	40
9. Badanie połączenia międzywarstwowego próbek laboratoryjnych i z nawierzchni asfaltowej. Instrukcja.	41
10. Badanie odporności na zmęczenie mieszanki mineralno-asfaltowej	47

1. Wprowadzenie

Podstawowym problemem w latach 1990tych w Polsce były deformacje trwałe nawierzchni asfaltowych, wybudowanych w ubiegłych latach i nie dostosowanych do zwiększonego obciążenia ruchem drogowym, zwłaszcza przy jednoczesnym wzroście temperatury w tym okresie.

W celu przeciwdziałania powstawaniu deformacji nawierzchni asfaltowych opracowano w IBDiM metodę pomiarową i zalecenia doboru materiałów zwiększających odporność betonu asfaltowego na deformacje trwałe. Zalecenia te i metodyka badawcza zostały zaakceptowane przez GDDP i szybko upowszechniły się, stając się standardem w specyfikacjach kontraktowych.

Konieczność zwiększenia odporności na koleinowanie nawierzchni asfaltowych było pierwszym i podstawowym zadaniem. Najczęściej przyjmowano jednak najprostsze i najtańsze, stosowane w świecie rozwiązania:

- zmniejszenie zawartości asfaltu
- zastosowanie twardszego asfaltu
- zwiększenie największego ziarna mieszanki mineralno-asfaltowej.

Postawiony cel zwiększenia odporności na koleinowanie został w znacznej mierze uzyskany, lecz niestety objawiły się wady przyjętych rozwiązań materiałowych:

- pogorszenie wodo- i mrozoodporności warstwy ścierniczej z betonu asfaltowego o zwiększonej odporności na deformacje trwałe wg zeszytu 48
- zmniejszenie trwałości zmęczeniowej betonu asfaltowego w wypadku zbyt małej grubości nawierzchni (co niestety często się spotyka).

Równolegle wdrażano nową technologię mieszanki mastyksowo-grysowej SMA. Koncept tej mieszanki powstał w Niemczech w celu zwiększenia odporności na deformacje nawierzchni asfaltowej i upowszechnił się w świecie jako alternatywa betonu asfaltowego.

Wdrożenie betonu asfaltowego o zwiększonej odporności na koleinowanie opóźniło niestety upowszechnienie stosowania mieszanki SMA. Nowe narzędzie w postaci metody badania pełzania, jako kryterium oceny właściwości mieszanki w wysokiej temperaturze, umożliwiło poprawę odporności na deformacje. Uzyskano to prostymi metodami w projektowaniu betonu asfaltowego: zmniejszenia zawartości asfaltu i zastosowaniu gruboziarnistych mieszanek. Nie towarzyszyła temu jednak ocena innych ważnych właściwości funkcjonalnych mieszanki: zmęczenia i odporności niskotemperaturowej. Brak było odpowiednich ku temu narzędzi. Efektem było zwiększenie sztywności betonu asfaltowego, przy osłabieniu odporności na pękanie, tak zmęczeniowej, jak i niskotemperaturowe.

Przedstawiane Zalecenia mają na celu wdrożenie systemu doboru materiałów, projektowania składu mieszanek mineralno-asfaltowych, projektowania konstrukcji nawierzchni, doboru rozwiązań technologicznych, które łącznie sprawią, że projektowane i budowane nawierzchnie asfaltowe będą trwałe, tj. w przewidywanym okresie eksploatacji będą odporne na koleinowanie, pękanie niskotemperaturowe, pękanie zmęczeniowe, spękania odbite, działanie wody. Nawierzchnie te będą również bezpieczne i komfortowe dla użytkownika, zapewniając odpowiednie cechy powierzchniowe – teksturę i współczynnik tarcia. Uwzględniono również potrzebę zmniejszenia uciążliwości dla otoczenia poprzez zmniejszenie hałaśliwości ruchu.

Przedstawione tu zalecenia są rezultatem prac IBDiM w ciągu ostatnich kilkunastu lat obejmujących zagadnienia istotne dla trwałości nawierzchni drogowej i jej cech użytkowych:

- nowe technologie: mieszanki SMA, beton asfaltowy o wysokim module, cienkie warstwy na gorąco
- trwałość zmęczeniowa mieszanek mineralno-asfaltowych
- moduł sztywności mieszanek mineralno-asfaltowych
- odporność na niską temperaturę mieszanek mineralno-asfaltowych
- wodoodporność mieszanek mineralno-asfaltowych
- połączenie między warstwami nawierzchni
- cechy powierzchniowe nawierzchni.

Proponowane w Zaleceniach rozwiązania technologiczne i materiały są ogólnie dostępne i już stosowane w Polsce w skali przemysłowej. Ich upowszechnieniu nie powinny towarzyszyć obawy.

Proponowane metody badań są zarówno metodami dotychczas powszechnie stosowanymi, bądź nowymi, sprawdzonymi, lecz nieupowszechnionymi z powodu najczęściej braku odpowiedniego sprzętu laboratoryjnego, np. badanie zmęczenia.

W najbliższym czasie nastąpi też weryfikacja stosowanych metod badań (i sprzętu) wraz z ich dostosowaniem do norm europejskich. Proponowany system uwzględnia tę okoliczność. Nowe metody badań są zgodne z normami europejskimi. Opracowanie i wdrożenie zaleceń krajowych nie pozostaje w sprzeczności z ustanowieniem norm europejskich. Normy europejskie mają na celu harmonizację metod badań, natomiast wymagania wobec produktów ustanawiane są odrębnie przez poszczególne kraje z uwzględnieniem własnych warunków klimatycznych, technicznych i technologicznych.

Ostateczne ustanowienie produktowych norm europejskich dla mieszanek mineralno-asfaltowych nastąpi w roku 2007. Zważając na ten fakt i potrzebę jak najpilniejszego uregulowania zaleceń technologicznych w naszym kraju, proponuje się przyjąć niniejsze zalecenia z wyprzedzeniem w stosunku do przewidywanego w przyszłości dopasowania naszych wymagań do norm europejskich. Przygotowane zalecenia uwzględniają to wprowadzając, na ile to obecnie możliwe metody badań według ustanowionych lub projektowanych norm europejskich.

2. Dokumenty związane

PN-S-96025:2000: Drogi samochodowe i lotniskowe. Nawierzchnie asfaltowe. Wymagania

PN-EN 12591:2002: Asfalty i produkty asfaltowe. Wymagania dla asfaltów drogowych
prPN-EN 13924: Bitumen and bituminous binders – Specifications for hard paving grade bitumens (Asfalt i lepiszcza asfaltowe – Wymagania dla twardych rodzajów asfaltów drogowych) (w opracowaniu)

Tymczasowe Wytyczne Techniczne. Polimeroasfalty Drogowe TWT-PAD-2003, Informacje, Instrukcje, Zeszyt 65, IBDiM, 2003

Dokument Aplikacyjny do normy PN-EN 13043: 2004: Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu

PN-EN 12697-1:2005: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 1: Zawartość lepiszcza rozpuszczalnego

PN-EN 12697-2:2003 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych stosowanych na gorąco. Część 2: Oznaczenie uziarnienia mieszanki mineralnej

PN-EN 12697-3:2005: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 3: Odzysk asfaltu: Wyparka obrotowa

PN-EN 12697-4:2005: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 4: Odzysk asfaltu: Kolumna do destylacji frakcyjnej

PN-EN 12697-5:2005: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 5: Oznaczanie gęstości

PN-EN 12697-6:2005: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 6: Oznaczanie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej

PN-EN 12697-8:2005: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 8: Oznaczanie zawartości wolnej przestrzeni

PN-EN 12697-12:2004 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 12: Określanie wrażliwości próbek asfaltowych na wodę

PN-EN 12697-13:2005: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 13: Pomiar temperatury

PN-EN 12697-14:2005: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 14: Zawartość wody

PN-EN 12697-18:2005 (U) Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 18: Wyptyw lepiszcza

PN-EN 12697-21:2004 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 21: Badanie głębokości wgębenia za pomocą płaskich próbek (*Badanie penetracji*)

PN-EN 12697-22:2004 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 22: Trasowanie kołem (*Badanie koleinowania*)

PN-EN 12697-23:2004 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 23: Określanie pośredniej wytrzymałości na rozciąganie próbek asfaltowych

PN-EN 12697-24:2005 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 24: Odporność na zmęczenie

PN-EN 12697-26:2005 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 26: Sztywność

PN-EN 12697-27:2005: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 27: Pobieranie próbek

PN-EN 12697-28:2005: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 28: Przygotowanie próbek do oznaczania zawartości lepiszcza, zawartości wody i uziarnienia

PN-EN 12697-29:2003 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metoda badania mieszanek mineralno-asfaltowych stosowanych na gorąco. Część 29: Pomiar próbki z zagęszczonej mieszanki mineralno-asfaltowej

PN-EN 12697-30:2005 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 30: Przygotowanie próbek zagęszczonych przez ubijanie

PN-EN 12697-33:2004 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 33: Przygotowanie próbek przy użyciu ubijaka walcowego

PN-EN 12697-34:2005 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 34: Test Marshalla

PN-EN 12697-35:2005 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 35: Mieszanie laboratoryjne

PN-EN 12697-36:2005: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 36: Oznaczanie grubości nawierzchni asfaltowych

PN-EN 12697-38:2005 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 38: Ogólne wyposażenie (sprzęt) i cechowanie

PN-EN 12697-39:2005 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 39: Badanie zawartości lepiszcza przez zapłon

PN-EN 12697-41:2005 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 41: Odporność na płyny zapobiegające oblodzeniu

PN-EN 12697-43:2005 (U): Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 43: Odporność na paliwo

Procedury badań do projektowania składu i kontroli mieszanek mineralno-asfaltowych, Informacje, Instrukcje, Zeszyt 64, IBDiM, 2002

Zasady wykonywania nawierzchni z mieszanki SMA (ZW-SMA 2001), Wydanie III uzupełnione, Informacje, Instrukcje, IBDiM, 2001

Zalecenia wykonywania cienkich warstw na gorąco (ZW-CWG 2006). Seria I, Zeszyt 69, IBDiM, 2006

Zasady wykonywania nawierzchni asfaltowej o zwiększonej odporności na koleinowanie i zmęczenie ZW-WMS 2006, Wydanie II, uzupełnione, Informacje, Instrukcje, Zeszyt 70, IBDiM, 2006.

3. Zalecenia doboru mieszanek mineralno-asfaltowych i lepiszczy asfaltowych

W tabelicy 1 przedstawiono zalecane mieszanki i lepiszcza do poszczególnych warstw. Uwzględniono zarówno wymagane cechy mechaniczne nawierzchni (odporność na koleinowanie, zmęczenie, pękanie niskotemperaturowe), jak też cechy powierzchniowe warstwy ścieralnej.

Tablica 1. Zalecenia doboru materiałów do warstw nawierzchni z uwzględnieniem obciążenia ruchem i warunków klimatycznych

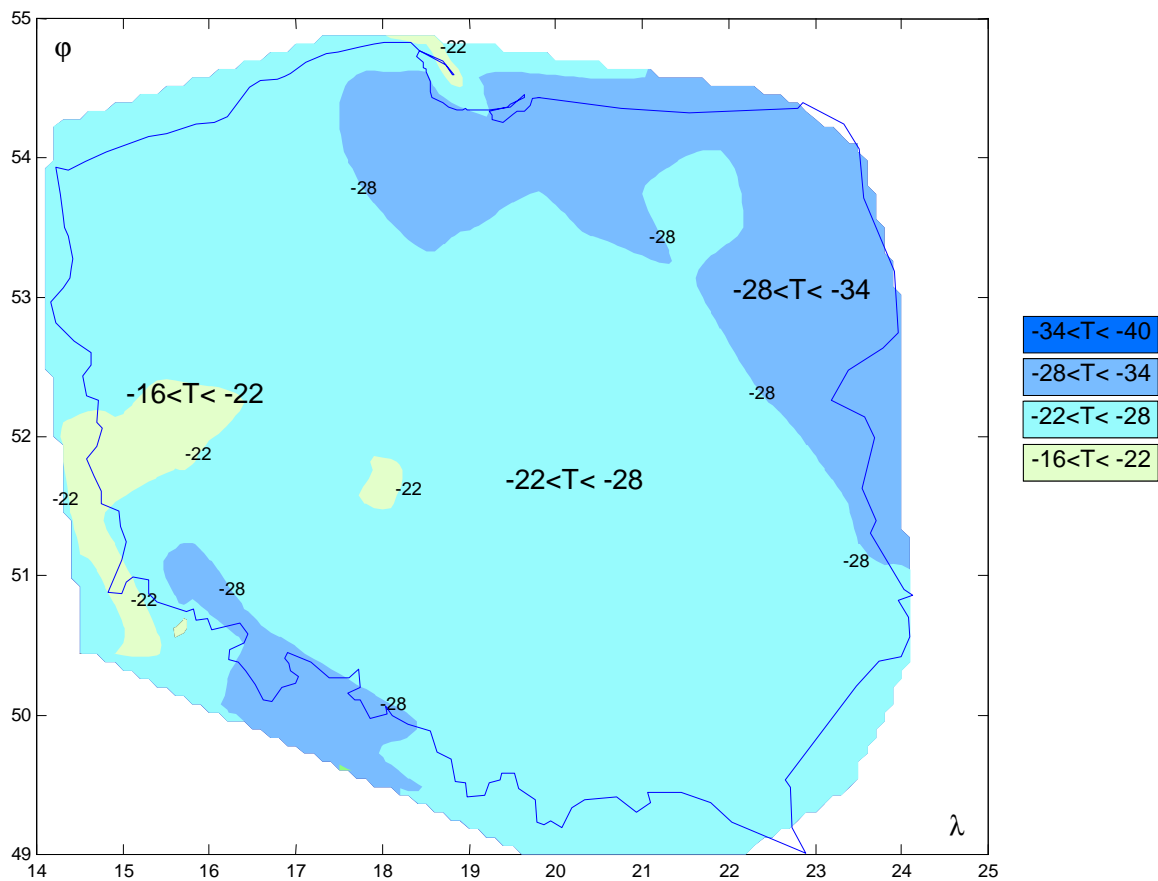
Warstwa	Materiał	Kategoria ruchu		
		KR1-2	KR3-4	KR5-6
Podbudowa	Mieszanki mineralno-asfaltowe	BA16, BA22	BA16, BA22 BAWMS11, BAWMS16	BA16, BA22 BAWMS11, BAWMS16
	Lepiszczka	50/70	35/50 ¹ , 50/70 ¹ , 20/30 ² DE30B ³ , DE30C ³ , DP30 ³ MG10/20 ² , MG20/30 ² , MG35/50 ³	35/50 ¹ , 50/70 ¹ , 20/30 ² DE30B ³ , DE30C ³ , DP30 ³ MG10/20 ² , MG20/30 ² , MG35/50 ³
	Kruszywa	Tablice 2,3,4 (oraz 5,6,7 dla BAWMS) według Dokumentu Aplikacyjnego DA/PN-EN 13043:2004		
Wiążąca	Mieszanki mineralno-asfaltowe	BA11, BA16	BA16, BA22 BAWMS11, BAWMS16	BA16, BA22 BAWMS11, BAWMS16
	Lepiszczka	50/70	35/50 ¹ , 20/30 ² DE30B ³ , DE30C ³ , DP30 ³ MG10/20 ² , MG20/30 ² , MG35/50 ²	35/50 ¹ , 20/30 ² DE30B ³ , DE30C ³ , DP30 ³ MG10/20 ² , MG20/30 ² , MG35/50 ²
	Kruszywa	Tablice 5,6,7 według Dokumentu Aplikacyjnego DA/PN-EN 13043:2004		
Ścieralna	Mieszanki mineralno-asfaltowe	BA5, BA8, BA11 SMA5 ⁴ , SMA8 ⁴ MNU8 ⁴ , MNU11	BA8, BA11 SMA5 ⁴ , SMA8 ⁴ , SMA11 MNU8 ⁴ , MNU11	SMA8 ⁴ , SMA11 MNU8 ⁴ , MNU11
	Lepiszczka	50/70 ⁵	50/70 ⁵ DE30B, DE30C DE80B ⁶ , DE80C ⁶	DE30B, DE30C DE80B ⁶ , DE80C ⁶
	Kruszywa	Tablice 8,9,10 według Dokumentu Aplikacyjnego DA/PN-EN 13043:2004		

Oznaczenia:

BA	beton asfaltowy według PN-S-96025:2000 ze zmianami w niniejszych zaleceniach
BAWMS	beton asfaltowy o wysokim module sztywności BAWMS wg ZW-WMS 2006
SMA	mieszanka mastyksowo-grysowa według PN-S-96025:2000 ze zmianami w ZW-SMA:2001 i niniejszych zaleceniach
MNU	mieszanka o nieciąglym uziarnieniu według ZW-CWG 2006
20/30, 35/50, 50/70	rodzaje asfaltu drogowego według PN-EN 12591:2002
10/20/ 15/25	rodzaje twardego asfaltu drogowego według PN-EN 13924
DE30B, DE30C, DE80B, DE80C, DP30, DP80	polimeroasfalty według TWT-PAD-2003
MG10/20, MG20/30, MG35/50	asfalty wielorodzajowe według aprobat technicznych IBDiM

Uwagi:

- 1 wyłącznie do betonu asfaltowego
- 2 wyłącznie do betonu asfaltowego o wysokim module sztywności BAWMS
- 3 do betonu asfaltowego zwykłego i o wysokim module sztywności BAWMS
- 4 zalecane, jeśli wymagane jest zmniejszenie hałasu ruchu samochodowego
- 5 nie dopuszcza się do stosowania w regionach, gdzie spodziewana minimalna temperatura nawierzchni wynosi -34°C (region północno-wschodni i tereny podgórskie) (rys. 1)
- 6 wyłącznie do cienkiej warstwy na gorąco wg ZW-CWG 2006



Rysunek 1. Minimalna temperatura powierzchni na głębokości 20 mm

Tablica 2 Wymagania wobec kruszyw do betonu asfaltowego do podbudowy - kruszywo grube (naturalne i/lub sztuczne)

Punkt normy PN-EN 13043:2004 i dokumentu aplikacyjnego do tej normy	Właściwości kruszywa	Wymagania wobec kruszyw w zależności od kategorii ruchu		
		KR1÷2	KR3÷4	KR5÷6
4.1.3	Uziarnienie wg PN-EN 933-1, kategoria co najmniej:	$G_{C85/20}$	$G_{C90/20}$	$G_{C90/20}$
4.1.3.1	Tolerancje uziarnienia; odchylenia nie większe niż wg kategorii:	$G_{20/17,5}$	$G_{20/15}$	$G_{20/15}$
4.1.4	Zawartość pyłów wg PN-EN 933-1; kategoria nie wyższa niż:	f_2		
4.1.6	Kształt kruszywa wg PN-EN 933-3 lub wg PN-EN 933-4; kat. nie wyższa niż:	$Sl_{50} (Fl_{50})$	$Sl_{40} (Fl_{40})$	$Sl_{30} (Fl_{30})$
4.1.7	Procentowa zawartość ziaren o powierzchni przekruszonej i łamanej wg PN-EN 933-5; kategoria co najmniej:	$C_{Deklarowana}$	$C_{90/1}$	$C_{90/1}$
4.2.2	Odporność kruszywa na rozdrabnianie wg PN-EN 1097-2, rozdział 5; kategoria nie wyższa niż:	LA_{50}	LA_{40}	LA_{40}
4.2.7.1	Gęstość ziaren wg PN-EN 1097-6, rozdz. 7, 8 lub 9	deklarowana przez producenta		
4.2.8	Gęstość nasypowa wg PN-EN 1097-3	deklarowana przez producenta		
4.2.9.1	Nasiąkliwość wg PN-EN 1097-6, załącznik B; kategoria nie wyższa niż:	$W_{cm0,5}$		
4.2.9.2	Mrozoodporność wg PN-EN 1367-1, kategoria nie wyższa niż:	F_4		
4.2.12	"Zgorzeł słoneczna" bazaltu wg PN-EN 1367-3	SB_{LA}		
4.3.2	Właściwości chemiczne - uproszczony opis petrograficzny wg PN-EN 932-3	deklarowany przez producenta		
4.3.3	Grube zanieczyszczenia lekkie, wg PN-EN 1744-1 p. 14.2; kategoria nie wyższa niż:	$m_{LPC0,1}$		
4.3.4.1	Rozpad krzemianu dwuwapniowego żużła wielkopieczowego chłodzonego powietrzem wg PN-EN 1744-1 p.19.1	wymagana odporność		
4.3.4.2	Rozpad związków żelaza żużła wielkopieczowego chłodzonego powietrzem wg PN-EN 1744-1 p.19.2	wymagana odporność		
4.3.4.3	Stałość objętości kruszywa z żużła stalowniczego wg PN-EN 1744-1 p.19.3; kategoria nie wyższa:	$V_{6,5}$		

Tablica 3. Wymagania wobec kruszyw do betonu asfaltowego do podbudowy - kruszywo drobne (naturalne i/lub sztuczne)

Punkt normy PN-EN 13043:2004i dokumentu aplikacyjnego do tej normy	Właściwości kruszywa	Wymagania wobec kruszyw w zależności od kategorii ruchu		
		KR1÷2	KR3÷4	KR5÷6
4.1.3	Uziarnienie wg PN-EN 933-1; wymagana kategoria;	G_{F85} i G_{A85}		
4.1.3.2	Tolerancje uziarnienia; odchylenia nie większe niż wg kategorii:	G_{TCNR}	G_{TC20}	G_{TC20}
4.1.4	Zawartość pyłów wg PN-EN 933-1, kategoria nie wyższa niż:	f_{16}		
4.1.5	Jakość pyłów wg PN-EN 933-9; kategoria nie wyższa od:	MB_{F10}		
4.1.8	Kanciastość kruszywa drobnego wg PN-EN 933-6, rozdz. 8; kategoria nie niższa niż:	$E_{csDeklarowana}$	E_{cs30}	E_{cs30}
4.2.7.1	Gęstość ziaren wg PN-EN 1097-6, rozdz. 7, 8 lub 9	deklarowana przez producenta		
4.3.3	Grube zanieczyszczenia lekkie, wg PN-EN 1744-1 p. 14.2; kategoria nie wyższa niż:	$m_{LPC0,1}$		

Tablica 4. Wymagania wobec kruszyw do betonu asfaltowego do podbudowy - wypełniacz

Punkt normy PN-EN 13043:2004 i dokumentu aplikacyjnego do tej normy	Właściwości wypełniacza	Wymagania wobec wypełniacza w zależności od kategorii ruchu		
		KR1÷2	KR3÷4	KR5÷6
5.2.1	Uziarnienie wg PN-EN 933-10:	zgodne z tablicą 24		
5.2.2	Jakość pyłów wg PN-EN 933-9; kategoria nie wyższa od:	MB_{F10}		
5.3.1	Zawartość wody wg PN-EN 1097-5, nie wyższa od:	1		
5.3.2	Gęstość ziaren wg EN 1097-7	deklarowana przez producenta		
5.3.3.1	Wolne przestrzenie w suchym zagęszczonym wypełniaczu wg PN-EN 1097-4: wymagana kategoria:	$V_{28/45}$		
5.3.3.2	Przyrost temperatury mięknięcia wg PN-EN 13179-1; wymagana kategoria:	$\Delta_{R\&B8/25}$		
5.4.1	Rozpuszczalność w wodzie wg PN-EN 1744-1, kategoria nie wyższa niż:	WS_{10}		
5.4.3	Zawartość $CaCO_3$ w wypełniaczu wapiennym wg PN-EN 196-21; kategoria, co najmniej:	CC_{70}		
5.4.4	Zawartość wodorotlenku wapnia w wypełniaczu mieszanym; kategoria:	$K_a10, K_aDeklarowana$		
5.5.2	"Liczba asfaltowa" wg EN 13179-2	$BN_{Deklarowana}$		

Tablica 5. Wymagania wobec kruszyw do betonu asfaltowego do warstwy wiążącej i betonu asfaltowego o wysokim module sztywności do warstwy wiążącej i podbudowy - kruszywo grube (naturalne i/lub sztuczne)

Punkt normy PN-EN 13043:2004 i dokumentu aplikacyjnego do tej normy	Właściwości kruszywa	Wymagania wobec kruszyw w zależności od kategorii ruchu		
		KR1÷2	KR3÷4	KR5÷6
4.1.3	Uziarnienie wg PN-EN 933-1; kategoria co najmniej:	$G_{C85/20}$	$G_{C90/20}$	$G_{C90/20}$
4.1.3.1	Tolerancje uziarnienia; odchylenia nie większe niż wg kategorii:	$G_{20/17,5}$	$G_{20/15}$	$G_{20/15}$
4.1.4	Zawartość pyłów wg PN-EN 933-1; kategoria nie wyższa niż:	f_2		
4.1.6	Kształt kruszywa wg PN-EN 933-3 lub wg PN-EN 933-4; kategoria nie wyższa niż:	$S_{I35}(F_{I35})$	$S_{I25}(F_{I25})$	$S_{I25}(F_{I25})$
4.1.7	Procentowa zawartość ziaren o powierzchni przekruszonej i łamanej w kruszywie grubym wg PN-EN 933-5; kategoria nie niższa niż:	$C_{Deklarowana}$	$C_{90/1}$	$C_{95/1}$
4.2.2	Odporność kruszywa na rozdrabnianie wg normy PN-EN 1097-2, rozdział 5; kategoria o najmniej:	LA_{30}	LA_{25}	LA_{25}
4.2.7.1	Gęstość ziaren wg PN-EN 1097-6, rozdz. 7, 8 lub 9:	deklarowana przez producenta		
4.2.8	Gęstość nasypowa według normy PN-EN 1097-3:	deklarowana przez producenta		
4.2.9.1	Nasiąkliwość wg PN-EN 1097-6, załącznik B; kategoria nie wyższa niż:	$W_{cm}0,5^a$		
4.2.9.2	Mrozoodporność wg PN-EN 1367-1; kategoria nie wyższa niż:	F_1		
4.2.12	"Zgorzel słoneczna" bazaltu wg PN-EN 1367-3:	SB_{LA}		
4.3.2	Skład chemiczny - uproszczony opis petrograficzny wg PN-EN 932-3:	deklarowany przez producenta		
4.3.3	Grube zanieczyszczenia lekkie wg PN-EN 1744-1 p.14.2; kategoria nie wyższa niż:	$m_{LPC}0,1$		
4.3.4.1	Rozpad krzemianowy żużla wielkopieczowego chłodzonego powietrzem wg PN-EN 1744-1, punkt 19.1:	wymagana odporność		
4.3.4.2	Rozpad żelazowy żużla wielkopieczowego chłodzonego powietrzem wg PN-EN 1744-1, punkt 19.2:	wymagana odporność		
4.3.4.3	Stałość objętości kruszywa z żużla stalowniczego wg PN-EN 1744-1, p. 19.3; kategoria nie wyższa niż:	$V_{3,5}$		

^a jeśli nasiąkliwość jest większa, to kryterium oceny przydatności jest badanie mrozoodporności

Tablica 6. Wymagania wobec kruszyw do betonu asfaltowego do warstwy wiążącej i betonu asfaltowego o wysokim module sztywności do warstwy wiążącej i podbudowy - kruszywo drobne (naturalne i/lub sztuczne)

Punkt normy PN-EN 13043:2004 i dokumentu aplikacyjnego do tej normy	Właściwości kruszywa	Wymagania wobec kruszyw w zależności od kategorii ruchu		
		KR1÷2	KR3÷4	KR5÷6
4.1.3	Uziarnienie wg PN-EN 933-1 kruszywa:	G_{F85}		
4.1.3.2	Tolerancja dla kruszywa drobnego i o ciągłym uziarnieniu; odchylenia nie większe niż wg kategorii:	G_{TCNR}	G_{TC20}	G_{TC20}
4.1.4	Zawartość pyłów wg PN-EN 933-1 w kruszywie drobnym; kategoria nie wyższa niż:	f_{16}		
4.1.5	Jakość pyłów wg PN-EN 933-9; kategoria nie wyższa od:	MB_{F10}		
4.1.8	Kanciastość kruszywa drobnego wg PN-EN 933-6, rozdział 8; kategoria nie niższa niż:	$E_{csDeklarowana}$	E_{cs30}	E_{cs30}
4.2.7.1	Gęstość ziaren wg PN-EN 1097-6, rozdz. 7, 8 lub 9:	deklarowana przez producenta		
4.3.3	Grube zanieczyszczenia lekkie wg PN-EN 1744-1 p.14.2; kategoria nie wyższa niż:	$m_{LPC0,1}$		

Tablica 7. Wymagania wobec kruszyw do betonu asfaltowego do warstwy wiążącej i betonu asfaltowego o wysokim module sztywności do warstwy wiążącej i podbudowy - wypełniacz

Punkt normy PN-EN 13043:2004 i dokumentu aplikacyjnego do tej normy	Właściwości wypełniacza	Wymagania wobec wypełniacza w zależności od kategorii ruchu		
		KR1÷2	KR3÷4	KR5÷6
5.2.1	Uziarnienie wg PN-EN 933-10:	zgodne z tablicą 24		
5.2.2	Jakość pyłów wg PN-EN 933-9; kategoria nie wyższa od:	MB_{F10}		
5.3.1	Zawartość wody wg PN-EN 1097-5, nie wyższa od:	1		
5.3.2	Gęstość ziaren wg EN 1097-7	deklarowana przez producenta		
5.3.3.1	Wolne przestrzenie w suchym zagęszczonym wypełniaczu wg PN-EN 1097-4: wymagana kategoria:	$V_{28/45}$		
5.3.3.2	Przyrost temperatury mięknięcia wg PN-EN 13179-1; wymagana kategoria:	$\Delta_{R\&B}8/25$		
5.4.1	Rozpuszczalność w wodzie wg PN-EN 1744-1, kategoria nie wyższa niż:	WS_{10}		
5.4.3	Zawartość $CaCO_3$ w wypełniaczu wapiennym wg PN-EN 196-21; kategoria, co najmniej:	CC_{70}		
5.4.4	Zawartość wodorotlenku wapnia w wypełniaczu mieszanym; kategoria:	$K_G10, K_GDeklarowana$		
5.5.2	"Liczba asfaltowa" wg EN 13179-2	$BN_{Deklarowana}$		

Tablica 8. Wymagania wobec kruszyw do mieszanek mineralno-asfaltowych betonu asfaltowego BA, mastyksu grysowego SMA i asfaltu lanego AL do warstwy ścieralnej - kruszywo grube (naturalne i/lub sztuczne)

Punkt normy PN-EN 13043:2004 i dokumentu aplikacyjnego do tej normy	Właściwości kruszywa	Wymagania wobec kruszyw w zależności od kategorii ruchu		
		KR1÷2	KR3÷4	KR5÷6
4.1.3	Uziarnienie wg PN-EN 933-1; kategoria co najmniej:	$G_{C85/20}$	$G_{C90/15}$	$G_{C90/15}$
4.1.3.1	Tolerancje uziarnienia; odchylenia nie większe niż wg kategorii:	$G_{20/15}$	$G_{25/15}$	$G_{25/15}$
4.1.4	Zawartość pyłów wg PN-EN 933-1; kategoria nie wyższa niż:	f_2		
4.1.6	Kształt kruszywa wg PN-EN 933-3 lub wg PN-EN 933-4; kategoria nie wyższa niż:	$Sl_{25}(Fl_{25})$	$Sl_{20}(Fl_{20})$	$Sl_{20}(Fl_{20})$
4.1.7	Procentowa zawartość ziaren o powierzchni przekruszonej i łamanej w kruszywie grubym wg PN-EN 933-5; kategoria nie niższa niż:	$C_{Deklarowana}$	$C_{100/0}^*$ $C_{95/1}$	$C_{100/0}^*$ $C_{95/1}$
4.2.2	Odporność kruszywa na rozdrabnianie wg normy PN-EN 1097-2, rozdział 5; kategoria o najmniej:	LA_{30}	LA_{25}	LA_{20}
4.2.3	Odporność na polerowanie kruszywa wg PN-EN 1097-8; kategoria nie niższa niż:	$PSV_{Deklarowane}$	PSV_{50}	PSV_{50}
4.2.7.1	Gęstość ziaren wg PN-EN 1097-6, rozdz. 7, 8 lub 9:	deklarowana przez producenta		
4.2.8	Gęstość nasypowa według normy PN-EN 1097-3:	deklarowana przez producenta		
4.2.9.1	Nasiąkliwość wg PN-EN 1097-6, załącznik B; kategoria nie wyższa niż:	$W_{cm}0,5^a$		
4.2.9.2	Mrozoodporność wg PN-EN 1367-1, Załącznik B, w 1% NaCl; kategoria nie wyższa niż:	$F_{NaCl}7$		
4.2.12	"Zgorzel słoneczna" bazaltu wg PN-EN 1367-3:	SB_{LA}		
4.3.2	Skład chemiczny - uproszczony opis petrograficzny wg PN-EN 932-3:	deklarowany przez producenta		
4.3.3	Grube zanieczyszczenia lekkie wg PN-EN 1744-1 p.14.2; kategoria nie wyższa niż:	$m_{LPC}0,1$		
4.3.4.1	Rozpad krzemianowy żużla wielkopieczowego chłodzonego powietrzem wg PN-EN 1744-1, punkt 19.1:	wymagana odporność		
4.3.4.2	Rozpad żelazowy żużla wielkopieczowego chłodzonego powietrzem wg PN-EN 1744-1, punkt 19.2:	wymagana odporność		
4.3.4.3	Stałość objętości kruszywa z żużla stalowniczego wg PN-EN 1744-1, p. 19.3; kategoria nie wyższa niż:	$V_{3,5}$		

* kategoria zalecana do SMA

Tablica 9. Wymagania wobec kruszyw do mieszanek mineralno-asfaltowych betonu asfaltowego BA, mastyksu grysowego SMA i asfaltu lanego AL do warstwy ścieralnej - kruszywo drobne (naturalne i/lub sztuczne)

Punkt normy PN-EN 13043:2004 i dokumentu aplikacyjnego do tej normy	Właściwości kruszywa	Wymagania wobec kruszyw w zależności od kategorii ruchu		
		KR1÷2	KR3÷4	KR5÷6
4.1.3	Uziarnienie wg PN-EN 933-1 kruszywa:	G_{F85}		
4.1.3.2	Tolerancja dla kruszywa drobnego i o ciągłym uziarnieniu; odchylenia nie większe niż wg kategorii:	G_{TCNR}	G_{TC20}	G_{TC20}
4.1.4	Zawartość pyłów wg PN-EN 933-1 w kruszywie drobnym; kategoria nie wyższa niż:	f_{16}		
4.1.5	Jakość pyłów wg PN-EN 933-9; kategoria nie wyższa od:	MB_{F10}		
4.1.8	Kanciastość kruszywa drobnego wg PN-EN 933-6, rozdział 8; kategoria nie niższa niż:	$E_{csDeklarowana}$	E_{cs30}	E_{cs30}
4.2.7.1	Gęstość ziaren wg PN-EN 1097-6, rozdz. 7, 8 lub 9:	deklarowana przez producenta		
4.3.3	Grube zanieczyszczenia lekkie wg PN-EN 1744-1 p.14.2; kategoria nie wyższa niż:	$m_{LPC0,1}$		

Tablica 10. Wymagania wobec kruszyw do mieszanek mineralno-asfaltowych betonu asfaltowego BA, mastyksu grysowego SMA i asfaltu lanego AL do warstwy ścieralnej - wypełniacz

Punkt normy PN-EN 13043:2004 i dokumentu aplikacyjnego do tej normy	Właściwości wypełniacza	Wymagania wobec wypełniacza w zależności od kategorii ruchu		
		KR1÷2	KR3÷4	KR5÷6
5.2.1	Uziarnienie wg PN-EN 933-10:	zgodne z tablicą 24		
5.2.2	Jakość pyłów wg PN-EN 933-9; kategoria nie wyższa od:	MB_{F10}		
5.3.1	Zawartość wody wg PN-EN 1097-5, nie wyższa od:	1		
5.3.2	Gęstość ziaren wg EN 1097-7	deklarowana przez producenta		
5.3.3.1	Wolne przestrzenie w suchym zagęszczonym wypełniaczu wg PN-EN 1097-4: wymagana kategoria:	$V_{28/45}$		
5.3.3.2	Przyrost temperatury mięknięcia wg PN-EN 13179-1; wymagana kategoria:	$\Delta_{R\&B}8/25$		
5.4.1	Rozpuszczalność w wodzie wg PN-EN 1744-1, kategoria nie wyższa niż:	WS_{10}		
5.4.3	Zawartość $CaCO_3$ w wypełniaczu wapiennym wg PN-EN 196-21; kategoria, co najmniej:	CC_{70}		
5.4.4	Zawartość wodorotlenku wapnia w wypełniaczu mieszanym; kategoria:	$K_a20, K_a10, K_aDeklarowana$		
5.5.2	"Liczba asfaltowa" wg EN 13179-2	$BN_{Deklarowana}$		

4. Zalecenia do projektowania składu mieszanek mineralno-asfaltowych

Klasa (funkcja) i kategoria ruchu drogi określają warunki doboru materiałów i projektowania składu mieszanek mineralno-asfaltowych oraz stawianych ich wymagań. Wyższe wymagania stawia się nawierzchniom dróg o wyższej klasie, np. A, S, G, i/lub o wyższej kategorii ruchu, np. KR5-6.

Z tego względu w projektowaniu mieszanki mineralno-asfaltowej wykorzystuje się zaawansowane i kosztowne metody badań, np. zespolony moduł sztywności, odporność na koleinowanie, trwałość zmęczeniowa. Badania te są przewidywane na etapie projektowania laboratoryjnego składu mieszanki mineralno-asfaltowej. Nie są natomiast przewidziane do stosowania na etapie kontroli jakości produkcji mieszanki.

Projekt składu mieszanki mineralno-asfaltowej należy traktować jako dokument obowiązujący w dłuższym czasie (w przygotowywanej normie europejskiej EN-13108-20 w ciągu 5 (pięciu) lat).

Ze względu na koszty i jednorodność produkcji należy zapewnić niezmienność składników zaprojektowanej mieszanki mineralno-asfaltowej w długim czasie (co najmniej realizowanego kontraktu, a korzystnie kilku lat).

Jeśli stosowane są kruszywa mineralne o dużej gęstości (mieszanka mineralna ma gęstość powyżej 2,8 g/cm³, to zawartość lepiszcza w mieszance mineralno-asfaltowej może być mniejsza niż podana w zaleceniach. W każdym wypadku muszą być spełnione wymagania wobec mieszanki mineralno-asfaltowej.

Jeśli nastąpi zmiana jednego lub więcej składników mieszanki mineralno-asfaltowej w stosunku do recepty (rodzaj asfaltu lub kruszywa), to konieczna jest weryfikacja właściwości objętościowych i mechanicznych mieszanki mineralno-asfaltowej. Wymaga to powtórzenia badań wszystkich wymaganych właściwości.

W szczególności w wypadku zmiany gęstości kruszywa mineralnego o więcej niż 30 kg/m³, należy wprowadzić korektę zawartości asfaltu według wzoru:

$$A_m^f = A_m^r \cdot \frac{\rho_k^r}{\rho_k^f} \quad \text{Równanie 1}$$

A_m^f rzeczywista (faktyczna) zawartość asfaltu po zmianie kruszywa, % m/m

A_m^r zawartość asfaltu według recepty laboratoryjnej, % m/m

ρ_k^f rzeczywista (faktyczna) gęstość kruszywa mineralnego, kg/m³

ρ_k^r gęstość kruszywa mineralnego według recepty laboratoryjnej, kg/m³.

Po korekcie zawartości asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej należy sprawdzić jej właściwości objętościowe i mechaniczne, w tym, jeśli są wymagane, właściwości funkcjonalne: odporność na koleinowanie, moduł sztywności i trwałość zmęczeniową.

5. Zalecane właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych

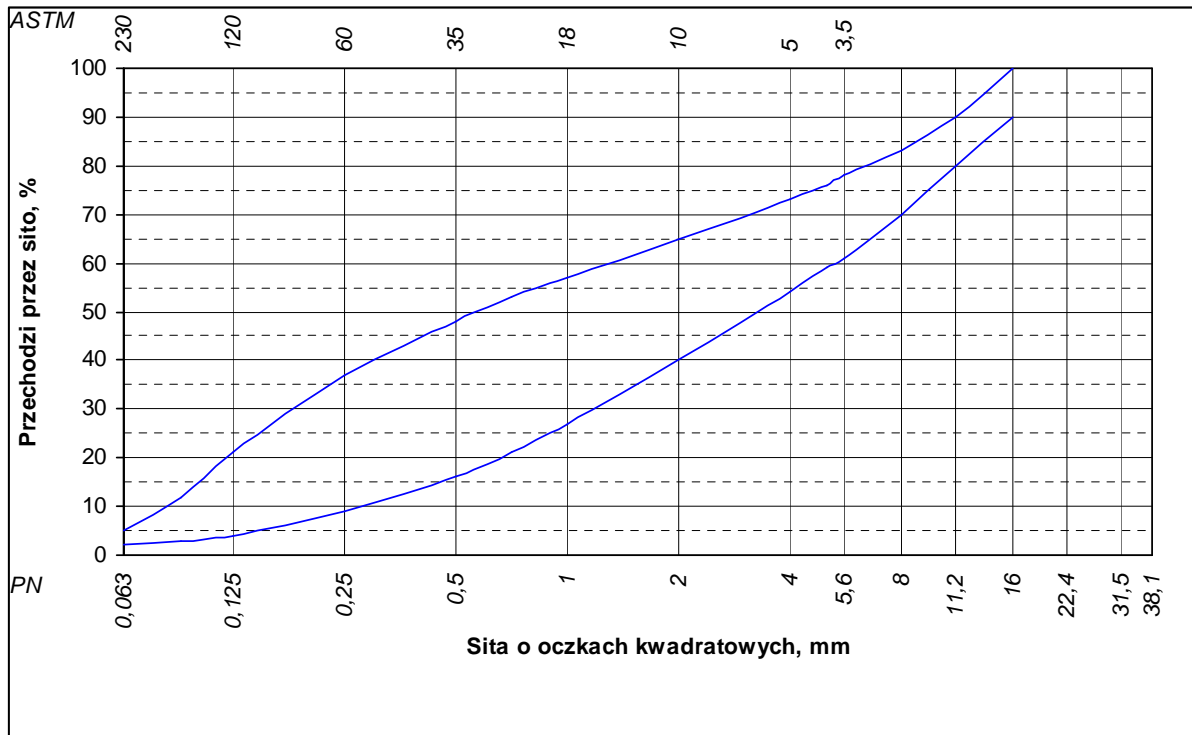
5.1. Beton asfaltowy (BA) do podbudowy

Rzędne krzywych granicznych uziarnienia betonu asfaltowego do podbudowy oraz orientacyjną zawartość asfaltu podano w tablicy 12 oraz na rysunkach 2, 3, 4.

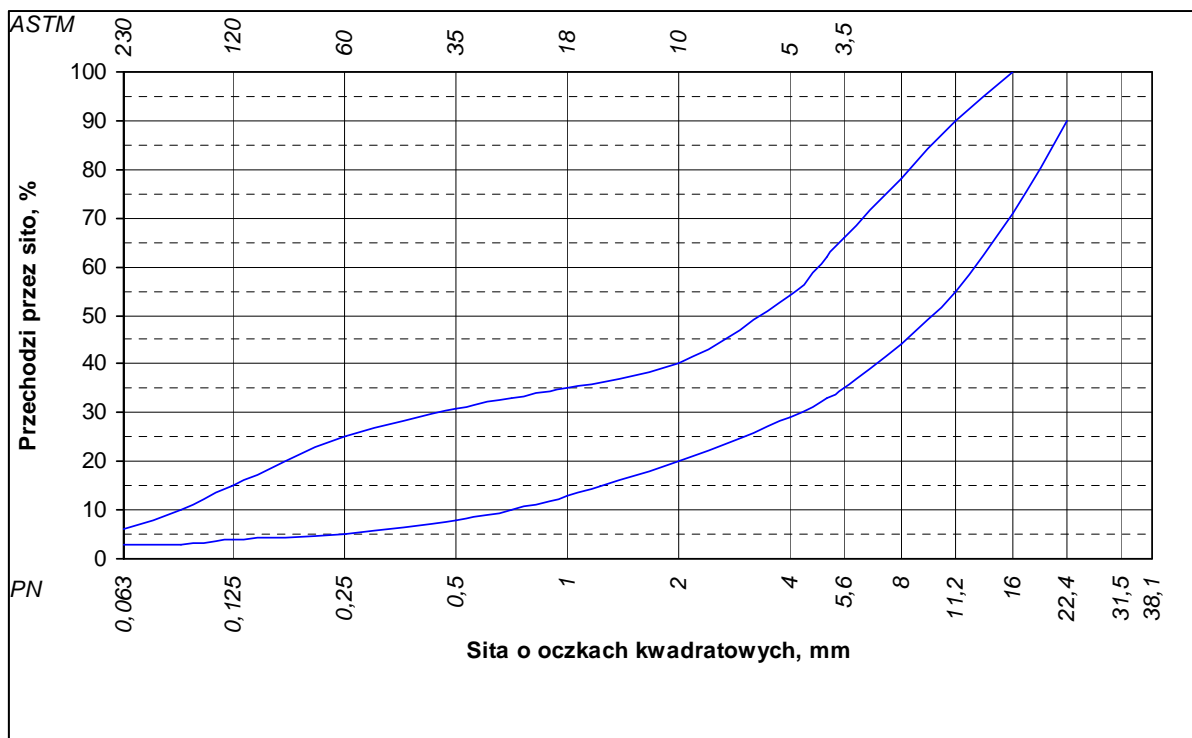
Zalecane właściwości betonu asfaltowego do podbudowy i warstwy nawierzchni podano w tablicy 13.

Tablica 11. Graniczne krzywe uziarnienia betonu asfaltowego do podbudowy oraz orientacyjna zawartość lepizcza asfaltowego, KR1-2 lub KR3-6

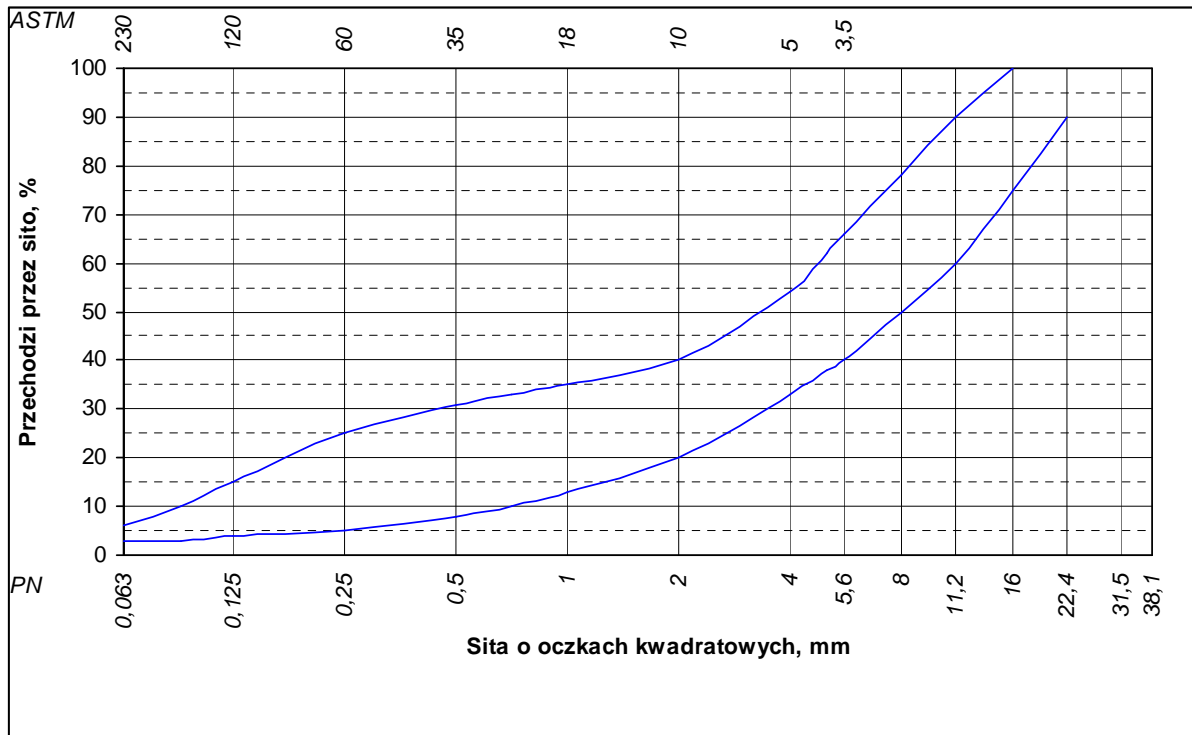
Właściwość	BA16 KR1-2		BA16 KR3-6		BA22 KR3-6	
	od	do	od	do	od	do
Wymiar sita #, mm Przechodzi przez:						
31,5					100	
22,4	100		100		90	
16	90	100	90	100	71	100
11,2	80	90	66	90	55	90
8	70	83	52	78	44	78
5,6	61	78	41	66	35	66
4	54	73	33	54	29	54
2	40	65	20	40	20	40
1,0	27	57	13	35	13	35
0,5	16	48	8	31	8	31
0,25	9	37	5	25	5	25
0,125	4	21	4	15	4	15
0,063	2	5	3	6	3	6
Zawartość asfaltu	3,9	5,5	3,6	5,5	3,6	5,2



Rysunek 2. Krzywe graniczne uziarnienia betonu asfaltowego BA16 do warstwy podbudowy, KR1-2



Rysunek 3. Krzywe graniczne uziarnienia betonu asfaltowego BA16 do warstwy podbudowy, KR3-6



Rysunek 4. Krzywe graniczne uziarnienia betonu asfaltowego BA22 do warstwy podbudowy, KR3-6

Tablica 12. Zalecane właściwości betonu asfaltowego do podbudowy i warstwy nawierzchni

Właściwość	Metoda badania	Wymaganie w zależności od kategorii ruchu		
		KR1-2	KR3-4	KR5-6
Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach laboratoryjnych ²⁾ , % v/v	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	3,0 ÷ 6,0	3,0 ÷ 6,0	3,0 ÷ 6,0
Zawartość wolnych przestrzeni w zagęszczonej mieszance mineralnej, % v/v	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	12 ÷ 20	12 ÷ 20	12 ÷ 20
Wypełnienie wolnych przestrzeni w próbkach laboratoryjnych, %	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	62 ÷ 80	62 ÷ 80	62 ÷ 80
Stabilność Marshalla ²⁾ , daN	PN-EN 12697-34:2005 (U)	≥ 8,0	-	-
Odkształcenie Marshalla ²⁾ , mm	PN-EN 12697-34:2005 (U)	1,5 ÷ 4,0	-	-
Odporność na koleinowanie ^{3),4)} warunki badania: temperatura 60°C, 30 000 cykli próbka laboratoryjna o grubości 10 cm względna głębokość koleiny, %	PN-EN 12697-22:2004 (U) Duży aparat	-	-	≤ 5
Odporność na koleinowanie ³⁾ warunki badania: temperatura 60°C 10 000 cykli prędkość przyrostu koleiny, mm/1000 cykli względna głębokość koleiny, %	PN-EN 12697-22:2004 (U) Mały aparat	- -	≤ 10 ≤ 7	- -
Zespolony moduł sztywności ³⁾ warunki badania: temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz MPa	PN-EN 12697-26:2005 (U) metoda 4PB-PR	-	-	≥ 10 000
Moduł sztywności ²⁾ warunki badania: temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz MPa	PN-EN 12697-26:2005 (U) metoda IT-CY	-	≥ 11 000	≥ 11 000
Odporność na zmęczenie ^{3),4)} warunki badania: temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz odkształcenie ϵ_6 , 10 ⁻⁴ m/m	PN-EN 12697-24:2005 (U) metoda 4PB-PR	-	-	≥ 100
Wodoodporność: wskaźnik wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (ITSR) ⁵⁾ , %	PN-EN 12697-12:2004 (U)	≥ 70	≥ 70	≥ 70
Grubość warstwy technologicznej, cm BA16 BA22	PN-EN 12697-36	6,0 ÷ 14,0 7,0 ÷ 14,0	6,0 ÷ 14,0 7,0 ÷ 14,0	6,0 ÷ 14,0 7,0 ÷ 14,0
Wskaźnik zagęszczenia warstwy, %	Zeszyt 64, Arkusz 08 PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	≥ 98	≥ 98	≥ 98
Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie, % v/v	Zeszyt 64, Arkusz 09 PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	3,0 ÷ 7,0	3,0 ÷ 7,0	3,0 ÷ 7,0

Uwagi

- 1 zalecane mieszanki są równorzędne, tj. spełniające takie same wymagania; zaleca się, aby projektant nie określał uziarnienia mieszanki, a jego dobór należy pozostawić wykonawcy robót w zależności od dostępności kruszyw mineralnych (należy przy tym uwzględnić zalecenia doboru uziarnienia do grubości warstwy), np. warstwę podbudowy KR5 o grubości 14 cm można wykonać z BA16 lub BA22
- 2 próbki Marshalla zagęszczane: KR1-2: 50 uderzeń/stronę, KR3-6: 75 uderzeń/stronę
- 3 badanie zalecane tylko na etapie projektowania składu mieszanki
- 4 odkształcenie, przy którym trwałość zmęczeniowa (liczba obciążeń, po której zespolony moduł sztywności zmniejszy się do 50% wartości początkowej) wynosi 1 milion cykli, pod obciążeniem cyklicznym sinusoidalnym w temperaturze 10°C, z częstotliwością obciążenia 10Hz
- 5 próbki Marshalla zagęszczane 25 uderzeń/stronę

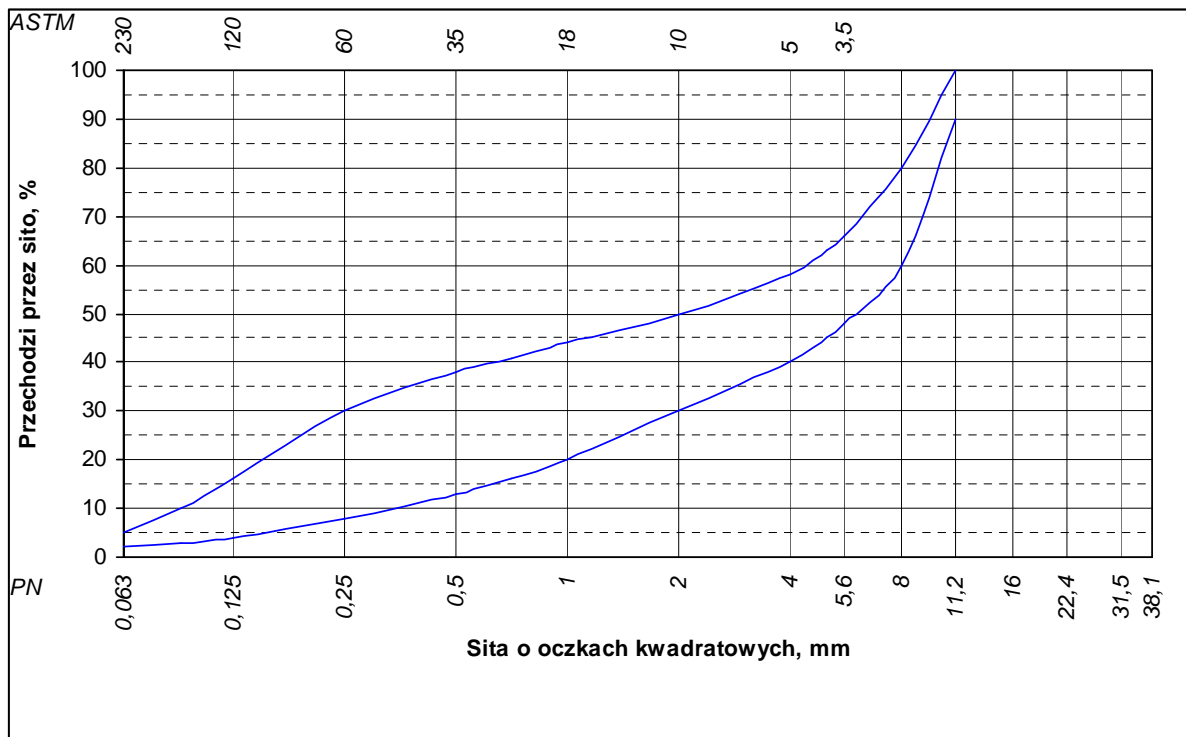
5.2. Beton asfaltowy (BA) do warstwy wiążącej

Rzędne krzywych granicznych uziarnienia betonu asfaltowego do warstwy wiążącej oraz orientacyjną zawartość asfaltu podano w tablicy 14 oraz na rysunkach 5, 6, 7, 8.

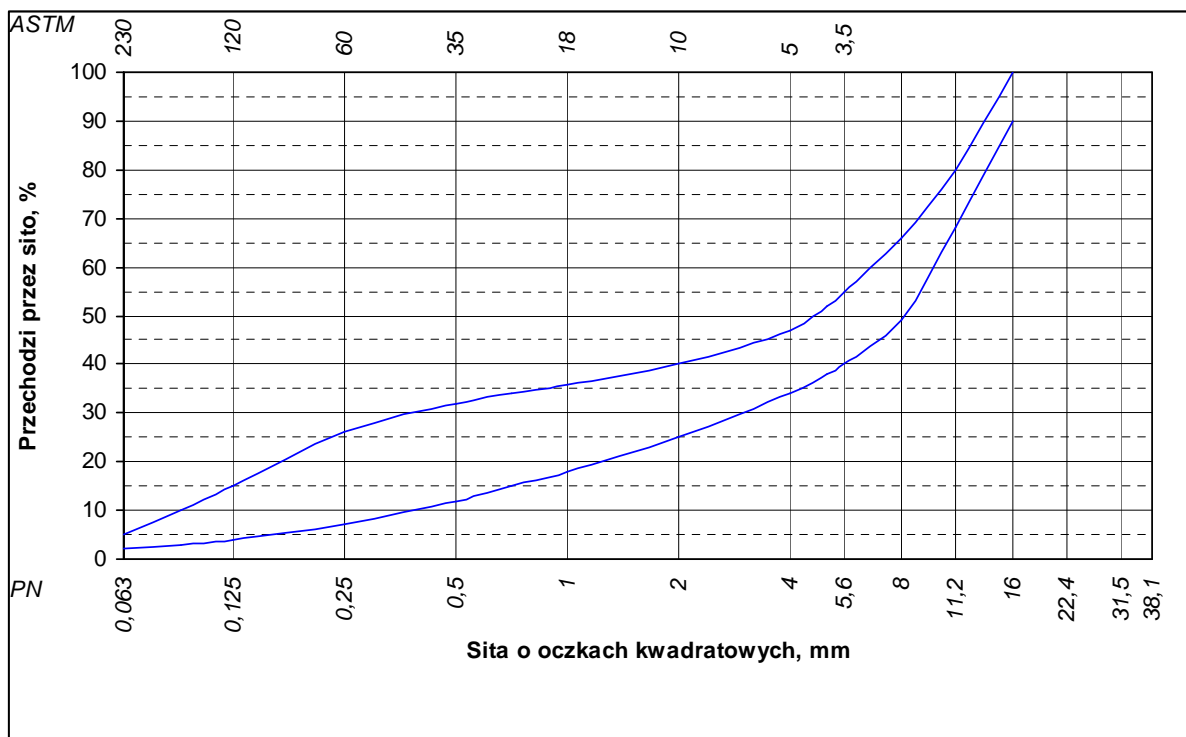
Zalecane właściwości betonu asfaltowego do warstwy wiążącej i warstwy nawierzchni podano w tablicy 15.

Tablica 13. Graniczne krzywe uziarnienia betonu asfaltowego do warstwy wiążącej oraz orientacyjna zawartość lepizcza asfaltowego

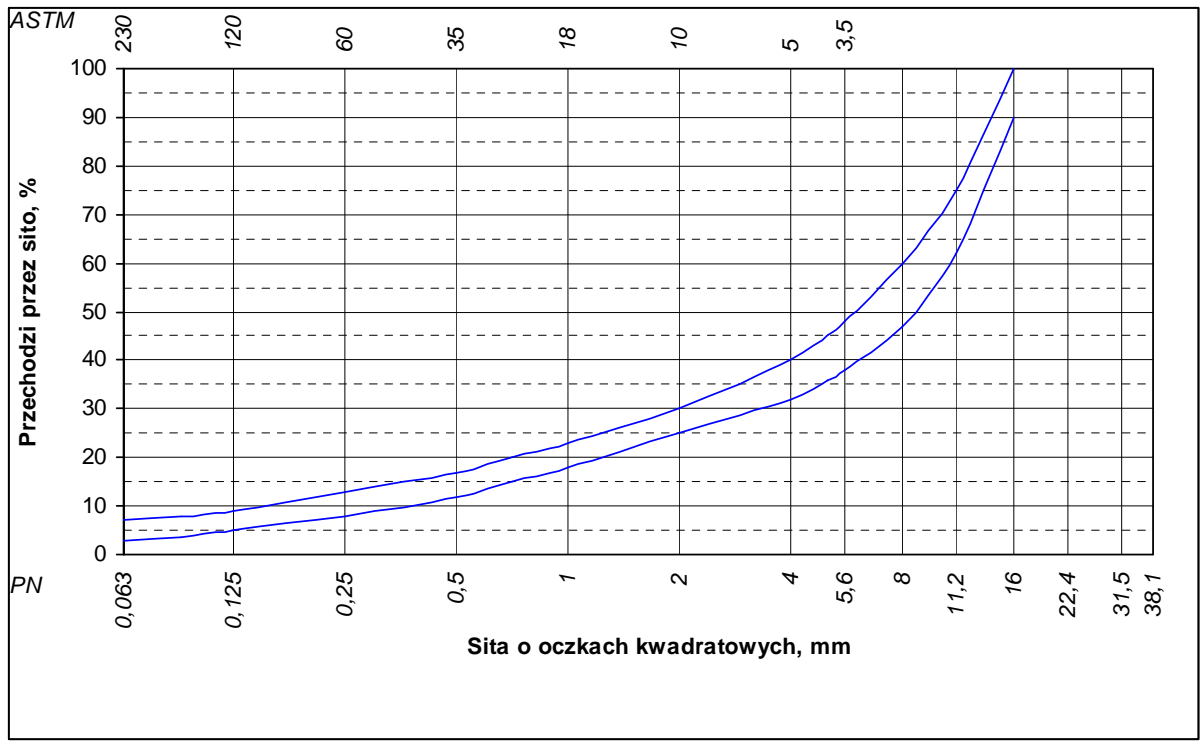
Właściwość	BA11 KR1-2		BA16 KR1-2		BA16 KR3-6		BA22 KR3-6	
	od	do	od	do	od	do	od	do
Wymiar sita #, mm Przechodzi przez:								
31,5								100
22,4				100		100	90	100
16		100	90	100	90	100	60	75
11,2	90	100	68	80	62	75	46	60
8	60	80	49	66	47	60	38	51
5,6	48	66	40	55	38	48	31	44
4	40	58	34	47	32	40	27	38
2	30	50	25	40	25	30	20	30
1,0	20	44	18	36	18	23	15	24
0,5	13	38	12	32	12	17	10	18
0,25	8	30	7	26	6	13	7	14
0,125	4	16	4	15	5	9	4	10
0,063	2	5	2	5	3	7	4	8
Zawartość asfaltu	4,5	6,5	4,0	6,0	4,2	5,5	4,0	5,0



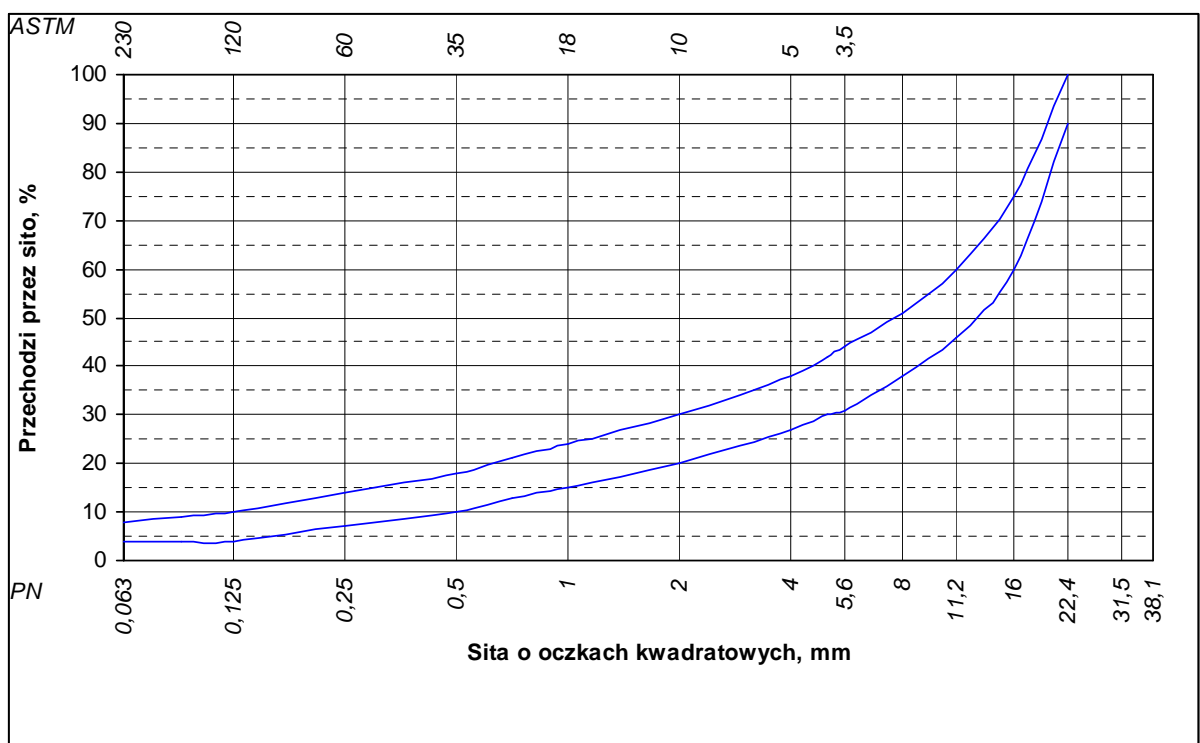
Rysunek 5. Krzywe graniczne uziarnienia betonu asfaltowego BA11 do warstwy wiążącej, KR1-2



Rysunek 6. Krzywe graniczne uziarnienia betonu asfaltowego BA16 do warstwy wiążącej, KR1-2



Rysunek 7. Krzywe graniczne uziarnienia betonu asfaltowego BA16 do warstwy wiążącej, KR3-6



Rysunek 8. Krzywe graniczne uziarnienia betonu asfaltowego BA22 do warstwy wiążącej, KR3-6

Tablica 14. Zalecane właściwości betonu asfaltowego do warstwy wiążącej i warstwy nawierzchni

Właściwość	Metoda badania	Wymaganie w zależności od kategorii ruchu		
		KR1-2	KR3-4	KR5-6
Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach laboratoryjnych ²⁾ , % v/v	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	3,0 ÷ 6,0	3,0 ÷ 6,0	3,0 ÷ 6,0
Zawartość wolnych przestrzeni w zagęszczonej mieszance mineralnej, % v/v	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	12 ÷ 18	12 ÷ 18	12 ÷ 18
Wypełnienie wolnych przestrzeni w próbkach laboratoryjnych, %	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	68 ÷ 80	68 ÷ 80	68 ÷ 80
Stabilność Marshalla ²⁾ , daN	PN-EN 12697-34:2005 (U)	≥ 8,0	-	-
Odształcenie Marshalla ²⁾ , mm	PN-EN 12697-34:2005 (U)	2,0 ÷ 5,0	-	-
Odporność na koleinowanie ³⁾ warunki badania: temperatura 60°C, 30 000 cykli próbka laboratoryjna o grubości 10 cm względna głębokość koleiny, %	PN-EN 12697-22:2004 (U) Duży aparat	-	-	≤ 5
Odporność na koleinowanie ³⁾ warunki badania: temperatura 60°C 10 000 cykli prędkość przyrostu koleiny, mm/1000 cykli względna głębokość koleiny, %	PN-EN 12697-22:2004 (U) Mały aparat	- -	≤ 10 ≤ 7	- -
Zespolony moduł sztywności ³⁾ warunki badania: temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz MPa	PN-EN 12697-26:2005 (U) metoda 4PB-PR	-	-	≥ 10 000
Moduł sztywności ²⁾ warunki badania: temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz MPa	PN-EN 12697-26:2005 (U) metoda IT-CY	-	≥ 11 000	≥ 11 000
Odporność na zmęczenie ^{3),4)} warunki badania: temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz odkształcenie ϵ_6 , 10 ⁻⁶ m/m	PN-EN 12697-24:2005 (U) metoda 4PB-PR	-	-	≥ 120
Wodoodporność: wskaźnik wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (ITSR) ⁵⁾ , %	PN-EN 12697-12:2004 (U)	≥ 70	≥ 70	≥ 70
Grubość warstwy technologicznej, cm BA11 BA16 BA22	PN-EN 12697-36	4,0 ÷ 10,0 6,0 ÷ 10,0	6,0 ÷ 10,0 7,0 ÷ 10,0	6,0 ÷ 10,0 7,0 ÷ 10,0
Wskaźnik zagęszczenia warstwy, %	Zeszyt 64, Arkusz 08 PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	≥ 98	≥ 98	≥ 98
Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie, % v/v	Zeszyt 64, Arkusz 09 PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	3,0 ÷ 7,0	3,0 ÷ 7,0	3,0 ÷ 7,0

Uwagi

- 1 zalecane mieszanki są równorzędne, tj. spełniające takie same wymagania; zaleca się, aby projektant nie określał uziarnienia mieszanki, a jego dobór należy pozostawić wykonawcy robót w zależności od dostępności kruszyw mineralnych (należy przy tym uwzględnić zalecenia doboru uziarnienia do grubości warstwy), np. warstwę wiążącą KR5 o grubości 8 cm można wykonać z BA16 lub BA22
- 2 próbki Marshalla zagęszczane: KR1-2: 50 uderzeń/stronę, KR3-6: 75 uderzeń/stronę
- 3 badanie zalecane tylko na etapie projektowania składu mieszanki
- 4 odształcenie, przy którym trwałość zmęczeniowa (liczba obciążeń, po której zespolony moduł sztywności zmniejszy się do 50% wartości początkowej) wynosi 1 milion cykli, pod obciążeniem cyklicznym sinusoidalnym w temperaturze 10°C, z częstotliwością obciążenia 10Hz
- 5 próbki Marshalla zagęszczane 25 uderzeń/stronę

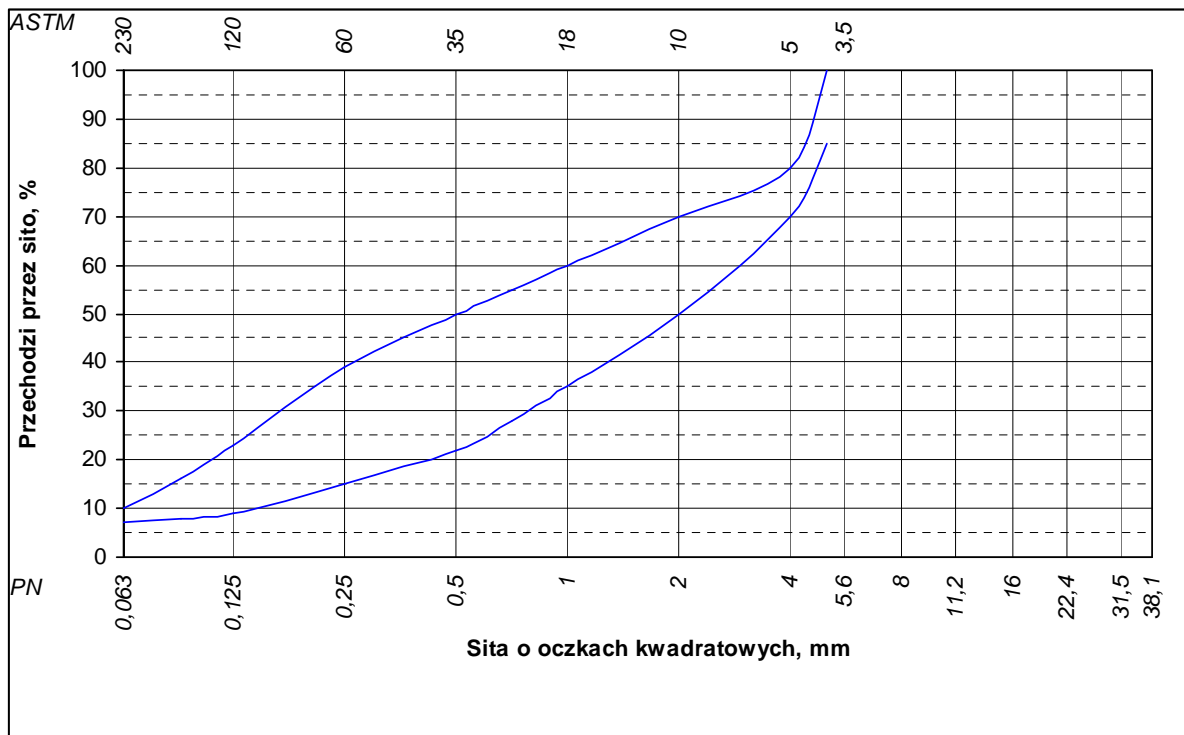
5.3. Beton asfaltowy (BA) do warstwy ścieralnej

Rzędne krzywych granicznych uziarnienia betonu asfaltowego do warstwy ścieralnej oraz orientacyjną zawartość asfaltu podano w tablicy 16 oraz na rysunkach 9, 10, 11.

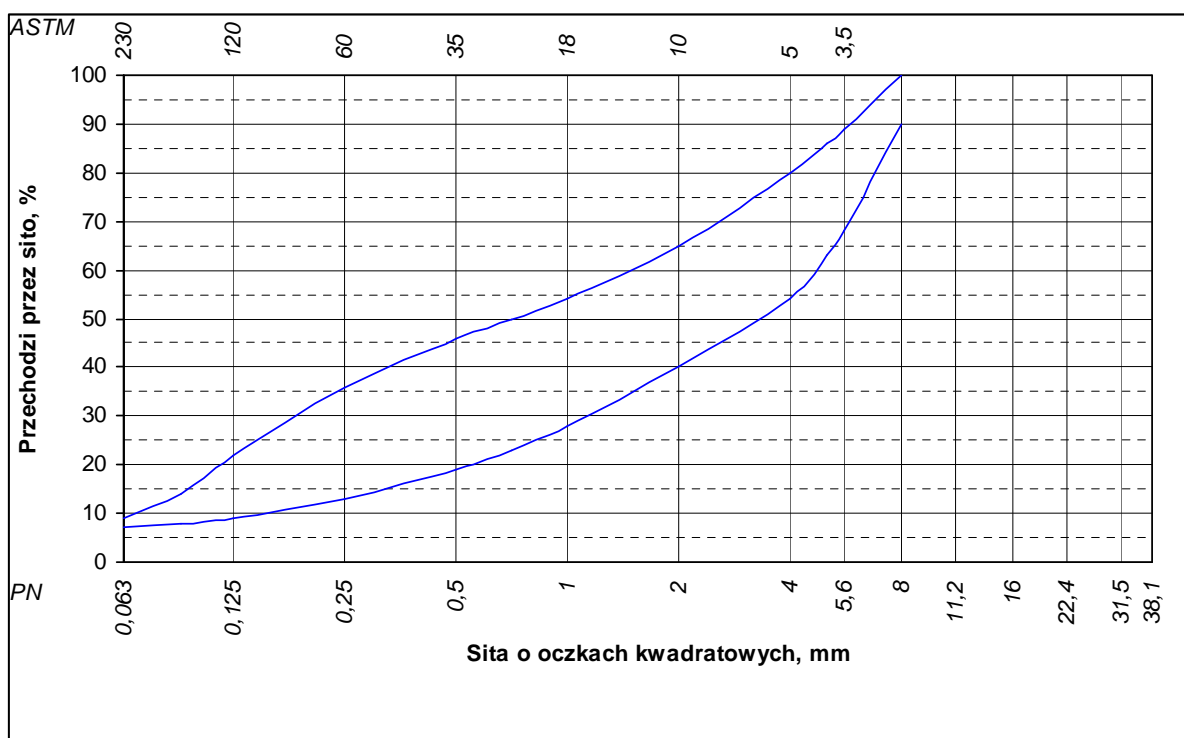
Zalecane właściwości betonu asfaltowego do warstwy ścieralnej i warstwy nawierzchni podano w tablicy 17.

Tablica 15. Graniczne krzywe uziarnienia betonu asfaltowego do warstwy ścieralnej oraz orientacyjna zawartość lepiscza asfaltowego, KR 1-2

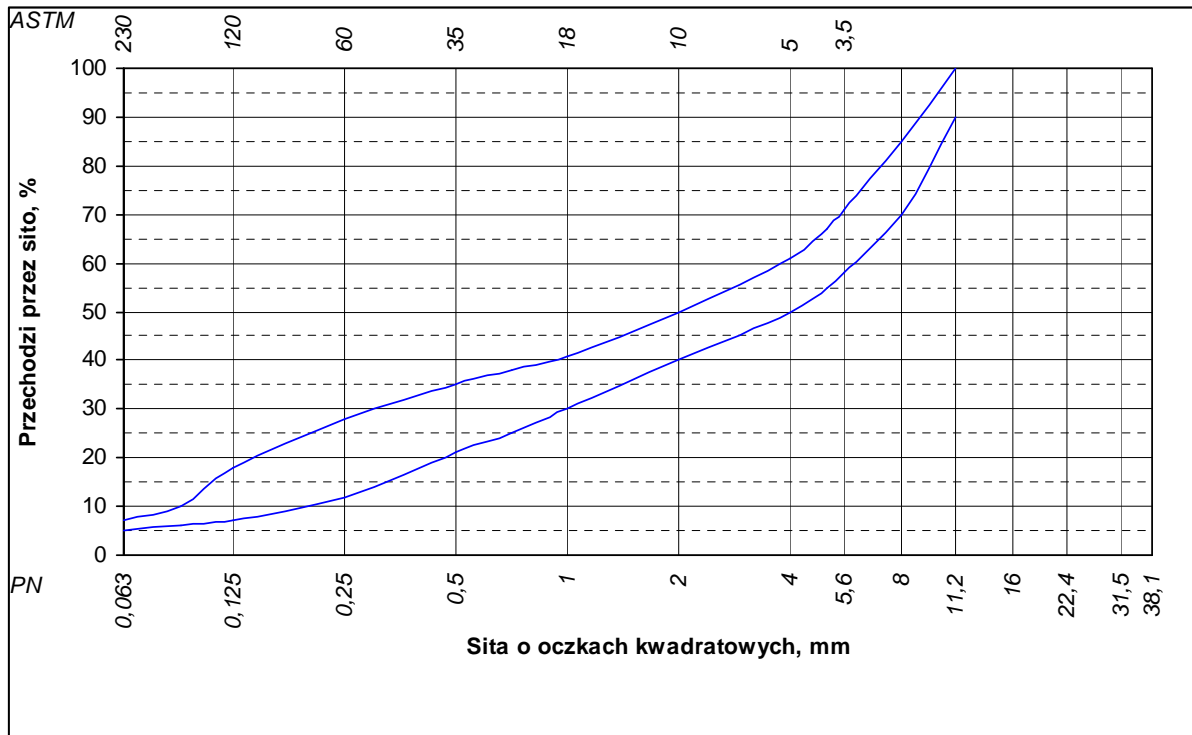
Właściwość	BA5 KR1-2		BA8 KR1-2		BA11 KR1-2	
	od	do	od	do	od	do
Wymiar sita #, mm Przechodzi przez:						
22,4						
16					100	
11,2	100	100	100		90	100
8	100	100	90	100	70	85
5,6	100	100	68	89	58	71
4	70	80	54	80	50	61
2	50	70	40	65	40	50
1,0	35	60	28	54	30	41
0,5	22	50	19	46	21	35
0,25	15	39	13	36	12	28
0,125	9	23	9	22	7	18
0,063	7	10	7	9	5	7
Zawartość asfaltu	6,2	7,7	6,0	7,4	5,9	7,2



Rysunek 9. Krzywe graniczne uziarnienia betonu asfaltowego BA5 do warstwy ścieralnej, KR1-2



Rysunek 10. Krzywe graniczne uziarnienia betonu asfaltowego BA8 do warstwy ścieralnej, KR1-2



Rysunek 11. Krzywe graniczne uziarnienia betonu asfaltowego BA11 do warstwy ścieralnej, KR1-2

Tablica 16. Zalecane właściwości betonu asfaltowego do warstwy ścieralnej nawierzchni, KR1-2

Właściwość	Metoda badania	Wymaganie w zależności od kategorii ruchu
		KR1-2
Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach laboratoryjnych ²⁾ , % v/v	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	2,0 ÷ 4,0
Zawartość wolnych przestrzeni w zagęszczonej mieszance mineralnej, % v/v	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	12 ÷ 18
Wypełnienie wolnych przestrzeni w próbkach laboratoryjnych, %	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	74 ÷ 90
Stabilność Marshalla ²⁾ , daN	PN-EN 12697-34:2005 (U)	≥ 10,0
Odształcenie Marshalla ²⁾ , mm	PN-EN 12697-34:2005 (U)	2,0 ÷ 5,0
Wodoodporność: wskaźnik wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (ITSR) ⁵⁾ , %	PN-EN 12697-12:2004 (U)	≥ 90
Grubość warstwy technologicznej, cm BA5 BA8 BA11	PN-EN 12697-36	2,0 ÷ 4,0 2,0 ÷ 4,0 3,0 ÷ 5,0
Wskaźnik zagęszczenia warstwy, %	Zeszyt 64, Arkusz 08 PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	≥ 98
Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie, % v/v	Zeszyt 64, Arkusz 09 PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	2,0 ÷ 5,0

Uwagi

- ¹ zalecane mieszanki są równorzędne, tj. spełniające takie same wymagania; zaleca się, aby projektant nie określał uziarnienia mieszanki, a jego dobór należy pozostawić wykonawcy robót w zależności od dostępności kruszyw mineralnych (należy przy tym uwzględnić zalecenia doboru uziarnienia do grubości warstwy), np. warstwę ścieralną KR2 o grubości 4 cm można wykonać z BA5 lub BA8, lub BA11
- ² próbki Marshalla zagęszczane 50 uderzeń/stronę
- ⁵ próbki Marshalla zagęszczane 25 uderzeń/stronę

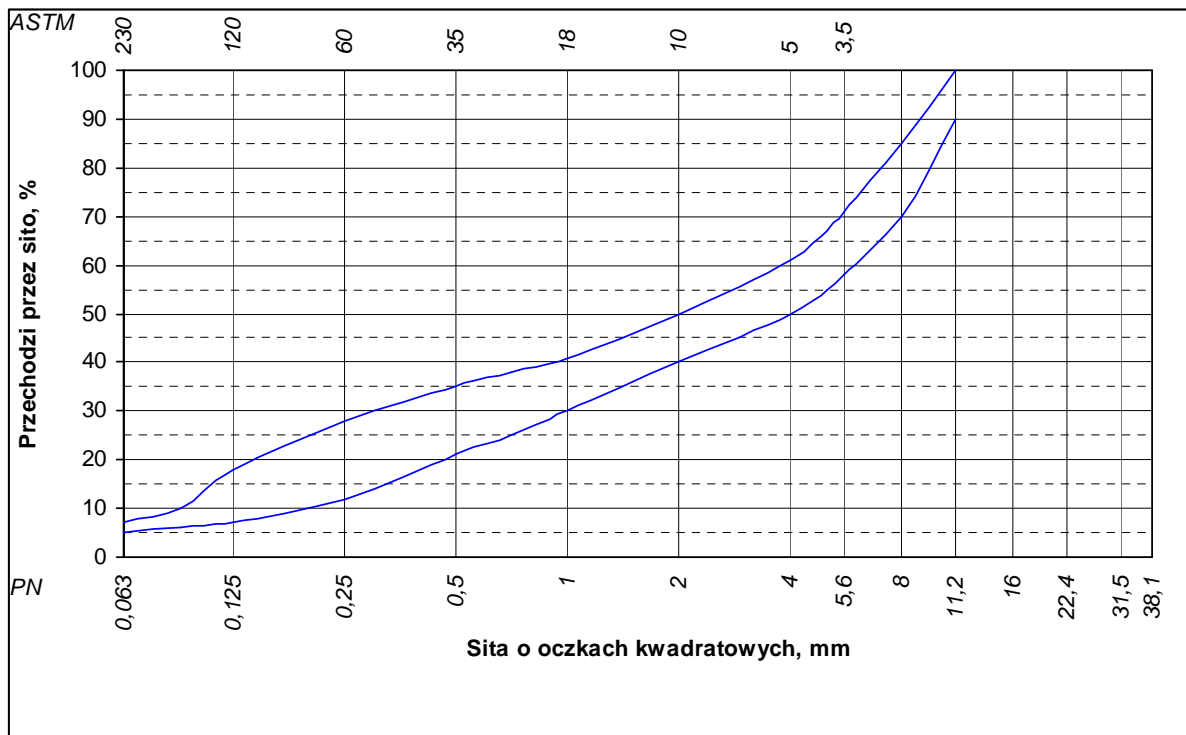
5.4. Beton asfaltowy o wysokim module sztywności (BAWMS) do warstwy wiążącej i warstwy podbudowy

Rzędne krzywych granicznych uziarnienia betonu asfaltowego o wysokim module sztywności do warstwy wiążącej i warstwy podbudowy oraz orientacyjną zawartość asfaltu podano w tablicy 18 oraz na rysunkach 12, 13.

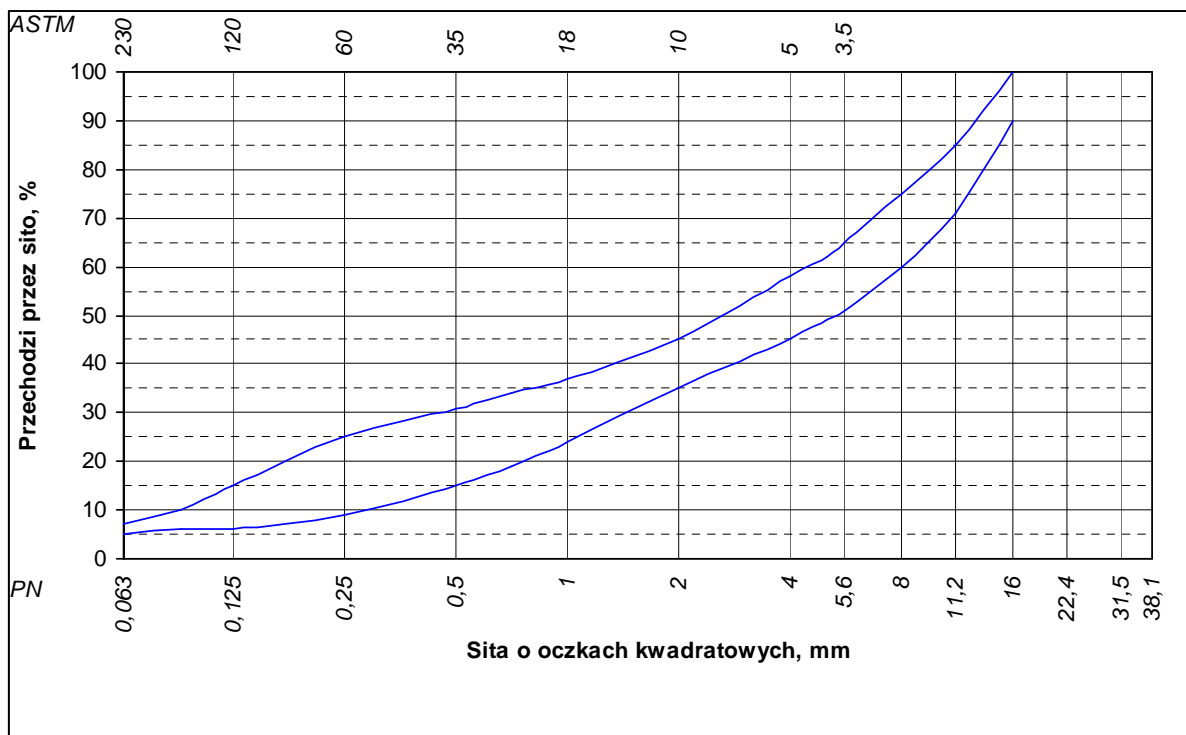
Zalecane właściwości betonu asfaltowego o wysokim module sztywności do warstwy wiążącej i warstwy podbudowy oraz warstwy nawierzchni podano w tablicy 19.

Tablica 17. Graniczne krzywe uziarnienia betonu asfaltowego o wysokim module sztywności do podbudowy oraz orientacyjna zawartość lepiscza asfaltowego, KR3-6

Właściwość	BAWMS11 KR3-6		BAWMS16 KR3-6	
	od	do	od	do
Wymiar sita #, mm Przechodzi przez:				
22,4			100	
16	100		90	100
11,2	90	100	71	85
8	70	85	60	75
5,6	58	71	51	65
4	50	61	45	58
2	40	50	35	45
1,0	30	41	24	37
0,5	21	35	15	31
0,25	12	28	9	25
0,125	7	18	6	15
0,063	5	7	5	7
Zawartość asfaltu w mieszance, % mm	5,0	6,5	4,8	6,2



Rysunek 12. Krzywe graniczne uziarnienia betonu asfaltowego o wysokim module sztywności BAWMS11 do warstwy wiążącej lub podbudowy, KR3-6



Rysunek 13. Krzywe graniczne uziarnienia betonu asfaltowego o wysokim module sztywności BAWMS16 do warstwy wiążącej lub podbudowy, KR3-6

Tablica 18. Zalecane właściwości betonu asfaltowego o wysokim module sztywności do warstwy wiążącej lub podbudowy i warstwy nawierzchni

Właściwość	Metoda badania	Wymaganie w zależności od kategorii ruchu
		KR3-6
Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach laboratoryjnych ²⁾ , % v/v	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	1,0 ÷ 4,0
Zawartość wolnych przestrzeni w zagęszczonej mieszance mineralnej, % v/v	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	12 ÷ 18
Wypełnienie wolnych przestrzeni w próbkach laboratoryjnych, %	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	74 ÷ 90
Odporność na koleinowanie ³⁾ warunki badania: temperatura 60°C, 30 000 cykli próbka laboratoryjna o grubości 10 cm względna głębokość koleiny, %	PN-EN 12697-22:2004 (U) Duży aparat	≤ 5
Zespolony moduł sztywności ³⁾ warunki badania: temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz MPa	PN-EN 12697-26:2005 (U) metoda 4PB-PR	≥ 14 000
Moduł sztywności ²⁾ warunki badania: temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz MPa	PN-EN 12697-26:2005 (U) metoda IT-CY	≥ 16 000
Odporność na zmęczenie ^{3),4)} warunki badania: temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz odkształcenie ϵ_s , 10 ⁻⁴ m/m	PN-EN 12697-24:2005 (U) metoda 4PB-PR	≥ 130
Wodoodporność: wskaźnik wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (ITSR) ⁵⁾ , %	PN-EN 12697-12:2004 (U)	≥ 80
Grubość warstwy technologicznej, cm BA11 BA16	PN-EN 12697-36	6,0 ÷ 12,0 8,0 ÷ 14,0
Wskaźnik zagęszczenia warstwy, %	Zeszyt 64, Arkusz 08 PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	≥ 98
Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie, % v/v	Zeszyt 64, Arkusz 09 PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	1,0 ÷ 5,0

Uwagi

- 1 zalecane mieszanki są równorzędne, tj. spełniające takie same wymagania; zaleca się, aby projektant nie określał uziarnienia mieszanki, a jego dobór należy pozostawić wykonawcy robót w zależności od dostępności kruszyw mineralnych (należy przy tym uwzględnić zalecenia doboru uziarnienia do grubości warstwy), np. warstwę wiążącą KR5 o grubości 8 cm można wykonać z BAWMS11 lub BAWMS16
- 2 próbki Marshalla zagęszczane 75 uderzeń/stronę
- 3 badanie zalecane tylko na etapie projektowania składu mieszanki
- 4 odkształcenie, przy którym trwałość zmęczeniowa (liczba obciążeń, po której zespolony moduł sztywności zmniejszy się do 50% wartości początkowej) wynosi 1 milion cykli, pod obciążeniem cyklicznym sinusoidalnym w temperaturze 10°C, z częstotliwością obciążenia 10Hz
- 5 próbki Marshalla zagęszczane 25 uderzeń/stronę

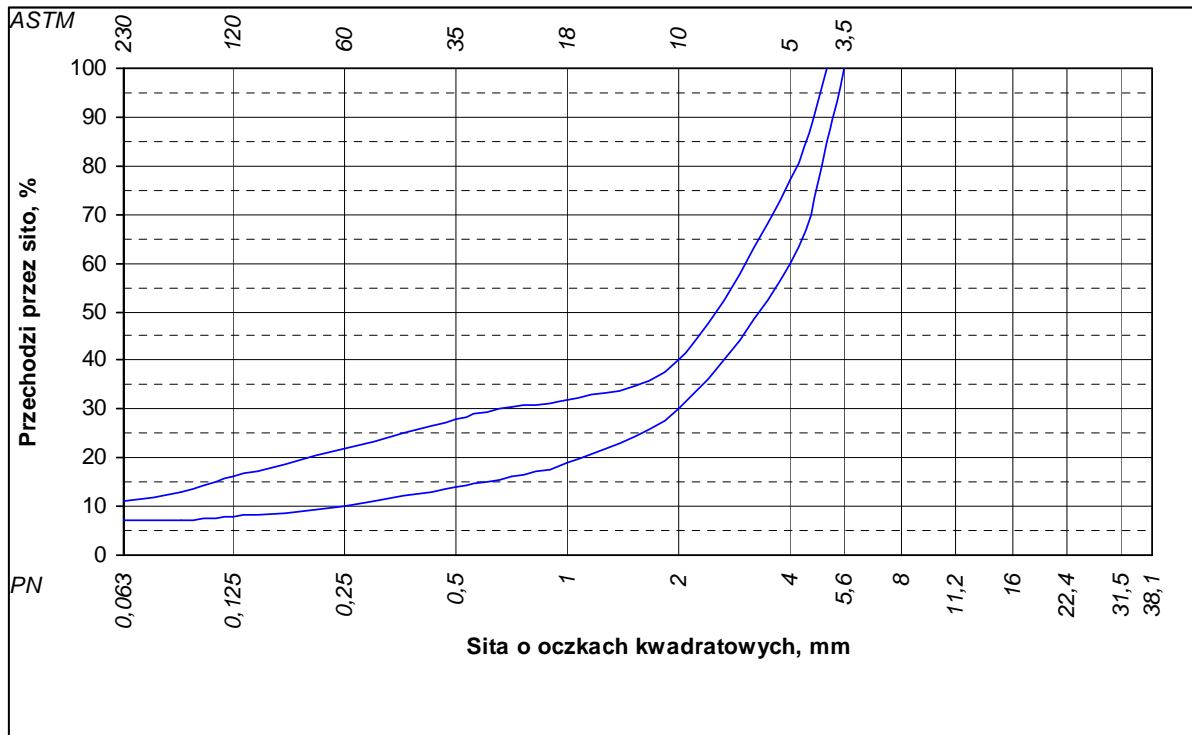
5.5. Mieszanka SMA do warstwy ścieralnej

Rzędne krzywych granicznych uziarnienia mieszanki SMA do warstwy ścieralnej oraz orientacyjną zawartość asfaltu podano w tablicy 20 oraz na rysunkach 14, 15, 16.

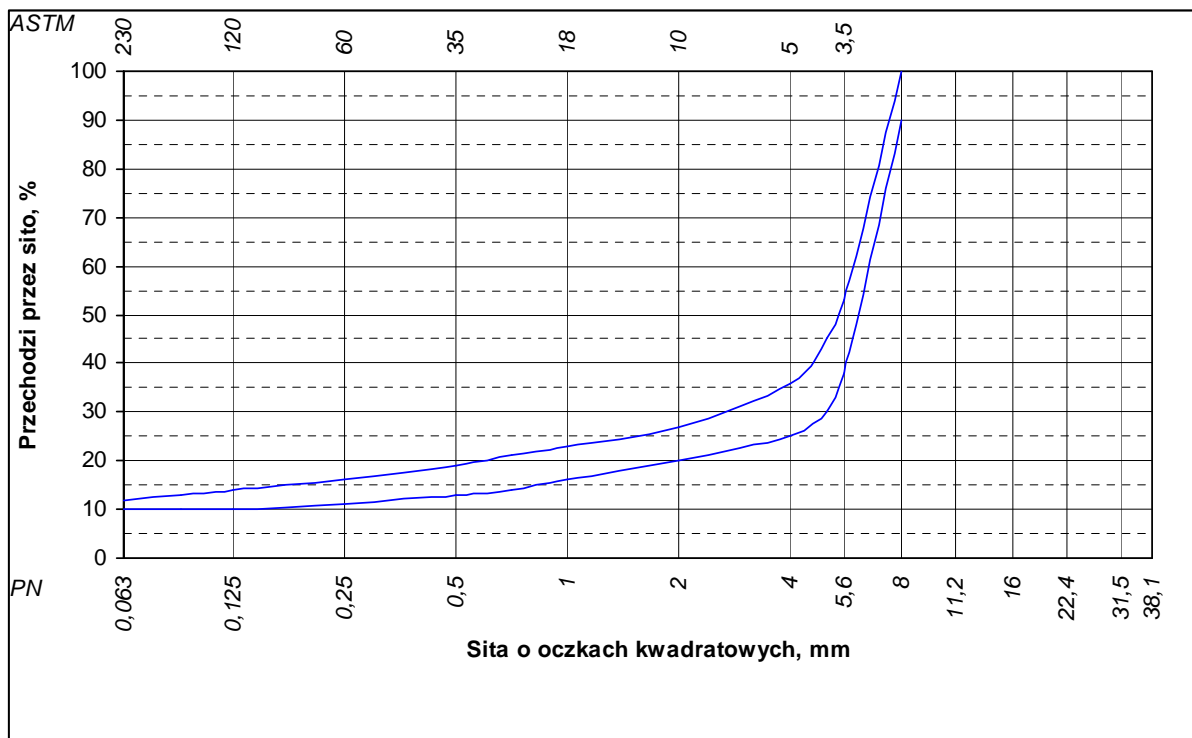
Zalecane właściwości mieszanki SMA i warstwy nawierzchni podano w tablicy 21.

Tablica 19. Graniczne krzywe uziarnienia mieszanki SMA do warstwy ścieralnej oraz orientacyjna zawartość lepiska asfaltowego

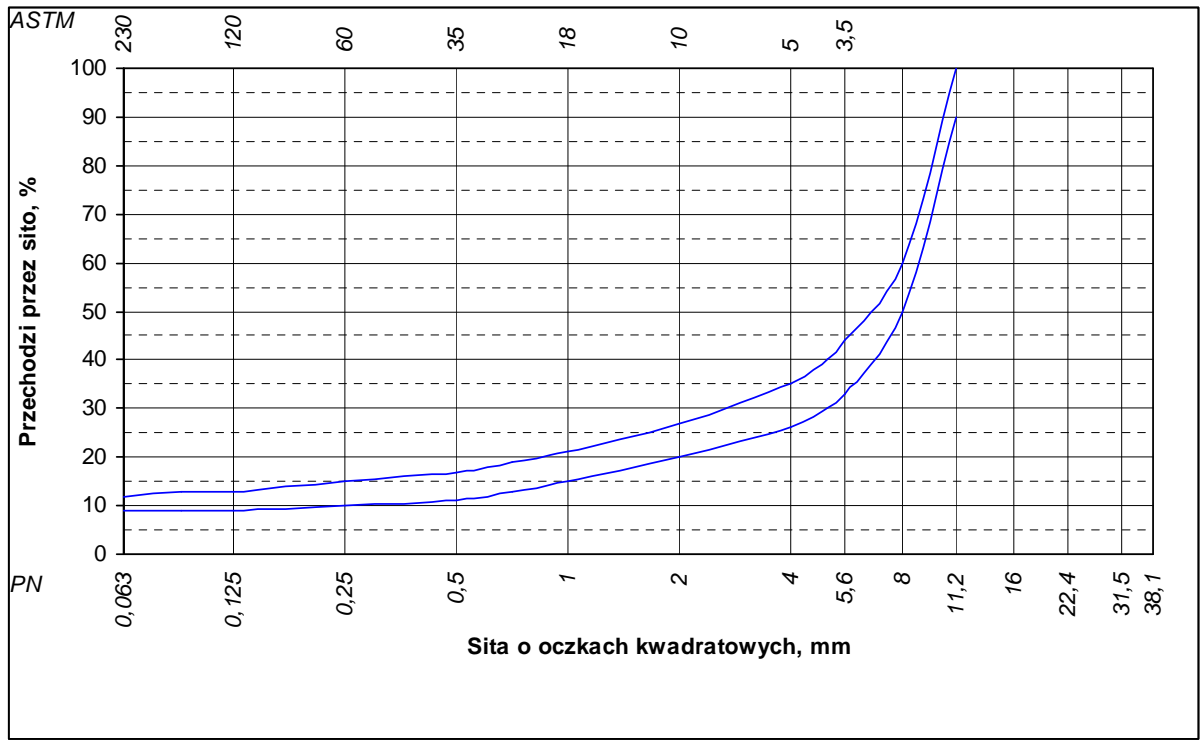
Właściwość	SMA5 KR1-4		SMA8 KR1-6		SMA11 KR3-6	
	od	do	od	do	od	do
Wymiar sita #, mm						
Przechodzi przez:						
16					100	100
11,2			100	100	90	100
8	100	100	90	100	50	60
5,6	100	100	38	53	33	44
4	60	77	25	36	26	35
2	30	40	20	27	20	27
1,0	19	32	15	23	15	21
0,5	14	28	13	19	11	17
0,25	10	22	11	16	10	15
0,125	80	16	10	14	9	13
0,063	7	11	10	12	9	12
Zawartość asfaltu w mieszance, % mm	6,8	8,5	6,5	8,0	6,2	7,5



Rysunek 14. Krzywe graniczne uziarnienia mastyksu grysowego SMA5, KR1-4



Rysunek 15. Krzywe graniczne uziarnienia mastyksu grysowego SMA8, KR1-6



Rysunek 16. Krzywe graniczne uziarnienia mastyksu grysowego SMA11, KR3-6

Tablica 20. Zalecane właściwości mieszanki SMA do warstwy ścieralnej i warstwy nawierzchni

Właściwość	Metoda badania	Wymaganie w zależności od kategorii ruchu		
		KR1-2	KR3-4	KR5-6
Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach laboratoryjnych ²⁾ , % v/v	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	2,0 ÷ 4,0	2,0 ÷ 4,0	2,0 ÷ 4,0
Odporność na koleinowanie ³⁾ warunki badania: temperatura 60°C, 10 000 cykli próbka laboratoryjna o grubości 5 cm względna głębokość koleiny, %	PN-EN 12697-22:2004 (U) Duży aparat	-	-	≤ 10
Odporność na koleinowanie ³⁾ warunki badania: temperatura 60°C 10 000 cykli prędkość przyrostu koleiny, mm/1000 cykli względna głębokość koleiny, %	PN-EN 12697-22:2004 (U) Mały aparat	- -	≤ 10 ≤ 7	- -
Wodoodporność: wskaźnik wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (ITSR) ⁵⁾ , %	PN-EN 12697-12:2004 (U)	≥ 90	≥ 90	≥ 90
Grubość warstwy technologicznej, cm SMA5 SMA8 SMA11	PN-EN 12697-36	2,0 ÷ 4,0 2,5 ÷ 5,0	2,0 ÷ 4,0 2,5 ÷ 5,0 3,5 ÷ 5,0	2,5 ÷ 5,0 3,5 ÷ 5,0
Wskaźnik zagęszczenia warstwy, %	Zeszyt 64, Arkusz 08 PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	≥ 98	≥ 98	≥ 98
Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie, % v/v	Zeszyt 64, Arkusz 09 PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	2,0 ÷ 6,0	2,0 ÷ 6,0	2,0 ÷ 6,0

Uwagi

- 1 zalecane mieszanki są równorzędne, tj. spełniające takie same wymagania; zaleca się, aby projektant nie określał uziarnienia mieszanki, a jego dobór należy pozostawić wykonawcy robót w zależności od dostępności kruszyw mineralnych (należy przy tym uwzględnić zalecenia doboru uziarnienia do grubości warstwy), np. warstwę ścieralną KR2 o grubości 3 cm można wykonać z SMA5 lub SMA 8, a warstwę ścieralną KR5 o grubości 4 cm można wykonać z SMA8 lub SMA11
- 2 próbki Marshalla zagęszczane 50 uderzeń/stronę
- 3 badanie zalecane tylko na etapie projektowania składu mieszanki
- 5 próbki Marshalla zagęszczane 25 uderzeń/stronę

5.6. Mieszanka o nieciągłym uziarnieniu MNU do warstwy ścieralnej

Mieszankę MNU należy projektować i stosować według ZW-CWG 2006 wraz z zaleceniami podanymi w tablicy 22.

Tablica 21. Zalecane właściwości mieszanki MNU do warstwy ścieralnej i warstwy nawierzchni

Właściwość	Metoda badania	Wymaganie w zależności od kategorii ruchu		
		KR1-2	KR3-4	KR5-6
Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach laboratoryjnych ²⁾ , % v/v	PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	4,0 ÷ 8,0	4,0 ÷ 8,0	4,0 ÷ 8,0
Odporność na koleinowanie ³⁾ warunki badania: temperatura 60°C, 10 000 cykli próbka laboratoryjna o grubości 5 cm względna głębokość koleiny, %	PN-EN 12697-22:2004 (U) Duży aparat	-	-	≤ 10
Odporność na koleinowanie ³⁾ warunki badania: temperatura 60°C 10 000 cykli prędkość przyrostu koleiny, mm/1000 cykli względna głębokość koleiny, %	PN-EN 12697-22:2004 (U) Mały aparat	- -	≤ 10 ≤ 7	- -
Wodoodporność: wskaźnik wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (ITSR) ⁵⁾ , %	PN-EN 12697-12:2004 (U)	≥ 90	≥ 90	≥ 90
Grubość warstwy technologicznej, cm MNU8 MNU11	PN-EN 12697-36	1,0 ÷ 3,0 1,5 ÷ 3,5	1,0 ÷ 3,0 1,5 ÷ 3,5	1,0 ÷ 3,0 1,5 ÷ 3,5
Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie, % v/v	Zeszyt 64, Arkusz 09 PN-EN 12697-5:2005 PN-EN 12697-6:2005 PN-EN 12697-8:2005	2,0 ÷ 6,0	2,0 ÷ 6,0	2,0 ÷ 6,0

Uwagi

- 1 zalecane mieszanki są równorzędne, tj. spełniające takie same wymagania; zaleca się, aby projektant nie określał uziarnienia mieszanki, a jego dobór należy pozostawić wykonawcy robót w zależności od dostępności kruszyw mineralnych (należy przy tym uwzględnić zalecenia doboru uziarnienia do grubości warstwy), np. warstwę ścieralną o grubości 2,5 cm można wykonać z MNU8 lub MNU 11
- 2 próbki Marshalla zagęszczane 50 uderzeń/stronę
- 3 badanie zalecane tylko na etapie projektowania składu mieszanki
- 5 próbki Marshalla zagęszczane 25 uderzeń/stronę

6. Połączenie międzywarstwowe. Wymagania

Uzyskanie wymaganej trwałości nawierzchni zależne jest w znacznym stopniu od zapewnienia połączenia między warstwami i ich współpracy w przenoszeniu obciążenia nawierzchni.

Wymagana wytrzymałość na ścinanie połączenia między warstwami asfaltowymi wynosi: **1,3 MPa** (N/mm²). Metoda pomiaru opisana jest w p. 8.

W celu uzyskania połączenia między warstwami nawierzchni zaleca się powierzchnię warstwy skropić emulsją asfaltową lub asfaltem upłynnionym w ilości jak podano w tablicy 23 (w przeliczeniu na pozostały asfalt).

Do łączenia warstw asfaltowych zaleca się stosowanie emulsji asfaltowych szybkorozpadowych wytworzonych z asfaltem 70/100 lub twardszym.

Tablica 22. Zalecane ilości asfaltu do skropienia podłoża pod warstwę asfaltową

Układana warstwa asfaltowa	Podłoże pod warstwę asfaltową	Ilość pozostałego asfaltu, kg/m ²
Podbudowa z betonu asfaltowego BA lub BAWMS	Podbudowa/nawierzchnia tłuczniowa	0,7 ÷ 1,0
	Podbudowa z kruszywa stabilizowanego mechanicznie	0,5 ÷ 0,7
	Podbudowa z chudego betonu lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym	0,3 ÷ 0,5 ¹⁾ + 0,7 ÷ 1,0 ²⁾
	Nawierzchnia asfaltowa o chropowatej powierzchni	0,2 ÷ 0,5
Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego BA lub BAWMS	Podbudowa asfaltowa	0,3 ÷ 0,5
Warstwa ścieralna z SMA	Warstwa wiążąca asfaltowa	0,1 ÷ 0,3 ³⁾
Warstwa ścieralna z MNU	Warstwa wiążąca asfaltowa	0,4 ÷ 0,8 ³⁾

¹ zalecana emulsja obojętna (niekwaśna) o pH > 3,5

² zalecana emulsja modyfikowana polimerem posypana grysem 2/5 w celu uzyskania membrany poprawiającej połączenie oraz zmniejszającej ryzyko spękań odbitych

³ zalecane stosowanie emulsji modyfikowanej polimerem; ilość emulsji należy dobrać z uwzględnieniem stanu podłoża oraz porowatości mieszanki mineralno-asfaltowej SMA lub MNU – jeśli mieszanka ma większą zawartość wolnych przestrzeni, to należy użyć większą ilość lepiszcza do skropienia, które po ułożeniu warstwy ścieralnej uszczelni ją.

7. Konstrukcja półsztywna. Zmniejszenie ryzyka spękań odbitych

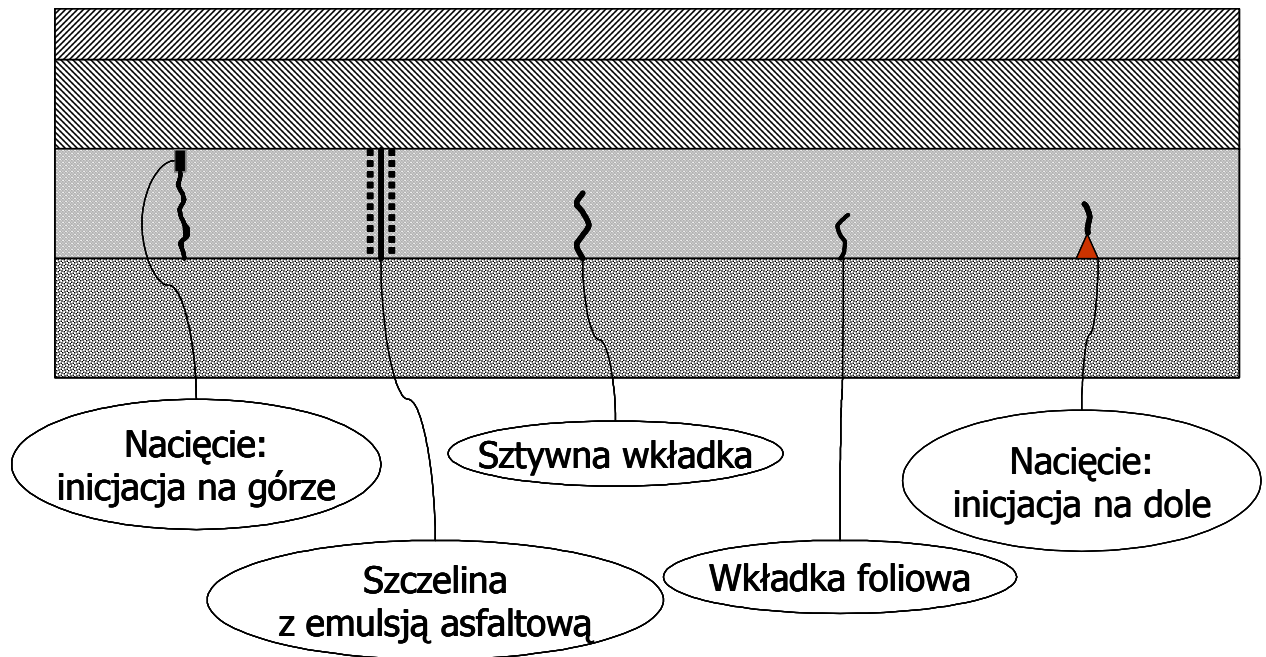
Nawierzchnie półsztywne narażone są na powstawanie spękań odbitych, których przyczyny mogą być następujące:

- Spękania w niższej warstwie, np. stara nawierzchnia asfaltowa
- Szczeliny dylatacyjne w nawierzchni (warstwie) betonowej
- Podbudowa związana spoiwem hydraulicznym (cement, wapno)
- Konieczność dylatowania warstwy betonowej – nieuchronność spękań odbitych w warstwie nakładki asfaltowej.

Zapobieganie powstawaniu spękań odbitych może składać się z jednego lub połączonych kilku z podanych niżej sposobów.

- Prewencja
 - Dobór konstrukcji i materiałów
 - Szczeliny dylatacyjne
 - Mikrospękania
- Warstwy (membrany) przeciwspekaniowe
 - Specjalna mieszanka mineralno-asfaltowa
 - Warstwa SAMI
 - Włókniny
 - Siatki
 - Zbrojenie siatką stalową
 - Zbrojenie trójwymiarową strukturą stalową
 - Produkty kombinowane, np. siatka + włóknina
- Warstwy asfaltowe nakładki

Wywołanie kontrolowanych pęknięć w postaci szczelin dylatacyjnych może być wykonane kilkoma metodami pokazanymi na rysunku 17. Zaleca się, aby pęknięcia te były wywołane z częstotliwością od 2,0 do 3,0 m. Taka częstotliwość szczelin dylatacyjnych spowoduje, że podbudowa będzie podzielona na odpowiednio małe płyty, rozdzielone szczelinami dylatacyjnymi o rozwarości na tyle małej, że będzie zapewniona współpraca między płytami w przenoszeniu obciążeń. Uchroni to nawierzchnię przed niebezpieczeństwem ścinania w obszarze pęknięcia.



Rysunek 17. Inicjacja szczelin dylatacyjnych w warstwie związanej spoiwem hydraulicznym w nawierzchni półsztywnej

W wykonywaniu membran przeciwspekaniowych zaleca się stosowanie siatek stanowiących zbrojenie nawierzchni asfaltowej. Zwłaszcza zalecane są siatki powlekane asfaltem (polimeroasfaltem), które zapewniają uzyskanie dobrego połączenia między warstwami. Minimalna grubość warstwy asfaltowej na siatce jest zależna od typu siatki. Należy ściśle przestrzegać zaleceń producenta i aprobaty.

Z ostrożnością należy stosować włókniny między warstwami asfaltowymi. Należy przy tym ściśle przestrzegać zaleceń producenta dotyczących ilości i jakości lepiszcza do skropienia i nasączenia włókniny.

Nie należy stosować włókniny między warstwami asfaltowymi nawierzchni na terenach o wysokim poziomie wód gruntowych, zalewowych i w warunkach, w których może pojawić się możliwość wchłonięcia wody przez włókninę.

8. Zalecany dobór i układ warstw nawierzchni

Łączna grubość warstw asfaltowych jest zależna od projektu konstrukcji nawierzchni w dostosowaniu do przewidywanego obciążenia ruchem w przewidywanym okresie eksploatacji.

Podział łącznej grubości warstw asfaltowych na poszczególne warstwy technologiczne powinien uwzględniać aspekt trwałości konstrukcji, cechy powierzchniowe nawierzchni oraz komfort i bezpieczeństwo użytkownika i wpływ na środowisko:

- Cechy mechaniczne:
 - Odporność na deformacje
 - Odporność na pękanie
 - Nośność
- Komfort i bezpieczeństwo użytkownika
 - Równość
 - Szorstkość
- Wpływ na otoczenie
 - Hałaśliwość.

Zaleca się następujący układ warstw:

- Warstwa ścieralna z mieszanki SMA o grubości od 2,0 do 4,0 cm (zalecane 3,0 cm) lub MNU o grubości od 1,0 do 3,5 cm (zalecane 2,0 cm)
- Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego BA lub BAWMS o grubości od 6,0 do 8,0 cm (standardowo 8,0 cm)
- Warstwa podbudowy z betonu asfaltowego BA lub BAWMS o grubości wynikającej z projektu (według rozwiązania katalogowego lub indywidualnego)
- Warstwa podbudowy związanej lub niezwiązanej według projektu.

9. Badanie połączenia międzywarstwowego próbek laboratoryjnych i z nawierzchni asfaltowej. Instrukcja

Wstęp

Niniejszą Instrukcję opracowano w IBDiM na podstawie *RVS 11.065 Grundlagen – Prüfverfahren – Laborprüfungen von Asphalt – III. Schubverbund von Asphaltischen Schichten* oraz *Arbeitsanleitungen zur Prüfung von Asphalt – ALP A StB – Teil 4 – Prüfung des Schichtenverbundes nach Leutner*.

Od warstwy asfaltowej wymaga się między innymi, aby była w sposób trwały połączona z jej podłożem, to jest z powierzchnią warstwy podbudowy lub nawierzchni, albo izolacji na obiekcie mostowym, niezależnie od materiału, z jakiego zostało to podłoże wykonane. W związku z tym powierzchnia podłoża powinna mieć teksturę otwartą (chropowatą) na wypełnienie MMA w trakcie jej wbudowywania, a ponadto, przed wykonaniem warstwy asfaltowej, powinna być skropiona (zagruntowana) lepiszczem, np. emulsją asfaltową zwykłą lub modyfikowaną, albo asfaltem upłynnionym. Od sposobu wykonania połączenia zależy współpraca stykających się warstw - ich nośność i trwałość.

Umowną miarą współpracy warstwy asfaltowej z powierzchnią podłoża jest maksymalna wartość siły ścinającej w połączeniu międzywarstwowym, w temperaturze nominalnej + 20 °C, oraz odpowiadające temu maksymalne przesunięcie ścinanej warstwy (przesunięcie szczęki w aparacie do ścinania). Wartości te zależą głównie od:

- wzajemnego szepienia warstw, uzależnionego od:
 - tekstury powierzchni,
 - zagłębień profilu powierzchni,
 - wymiaru największych ziaren w strefie przypowierzchniowej,
 - wolnych przestrzeni,
 - zagęszczenia,
 - stanu powierzchni podłoża,
- sklejenia stykających się warstw, tj. od:
 - rodzaju i ilości skropionego lepiszcza,
 - adhezji i kohezji lepiszcza,
 - zawartości mastyksu w MMA,
 - stanu powierzchni podłoża.

Badanie połączenia międzywarstwowego może być wykonane na rdzeniach wyciętych z nawierzchni oraz na próbkach wykonanych w laboratorium. Badanie przeprowadza się na próbkach o średnicy nominalnej 100 lub 150 mm, w zależności od średnicy otworu w aparacie do ścinania próbek.

Określenia

Badanie połączenia międzywarstwowego

Polega na bezpośrednim ścięciu próbki w aparacie wzdłuż płaszczyzny połączenia zgodnie z opisaną procedurą.

Siła ścinająca

Maksymalna siła ścinająca (F_{\max}) połączenie międzywarstwowo w badaniu opisaną metodą.

Przesunięcie (droga ścinania)

Pomierzone i skorygowane przesunięcie szczęki aparatu do wystąpienia maksymalnej siły ścinającej (F_{\max}).

Płaszczyzna ścinania

Płaszczyzna między sąsiednimi powierzchniami warstw, wzdłuż której ścina się połączenie międzywarstwowo w próbce.

Wytrzymałość na ścinanie

Maksymalna siła ścinająca podzielona przez powierzchnię ścinanego przekroju próbki; powierzchnia mierzona przed badaniem.

Sprzęt

Wiertnica z osprzętem i koronką o średnicy wewnętrznej 100 mm lub 150 mm \pm 2 mm.

Ubijak oraz formy do wykonywania próbek laboratoryjnych Marshalla o średnicy wewnętrznej 101,6 mm \pm 0,1 mm.

Urządzenie do ścinania próbek.

Prasa (z urządzeniem rejestrującym) do ściskania próbek, w urządzeniu do ścinania próbek, o prędkości przesuwu tłoka pod obciążeniem 50 mm/min \pm 3mm/min. Z reguły w badaniu stosuje się prasę do oznaczania stabilności próbek Marshalla.

Komora klimatyzacyjna do termostatowania próbek w powietrzu o temperaturze + 20 °C \pm 1 °C.

Termometr od 0 do \pm 100 °C z podziałką co 1 °C.

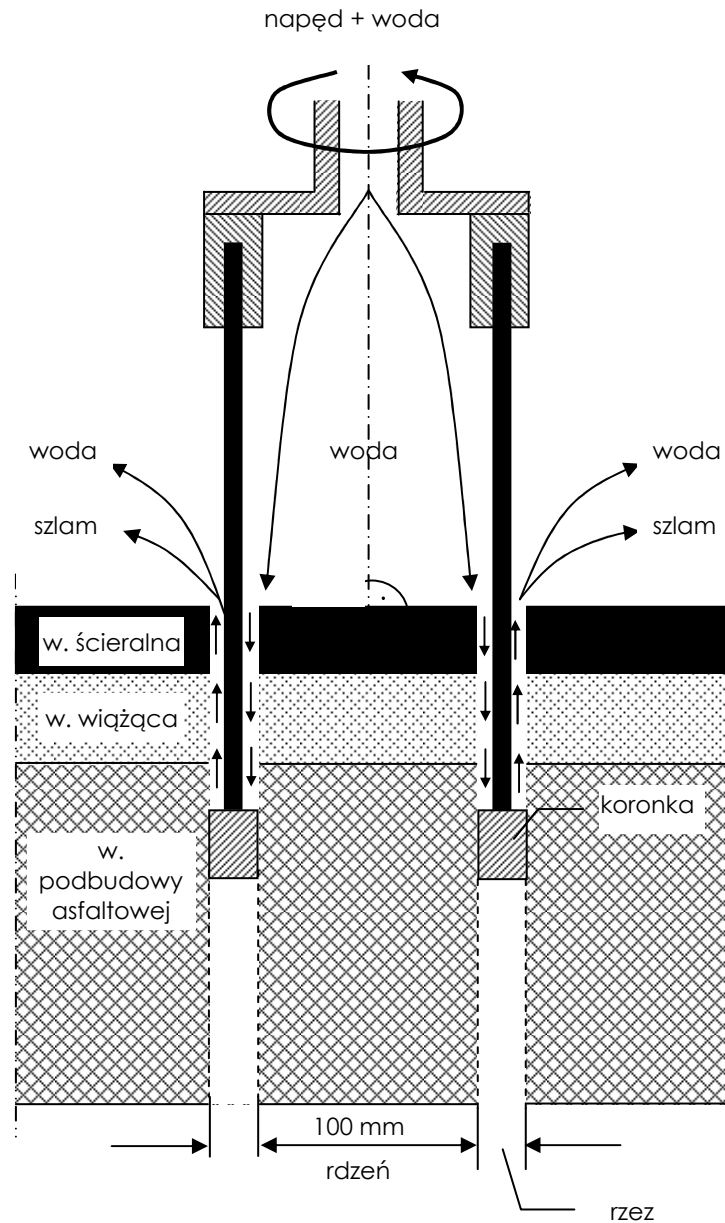
Próbki

Wycinanie rdzenia z nawierzchni

Rdzenie (co najmniej 2 o średnicy 150 mm \pm 2mm lub co najmniej 3 o średnicy 100 mm \pm 2 mm) do badania połączenia międzywarstwowego powinny być wycięte z nawierzchni w miejscu odpowiednio oznaczonym, np. numerem, przed jej oddaniem do użytkowania. Wiertnicę należy tak ustawić i umocować, aby po uruchomieniu silnika nie drgała ani nie przesuwiała się, a oś wycinanego rdzenia była skierowana prostopadle do wycinanej powierzchni. Płaszcz rury oraz koronka powinny być w dobrym stanie technicznym. Jakiegokolwiek uszkodzenia lub zniekształcenia są niedopuszczalne. Doprowadzana woda do nacięcia wewnętrznego nawierzchni powinna wypływać nacięciem zewnętrznym wraz ze szlamem (rys. 18). Wycinanie rdzenia należy zakończyć po przecięciu wszystkich zwartych warstw nawierzchni. Rdzeń należy wyjąć z otworu odpowiednim do tego chwytakiem, położyć do skrzynki i zabezpieczyć przed wstrząsami, niską i wysoką temperaturą.

Próbki laboratoryjne

Próbki laboratoryjne do badań połączenia międzywarstwowego powinny być wykonane z co najmniej dwóch warstw o grubości nie mniejszej niż 25 mm każda.



Rysunek 18. Schemat wycinania rdzenia z nawierzchni

Przygotowanie próbek do badań

Przygotowanie próbki obejmuje:

- sprawdzenie próbki, czy nie została uszkodzona; uszkodzonej nie bada się,
- pomiar skosu połączenia warstw (rys. 19); próbki ze skosem powyżej 5 mm nie bada się,
- pomiar dwóch wzajemnie prostopadłych średnic próbki z dokładnością do 0,1 mm; dopuszczalna odchyłka ± 2 mm,
- obliczenie średniego wyniku pomiaru średnicy (D) w cm.

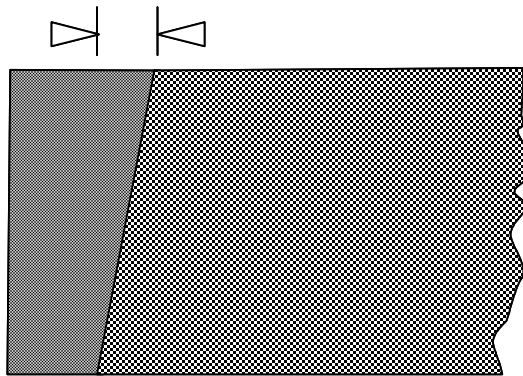
- obliczenie powierzchni ścinania według równania:

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \quad \text{Równanie 2}$$

- termostatowanie próbki ułożonej poziomo co najmniej 12 godzin w powietrzu o temperaturze $+ 20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Badanie przeprowadza się na co najmniej dwóch próbkach o średnicy nominalnej 150 mm oraz na co najmniej trzech próbkach o średnicy nominalnej 100 mm. Zaleca się pogrupować próbki o jednakowej średnicy; ułatwia to sprawne wykonanie badań.

≤ 5 mm



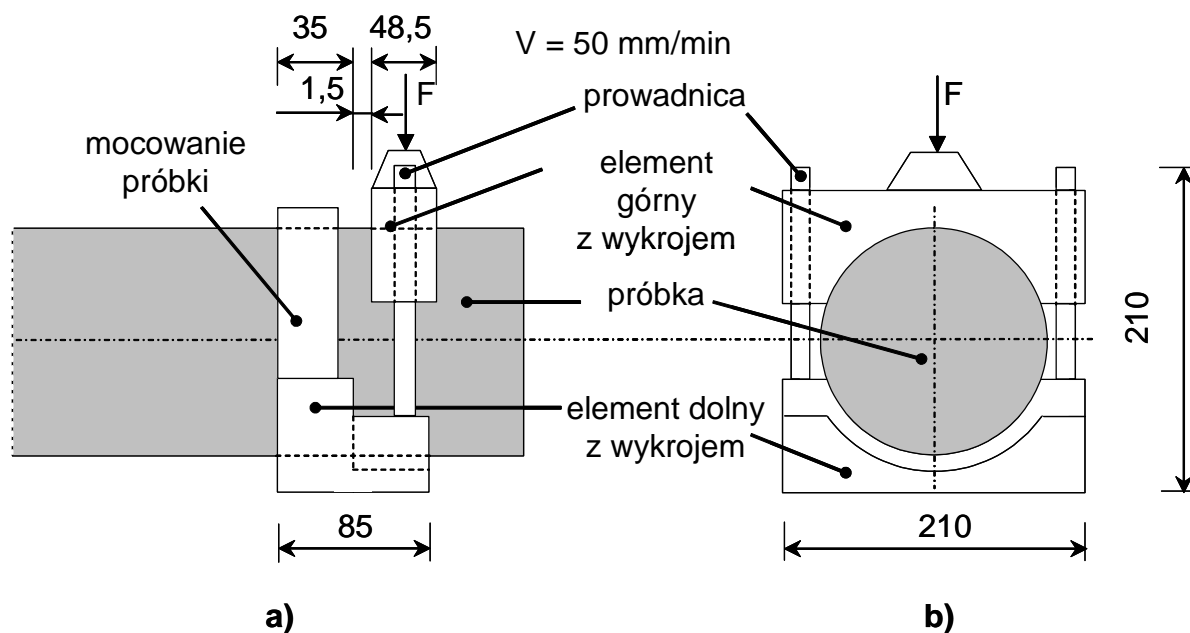
Rysunek 19. Maksymalny skos połączenia międzywarstwowego w próbce do badania metodą ścinania

Przygotowanie aparatury do badań

Prasa powinna być wzorcowana i sprawdzana, a kontrola prędkości przesuwu tłoka pod obciążeniem powinna być wykonana zgodnie z instrukcją obsługi prasy.

Aparat do ścinania próbek (pokazany na rys. 20), przed ustawieniem w prasie, należy sprawdzić, czy naciskana dłoń górną szczęką swobodnie porusza się.

Przygotowanie komory klimatyzacyjnej do badań polega na sprawdzeniu rozkładu w przestrzeni oraz zmienności w czasie temperatury oraz czy wskazania termostatu i termometru wewnątrz komory są zgodne (dopuszczalna odchyłka $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$).



Rysunek 20. Schemat aparatu do ścinania połączenia między warstwami (wymiały w mm, do próbek o średnicy 100 mm)

a) – widok z boku

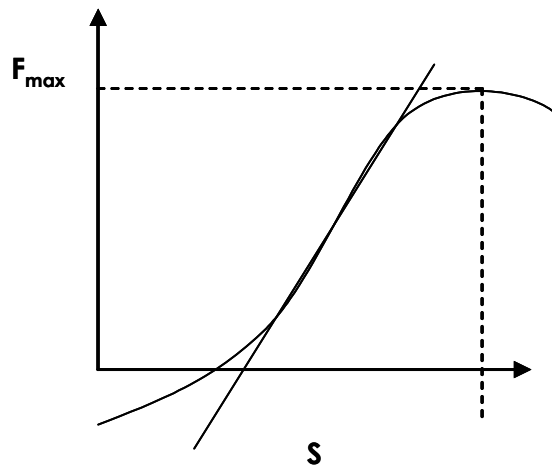
b) – widok z przodu

Wykonanie pomiaru

Próbkę po termostatowaniu umieszcza się w aparacie w taki sposób, aby całkowicie przylegała do powierzchni szczęk, a płaszczyzny połączenia sąsiednich warstw i ścinania szczęk tworzyły jedną pionową płaszczyznę. Płaszczyzna ścinania w połączeniu o „długości” do 5 mm powinna być w środku połączenia. Następnie zaciska się uchwyt i uruchamia prasę. Ścinanie próbki wielowarstwowej rozpoczyna się od warstwy ścieralnej. Badanie próbki powinno być zakończone przed upływem 10 minut.

Wynik pomiaru

Wynik pomiaru odczytuje się z wykresu w sposób pokazany na rys. 21.



Rysunek 21. Interpretacja wyniku pomiaru siły ścinającej – odkształcenie:

F_{\max} - siła ścinająca, rozwarstwiająca połączenie, N

S - przesunięcie ścinające w mm

Odporność połączenia międzywarstwowego na ścinanie, wyrażoną jako wytrzymałość na ścinanie (τ), oblicza się z równania:

$$\tau = \frac{F_{\max}}{A} \quad [\text{MPa}] \quad \text{Równanie 3}$$

Średni wynik pomiaru siły ścinającej (2 lub 3 próbki) podaje się w zaokrągleniu do 10 N.

Średni wynik obliczenia wytrzymałości na ścinanie (2 lub 3 próbki) podaje się w zaokrągleniu do 0,1 MPa.

10. Badanie odporności na zmęczenie mieszanki mineralno-asfaltowej

Definicje

Kryterium konwencjonalnego zniszczenia

Moment, w którym zespolony moduł sztywności zmniejsza się do połowy swojej wartości początkowej. Liczba cykli obciążenia, po której to następuje, oznacza się jako N.

Trwałość zmęczeniowa N

Liczba cykli obciążeń próbki, odpowiadająca konwencjonalnemu kryterium zniszczenia w wybranych warunkach badania (temperatura, częstotliwość i tryb obciążenia, np. poziom stałego ugięcia lub poziom stałej siły lub każdy inny sposób stałego obciążenia).

Szkoda zmęczeniowa

Względne zmniejszenie modułu sztywności wskutek sumowania uszkodzenia wywołwanego kolejnymi obciążeniami (odkształceniami) próbki w stosunku do wartości początkowej modułu, wyrażone w %. Za moment zniszczenia uważa się, gdy moduł osiąga 50% wartości początkowej – maksymalna szkoda zmęczeniowa wynosi zatem 50%.

Metody wyznaczenie parametru ϵ_6

Badanie należy wykonywać zgodnie z normą PN-EN 12697-24 metodą belki 4-punktowo zginanej w warunkach określonych w niniejszych zaleceniach. W celu ułatwienia przeprowadzenia badania i określenia odporności na zmęczenie opisano tu zalecane metody określenia odporności na zmęczenie, a zwłaszcza wyznaczenia parametru ϵ_6 .

Metoda pełna

Do wyznaczenia parametru ϵ_6 tą metodą konieczne jest przeprowadzenie badań zmęczeniowych na większej liczbie próbek przy różnych poziomach odkształcenia.

Wyniki należy przedstawić w postaci wykresu charakterystyki zmęczeniowej opisanej równaniem:

$$N = A \cdot \epsilon^b \quad \text{Równanie 4}$$

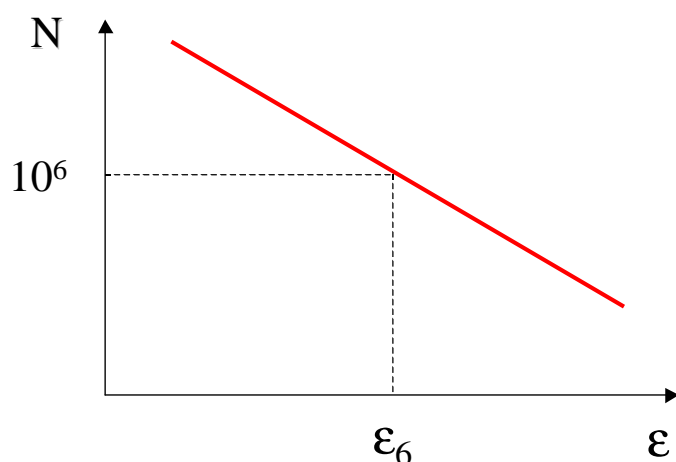
w którym:

N trwałość zmęczeniowa,

ϵ odkształcenie,

A, b współczynniki materiałowe obliczone metodą regresji liniowej.

Graficzną definicję parametru ϵ_6 przedstawiono na rysunku 22.



Rysunek 22. Ilustracja charakterystyki zmęczeniowej mieszanki mineralno-asfaltowej i sposób wyznaczenia parametru ϵ_6

Wartość ϵ_6 można obliczyć z równania:

$$\epsilon_6 = 10^{\frac{\log \frac{1000000}{A}}{b}} \quad \text{Równanie 5}$$

Metoda skrócona

W metodzie skróconej sprawdza się, czy trwałość zmęczeniowa w badaniu jest większa od 1 mln cykli obciążenia, przy założeniu odkształcenia odpowiadającego granicznemu odkształceniu według wymagań.

Ocenę według tej metody można przeprowadzić na dwa sposoby:

- do zakończenia badania, czyli osiągnięcia 50% obniżenia wartości modułu sztywności w stosunku do wartości początkowej - jeżeli średni wynik trwałości zmęczeniowej jest większy od 1 mln cykli uważa się, że wymaganie zostało spełnione
- do 1 mln cykli obciążenia - wynikiem badania jest szkoda zmęczeniowa wyrażona następującym równaniem:

$$D = 100 - \frac{E_n}{E_0} \times 100, \% \quad \text{Równanie 6}$$

w którym:

E_n moduł sztywności w n-tym cyklu obciążenia, MPa,

n liczba cykli obciążenia ($n = 1\ 000\ 000$),

E_0 początkowy moduł sztywności, MPa.

Uważa się, że wymaganie trwałości zmęczeniowej jest spełnione, jeśli średnia szkoda zmęczeniowa nie przekracza 50 %.

Uwagi ogólne

W przypadku stosowania metody pełnej, jako wynik badania należy podać wartość ε_6 , natomiast w przypadku metody skróconej należy podać średnią trwałość zmęczeniową lub średnią szkodę zmęczeniową.

Liczba próbek w metodzie pełnej wg PN-EN 12697-24 wynosi 18 próbek. W proponowanej metodzie skróconej IBDiM liczba próbek wynosi minimum 4. W przypadku niejednorodnych wyników, np. z powodu niejednorodności próbek lub niedoskonałości sprzętu, liczbę tę należy zwiększyć.