

**Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Zakład Technologii Nawierzchni
Pracownia Lepiszczy Bitumicznych**

SPRAWOZDANIE CZĘŚCIOWE

Temat TN-248

**Weryfikacja zależności między wartościami modułu sztywności uzyskanego
różnymi metodami laboratoryjnymi według PN-EN 12697-26**

Kierownik Zakładu TN:

prof. dr hab. inż. Dariusz SYBILSKI

Zespół:

prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski
dr inż. Wojciech Bańkowski
mgr inż. Renata Horodecka
mgr inż. Andrzej Wróbel
Krzysztof Mirski

Technicy:

Teresa Gawenda
Jadwiga Migdalska
Tomasz Michalski
Dariusz Jasiński

Spis treści

1.	Podstawa pracy.....	3
2.	Cel pracy	3
3.	Program pracy.....	3
4.	Metodyka badań mieszanki mineralno-asfaltowej	4
4.1.	Odporność na działanie wody	4
4.2.	Metoda rozciągania pośredniego ITT	5
4.3.	Metoda belki czteropunktowo-zginanej 4PB	7
4.4.	Metoda ściskania - rozciągania T-C.....	9
5.	Materiały do badań oraz podstawowe badania materiałów wyjściowych	10
5.1.	Lepiszczka.....	10
5.2.	Materiały kamienne.....	10
6.	Projekty mieszanek mineralno-asfaltowych.....	11
6.1.	ACWMS 11 z asfaltami 20/30, DE30B (Rec. TN/08/1)	13
6.2.	ACWMS 16 z asfaltami 20/30, DE30B (Rec. TN/08/2)	16
6.3.	AC 16 P z asfaltami 35/50; 50/70, DE30B (Rec. TN/08/3).....	19
6.4.	AC 22 P z asfaltami 35/50; 50/70, DE30B (Rec. TN/08/4).....	22
6.5.	AC 16 W z asfaltami 35/50; 50/70; DE 30B (Rec. TN/08/5).....	25
6.6.	AC 22 W z asfaltami 35/50; 50/70; DE 30B (Rec. TN/08/6).....	28
7.	Wyniki badań sztywności	31
7.1.	Metoda rozciągania pośredniego ITT (Zadanie 3)	31
7.2.	Metoda belki czteropunktowo-zginanej 4PB (Zadanie 4).....	38
8.	Podsumowanie.....	54

1. Podstawa pracy

Badania wykonano na podstawie umowy nr 2194/2008 (temat TN-248) z dnia 11.08.2008 r. zawartej pomiędzy Generalną Dyрекcją Dróg Krajowych i Autostrad w Warszawie, a Instytutem Badawczym Dróg i Mostów w Warszawie.

2. Cel pracy

Celem podjęcia tematu jest weryfikacja zależności pomiędzy modułami sztywności uzyskanymi wg różnych metod badawczych, co pozwoli na zaproponowanie wymagań do projektowania funkcjonalnego wg innych metod badawczych. Moduł sztywności jest bardzo ważną właściwością mieszanki mineralno-asfaltowej, szczególnie w kontekście wprowadzenia możliwości projektowania składu metodą funkcjonalną, co zostało wprowadzone w WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008, które stanowią krajowy dokument aplikacyjny do norm europejskich z serii 13108. W obecnej wersji Wytycznych zaproponowano wymagania wg metody belki czteropunktowo –zginanej 4PB. Normy europejskie dopuszczają też inne metody badań, jak np. ściskanie-rozciąganie TC, rozciąganie pośrednie ITT. Są to metody nieco prostsze niż 4PB, a szczególnie w przypadku ITT wymagają mniej zaawansowanego i mniej kosztownego sprzętu, który jest dostępny w wielu laboratoriach drogowych.

Praca ma znaczenie szczególnie istotne w związku z wprowadzeniem do stosowania norm PN-EN oraz w rozwoju funkcjonalnej metody projektowania mieszanek mineralno-asfaltowych.

3. Program pracy

Program pracy zgodnie z założeniami umowy został podzielony na trzy etapy. W części drugiej (2009 r.) przewidziano badania laboratoryjne modułu sztywności różnymi metodami, tj.: ITT, 4PB oraz TC. Natomiast w części trzeciej przewidziano wyznaczenie krzywych wiodących, analizę uzyskanych wyników badań oraz ocenę porównawczą uzyskanych wyników w odniesieniu do znanych metod empirycznych. Niniejsze sprawozdanie dotyczy Etapu II przewidzianego do realizacji w roku 2009, którego program przedstawiono poniżej.

Etap II

Zadanie 3

Badanie modułu sztywności w 0, 10, 20°C metodą ITT wg PN-EN 12697-26

Zadanie 4

Badanie modułu sztywności -10, 0, 10, 20°C metodą 4PB wg PN-EN 12697-26

Zadanie 5

Badanie modułu sztywności -10, 0, 10, 20°C metodą TC wg PN-EN 12697-26

Sposób zakończenia:

sprawozdanie częściowe

4. Metodyka badań mieszanki mineralno-asfaltowej

W ramach niniejszej pracy zostały oznaczone następujące właściwości badanej mieszanki:

Gęstość objętościowa ρ_b (dawniej gęstość strukturalna bądź pozorna) próbek asfaltowych oznaczono wg normy PN-EN 12697-6:2008 [1],

Gęstość ρ_m (dawniej gęstość objętościowa bądź właściwa) próbek asfaltowych oznaczono w piknometrze z użyciem czterochloroetylenu wg normy PN-EN 12697-5:2008 [2],

Wolną przestrzeń V_m w zagęszczonej mieszance mineralno-asfaltowej obliczono zgodnie z normą PN-EN 12697-8:2005 [3],

Wolną przestrzeń P_p , w zagęszczonej mieszance mineralno-asfaltowej obliczono wg równania 1:

$$P_p = \frac{\rho_m - \rho_b}{\rho_m} \times 100, \% (V/V) \quad \text{Równanie 1}$$

ρ_m - gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm³,

ρ_b - gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm³.

Zagęszczenie sprawdzono z receptą na próbkach sporządzonych w ubijaku Marshalla stosując 2 x 75 uderzeń na stronę.

4.1. Odporność na działanie wody

Badanie odporności mieszanki ma działanie wody wykonano wg PN-EN 12697-12 [4]. Badanie wytrzymałości na rozciąganie pośrednie przeprowadzono na próbkach o średnicy 100 mm wg PN-EN 12697-23 [5]. Badanie wykonuje się na próbkach suchych i nasączonych wodą, co pozwala na określenie odporności mieszanki na działanie wody. Próbki do badania wytrzymałości na rozciąganie pośrednie zostały zagęszczone ubijakiem Marshalla po 35 uderzeń z każdej ich strony. Po zagęszczeniu próbki pozostawiono w formach na 24 godziny w temperaturze pokojowej, tj. około 20°C. Po wyjęciu z form, próbki suche przechowywane były w

temperaturze pokojowej, natomiast próbki mokre przetrzymywano w łaźni wodnej o temperaturze 40°C przez 72 godziny. Dodatkowo w przypadku próbek mokrych zastosowano jeden cykl zamrażania (16 godz. w temp. -18°C). Po tym okresie wszystkie próbki doprowadzono do temperatury badania 15°C, a następnie wykonano badanie wytrzymałości na rozciąganie pośrednie w opisany poniżej sposób.

Oznaczenie wytrzymałości na rozciąganie pośrednie przeprowadzono w temperaturze 15°C. Badanie to polega na ściskaniu próbek $\varnothing 100 \pm 3$ mm, po tworzącej walca z prędkością 50 mm/min., przy czym nacisk jest przekazany przez listwy o szerokości 12 mm i o krzywiznie równej promieniowi próbki.

Wytrzymałość pojedynczej próbki na rozciąganie pośrednie oblicza się wg równania 2:

$$ITS_{S(N)} = \frac{P}{\Pi r h} \quad \text{Równanie 2}$$

w którym:

$ITS_{S(N)}$	wytrzymałość na rozciąganie pośrednie, [kPa]
P	maksymalna siła niszcząca, [kN]
h	wysokość próbki, [cm]
r	promień próbki, [cm]

Natomiast odporność na działanie wody (wskaźnik zmiany wytrzymałości) określono na podstawie wzoru 3:

$$ITSR = 100 \times \frac{ITS_N}{ITS_S} \quad \text{Równanie 3}$$

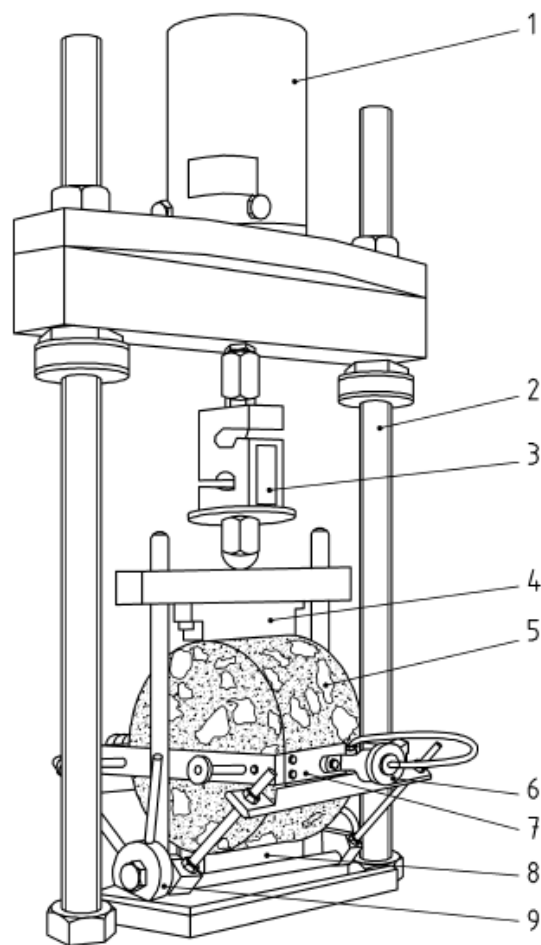
w którym:

ITSR	wskaźnik zmiany wytrzymałości,
ITS_N	wytrzymałość na rozciąganie pośrednie próbek mokrych, [kPa]
ITS_S	wytrzymałość na rozciąganie pośrednie próbek suchych, [kPa]

Im wskaźnik ITSR jest bliższy wartości 100 %, tym mieszanka jest bardziej odporna na wpływ czynników zewnętrznych.

4.2. Metoda rozciągania pośredniego ITT

Metoda rozciągania pośredniego (Indirect Tensile Test – ITT) opisana jest w normie PN-EN 12697-26 [6] w załączniku C. Badanie prowadzi się na próbkach walcowych o średnicy od 100 do 200 mm przygotowanych w laboratorium lub wyciętych z nawierzchni. Próbki umieszczane są w szczękach maszyny wytrzymałościowej. Obciążenie pulsacyjne przykładane jest w kierunku prostopadłym do powierzchni bocznej walca. Widok próbki w badaniu rozciągania pośredniego przedstawiono na rysunku 1.



Legenda

- | | | | |
|---|--------------------------|---|--------------------------|
| 1 | Siłownik | 6 | Regulacja czujników LVDT |
| 2 | Stalowa rama obciążająca | 7 | Rama do montowania LVDT |
| 3 | Czujnik siły | 8 | Dolny uchwyt obciążający |
| 4 | Górny uchwyt obciążający | 9 | Zacisk do osiowania LVDT |
| 5 | Próbka | | |

Rysunek 1 Schemat umocowania próbki w badaniu ITT

W trakcie badania przeprowadzany jest pomiar i rejestracja przemieszczeń poziomych oraz siły. Moduł sztywności obliczany jest wg następującego wzoru:

$$S_m = \frac{F \times (\nu + 0,27)}{(z \times h)} \quad (\text{Równanie 4})$$

w którym:

- S_m - moduł sztywności, (MPa);
- F siła (N);
- z to amplituda poziomej deformacji, (mm);
- h to średnia grubość próbki, (mm);
- ν współczynnik Poissona.

Do celów niniejszej pracy przygotowano w laboratorium po 5 próbek cylindrycznych o średnicy 100 mm z każdej mieszanki. Cztery próbki z mieszanki zostały wybrane do badań. Badania przeprowadzono w temperaturze 0, 10 i 20°C (dodatkowo wybrane mieszanki w temperaturze 30°C). Badania przeprowadzono we współpracy z Politechniką Lubelską.

4.3. Metoda belki czteropunktowo-zginanej 4PB

Badanie modułu sztywności przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 12697-26 [6] załącznik B. Polega ona na cyklicznym zginaniu próbki belkowej umieszczonym w aparacie zmęczeniowym przy stałej amplitudzie odkształcenia (rysunek 2). Podczas badania rejestrowana jest siła, ugięcie belki, kąt przesunięcia fazowego, liczba cykli, obliczany jest moduł sztywności oraz naprężenia i odkształcenia rozciągające. Warunki badania zespolonego modułu sztywności przyjęto następujące:

- temperatura: 0, 10, 20, 30°C,
- częstotliwość: 0,2, 1, 2, 5, 8, 10, 20, 30 Hz,
- odkształcenie: 50 $\mu\text{mm/mm}$.

Wynikiem badania jest moduł sztywności i kąt przesunięcia fazowego. Zespolony moduł sztywności E^* jest liczbą zespoloną, którą można opisać równaniem:

$$E^* = E' + iE'' \quad \text{Równanie 5}$$

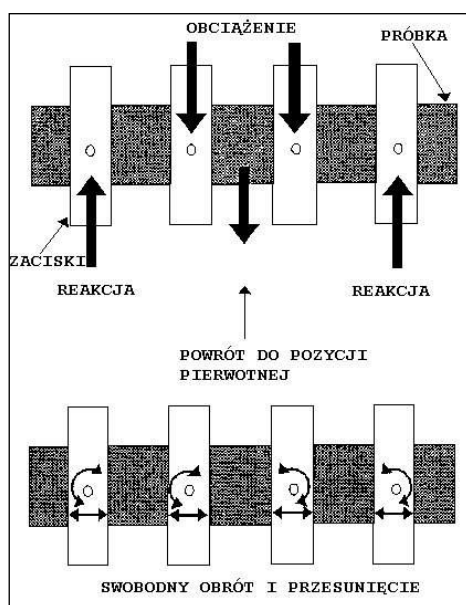
w którym:

$$E' = |E^*| \cos \varphi \quad \text{Równanie 6}$$

$$E'' = |E^*| \sin \varphi \quad \text{Równanie 7}$$

E' – część rzeczywista (sprężysta),

E'' – część urojona (lepka).



Rysunek 2 Schemat umocowania próbki w badaniu sztywności metodą 4PB

Obie składowe modułu zespolonego związane są wartością kąta przesunięcia fazowego wg równania:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{E''}{E'} \quad \text{Równanie 8}$$

w którym:

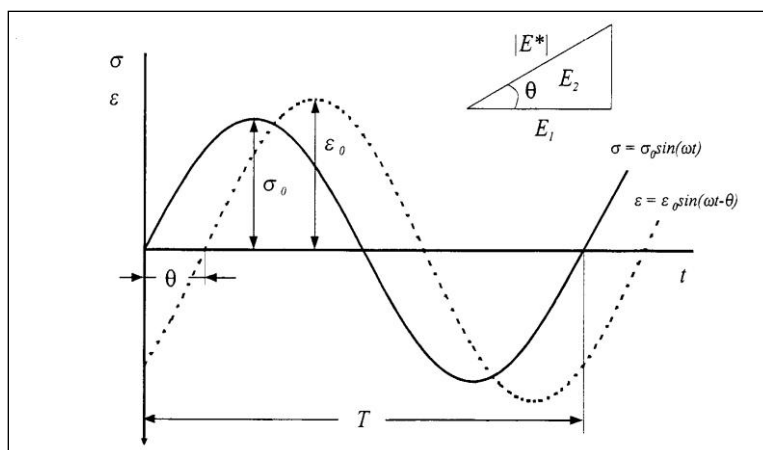
φ - kąt przesunięcia fazowego, °.

Moduł sztywności jest wartością bezwzględną zespolonego modułu sztywności. Kąt przesunięcia fazowego stanowi informację o przewadze właściwości lepkich lub sprężystych w materiale: niższa jego wartość tym materiał bardziej sprężysty. Wartość kąta przesunięcia fazowego może wynosić od 0 (stal) do 90° (ciecze).

Kąt przesunięcia fazowego wynika z faktu, iż w ciałach lepkosprężystych odkształcenie pojawia się z pewnym opóźnieniem w stosunku do obciążenia (rys.3). Jako kryterium oceny lepkosprężystych właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych przyjmuje się wartość tangensa kąta przesunięcia fazowego:

- w materiałach lepkich $\varphi = 90^\circ$, $\operatorname{tg} \varphi = \infty$,
- w materiałach sprężystych $\varphi = 0^\circ$, $\operatorname{tg} \varphi = 0$,
- w materiałach lepkosprężystych $0^\circ < \varphi < 90^\circ$, $0 < \operatorname{tg} \varphi < \infty$.

Próbki belkowe zostały wycięte z płyt przygotowanych w laboratorium.



Rysunek 3 Ilustracja kąta przesunięcia fazowego

4.4. Metoda ściskania - rozciągania T-C

Badanie modułu sztywności przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 12697-26 [6] załącznik D. Polega ona na cyklicznym obciążaniu próbki walcowej umieszczonej w maszynie wytrzymałościowej przy stałej amplitudzie odkształcenia (rysunek 4). Obciążenie przykładane jest w kierunku prostopadłym do podstawy próbki. Podczas badania rejestrowana jest siła, odkształcenie, kąt przesunięcia fazowego, liczba cykli, obliczany jest moduł sztywności oraz naprężenia i odkształcenia rozciągające. Warunki badania zespolonego modułu sztywności przyjęto następujące:

- temperatura: 0, 10, 20, 30°C,
- częstotliwość: 0,2, 1, 2, 5, 8, 10, 20, 30 Hz,
- odkształcenie: 25 μmm/mm.

Próbki do badań zostały wycięte z większych próbek cylindrycznych przygotowanych w prasie żyratorowej.



Rysunek 4 Umocowanie próbki w badaniu sztywności metodą T-C

5. Materiały do badań oraz podstawowe badania materiałów wyjściowych

Lepiszczce

Asfalt zwykły 20/30 LOTOS Asfalt

Asfalt zwykły 35/50 LOTOS Asfalt

Asfalt zwykły 50/70 LOTOS Asfalt

Asfalt modyfikowany MODBIT 30B

Materiały kamienne - kruszywo

Mączka wapienna

Bazalt 2/5, 5/8, 8/11, 11/16, 16/22 [mm]

Granit 0/2, [mm]

Inne

Środek adhezyjny, Wetfix BE z firmy Akzo Nobel

5.1. Lepiszczca

Do wykonania mieszanek mineralno-asfaltowych typu użyto asfaltów zwykłych 20/30, 35/50 i 50/70 oraz asfalt modyfikowany DE30B z firmy LOTOS Asfalt. W tablicy 1 podane zostały podstawowe właściwości lepiszczy przewidzianych do badanych mieszanek.

Tablica 1. Podstawowe właściwości lepiszczy asfaltowych

WŁAŚCIWOŚCI	RODZAJ ASFALTU			
	20/30	35/50	50/70	MODBIT 30B
Penetracja w 25°C, 0,1 mm	24	42	67	33
Temperatura mięknięcia PiK, °C	63,0	53,2	48	71,4
Temperatura łamliwości wg Fraassa °C	-13	-20	-22	-23

5.2. Materiały kamienne

W tablicy 2 zostały przedstawione analizy sitowe poszczególnych frakcji kruszyw oznaczone w laboratorium IBDiM, które zostały zastosowane do opracowania składów mieszanek mineralno-asfaltowych.

Tablica 2. Analizy sitowe kruszyw

Sito #, mm	Mączka wapienna % (m/m)	Granit 0/2 mm % (m/m)	Bazalt 2/5 mm % (m/m)	Bazalt 5/8 mm % (m/m)	Bazalt 8/11 mm % (m/m)	Bazalt 11/16 mm % (m/m)	Bazalt 16/22 mm % (m/m)
63,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	79,3
11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	81,3	17,2
8,0	0,0	0,0	0,0	3,3	68,7	12,9	1,2
5,6	0,0	0,0	1,6	71,9	20,5	0,6	0,3
2,0	0,4	9,8	94,4	24,3	2,8	0,1	0,0
0,125	0,8	69,5	3,8	0,3	0,9	0,0	0,0
0,063	10,8	13,5	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
<0,063	88,0	7,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

6. Projekty mieszanek mineralno-asfaltowych

W ramach pracy opracowano składy mieszanek mineralno-asfaltowych przy uwzględnieniu różnych rodzajów lepiszczy, tj. 20/30, DE30B, 35/50 i 50/70.

W rezultacie opracowano składy na następujące mieszanki mineralno-asfaltowe:

- ACWMS 11 z asfaltami 20/30, DE30B
- BAWMS 16 z asfaltami 20/30, DE30B
- AC 16 P (beton asfaltowy do podbudowy) z asfaltami 35/50; 50/70, DE30B
- AC 22 P (beton asfaltowy do podbudowy) z asfaltami 35/50; 50/70, DE30B
- AC 16 W (beton asfaltowy do wiążącej) z asfaltami 35/50; 50/70; DE30B
- AC 16 W (beton asfaltowy do wiążącej) z asfaltami 35/50; 50/70; DE30B

Przyjęte oznakowanie poszczególnych mieszanek mineralno-asfaltowych przedstawione zostało w tablicy 3.

Tablica 3. Oznakowanie mieszanek mineralno-asfaltowych

Lp.	Rodzaj mieszanki MA	Rodzaj zastosowanego lepiszcza	Przyjęte oznakowanie	Uwagi: (oznakowanie pomocnicze)
1	2	3	4	5
1	ACWMS 11	DE30B	TN/08/ 1	ACWMS11-30B
		20/30	TN/08/ 1A	ACWMS11-20/30
2	ACWMS 16	DE30B	TN/08/ 2	ACWMS16-30B
		20/30	TN/08/ 2A	ACWMS16-20/30
3	AC 16 P	DE30B	TN/08/ 3	AC16P-30B
		35/50	TN/08/ 3A	AC16P-35/50
		50/70	TN/08/ 3B	AC16P-50/70
4	AC 22 P	DE30B	TN/08/ 4	AC22P-30B
		35/50	TN/08/ 4A	AC22P-35/50
		50/70	TN/08/ 4B	AC22P-50/70
5	AC 16 W	DE30B	TN/08/ 5	AC16W-30B
		35/50	TN/08/ 5A	AC16W-35/50
		50/70	TN/08/ 5B	AC16W-50/70
6	AC 16 W	DE30B	TN/08/ 6	AC22W-30B
		35/50	TN/08/ 6A	AC22W-35/50
		50/70	TN/08/ 6B	AC22W-50/70

Projekt mieszanek mineralno-asfaltowych wykonano wg WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 [7]. Szczegółowe składy MMA oraz ich podstawowe parametry, przedstawiono w pkt. od 6.1 do 6.6 niniejszego opracowania.

6.1. ACWMS 11 z asfaltami 20/30, DE30B (Rec. TN/08/1)

Recepta nr TN/08/1 (TN/08/1A)

Beton asfaltowy o wysokim module sztywności

ACWMS 11 (KR3- KR6)

o uziarnieniu 0/11 mm do wykonania warstwy wiążącej

A. Informacje ogólne

Data opracowania: 25.11.2008 r.

Przeznaczenie: temat badawczy GDDKiA (TN - 248), kategoria ruchu KR5-KR6

Podstawa projektu: WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008

Tablica A1. Składniki mieszanki

Lp.	Symbol	Rodzaj
1	Mączka wapienna	wypełniacz
2	Granit 0/2 mm	kr. dr. gran.
3	Bazalt 2/5 mm	Grys
4	Bazalt 5/8 mm	Grys
5	Bazalt 8/11 mm	Grys
6	MODBIT 30B (TN/08/1)	Polimeroasfalt z LOTOS Asfalt – Gdańsk
7	Asfalt 20/30 (TN/08/1A)	asfalt drogowy z LOTOS Asfalt – Gdańsk
8	WETFIX BE	Środek adhezyjny z Akzo Nobel

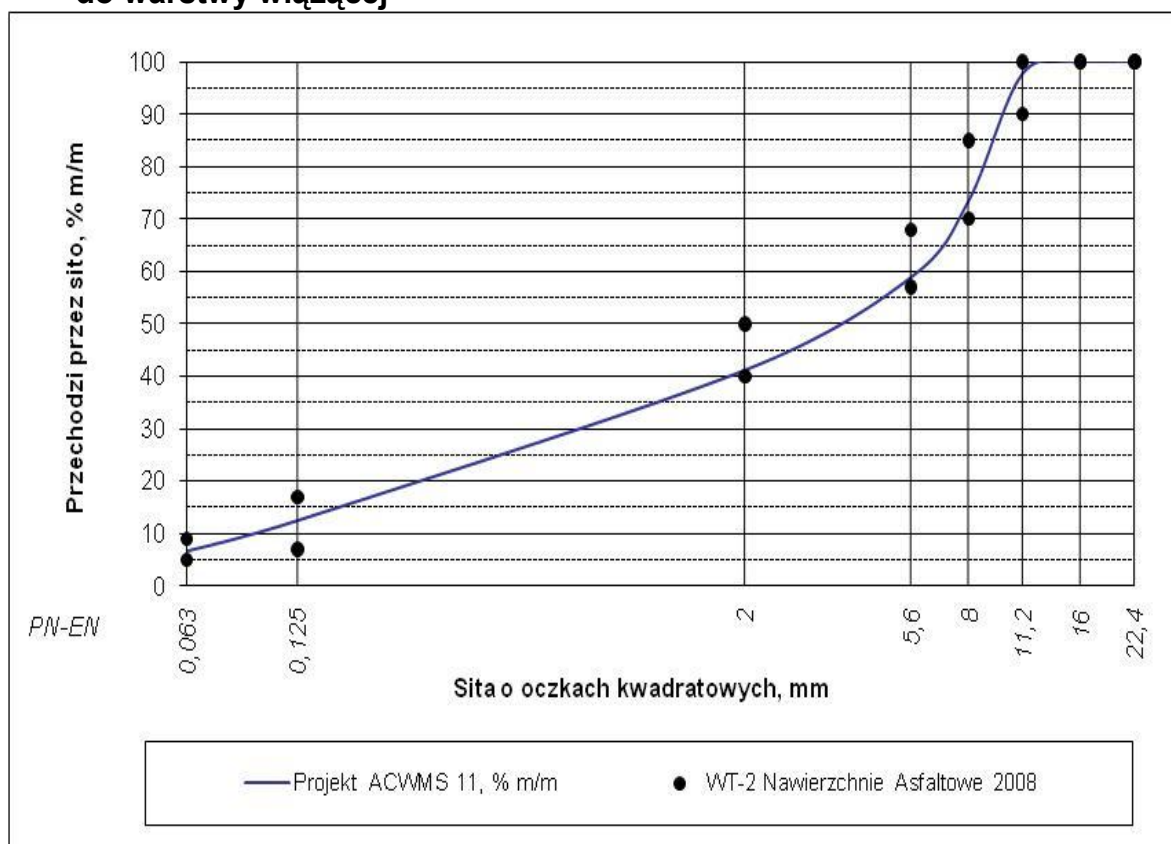
B. Uziarnienie materiałów mineralnych

Wymiar oczek sita # [mm]	Mączka wapienna	Granit 0/2 mm	Bazalt 2/5 mm	Bazalt 5/8 mm	Bazalt 8/11 mm
16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6
8	0,0	0,0	0,0	3,3	68,7
5,6	0,0	0,0	1,6	71,9	20,5
2	0,4	9,8	94,4	24,3	2,8
0,125	0,8	69,5	3,8	0,3	0,9
0,063	10,8	13,5	0,1	0,1	0,2
<0,063	88,0	7,2	0,1	0,1	0,3
Łącznie	100	100	100	100	100

C. Skład mieszanki mineralnej (MM) i mineralno-asfaltowej (MMA)

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna, % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa, % m/m
1	Mączka wapienna	4,0	3,8
2	Granit 0/2 [mm]	40,0	38,04
3	Bazalt 2/5 [mm]	11,0	10,46
4	Bazalt 5/8 [mm]	10,0	9,51
5	Bazalt 8/11 [mm]	35,0	33,29
6	MODBIT 30B (TN/08/1) Asfalt 20/30 (TN/08/1A)	-	4,89
7	WETFIX BE	-	0,01
	Razem	100,0	100,0

D. Krzywa uziarnienia i uziarnienie mieszanki mineralnej ACWMS 11 do warstwy wiążącej



E. Uziarnienie mieszanki mineralnej

Sito #, mm	Skład frakcyjny (%)	Pozostaje na sicie (%)	Przechodzi przez sito (%)	Krzywe graniczne wg WT-2, 2008 wobec ACWMS 11	
				Dolna	Górna
16	-	-	100,0	100	100
11,2		2,3	97,7	90	100
8	-	24,4	73,3	70	85
5,6	-	14,5	58,8	-	-
2	58,9	17,7	41,1	40	50
0,125	-	28,7	12,4	7	17
0,063	34,6	5,9	6,5	5	9
< 0,063	6,5	6,5	-	-	-
	100	100			

F. Zbadane właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej ACWMS 11, o składzie optymalnym dla zawartości asfaltu $A_m=4,9$ % m/m

Lp.	Właściwości	Wyniki ACWMS 11		Wymagania wg WT-2 2008
		(TN/08/1)	(TN/08/1A)	
	Rodzaj asfaltu	MODBIT 30B	20/30	
1	Gęstość objętościowa mieszanki-mineralnej, g/cm ³	2,859	2,859	-
2	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej (dawna gęstość objętościowa), g/cm ³	2,627	2,629	-
3	Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej (dawna gęstość strukturalna), g/cm ³	2,557	2,556	-
4	Wolna przestrzeń w mieszance mineralno-asfaltowej, %v/v	2,7	2,8	Vmin2,0 Vmax4,0
5	Wypełnienie asfaltem wolnej przestrzeni, % v/v	82,1	81,1	-
6	Odporność na działanie wody, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 15°C, %	96,7	91,01	ITSR ₈₀

6.2. ACWMS 16 z asfaltami 20/30, DE30B (Rec. TN/08/2)

Recepta nr TN/08/2 (TN/08/2A)

Beton asfaltowy o wysokim module sztywności **ACWMS 16 (KR3- KR6)**

o uziarnieniu 0/16 mm do wykonania warstwy wiążącej

A. Informacje ogólne

Data opracowania: 25.11.2008 r.

Przeznaczenie: temat badawczy GDDKiA (TN - 248), kategoria ruchu KR5-KR6

Podstawa projektu: WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008

Tablica A1. Składniki mieszanki

Lp.	Symbol	Rodzaj	
1	Mączka wapienna	wypełniacz	
2	Granit 0/2 mm	kr. dr. gran.	
3	Bazalt 2/5 mm	Grys	
4	Bazalt 5/8 mm	Grys	
5	Bazalt 8/11 mm	Grys	
6	Bazalt 11/16 mm	Grys	
7	MODBIT 30B (TN/08/2)	Polimeroasfalt z LOTOS Asfalt – Gdańsk	
8	Asfalt 20/30 (TN/08/2A)	asfalt drogowy z LOTOS Asfalt – Gdańsk	
9	WETFIX BE	Środek adhezyjny	Akzo Nobel

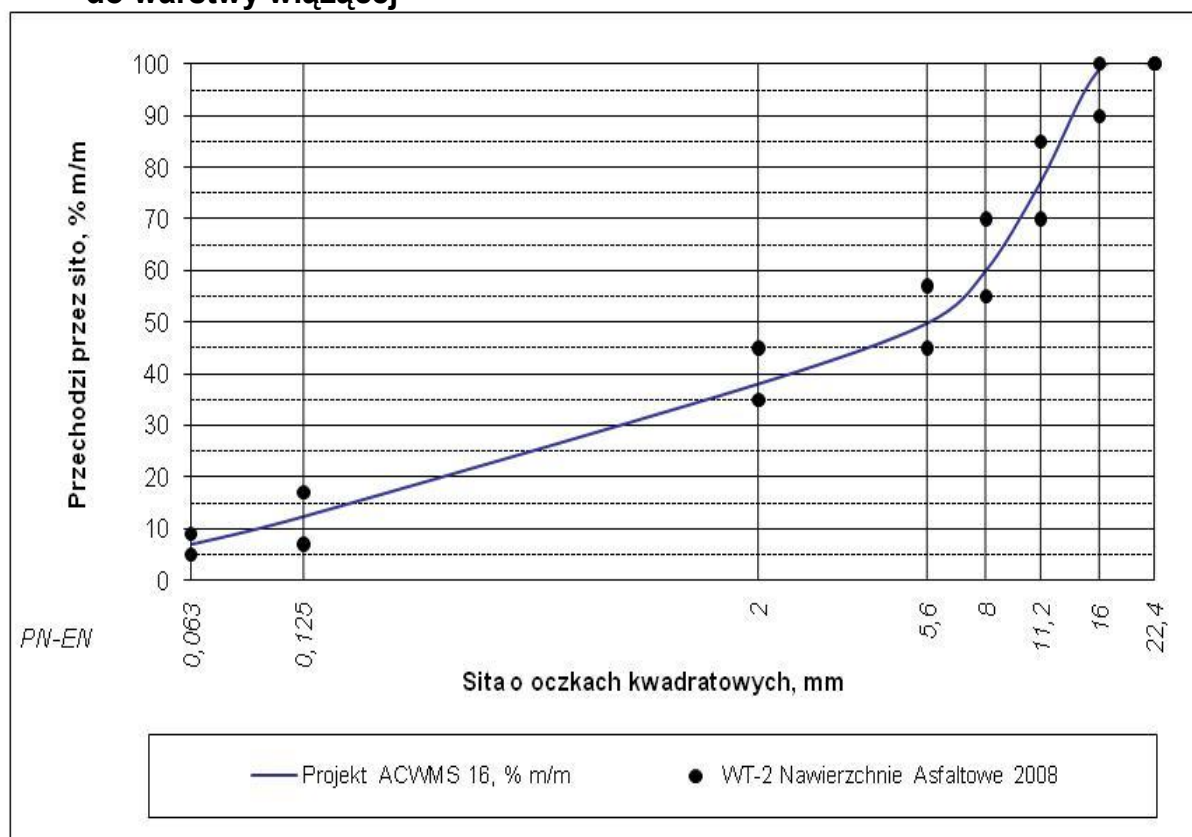
B. Uziarnienie materiałów mineralnych

Wymiar oczek sita # [mm]	Mączka wapienna	Granit 0/2 mm	Bazalt 2/5 mm	Bazalt 5/8 mm	Bazalt 8/11 mm	Bazalt 11/16 mm
16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9
11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	81,3
8	0,0	0,0	0,0	3,3	68,7	12,9
5,6	0,0	0,0	1,6	71,9	20,5	0,6
2	0,4	9,8	94,4	24,3	2,8	0,1
0,125	0,8	69,5	3,8	0,3	0,9	0,0
0,063	10,8	13,5	0,1	0,1	0,2	0,1
<0,063	88,0	7,2	0,1	0,1	0,3	0,1
Łącznie	100	100	100	100	100	100

C. Skład mieszanki mineralnej (MM) i mineralno-asfaltowej (MMA)

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna, % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa, % m/m
1	Mączka wapienna	5,0	4,78
2	Granit 0/2 [mm]	36,0	34,38
3	Bazalt 2/5 [mm]	6,0	5,73
4	Bazalt 5/8 [mm]	8,0	7,64
5	Bazalt 8/11 [mm]	20,0	19,1
6	Bazalt 11/16 [mm]	25,0	23,87
7	MODBIT 30B (TN/08/2) Asfalt 20/30 (TN/08/2A)	-	4,49
8	WETFIX BE	-	0,01
	Razem	100,0	100,0

D. Krzywa uziarnienia i uziarnienie mieszanki mineralnej ACWMS 16 do warstwy wiążącej



E. Uziarnienie mieszanki mineralnej

Sito #, mm	Skład frakcyjny (%)	Pozostaje na sicie (%)	Przechodzi przez sito (%)	Krzywe graniczne wg WT-2, 2008 wobec ACWMS 16	
				Dolna	Górna
22,4	-	-	100,0	100	100
16	-	1,2	98,8	90	100
11,2	-	21,7	77,1	70	85
8	-	17,2	59,9	-	-
5,6	-	10,1	49,8	-	-
2	61,9	11,7	38,1	35	45
0,125	0,0	25,6	12,5	7	17
0,063	31,0	5,4	7,1	5	9
< 0,063	7,1	7,1	-	-	-
	100	100			

F. Zbadane właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej ACWMS 16, o składzie optymalnym dla zawartości asfaltu $A_m=4,5$ % m/m

Lp.	Właściwości	Wyniki ACWMS 16		Wymagania wg WT-2 2008
		(TN/08/2)	(TN/08/2A)	
	Rodzaj asfaltu	MODBIT 30B	20/30	
1	Gęstość objętościowa mieszanki-mineralnej, g/cm ³	2,872	2,872	-
2	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej (dawna gęstość objętościowa), g/cm ³	2,655	2,656	-
3	Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej (dawna gęstość strukturalna), g/cm ³	2,578	2,579	-
4	Wolna przestrzeń w mieszance mineralno-asfaltowej, %v/v	2,9	2,9	Vmin2,0 Vmax4,0
5	Wypełnienie asfaltem wolnej przestrzeni, % v/v	79,7	79,9	
6	Odporność na działanie wody, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 15°C, %	95,21	85,88	ITSR ₈₀

6.3. AC 16 P z asfaltami 35/50; 50/70, DE30B (Rec. TN/08/3)

Recepta nr TN/08/3 (TN/08/3A, TN/08/3B)

Beton asfaltowy AC 16 P (KR3- KR6)

o uziarnieniu 0/16 mm do wykonania warstwy podbudowy

A. Informacje ogólne

Data opracowania: 25.11.2008 r.

Przeznaczenie: temat badawczy GDDKiA (TN - 248), kategoria ruchu KR5-KR6

Podstawa projektu: WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe 2008

Tablica A1. Składniki mieszanki

Lp.	Symbol	Rodzaj
1	Mączka wapienna	wypełniacz
2	Granit 0/2 mm	kr. dr. gran.
3	Bazalt 2/5 mm	Grys
4	Bazalt 5/8 mm	Grys
5	Bazalt 8/11 mm	Grys
6	Bazalt 11/16 mm	Grys
7	MODBIT 30B (TN/08/2)	Polimeroasfalt z LOTOS Asfalt – Gdańsk
8	Asfalt 35/50 (TN/08/2A)	asfalt drogowy z LOTOS Asfalt – Gdańsk
9	Asfalt 50/70 (TN/08/2B)	asfalt drogowy z LOTOS Asfalt – Gdańsk
10	WETFIX BE	Środek adhezyjny z Akzo Nobel

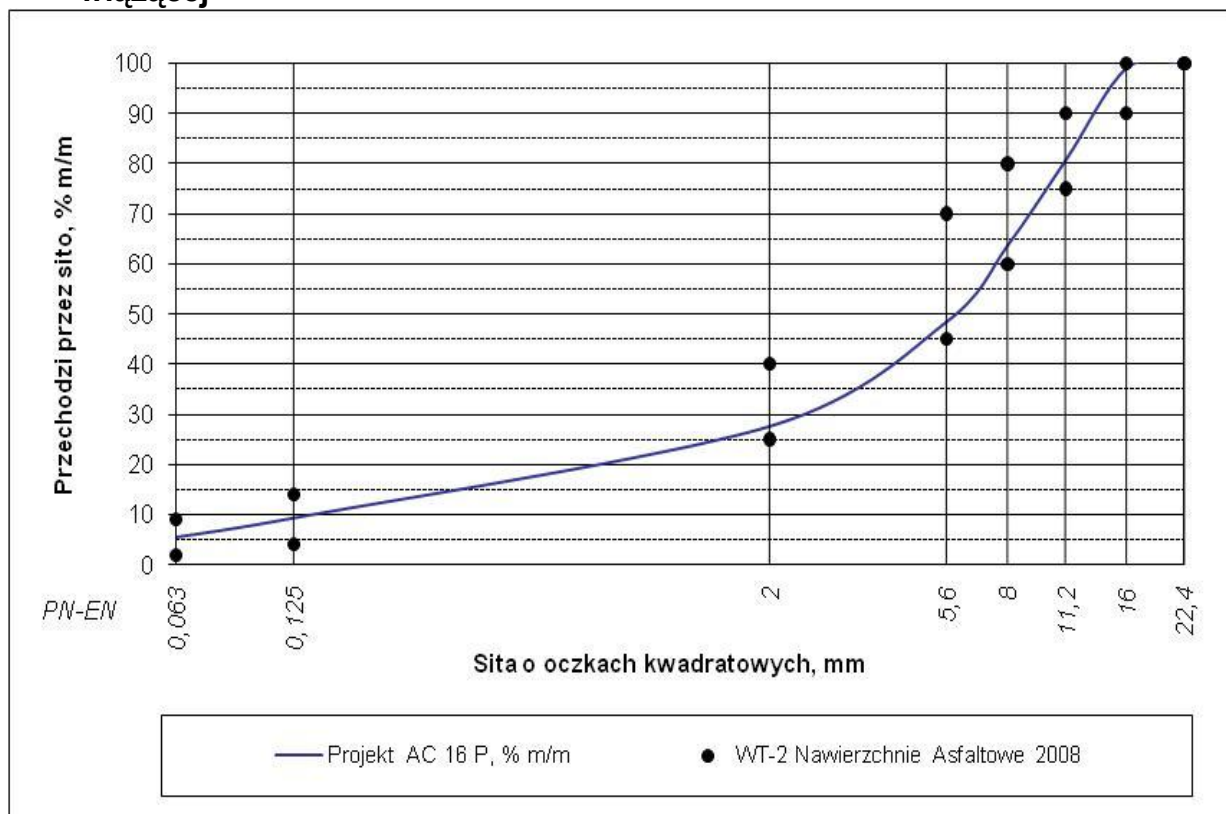
B. Uziarnienie materiałów mineralnych

Wymiar oczek sita # [mm]	Mączka wapienna	Granit 0/2 mm	Bazalt 2/5 mm	Bazalt 5/8 mm	Bazalt 8/11 mm	Bazalt 11/16 mm
16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9
11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	81,3
8	0,0	0,0	0,0	3,3	68,7	12,9
5,6	0,0	0,0	1,6	71,9	20,5	0,6
2	0,4	9,8	94,4	24,3	2,8	0,1
0,125	0,8	69,5	3,8	0,3	0,9	0,0
0,063	10,8	13,5	0,1	0,1	0,2	0,1
<0,063	88,0	7,2	0,1	0,1	0,3	0,1
Łącznie	100	100	100	100	100	100

C. Skład mieszanki mineralnej (MM) i mineralno-asfaltowej (MMA)

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna, % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa, % m/m
1	Mączka wapienna	4,0	3,85
2	Granit 0/2 [mm]	25,0	24,07
3	Bazalt 2/5 [mm]	15,0	14,45
4	Bazalt 5/8 [mm]	15,0	14,45
5	Bazalt 8/11 [mm]	20,0	19,26
6	Bazalt 11/16 [mm]	21,0	20,22
7	MODBIT 30B (TN/08/3) Asfalt 35/50 (TN/08/3A) Asfalt 50/70 (TN/08/3B)	-	3,69
8	WETFIX BE	-	0,01
	Razem	100,0	100,0

D. Krzywa uziarnienia i uziarnienie mieszanki mineralnej AC 16 P do warstwy wiążącej



E. Uziarnienie mieszanki mineralnej

Sito #, mm	Skład frakcyjny (%)	Pozostaje na sicie (%)	Przechodzi przez sito (%)	Krzywe graniczne wg WT-2, 2008 wobec AC 16 P	
				Dolna	Górna
22,4	-	-	100,0	100	100
16	-	1,0	99,0	90	100
11,2	-	18,4	80,6	75	90
8	-	16,9	63,7	-	-
5,6	-	15,3	48,4	-	-
2	72,5	20,9	27,5	25	40
0,125	-	18,3	9,2	4	14
0,063	22,1	3,8	5,4	2	9
< 0,063	5,4	5,4	-	-	-
	100	100			

F. Zbadane właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej AC 16 P, o składzie optymalnym dla zawartości asfaltu $A_m=3,7$ % m/m

Lp	Właściwości	Wyniki AC 16 P			Wymagania wg WT-2 2008
		(TN/08/3)	(TN/08/3A)	(TN/08/3B)	
	Asfalt	MODBIT 30B	35/50	50/70	
1	Gęstość objętościowa mieszanki-mineralnej, g/cm ³	2,908	2,908	2,908	-
2	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej (dawna gęstość objętościowa), g/cm ³	2,720	2,724	2,726	-
3	Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej (dawna gęstość strukturalna), g/cm ³	2,566	2,586	2,590	-
4	Wolna przestrzeń w mieszance mineralno-asfaltowej, %v/v	5,7	5,1	5,0	Vmin4,0 Vmax10,0
5	Wypełnienie asfaltem wolnej przestrzeni, % v/v	62,4	64,7	65,2	-
6	Odporność na działanie wody, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 15°C, %	86,84	92,29	83,00	ITSR ₇₀

6.4. AC 22 P z asfaltami 35/50; 50/70, DE30B (Rec. TN/08/4)

Recepta nr TN/08/4 (TN/08/4A, TN/08/4B)

Beton asfaltowy AC 22 P (KR3- KR6)

o uziarnieniu 0/22 mm do wykonania warstwy podbudowy

A. Informacje ogólne

Data opracowania: 25.11.2008 r.

Przeznaczenie: temat badawczy GDDKiA (TN - 248), kategoria ruchu KR5-KR6

Podstawa projektu: WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008

Tablica A1. Składniki mieszanki

Lp.	Symbol	Rodzaj
1	Mączka wapienna	wypełniacz
2	Granit 0/2 mm	kr. dr. gran.
3	Bazalt 2/5 mm	Grys
4	Bazalt 5/8 mm	Grys
5	Bazalt 8/11 mm	Grys
6	Bazalt 11/16 mm	Grys
7	Bazalt 16/22 mm	Grys
8	MODBIT 30B (TN/08/4)	Polimeroasfalt z LOTOS Asfalt – Gdańsk
9	Asfalt 35/50 (TN/08/4A)	asfalt drogowy z LOTOS Asfalt – Gdańsk
10	Asfalt 50/70 (TN/08/4B)	asfalt drogowy z LOTOS Asfalt – Gdańsk
11	WETFIX BE	Środek adhezyjny z Akzo Nobel

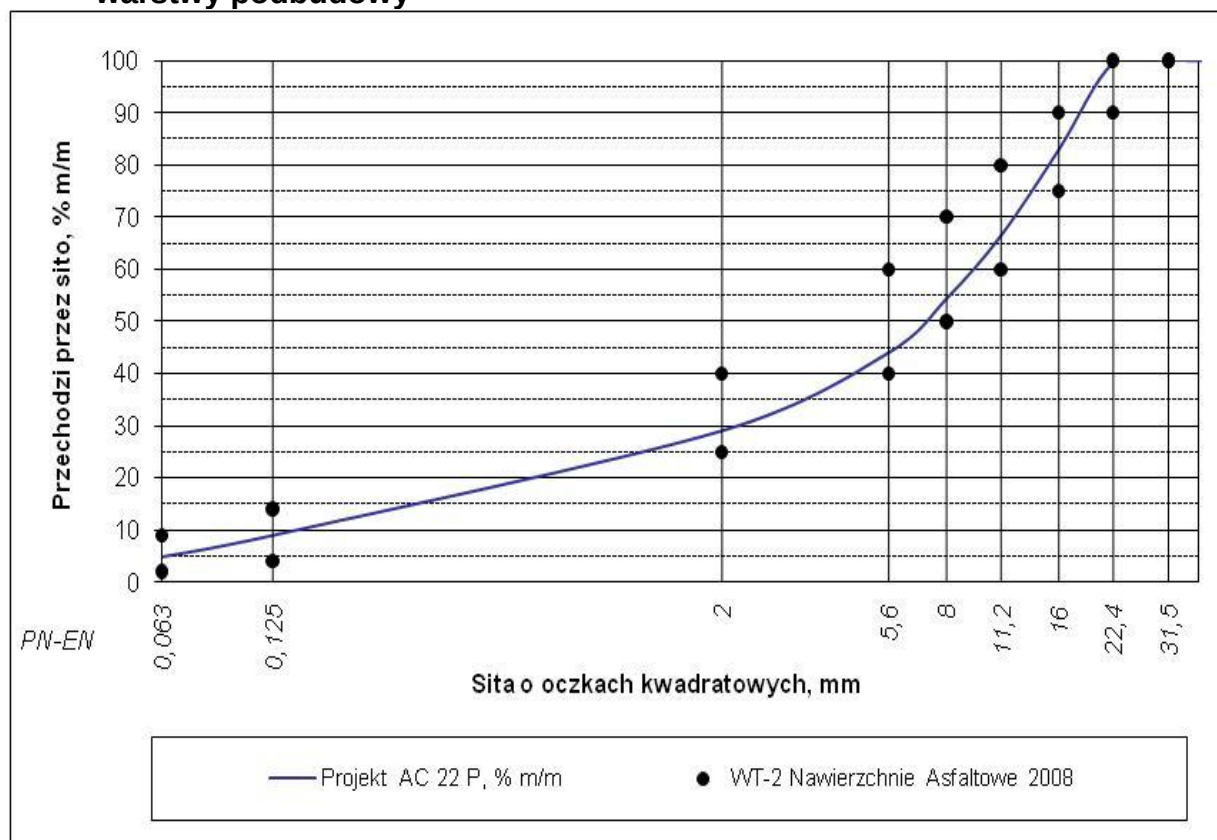
B. Uziarnienie materiałów mineralnych

Wymiar oczek sita # [mm]	Mączka wapienna	Granit 0/2 mm	Bazalt 2/5 mm	Bazalt 5/8 mm	Bazalt 8/11 mm	Bazalt 11/16 mm	Bazalt 16/22 mm
22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,80
16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	79,30
11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	81,3	17,20
8	0,0	0,0	0,0	3,3	68,7	12,9	1,20
5,6	0,0	0,0	1,6	71,9	20,5	0,6	0,30
2	0,4	9,8	94,4	24,3	2,8	0,1	0,0
0,125	0,8	69,5	3,8	0,3	0,9	0,0	0,0
0,063	10,8	13,5	0,1	0,1	0,2	0,1	0,10
<0,063	88,0	7,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,10
Łącznie	100	100	100	100	100	100	100

C. Skład mieszanki mineralnej (MM) i mineralno-asfaltowej (MMA)

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna, % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa, % m/m
1	Mączka wapienna	3,0	2,9
2	Granit 0/2 [mm]	28,0	27,02
3	Bazalt 2/5 [mm]	10,0	9,65
4	Bazalt 5/8 [mm]	10,0	9,65
5	Bazalt 8/11 [mm]	14,0	13,51
6	Bazalt 11/16 [mm]	15,0	14,47
7	Bazalt 16/22 [mm]	20,0	19,3
8	MODBIT 30B (TN/08/3) Asfalt 35/50 (TN/08/3A) Asfalt 50/70 (TN/08/3B)	-	3,49
9	WETFIX BE	-	0,01
	Razem	100,0	100,0

D. Krzywa uziarnienia i uziarnienie mieszanki mineralnej AC 22 P do warstwy podbudowy



E. Uziarnienie mieszanki mineralnej

Sito #, mm	Skład frakcyjny (%)	Pozostaje na sicie (%)	Przechodzi przez sito (%)	Krzywe graniczne wg WT-2, 2008 wobec AC 22 P	
				Dolna	Górna
31,5	-	-	100	100	100
22,4	-	0,4	99,6	90	100
16	-	16,6	83,0	75	90
11,2	-	16,5	66,5	-	-
8	-	12,1	54,4	-	-
5,6	-	10,4	44	-	-
2	71,00	15	29	25	40
0,125	-	20,1	8,9	4	14
0,063	24,2	4,1	4,8	2	9
< 0,063	4,8	4,8	-	-	-
	100	100			

F. Zbadane właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej AC 22 P, o składzie optymalnym dla zawartości asfaltu $A_m=3,5$ % m/m

Lp.	Właściwości	Wyniki AC 22 P			Wymagania wg WT-2 2008
		(TN/08/4)	(TN/08/4A)	(TN/08/4B)	
	Rodzaj asfaltu	MODBIT 30B	35/50	50/70	
1	Gęstość objętościowa mieszanki-mineralnej, g/cm ³	2,896	2,896	2,896	-
2	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej (dawna gęstość objętościowa), g/cm ³	2,718	2,721	2,723	-
3	Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej (dawna gęstość strukturalna), g/cm ³	2,578	2,580	2,585	-
4	Wolna przestrzeń w mieszance mineralno-asfaltowej, %v/v	5,2	5,2	5,1	Vmin4,0 Vmax10,0
5	Wypełnienie asfaltem wolnej przestrzeni, % v/v	63,3	63,1	63,3	-
6	Odporność na działanie wody, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 15°C,%	73,27	82,7	85,35	ITSR ₇₀

6.5. AC 16 W z asfaltami 35/50; 50/70; DE 30B (Rec. TN/08/5)

Recepta nr TN/08/5 (TN/08/5A, TN/08/5B)

Beton asfaltowy AC 16 W (KR3- KR6)

o uziarnieniu 0/16 mm do wykonania warstwy wiążącej

A. Informacje ogólne

Data opracowania: 25.11.2008 r.

Przeznaczenie: temat badawczy GDDKiA (TN - 248), kategoria ruchu KR5-KR6

Podstawa projektu: WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe - 2008

Tablica A1. Składniki mieszanki

Lp.	Symbol	Rodzaj
1	Mączka wapienna	wypełniacz
2	Granit 0/2 mm	kr. dr. gran.
3	Bazalt 2/5 mm	Grys
4	Bazalt 5/8 mm	Grys
5	Bazalt 8/11 mm	Grys
6	Bazalt 11/16 mm	Grys
7	MODBIT 30B (TN/08/5)	Polimeroasfalt z LOTOS Asfalt – Gdańsk
8	Asfalt 35/50 (TN/08/5A)	asfalt drogowy z LOTOS Asfalt – Gdańsk
9	Asfalt 50/70 (TN/08/5B)	asfalt drogowy z LOTOS Asfalt – Gdańsk
10	WETFIX BE	Środek adhezyjny z Akzo Nobel

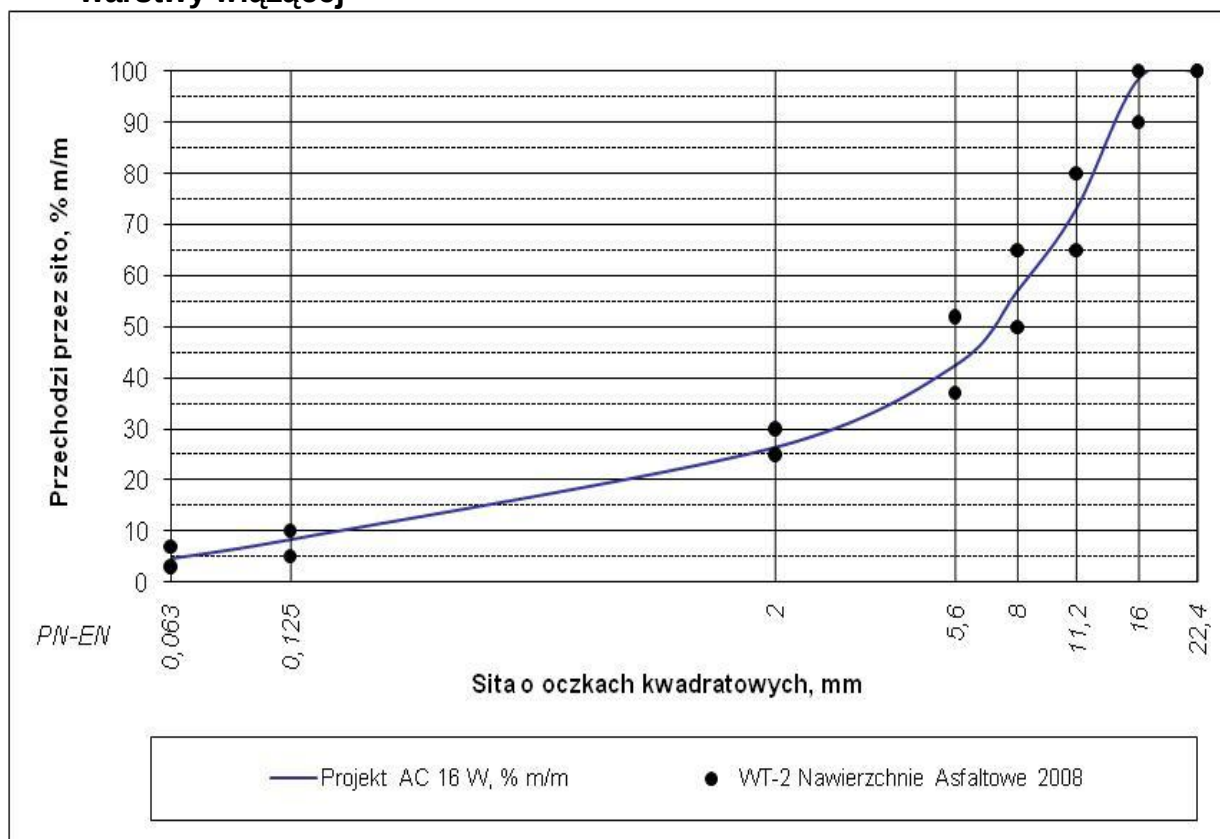
B. Uziarnienie materiałów mineralnych

Wymiar oczek sita # [mm]	Mączka wapienna	Granit 0/2 mm	Bazalt 2/5 mm	Bazalt 5/8 mm	Bazalt 8/11 mm	Bazalt 11/16 mm
22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9
11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	81,3
8	0,0	0,0	0,0	3,3	68,7	12,9
5,6	0,0	0,0	1,6	71,9	20,5	0,6
2	0,4	9,8	94,4	24,3	2,8	0,1
0,125	0,8	69,5	3,8	0,3	0,9	0,0
0,063	10,8	13,5	0,1	0,1	0,2	0,1
<0,063	88,0	7,2	0,1	0,1	0,3	0,1
Łącznie	100	100	100	100	100	100

C. Skład mieszanki mineralnej (MM) i mineralno-asfaltowej (MMA)

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna, % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa, % m/m
1	Mączka wapienna	3,0	2,88
2	Granit 0/2 [mm]	25,0	23,97
3	Bazalt 2/5 [mm]	10,0	9,59
4	Bazalt 5/8 [mm]	15,0	14,39
5	Bazalt 8/11 [mm]	17,0	16,3
6	Bazalt 11/16 [mm]	30,0	28,77
7	MODBIT 30B (TN/08/3) Asfalt 35/50 (TN/08/3A) Asfalt 50/70 (TN/08/3B)	-	4,09
8	WETFIX BE	-	0,01
	Razem	100,0	100,0

D. Krzywa uziarnienia i uziarnienie mieszanki mineralnej AC 16 W do warstwy wiążącej



E. Uziarnienie mieszanki mineralnej

Sito #, mm	Skład frakcyjny (%)	Pozostaje na sicie (%)	Przechodzi przez sito (%)	Krzywe graniczne wg WT-2, 2008 wobec AC 16 W	
				Dolna	Górna
22,4	-		100,0	100	100
16	-	1,5	98,5	90	100
11,2	-	25,5	73	65	80
8	-	16	57	-	-
5,6	-	14,6	42,4	-	-
2	73,7	16,1	26,3	25	30
0,125	-	18,1	8,2	5	10
0,063	21,8	3,7	4,5	3	7
< 0,063	4,5	4,5		-	-
	100	100			

F. Zbadane właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej AC 16 W, o składzie optymalnym dla zawartości asfaltu $A_m=4,1$ % m/m

Lp.	Właściwości	Wyniki AC 16 W			Wymagania wg WT-2 2008
		(TN/08/5)	(TN/08/5A)	(TN/08/5B)	
	Rodzaj asfaltu	MODBIT 30B	35/50	50/70	
1	Gęstość objętościowa mieszanki-mineralnej, g/cm ³	2,914	2,914	2,914	-
2	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej (dawna gęstość objętościowa), g/cm ³	2,703	2,714	2,716	-
3	Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej (dawna gęstość strukturalna), g/cm ³	2,572	2,585	2,588	-
4	Wolna przestrzeń w mieszance mineralno-asfaltowej, %v/v	4,9	4,8	4,7	Vmin4,0 Vmax7,0
5	Wypełnienie asfaltem wolnej przestrzeni, % v/v	68,0	68,6	69,1	-
6	Odporność na działanie wody, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 15°C,%	96,01	89,93	96,24	ITSR ₈₀

6.6. AC 22 W z asfaltami 35/50; 50/70; DE 30B (Rec. TN/08/6)

Recepta nr TN/08/6 (TN/08/6A, TN/08/6B)

Beton asfaltowy AC 22 W (KR3- KR6)

o uziarnieniu 0/22 mm do wykonania warstwy wiążącej

A. Informacje ogólne

Data opracowania: 25.11.2008 r.

Przeznaczenie: temat badawczy GDDKiA (TN - 248), kategoria ruchu KR5-KR6

Podstawa projektu: WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008

Tablica A1. Składniki mieszanki

Lp.	Symbol	Rodzaj
1	Mączka wapienna	wypełniacz
2	Granit 0/2 mm	kr. dr. gran.
3	Bazalt 2/5 mm	Grys
4	Bazalt 5/8 mm	Grys
5	Bazalt 8/11 mm	Grys
6	Bazalt 11/16 mm	Grys
7	Bazalt 16/22 mm	Grys
8	MODBIT 30B (TN/08/6)	Polimeroasfalt z LOTOS Asfalt – Gdańsk
9	Asfalt 35/50 (TN/08/6A)	asfalt drogowy z LOTOS Asfalt – Gdańsk
10	Asfalt 50/70 (TN/08/6B)	asfalt drogowy z LOTOS Asfalt – Gdańsk
11	WETFIX BE	Środek adhezyjny z Akzo Nobel

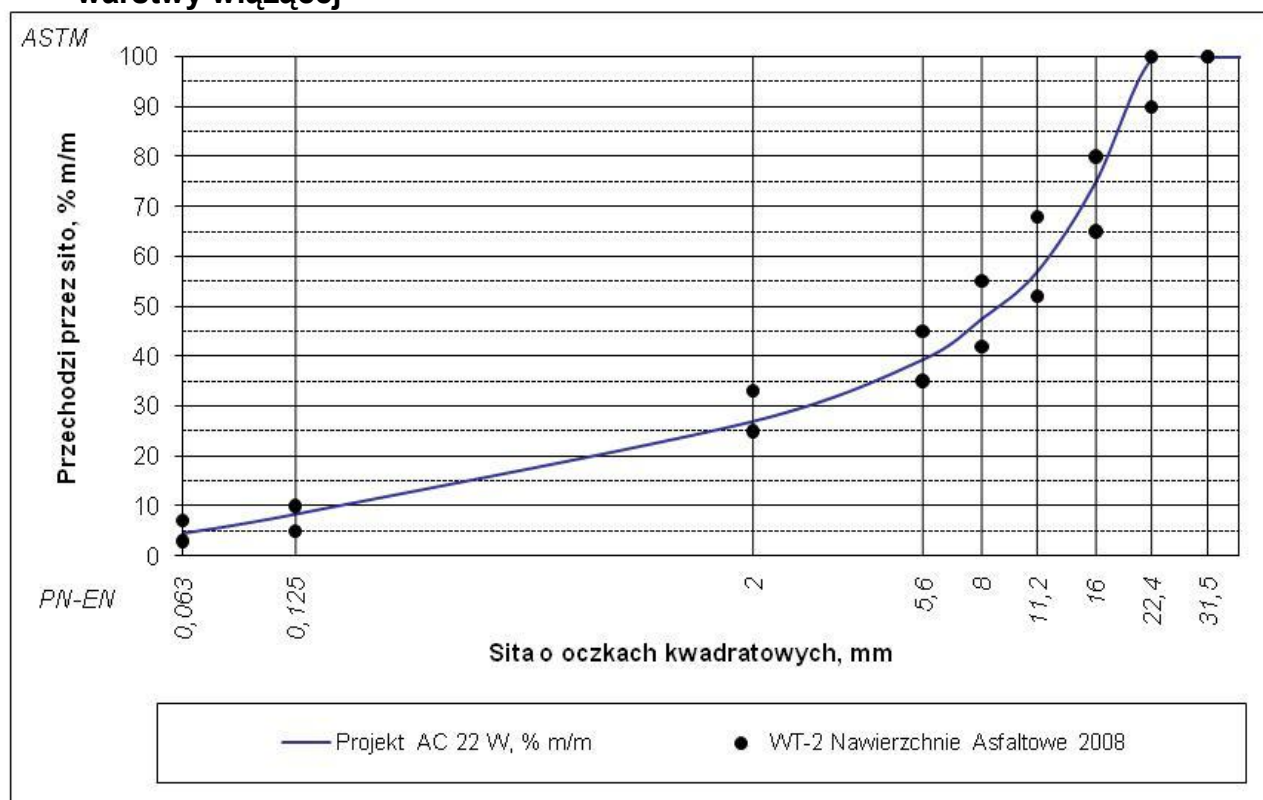
B. Uziarnienie materiałów mineralnych

Wymiar oczek sita # [mm]	Mączka wapienna	Granit 0/2 mm	Bazalt 2/5 mm	Bazalt 5/8 mm	Bazalt 8/11 mm	Bazalt 11/16 mm	Bazalt 16/22 mm
22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,80
16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	79,30
11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	81,3	17,20
8	0,0	0,0	0,0	3,3	68,7	12,9	1,20
5,6	0,0	0,0	1,6	71,9	20,5	0,6	0,30
2	0,4	9,8	94,4	24,3	2,8	0,1	-
0,125	0,8	69,5	3,8	0,3	0,9	0,0	-
0,063	10,8	13,5	0,1	0,1	0,2	0,1	0,10
<0,063	88,0	7,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,10
Łącznie	100	100	100	100	100	100	100

C. Skład mieszanki mineralnej (MM) i mineralno-asfaltowej (MMA)

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna, % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa, % m/m
1	Mączka wapienna	3,0	2,88
2	Granit 0/2 [mm]	26,0	25,01
3	Bazalt 2/5 [mm]	8,0	7,7
4	Bazalt 5/8 [mm]	8,0	7,7
5	Bazalt 8/11 [mm]	10,0	9,62
6	Bazalt 11/16 [mm]	15,0	14,43
7	Bazalt 16/22 [mm]	30,0	28,86
8	MODBIT 30B (TN/08/6) Asfalt 35/50 (TN/08/6A) Asfalt 50/70 (TN/08/6B)	-	3,79
9	WETFIX BE	-	0,01
	Razem	100,0	

D. Krzywa uziarnienia i uziarnienie mieszanki mineralnej AC 22 W do warstwy wiążącej



E. Uziarnienie mieszanki mineralnej

Sito #, mm	Skład frakcyjny (%)	Pozostaje na sicie (%)	Przechodzi przez sito (%)	Krzywe graniczne wg WT-2, 2008 wobec AC 22 W	
				Dolna	Górna
31,5	-	-	-	100	100
22,4	-	0,5	99,5	90	100
16	-	24,5	75,0	65	80
11,2	-	18	57	52	68
8	-	9,4	47,6	-	-
5,6	-	8,1	39,5	-	-
2	72,9	12,4	27,1	25	33
0,125	-	18,6	8,5	5	10
0,063	22,5	3,9	4,6	3	7
< 0,063	4,6	4,6	-	-	-
	100	100			

F. Zbadane właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej AC 22 W, o składzie optymalnym dla zawartości asfaltu $A_m=3,8$ % m/m

Lp.	Właściwości	Wyniki AC 22 W			Wymagania wg WT-2 2008
		(TN/08/6)	(TN/08/6A)	(TN/08/6B)	
	Rodzaj asfaltu	MODBIT 30B	35/50	50/70	
1	Gęstość objętościowa mieszanki-mineralnej, g/cm ³	2,907	2,907	2,907	-
2	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej (dawna gęstość objętościowa), g/cm ³	2,716	2,719	2,717	-
3	Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej (dawna gęstość strukturalna), g/cm ³	2,607	2,609	2,611	-
4	Wolna przestrzeń w mieszance mineralno-asfaltowej, %v/v	4,0	4,1	3,9	Vmin4,0 Vmax7,0
5	Wypełnienie asfaltem wolnej przestrzeni, % v/v	71,1	71,0	71,5	-
6	Odporność na działanie wody, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 15°C, %	88,41	96,04	89,32	ITSR ₈₀

7. Wyniki badań sztywności

7.1. Metoda rozciągania pośredniego ITT (Zadanie 3)

Wyniki badań sztywności metodą ITT poszczególnych mieszanek mineralno-asfaltowych przedstawiono w tablicach 4-19 oraz graficznie na rysunkach 5-7.

Tablica 4. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki ACWMS 11 DE30B metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
1/1	6336	6554	341	3910	4203	255	2002	1765	190
1/2	7048			4182			1650		
1/3	6320			4188			1579		
1/6	6513			4532			1828		

Tablica 5. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki ACWMS 11 20/30 metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
1A/3	6704	7057	529	5101	5240	196	2270	2406	94
1A/4	7423			5423			2470		
1A/5	7590			5394			2412		
1A/6	6513			5042			2471		

Tablica 6. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki ACWMS 16 DE30B metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
2/2	7035	7000	762	3221	4358	845	2004	2069	46
2/3	5917			4218			2072		
2/5	7629			5074			2110		
2/6	7417			4920			2091		

Tablica 7. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki ACWMS 16 20/30 metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
2A/2	8692	8026	916	5598	5659	96	3277	2890	273
2A/3	6778			5691			2643		
2A/4	7903			5569			2778		
2A/5	8732			5780			2865		

Tablica 8. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki AC 16 P DE30B metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
3/1	7252	7648	456	4578	5133	544	1926	2227	217
3/2	7972			5306			2287		
3/3	8108			5811			2442		
3/4	7259			4835			2255		

Tablica 9. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki AC 16 P 35/50 metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
3A/2	7491	7750	727	4853	5207	680	2018	2234	223
3A/4	8478			6075			2514		
3A/5	8180			5384			2310		
3A/6	6853			4516			2096		

Tablica 10. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki AC 16 P 50/70 metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
3B/2	6528	6933	419	3758	4012	244	1674	1774	76
3B/4	6859			4346			1823		
3B/5	7521			3975			1841		
3B/6	6825			3970			1758		

Tablica 11. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki AC 22 P DE30B metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
4/3	6739	7703	656	4437	5766	899	2566	2704	194
4/4	8148			6082			2550		
4/5	7842			6126			2967		
4/6	8081			6420			2732		

Tablica 12. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki AC 22 P 35/50 metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
4A/1	8612	8211	709	4868	5062	202	2793	2479	237
4A/2	7185			5306			2338		
4A/5	8747			5148			2259		
4A/6	8300			4928			2528		

Tablica 13. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki AC 22 P 50/70 metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
4B/3	8157	7362	534	3477	4081	427	1661	1849	145
4B/4	7036			4400			1976		
4B/5	7187			4088			1950		
4B/6	7069			4362			1810		

Tablica 14. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki AC 16 W DE30B metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
5/1	6989	6000	797	5472	4827	442	2348	2093	202
5/2	5125			4474			1869		
5/3	5664			4642			2019		
5/4	6222			4719			2138		

Tablica 15. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki AC 16 W 35/50 metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
5A/3	5005	5972	1128	4143	4654	380	1776	1913	154
5A/4	5615			4755			1802		
5A/5	7603			5057			2107		
5A/6	5663			4662			1967		

Tablica 16. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki AC 16 W 50/70 metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
5B/2	4597	5316	816	3725	3893	137	1624	1623	58
5B/3	4837			3845			1694		
5B/4	5401			3969			1551		
5B/6	6431			4034			1622		

Tablica 17. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki AC 22 W DE30B metodą ITT

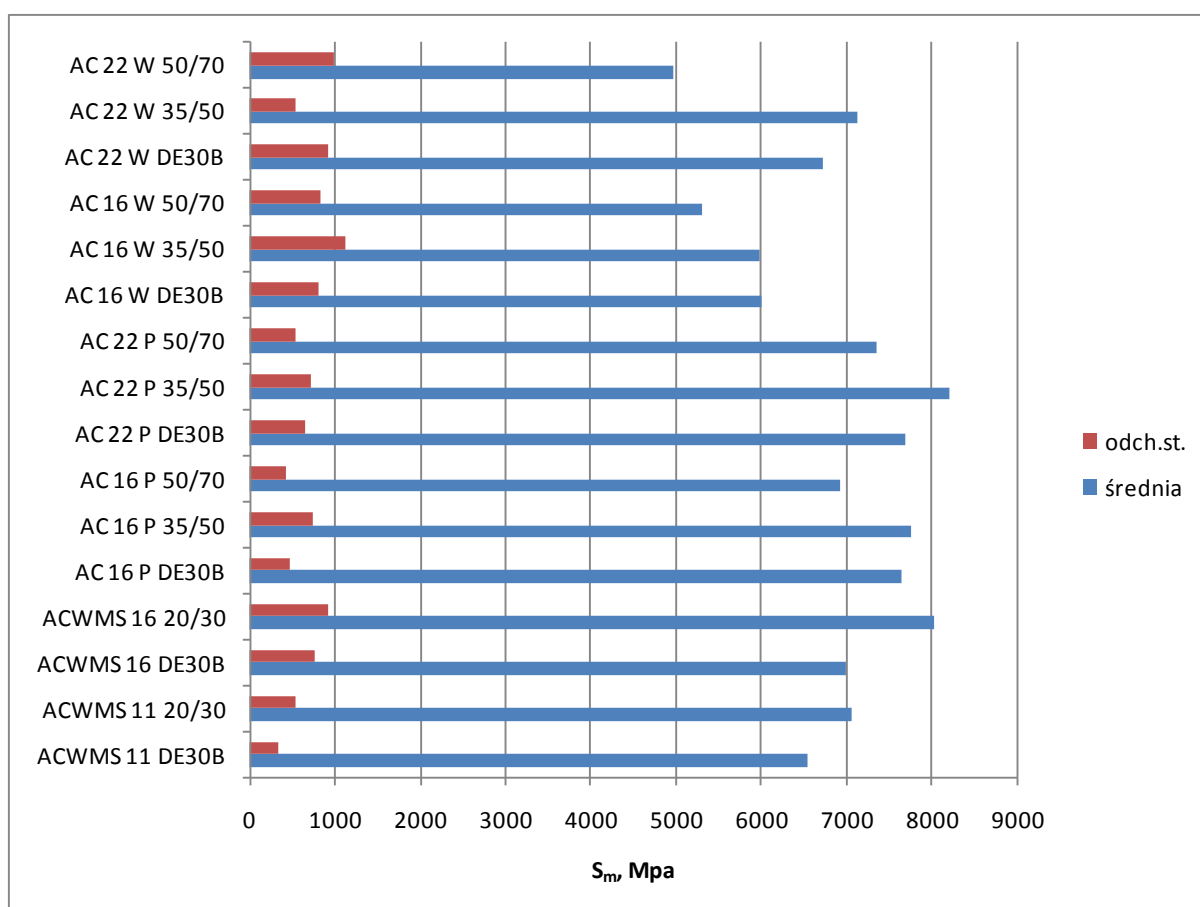
Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
6/3	5566	6729	917	5332	5551	398	2369	2653	198
6/4	6527			5188			2752		
6/5	7729			6094			2818		
6/6	7093			5592			2671		

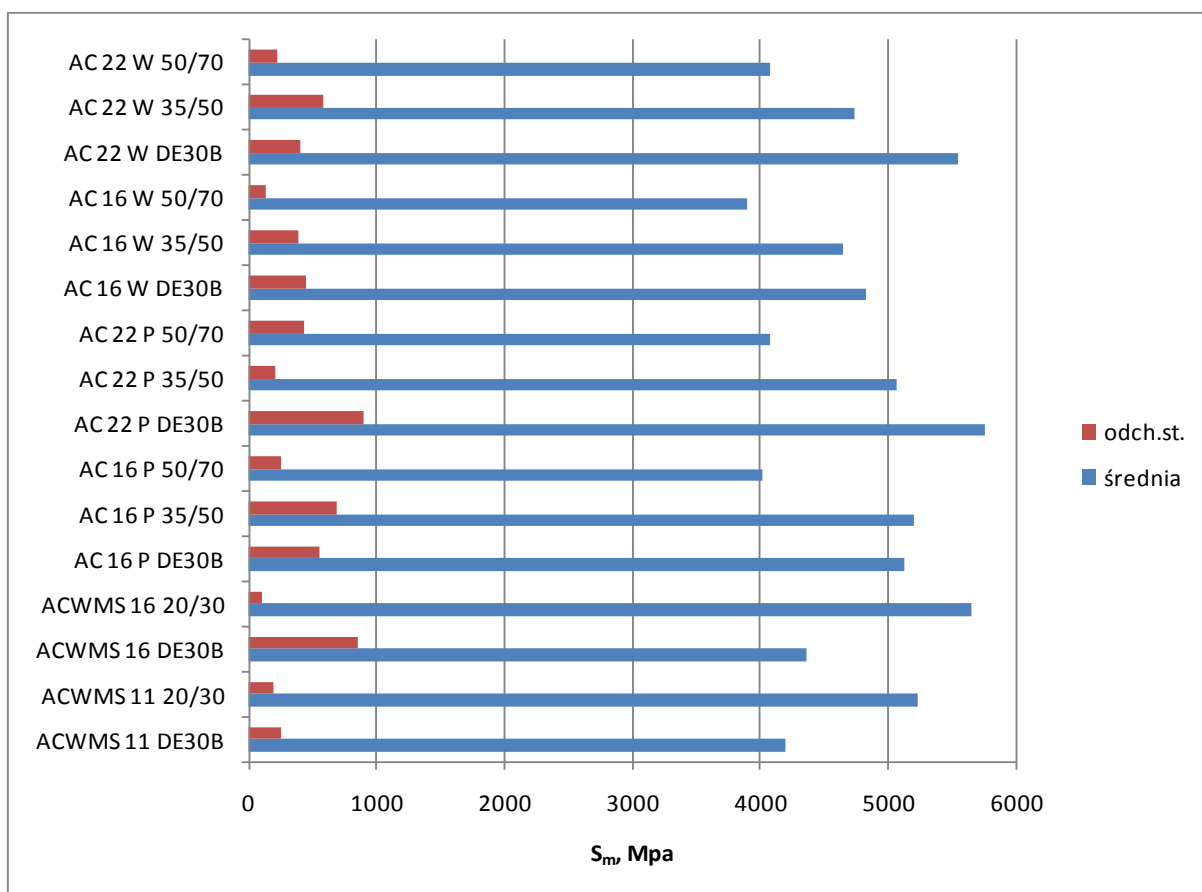
Tablica 18. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki AC 22 W 35/50 metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
6A/3	7751	7130	538	4232	4732	588	1949	2188	208
6A/4	6835			4265			2084		
6A/5	7382			4988			2392		
6A/6	6553			5442			2328		

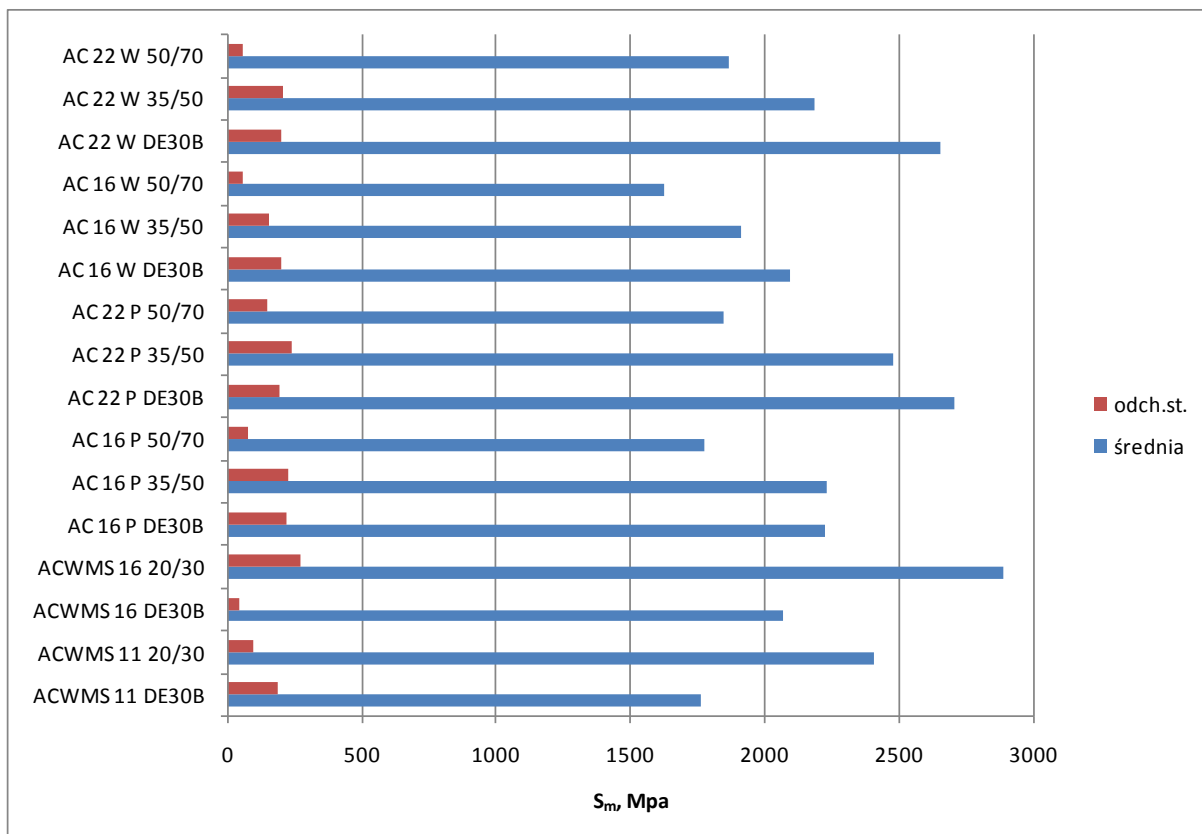
Tablica 19. Wyniki badań modułu sztywności mieszanki AC 22 W 50/70 metodą ITT

Próbka	w temperaturze 0°C			w temperaturze 10°C			w temperaturze 20°C		
	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m	Wyniki	Średnia	ΔS_m
6B/1	5695	4960	980	4229	4073	221	1818	1870	59
6B/4	5339			3917			1954		
6B/6	3847						1864		
							1843		

**Rysunek 5** Zestawienie wyników badań metodą ITT w 0°C



Rysunek 6 Zestawienie wyników badań metodą ITT w 10°C



Rysunek 7 Zestawienie wyników badań metodą ITT w 20°C

7.2. Metoda belki czteropunktowo-zginanej 4PB (Zadanie 4)

Wyniki badań sztywności metodą 4PB poszczególnych mieszanek mineralno-asfaltowych przedstawiono w tablicach 20-35.

Tablica 20. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki ACWMS 11
20/30

Temperatura 0 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	16664	2928	16919	10,0	51,1	652,3	0,3
0,5	18651	2866	18870	8,7	50,9	653,4	0,3
1	20097	2812	20293	8,0	50,9	722,6	0,3
2	21413	2728	21586	7,3	51,1	724,2	0,3
5	23174	2601	23319	6,4	50,7	698,8	0,3
10	24452	2408	24571	5,6	47,1	708,7	0,3
20	26802	-600	26845	-1,3	47,3	847,8	3,4
30	34197	6693	34853	11,1	50,3	1138,8	1,3
Temperatura 10 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	9398	2805	9808	16,6	50,1	620,5	0,7
0,5	11186	2934	11565	14,7	49,1	639,9	0,7
1	12586	2998	12938	13,4	48,9	669,4	0,6
2	13957	3028	14282	12,3	49,2	718,9	0,6
5	15772	3060	16067	11,0	50,2	727,3	0,6
10	17268	3026	17532	9,9	50,7	803,4	0,6
20	19407	2254	19541	6,6	48,0	1171,0	1,2
30	26335	4265	26687	9,3	50,0	1584,5	1,7
Temperatura 20 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	3582	1982	4094	29,0	50,4	253,5	0,3
0,5	4780	2337	5321	26,1	49,5	314,3	0,4
1	5833	2585	6380	23,9	49,5	367,8	0,4
2	7006	2819	7552	21,9	49,9	417,9	0,4
5	8783	3102	9315	19,5	50,4	486,2	0,3
10	10279	3262	10785	17,6	51,7	490,4	0,3
20	12612	2408	12847	10,8	52,9	616,2	2,3
30	15336	4104	15876	15,0	51,0	825,3	0,7
Temperatura 30 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	1272	1009	1624	38,4	50,2	122,3	1,8
0,5	1806	1335	2247	36,5	49,5	148,0	1,6
1	2329	1608	2831	34,6	49,0	166,6	1,3
2	2997	1913	3556	32,6	49,0	199,7	1,2
5	4092	2316	4702	29,5	49,6	242,6	1,0
10	5101	2611	5730	27,1	50,7	275,4	0,8
20	6245	2656	6787	23,1	50,7	330,6	0,7
30	7269	3466	8054	25,5	51,1	399,9	1,3

Tablica 21. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki ACWMS 11 DE30B

Temperatura 0 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	12919	2883	13237	12,6	50,9	426,7	0,6
0,5	14867	2891	15146	11,0	50,7	413,7	0,5
1	16273	2869	16524	10,0	50,8	427,2	0,4
2	17660	2836	17886	9,1	51,0	449,8	0,3
5	19579	2787	19777	8,1	51,1	613,8	0,3
10	20821	2671	20992	7,3	48,5	635,8	0,3
20	22770	1662	22840	4,2	49,8	1477,0	1,9
30	28566	4740	28971	9,4	49,9	704,6	2,0
Temperatura 10 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	6457	2552	6944	21,6	50,1	228,2	0,4
0,5	8110	2830	8590	19,2	49,1	238,3	0,4
1	9425	2993	9889	17,6	49,0	257,8	0,4
2	10787	3121	11229	16,1	49,3	294,0	0,3
5	12678	3245	13087	14,4	50,0	324,9	0,2
10	14194	3270	14566	13,0	50,9	388,5	0,2
20	16355	1939	16476	6,8	50,3	452,6	1,8
30	21237	4309	21678	11,5	51,2	1033,8	1,8
Temperatura 20 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	1946	1329	2357	34,4	50,1	107,7	1,3
0,5	2670	1694	3162	32,4	49,4	142,4	1,0
1	3366	1986	3908	30,6	48,4	228,5	0,9
2	4187	2286	4771	28,7	49,2	320,1	1,0
5	5529	2679	6144	25,9	50,2	420,3	1,0
10	6728	2936	7342	23,6	51,4	502,7	1,0
20	8749	2783	9187	17,8	53,9	875,8	2,5
30	9809	3740	10501	21,0	51,4	860,2	1,4
Temperatura 30 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	716	631	955	41,3	50,5	45,5	2,7
0,5	974	854	1297	41,2	49,9	60,4	2,6
1	1244	1065	1638	40,5	50,0	76,4	2,3
2	1610	1312	2078	39,2	50,3	91,2	1,9
5	2263	1705	2834	37,0	50,4	117,3	1,5
10	2926	2037	3566	34,8	51,0	152,3	1,3
20	3871	2278	4494	30,5	52,4	270,4	2,2
30	4274	2707	5060	32,4	51,5	212,0	1,7

Tablica 22. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki ACWMS
16 20/30

Temperatura 0 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	12342	2122	12524	9,8	57,6	930,5	0,7
0,5	13813	2097	13972	8,7	57,4	1068,0	0,5
1	14765	2045	14907	7,9	57,5	1035,4	0,5
2	15665	1966	15789	7,2	57,7	1046,8	0,5
5	16950	1856	17051	6,3	56,8	1107,9	0,4
10	17937	1735	18021	5,5	53,4	1211,3	0,5
20	19627	327	19654	1,0	52,8	1483,8	3,4
30	25450	4766	25916	10,6	56,3	1902,5	2,9
Temperatura 10 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	7150	2082	7447	16,2	57,2	441,1	0,3
0,5	8494	2165	8765	14,3	57,4	490,5	0,2
1	9525	2198	9775	13,0	57,3	541,3	0,2
2	10516	2195	10742	11,8	57,1	588,1	0,2
5	11855	2183	12055	10,4	57,4	657,7	0,2
10	12950	2126	13123	9,3	56,0	672,9	0,3
20	13909	-1478	14474	-5,9	54,6	466,4	17,0
30	16164	1757	16508	5,1	56,9	1975,6	12,2
Temperatura 20 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	2710	1485	3090	28,8	57,5	253,2	0,6
0,5	3602	1727	3995	25,6	57,5	310,0	0,6
1	4400	1898	4792	23,4	57,5	343,0	0,5
2	5272	2048	5656	21,3	57,5	373,5	0,5
5	6545	2213	6909	18,7	57,6	410,2	0,4
10	7617	2302	7957	16,8	57,9	453,3	0,3
20	9661	2012	9870	11,8	58,8	822,9	1,5
30	11223	3589	11784	17,7	57,1	868,6	0,9
Temperatura 30 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	888	701	1131	38,3	57,5	103,3	0,5
0,5	1260	915	1557	36,0	57,4	140,5	0,8
1	1619	1103	1959	34,3	57,6	165,1	0,8
2	2077	1311	2456	32,3	57,7	203,6	0,9
5	2858	1603	3277	29,3	57,5	266,7	0,8
10	3584	1824	4022	27,0	57,9	313,7	0,9
20	4593	1873	4962	22,3	58,2	569,5	1,7
30	4963	2341	5491	25,4	58,4	503,6	2,3

Tablica 23. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki ACWMS 16 DE30B

Temperatura 0 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	16332	3293	16661	11,4	55,7	739,4	0,1
0,5	17753	3213	18041	10,3	63,3	700,3	0,2
1	19363	3006	19595	8,8	49,8	789,5	0,2
2	20900	3054	21122	8,3	54,8	758,1	0,2
5	21299	2912	21497	7,8	51,3	835,7	0,2
10	22623	2797	22795	7,1	49,0	892,3	0,2
20	24779	1801	24858	4,2	55,5	937,5	2,2
30	25027	2327	25145	5,3	49,5	869,1	1,8
Temperatura 10 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	6895	2754	7425	21,8	50,1	263,0	0,4
0,5	8698	3041	9215	19,3	48,8	322,6	0,3
1	10139	3205	10634	17,5	48,5	375,9	0,3
2	11612	3325	12079	16,0	49,0	431,8	0,2
5	13625	3441	14053	14,2	49,9	470,7	0,2
10	15260	3501	15657	12,9	50,9	497,6	0,2
20	17512	2643	17722	8,7	50,3	845,4	2,4
30	24259	4903	24751	11,4	51,1	683,6	0,9
Temperatura 20 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	2265	1468	2700	33,1	50,3	294,4	2,1
0,5	3108	1867	3627	31,1	49,3	324,3	1,8
1	3872	2187	4447	29,5	49,3	314,5	1,3
2	4822	2514	5439	27,6	49,7	364,4	1,1
5	6325	2936	6973	24,9	50,4	420,1	0,7
10	7611	3218	8263	22,9	52,3	483,0	0,4
20	9989	2764	10370	15,4	54,1	352,6	2,2
30	11494	4172	12229	19,9	51,6	878,6	1,1
Temperatura 30 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	807	626	1022	37,8	49,8	74,9	0,7
0,5	1111	851	1399	37,5	49,0	97,5	0,8
1	1417	1069	1775	37,0	48,8	103,5	0,8
2	1833	1336	2268	36,1	48,9	124,0	0,8
5	2571	1751	3111	34,3	49,1	166,8	0,7
10	3295	2098	3906	32,5	49,9	202,6	0,6
20	4282	2359	4889	28,9	50,2	236,5	0,4
30	4812	2789	5562	30,1	51,7	269,8	0,6

Tablica 24. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki AC 16 P DE30B

Temperatura 0 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	15555	2757	15798	10,1	51,4	835,7	0,3
0,5	17484	2745	17698	8,9	51,1	1097,1	0,2
1	18871	2718	19066	8,2	51,2	1197,4	0,2
2	20087	2669	20263	7,6	51,4	1300,1	0,3
5	21793	2628	21951	6,9	51,4	1429,5	0,5
10	22949	2610	23098	6,5	49,9	1643,9	0,6
20	25128	-2362	25355	-4,7	49,2	4051,0	5,9
30	29488	5903	30120	11,4	52,0	1476,4	3,6
Temperatura 10 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	7370	2763	7872	20,6	51,4	508,9	1,0
0,5	9070	2983	9549	18,2	51,5	533,1	0,8
1	10446	3114	10901	16,6	51,6	581,1	0,7
2	11855	3204	12281	15,1	51,5	652,1	0,7
5	13765	3276	14150	13,4	51,6	740,9	0,6
10	15318	3269	15663	12,0	51,4	773,8	0,5
20	17895	820	17978	2,4	48,6	1245,2	5,6
30	21606	5988	22424	15,5	51,1	1013,9	1,1
Temperatura 20 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	2567	1616	3033	32,2	51,2	156,3	0,4
0,5	3483	1997	4015	29,8	51,2	205,7	0,3
1	4331	2292	4900	27,9	51,3	252,4	0,2
2	5323	2576	5913	25,8	51,3	320,3	0,3
5	6903	2935	7501	23,0	51,3	424,3	0,2
10	8260	3158	8843	20,9	51,9	512,3	0,2
20	10175	3002	10617	16,4	52,5	894,8	2,6
30	11809	3952	12455	18,5	51,6	1076,8	1,2
Temperatura 30 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	856	680	1093	38,5	51,3	75,4	0,8
0,5	1185	916	1498	37,7	51,2	89,4	0,6
1	1512	1135	1890	36,9	51,3	102,2	0,4
2	1953	1400	2403	35,6	51,4	125,8	0,4
5	2736	1806	3278	33,4	51,3	175,2	0,2
10	3490	2136	4092	31,5	51,7	218,9	0,2
20	4360	2296	4927	27,8	52,1	263,8	0,2
30	4828	2812	5587	30,2	52,5	340,2	0,1

Tablica 25. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki AC 16 P 35/50

Temperatura 0 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	16446	3147	16745	10,8	51,1	187,9	0,2
0,5	18577	3070	18829	9,4	51,0	212,3	0,2
1	20167	3007	20390	8,5	51,1	223,1	0,2
2	21545	2896	21739	7,7	51,3	245,3	0,2
5	23418	2736	23577	6,7	51,0	203,5	0,2
10	24723	2621	24862	6,1	48,8	271,8	0,2
20	27029	819	27050	1,8	50,4	446,0	1,7
30	34821	7739	35685	12,5	52,0	1569,5	1,9
Temperatura 10 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	8433	3097	8984	20,2	51,2	451,5	0,8
0,5	10446	3314	10960	17,6	51,2	485,7	0,7
1	12004	3403	12477	15,8	51,1	503,6	0,6
2	13545	3425	13972	14,2	50,9	494,9	0,5
5	15631	3430	16003	12,4	51,2	565,9	0,5
10	17299	3398	17630	11,1	50,8	667,0	0,3
20	19790	731	19827	2,2	48,9	773,7	3,3
30	24434	5221	24986	12,1	51,5	1119,8	0,5
Temperatura 20 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	2466	1781	3042	35,9	51,1	153,4	0,8
0,5	3491	2230	4142	32,6	51,2	190,2	0,6
1	4453	2573	5143	30,0	51,2	222,6	0,5
2	5611	2894	6313	27,3	51,2	259,6	0,4
5	7408	3283	8103	23,9	51,2	296,5	0,3
10	8943	3519	9610	21,5	51,7	339,0	0,3
20	11316	3237	11771	16,0	50,9	582,9	0,8
30	12579	4339	13313	19,0	50,6	623,0	2,2
Temperatura 30 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	722	684	995	43,4	51,1	19,3	0,4
0,5	1051	975	1433	42,8	51,1	47,5	0,9
1	1390	1257	1874	42,1	51,2	80,5	0,9
2	1859	1584	2443	40,4	51,2	93,9	0,7
5	2741	2085	3444	37,2	51,2	135,7	0,4
10	3616	2489	4390	34,5	51,5	156,8	0,3
20	4879	2667	5561	28,7	52,4	327,0	1,4
30	5377	3168	6241	30,5	52,4	251,2	0,3

Tablica 26. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki AC 16 P 50/70

Temperatura 0 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	11813	2830	12147	13,5	51,0	2562,0	0,4
0,5	13688	2812	13974	11,6	50,8	2954,0	0,2
1	15052	2768	15305	10,4	50,9	3229,2	0,1
2	16315	2703	16537	9,4	51,0	3435,8	0,1
5	18014	2574	18197	8,1	50,8	3725,6	0,3
10	19181	2414	19333	7,2	48,5	3943,1	0,3
20	21353	-836	21418	-1,8	49,1	4320,1	4,2
30	25765	5023	26254	11,2	51,9	5012,2	1,0
Temperatura 10 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	5299	2446	5836	24,9	50,4	1364,5	0,7
0,5	6870	2746	7399	21,9	49,7	1688,9	0,5
1	8159	2915	8664	19,7	49,6	1940,4	0,4
2	9497	3035	9971	17,8	50,1	2209,1	0,3
5	11324	3123	11747	15,5	50,5	2574,8	0,3
10	12787	3140	13167	13,8	50,8	2872,7	0,2
20	14547	2891	14835	11,4	44,6	4686,6	1,6
30	17217	3735	17623	12,6	35,1	6046,3	1,5
Temperatura 20 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	1311	1151	1745	41,4	50,3	387,0	1,5
0,5	1958	1549	2497	38,5	49,5	530,2	1,1
1	2605	1875	3210	35,9	49,6	668,5	1,0
2	3405	2208	4058	33,1	49,8	844,1	0,8
5	4725	2625	5406	29,1	50,1	1115,1	0,5
10	5943	2908	6617	26,1	51,7	1337,9	0,6
20	7514	2739	7998	20,0	52,8	1461,6	0,6
30	8993	3856	9786	23,1	51,9	1810,4	1,0
Temperatura 30 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	497	525	723	46,8	50,4	141,9	1,8
0,5	667	719	981	47,4	49,4	196,5	1,6
1	857	911	1251	47,0	49,4	258,6	1,5
2	1114	1140	1594	45,8	49,7	335,8	1,1
5	1622	1525	2226	43,4	50,3	473,7	0,7
10	2161	1854	2848	40,7	50,8	597,9	0,7
20	2825	2065	3500	36,2	52,2	723,1	0,5
30	3295	2599	4197	38,4	51,7	866,7	0,8

Tablica 27. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki AC 22 P DE30B

Temperatura 0 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	Δ E	Δ Kąt
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	μm/m	[MPa]	[°]
0,2	13832	2463	14050	10,1	51,2	3412,5	0,1
0,5	15581	2416	15767	8,8	51,0	3906,1	0,2
1	16788	2351	16951	8,0	51,2	4264,8	0,2
2	17859	2266	18002	7,2	51,2	4506,0	0,2
5	19345	2144	19464	6,3	50,5	4997,4	0,1
10	20400	2032	20501	5,7	48,6	5239,1	0,2
20	21816	-37	21846	0,2	48,5	5924,9	3,6
30	27898	6049	28564	12,3	50,8	8302,8	2,4
Temperatura 10 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	Δ E	Δ Kąt
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	μm/m	[MPa]	[°]
0,2	7154	2455	7563	18,9	51,2	1719,2	0,3
0,5	8717	2633	9106	16,7	51,2	2115,3	0,5
1	9896	2701	10258	15,2	51,1	2375,8	0,5
2	11091	2740	11425	13,8	51,0	2668,1	0,4
5	12734	2766	13031	12,2	51,0	3056,8	0,3
10	14058	2731	14321	11,0	50,3	3344,6	0,2
20	15854	2067	15995	7,5	49,7	3814,4	2,0
30	21161	4999	21745	13,2	51,3	5407,9	0,8
Temperatura 20 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	Δ E	Δ Kąt
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	μm/m	[MPa]	[°]
0,2	2434	1473	2845	31,1	51,1	534,8	0,8
0,5	3263	1788	3721	28,7	51,2	720,9	0,5
1	4016	2029	4499	26,7	51,2	880,3	0,5
2	4887	2259	5384	24,7	51,2	1061,8	0,5
5	6256	2545	6753	22,1	51,2	1357,6	0,5
10	7409	2711	7889	20,0	51,6	1600,7	0,5
20	9386	2462	9709	14,6	52,6	1769,7	2,3
30	10577	3865	11266	19,9	51,5	2461,3	2,2
Temperatura 30 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	Δ E	Δ Kąt
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	μm/m	[MPa]	[°]
0,2	919	683	1145	36,6	51,1	227,8	0,2
0,5	1241	898	1532	35,9	51,0	294,8	0,2
1	1560	1100	1909	35,2	51,1	370,7	0,3
2	1977	1335	2386	34,0	51,4	477,7	0,2
5	2734	1700	3220	31,8	51,0	647,2	0,3
10	3453	1981	3981	29,8	51,6	809,5	0,3
20	4575	2130	5047	24,8	52,9	952,3	1,2
30	4981	2536	5590	26,9	52,6	1180,5	0,5

Tablica 28. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki AC 22 P 35/50

Temperatura 0 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	ΔK_{a}
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	14576	2898	14861	11,3	51,0	2416,8	0,3
0,5	16494	2830	16736	9,7	50,8	2642,1	0,4
1	17949	2786	18164	8,8	50,9	2845,8	0,4
2	19257	2709	19447	8,0	51,0	3055,6	0,4
5	21018	2588	21177	7,0	50,7	3379,6	0,3
10	22153	2434	22287	6,3	48,6	3638,0	0,4
20	23458	303	23513	1,4	47,7	5024,6	4,2
30	29567	7385	30504	14,2	50,6	5734,3	2,7
Temperatura 10 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	ΔK_{a}
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	7132	2809	7666	21,5	51,0	1365,0	0,4
0,5	8929	3006	9421	18,6	51,0	1632,0	0,4
1	10347	3114	10805	16,8	50,9	1882,2	0,4
2	11746	3153	12162	15,1	50,8	2095,5	0,3
5	13671	3171	14034	13,1	50,9	2443,3	0,3
10	15172	3119	15489	11,6	50,8	2650,8	0,3
20	17051	2292	17206	7,7	50,4	3123,5	0,9
30	21836	5289	22473	13,4	51,7	5391,6	1,5
Temperatura 20 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	ΔK_{a}
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	2155	1576	2670	36,2	51,0	425,7	0,5
0,5	3058	1989	3648	33,1	51,0	594,7	0,4
1	3912	2300	4539	30,5	51,1	740,7	0,4
2	4933	2600	5577	27,8	51,1	928,8	0,4
5	6546	2959	7184	24,4	51,0	1210,2	0,3
10	7903	3159	8511	21,8	51,5	1420,0	0,4
20	9548	3174	10064	18,4	51,1	1560,3	1,2
30	11226	4465	12086	21,5	51,2	2177,5	1,6
Temperatura 30 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	ΔK_{a}
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	670	640	927	43,8	50,9	157,4	1,0
0,5	967	888	1313	42,6	51,0	217,8	0,7
1	1278	1126	1703	41,4	51,1	286,0	0,4
2	1711	1415	2220	39,6	51,2	372,7	0,4
5	2505	1865	3123	36,7	50,9	532,0	0,3
10	3302	2228	3983	34,1	51,4	685,6	0,4
20	4362	2474	5015	29,6	52,2	798,2	0,5
30	4898	2825	5655	29,9	52,3	976,6	0,9

Tablica 29. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki AC 22 P 50/70

Temperatura 0 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	12579	2789	12885	12,4	51,1	2381,5	0,7
0,5	14416	2732	14673	10,7	50,8	2732,8	0,5
1	15825	2678	16050	9,5	50,9	3046,4	0,6
2	17086	2598	17283	8,6	51,2	3343,7	0,6
5	18730	2471	18893	7,5	51,0	3729,5	0,6
10	19916	2366	20057	6,7	47,9	3985,9	0,7
20	21193	40	21196	0,2	47,9	4155,9	1,2
30	26988	7250	27948	14,9	51,1	5995,3	0,9
Temperatura 10 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	5286	2423	5816	24,6	51,1	837,3	1,3
0,5	6813	2698	7329	21,5	51,1	1121,3	1,2
1	8090	2855	8580	19,4	51,1	1359,1	1,1
2	9405	2966	9863	17,4	51,0	1613,2	1,0
5	11207	3041	11613	15,1	51,0	1966,0	0,9
10	12642	3046	13005	13,5	51,2	2223,2	0,8
20	14168	2545	14399	10,2	48,9	2332,3	1,6
30	18121	5232	18864	16,2	50,2	2995,2	1,1
Temperatura 20 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	1403	1183	1836	40,0	51,0	325,1	1,7
0,5	2055	1563	2582	37,1	51,0	460,6	1,5
1	2707	1886	3300	34,7	51,1	600,3	1,4
2	3503	2208	4142	32,1	51,2	762,8	1,3
5	4856	2631	5524	28,3	50,9	1021,2	1,3
10	6066	2905	6727	25,5	51,6	1274,9	1,3
20	7721	2813	8224	19,8	52,5	1635,9	2,6
30	9001	4178	9928	24,6	52,2	2118,9	2,1
Temperatura 30 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	465	428	632	42,8	51,0	112,7	1,5
0,5	648	601	884	42,9	50,9	140,4	1,1
1	847	781	1152	42,7	51,0	185,4	0,7
2	1131	1017	1521	42,0	51,2	243,8	0,6
5	1684	1410	2196	39,9	51,0	358,0	0,7
10	2262	1750	2860	37,7	51,3	475,9	0,7
20	3092	2108	3742	34,2	52,2	702,9	0,6
30	3458	2353	4184	34,2	52,2	772,8	1,4

Tablica 30. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki AC 16 W DE30B

Temperatura 0 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	14587	2467	14795	9,6	51,4	3057,6	0,3
0,5	16191	2377	16365	8,4	51,3	3333,0	0,2
1	17273	2294	17425	7,6	51,4	3559,2	0,1
2	18306	2203	18438	6,9	51,6	3780,3	0,1
5	19650	2075	19759	6,0	51,1	4052,0	0,1
10	20603	1922	20692	5,4	48,8	4264,4	0,2
20	22485	-479	22499	-1,2	49,1	4702,3	1,9
30	28412	5585	28961	11,3	51,7	5979,4	1,2
Temperatura 10 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	7939	2512	8327	17,5	51,4	1860,9	0,3
0,5	9534	2614	9886	15,3	51,4	2221,8	0,3
1	10778	2660	11101	13,9	51,4	2494,4	0,3
2	11957	2670	12252	12,6	51,2	2735,7	0,4
5	13528	2673	13789	11,2	51,4	3056,3	0,4
10	14771	2624	15003	10,1	51,4	3315,5	0,4
20	16502	1477	16569	5,3	50,0	3925,6	1,0
30	19747	3918	20152	11,4	52,6	4389,9	3,1
Temperatura 20 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	2964	1676	3405	29,5	51,4	729,3	0,1
0,5	3956	1982	4425	26,6	51,4	954,0	0,2
1	4853	2198	5327	24,4	51,4	1160,2	0,3
2	5851	2398	6323	22,3	51,4	1379,9	0,3
5	7336	2618	7790	19,6	51,5	1694,4	0,3
10	8556	2754	8988	17,8	51,5	1949,7	0,3
20	9833	2248	10087	12,8	51,6	2091,4	0,3
30	11573	3779	12175	18,1	51,6	2570,6	0,6
Temperatura 30 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	933	725	1182	37,8	51,5	235,1	0,2
0,5	1289	961	1608	36,7	51,5	323,2	0,2
1	1652	1174	2027	35,4	51,6	413,4	0,2
2	2124	1422	2556	33,8	51,6	519,4	0,3
5	2951	1788	3450	31,2	51,6	701,0	0,3
10	3718	2066	4254	29,0	51,9	870,2	0,3
20	4675	2170	5155	24,9	52,4	1147,6	0,5
30	5091	2665	5747	27,7	52,7	1212,8	0,6

Tablica 31. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki AC 16 W 35/50

Temperatura 0 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,1	11451	2556	11734	12,5	37,4	2360,2	0,6
0,2	11533	2632	11830	12,8	51,6	2327,3	0,7
0,5	13277	2609	13531	11,1	51,4	2691,8	0,6
1	14583	2575	14809	10,0	51,5	2957,4	0,5
2	15801	2508	15999	9,0	51,6	3236,0	0,4
5	17439	2408	17604	7,8	51,6	3604,1	0,4
10	18517	2279	18657	7,0	49,2	3834,3	0,4
20	19530	1269	19576	3,5	49,7	3544,6	1,4
Temperatura 10 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	6120	2487	6606	22,1	51,4	1341,4	0,4
0,5	7713	2700	8172	19,3	51,5	1637,1	0,3
1	8992	2814	9422	17,4	51,4	1877,8	0,3
2	10246	2870	10640	15,6	51,3	2135,5	0,3
5	11960	2900	12306	13,6	51,4	2451,0	0,2
10	13364	2873	13669	12,1	51,2	2726,8	0,1
20	15917	1572	16002	5,7	49,4	3815,5	2,2
30	18225	3950	18661	12,4	51,6	3983,8	2,5
Temperatura 20 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	1703	1303	2145	37,4	51,4	382,0	0,7
0,5	2471	1662	2978	33,9	51,3	554,1	0,6
1	3196	1945	3741	31,3	51,4	706,5	0,5
2	4065	2226	4635	28,6	51,4	885,6	0,5
5	5467	2562	6038	25,1	51,3	1167,0	0,4
10	6686	2778	7240	22,5	52,1	1404,9	0,3
20	8448	2328	8767	15,3	52,7	1787,8	1,9
30	9363	3724	10078	21,6	51,9	1977,7	1,1
Temperatura 30 °C							
Hz	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E [MPa]	Kąt [°]	ε μm/m	Δ E [MPa]	Δ Kąt [°]
0,2	480	442	653	42,7	51,4	139,2	1,4
0,5	678	617	917	42,4	51,4	185,9	0,8
1	892	797	1197	41,8	51,5	235,3	0,6
2	1200	1029	1581	40,6	51,6	312,5	0,4
5	1768	1397	2253	38,3	51,5	442,3	0,3
10	2361	1720	2921	36,1	51,8	576,5	0,2
20	3253	2004	3821	31,6	52,6	862,5	0,8
30	3470	2299	4162	33,6	52,7	796,1	0,4

Tablica 32. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki AC 16 W 50/70

Temperatura 0 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	ΔK_{a}
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	8465	2319	8777	15,3	56,9	254,8	0,3
0,5	9961	2345	10233	13,2	56,9	313,6	0,2
1	11108	2327	11349	11,8	57,0	369,5	0,3
2	12216	2289	12429	10,6	57,0	408,1	0,3
5	13626	2248	13811	9,4	57,4	473,7	0,3
10	14794	2165	14952	8,3	55,8	486,5	0,2
20	16462	1089	16502	3,8	54,1	675,0	1,4
30	19632	4678	20201	13,3	57,2	975,5	3,0
Temperatura 10 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	ΔK_{a}
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	3564	1825	4004	27,1	57,1	34,1	0,8
0,5	4721	2079	5159	23,8	57,1	47,8	0,8
1	5688	2242	6114	21,5	57,1	52,8	0,8
2	6699	2357	7102	19,4	57,0	61,1	0,8
5	8154	2465	8519	16,8	57,2	123,5	0,7
10	9337	2502	9667	15,0	57,3	141,5	0,7
20	11180	1321	11273	6,8	57,4	501,3	3,5
30	13313	4458	14050	18,5	58,1	708,3	2,5
Temperatura 20 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	ΔK_{a}
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	907	813	1218	41,9	56,9	65,8	0,8
0,5	1335	1095	1727	39,4	56,9	70,3	0,7
1	1773	1336	2220	37,0	57,0	76,1	0,7
2	2338	1594	2830	34,3	57,0	87,8	0,7
5	3285	1929	3810	30,4	56,9	93,7	0,7
10	4142	2155	4669	27,5	57,5	95,8	0,7
20	5258	2135	5676	22,1	59,3	187,8	1,0
30	6129	2889	6778	25,3	57,5	415,0	1,7
Temperatura 30 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	ΔK_{a}
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	315	368	484	49,3	57,0	81,6	2,3
0,5	427	493	653	49,0	57,0	79,2	2,2
1	548	623	830	48,5	57,1	79,0	2,0
2	730	786	1074	47,0	57,2	74,7	1,6
5	1096	1077	1537	44,5	56,9	71,6	1,3
10	1497	1344	2012	41,9	57,3	77,0	1,3
20	2024	1557	2554	37,5	58,1	93,6	1,4
30	2346	1911	3027	39,2	57,2	151,4	1,8

Tablica 33. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki AC 22 W DE30B

Temperatura 0 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta K_{\text{ąt}}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	11380	1977	11551	9,8	57,5	1030,1	0,3
0,5	12689	1911	12832	8,6	57,3	1183,9	0,2
1	13681	1863	13807	7,7	57,4	1252,4	0,2
2	14551	1790	14661	7,0	57,6	1367,5	0,1
5	15728	1682	15818	6,1	57,3	1453,4	0,1
10	16586	1601	16663	5,5	54,6	1575,7	0,2
20	17988	-40	18009	0,0	55,6	1997,0	3,2
30	23608	4132	23972	10,0	55,5	2946,9	1,5
Temperatura 10 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta K_{\text{ąt}}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	6328	2082	6663	18,3	57,4	746,9	1,4
0,5	7619	2170	7923	16,0	57,4	820,8	1,1
1	8592	2198	8870	14,4	57,4	885,7	0,9
2	9567	2197	9817	13,0	57,4	926,4	0,8
5	10881	2180	11098	11,3	57,6	1005,3	0,6
10	11926	2125	12114	10,1	57,6	1063,1	0,5
20	13883	748	13909	3,1	57,5	1538,3	1,9
30	16360	3499	16732	12,0	57,4	1805,9	1,0
Temperatura 20 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta K_{\text{ąt}}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	2380	1388	2755	30,3	57,4	246,5	0,9
0,5	3181	1654	3586	27,5	57,4	319,8	0,7
1	3902	1839	4314	25,3	57,5	386,6	0,7
2	4723	2006	5131	23,0	57,4	457,6	0,6
5	5950	2199	6343	20,3	57,5	571,2	0,5
10	6984	2296	7352	18,2	57,6	653,5	0,4
20	8585	1670	8747	11,0	58,9	785,1	0,9
30	9648	2907	10077	16,8	57,5	955,0	0,9
Temperatura 30 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta K_{\text{ąt}}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	779	629	1002	39,0	57,4	114,9	1,2
0,5	1097	832	1376	37,2	57,4	147,7	1,0
1	1415	1013	1740	35,7	57,5	184,0	0,8
2	1817	1218	2187	33,9	57,6	227,7	0,7
5	2527	1520	2949	31,1	57,5	308,3	0,7
10	3197	1745	3642	28,7	57,9	382,5	0,6
20	4118	1838	4510	24,1	58,5	551,0	0,4
30	4617	2102	5076	24,6	58,7	581,9	2,0

Tablica 34. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki AC 22 W 35/50

Temperatura 0 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta K_{\text{ąt}}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	10480	2184	10706	11,8	57,6	887,7	0,5
0,5	11904	2118	12091	10,1	57,4	1023,0	0,4
1	12962	2061	13125	9,0	57,5	1119,9	0,4
2	13921	1974	14061	8,1	57,7	1225,4	0,3
5	15167	1868	15282	7,0	57,5	1312,9	0,4
10	16091	1739	16185	6,2	53,7	1429,1	0,4
20	17450	357	17472	1,2	54,1	1514,4	3,0
30	22210	5079	22797	12,7	56,1	2845,0	2,4
Temperatura 10 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta K_{\text{ąt}}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	5180	2109	5593	22,1	57,4	365,0	0,6
0,5	6513	2287	6903	19,3	57,3	496,2	0,6
1	7567	2363	7928	17,3	57,3	626,9	0,5
2	8628	2396	8955	15,5	57,2	747,5	0,5
5	10055	2400	10338	13,4	57,6	923,6	0,4
10	11258	2371	11505	11,9	57,3	1105,0	0,5
20	13782	563	13794	2,4	55,9	1347,0	0,6
30	15221	3377	15594	12,4	57,8	1542,5	1,3
Temperatura 20 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta K_{\text{ąt}}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	1455	1129	1842	37,9	57,5	153,2	0,8
0,5	2113	1440	2557	34,3	57,6	199,2	0,9
1	2742	1684	3218	31,6	57,7	244,2	0,8
2	3491	1911	3980	28,7	57,6	305,8	0,9
5	4675	2177	5157	25,0	57,6	403,1	0,8
10	5698	2338	6160	22,3	58,0	479,7	0,7
20	6851	2157	7185	17,5	59,0	524,7	1,5
30	8111	3076	8694	20,6	56,9	613,5	4,4
Temperatura 30 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta K_{\text{ąt}}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu\text{m/m}$	[MPa]	[°]
0,2	456	443	637	44,4	57,4	57,3	3,6
0,5	650	612	893	43,4	57,3	56,0	3,1
1	849	777	1152	42,5	57,4	60,2	2,9
2	1131	981	1498	40,9	57,5	82,0	2,5
5	1673	1310	2126	38,1	57,4	126,3	2,2
10	2217	1583	2726	35,5	57,8	185,1	1,8
20	2912	1773	3410	31,3	58,0	287,6	1,7
30	3251	2105	3875	32,9	58,6	360,9	2,0

Tablica 35. Wyniki badania modułu zespolonego metodą 4PB mieszanki AC 22 W 50/70

Temperatura 0 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	9139	2458	9465	15,1	57,5	571,3	1,1
0,5	10606	2447	10886	13,0	57,2	600,8	0,9
1	11832	2444	12083	11,7	57,3	601,1	0,9
2	12994	2416	13217	10,6	57,5	569,5	0,9
5	14536	2327	14723	9,1	57,3	559,6	0,8
10	15706	2195	15859	8,0	53,9	478,2	0,7
20	17668	445	17674	1,4	53,8	419,6	0,2
30	22987	5011	23530	12,3	57,0	1161,2	0,9
Temperatura 10 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	3818	1904	4267	26,6	57,4	399,8	1,0
0,5	5013	2157	5458	23,3	57,5	479,8	0,9
1	6029	2319	6460	21,1	57,4	534,4	0,8
2	7094	2429	7499	18,9	57,5	586,5	0,8
5	8584	2521	8947	16,4	57,6	676,1	0,7
10	9761	2551	10090	14,7	57,8	733,4	0,6
20	10909	2090	11107	10,9	56,1	755,4	0,4
30	12983	4367	13698	18,6	55,9	1098,1	0,4
Temperatura 20 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	965	850	1286	41,4	57,4	137,4	1,0
0,5	1436	1140	1833	38,5	57,3	172,3	0,9
1	1918	1396	2372	36,1	57,4	207,0	1,0
2	2530	1661	3027	33,3	57,5	246,1	1,0
5	3541	1999	4067	29,5	57,2	326,0	0,9
10	4451	2221	4975	26,5	57,8	388,8	0,8
20	5581	2184	5993	21,4	58,8	384,1	0,7
30	6176	2944	6843	25,4	58,0	590,8	1,2
Temperatura 30 °C							
Hz	E1	E2	E	Kąt	ε	ΔE	$\Delta Kąt$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	$\mu m/m$	[MPa]	[°]
0,2	306	294	425	43,9	57,5	46,5	2,0
0,5	433	419	602	44,1	57,4	58,2	1,6
1	571	552	794	44,1	57,6	68,0	1,6
2	755	721	1044	43,7	57,7	89,3	1,4
5	1141	1023	1532	41,9	57,5	121,3	1,2
10	1553	1295	2022	39,8	57,9	163,1	1,2
20	2160	1506	2633	34,9	58,8	153,2	1,1
30	2390	1813	3000	37,2	58,7	222,4	0,9

8. Podsumowanie

W ramach etapu III pracy zrealizowano badania laboratoryjne modułów sztywności. W dalszym etapie pracy przeprowadzona zostanie szczegółowa ocena i analiza wyników obejmująca również opracowanie krzywych wiodących oraz odniesienie do uznanych metod empirycznych. Na zakończenie opracowane zostanie sprawozdanie końcowe z realizacji tematu.

-
- 1 *PN-EN 12697-6:2008 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 6: Oznaczanie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej*
 - 2 *PN-EN 12697-5:2008 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 5: Oznaczanie gęstości*
 - 3 *PN-EN 12697-8:2008 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 8: Oznaczenie zawartości wolnej przestrzeni.*
 - 4 *PN-EN 12697-12, Mieszanki mineralno-asfaltowe –Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco – Część 12: Określenie wrażliwości próbek asfaltowych na działanie wody*
 - 5 *PN-EN 12697-23, Mieszanki mineralno-asfaltowe –Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco – Część 23: Określenie pośredniej wytrzymałości na rozciąganie próbek asfaltowych*
 - 6 *PN-EN 12697-26, Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco - Część 26: Sztywność*
 - 7 *WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008, Nawierzchnie asfaltowe na drogach publicznych*