
Ocena zgodności mieszanek mineralno-asfaltowych w świetle wymagań WT-2

Mgr inż. Wojciech Szturo

Dr inż. Robert Jurczak

Wydział Technologii-Laboratorium Drogowe

GDDKiA w Szczecinie



Wymagania Techniczne WT-2

WT-2 2014 – część I Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania Techniczne

- stanowią załącznik do Zarządzenia nr 54 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 18.11.2014 r,
- obejmują wymagania dla projektowanie MMA, wymagania dla materiałów do jej wytworzenia oraz warunki produkcji MMA,
- są zgodne z normami europejskimi , przyjętymi do stosowania w Polsce w tym normami z serii PN-EN 13108-x (wymagania),
- są przystosowane do krajowych warunków technicznych i klimatycznych.

WT-2 2016 – część II Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. Wykonanie warstw nawierzchni asfaltowych. Wymagania Techniczne

- stanowią załącznik do Zarządzenia nr 7 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 9.05.2016 r,
- stanowią uzupełnienie dokumentu WT-2 2014 - część I,
- obejmują warunki wykonania i wymagania w stosunku do nawierzchni asfaltowych.



Sposoby kontroli mieszanki mineralno-asfaltowej na zgodność z wymaganiami WT-2

- **sprawdzanie receptur (projektów MMA) za pomocą walidacji laboratoryjnej,**
- **sprawdzanie receptur (projektów MMA) za pomocą walidacji produkcji i ułożeniu odcinków próbnych,**
- **kontrola bieżąca w trakcie produkcji MMA na wytwórni oraz po jej wbudowaniu w konstrukcję nawierzchni,**



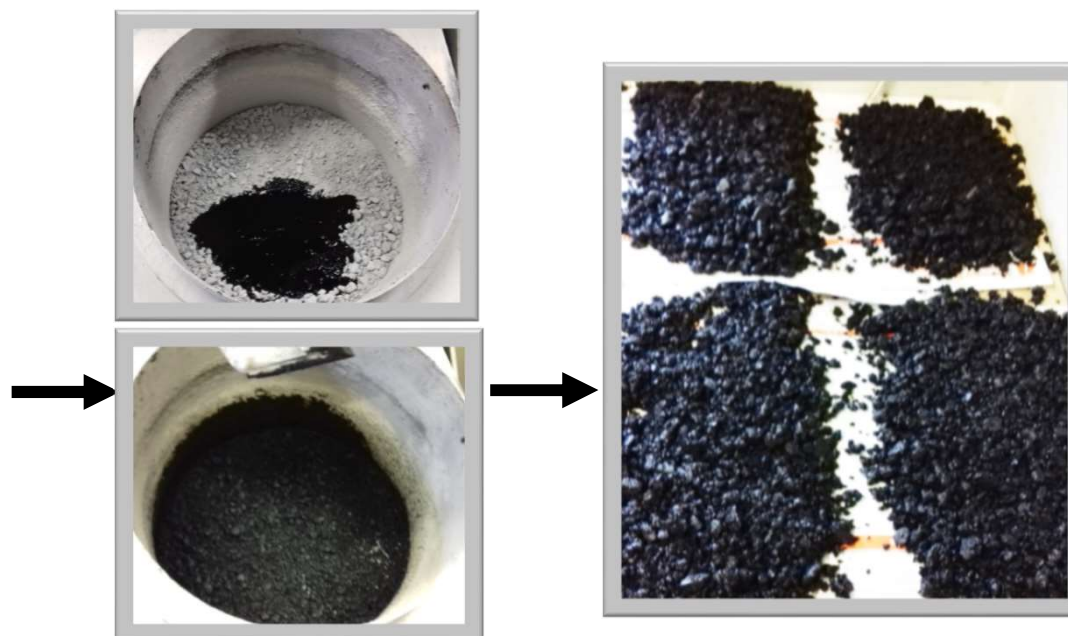
Sprawdzanie receptur (projektów mieszanek mineralno-asfaltowych) za pomocą walidacji laboratoryjnej

Materiały pobrane lub dostarczone z wytwórni jako składowe MMA:

- kruszywa poszczególnych frakcji,
- wypełniacz,
- asfalt drogowy lub modyfikowany,
- środek adhezyjny oraz inne dodatki.

Mieszalnik do wykonywania zarobów laboratoryjnych MMA gwarantujący odpowiednią temperaturę mieszania

Mieszanka mineralno-asfaltowa gotowa do wykonania odpowiednich badań i sprawdzenia wymaganych parametrów.



Laboratorium sprawdza recepturę przedłożoną przez wykonawcę inwestycji wykonując walidację laboratoryjną na zlecenie nadzoru. Jest to etap, który pozwala ocenić prawidłowość zaprojektowania MMA względem wymagań zgodnych z WT-2 cz. I z 2014 r. Odbywa się to odpowiednio wcześniej przed wykonaniem kontroli na produkcji i odcinkach próbnych czy inwestycyjnych.

Sprawdzanie receptur (projektów mieszanek mineralno-asfaltowych) za pomocą walidacji produkcji oraz kontrola bieżąca



Rdzeń Ø 150

Luźna masa MMA



Rdzeń Ø 100

Pobranie próbek z wytwórni i odcinka próbnego wykonanej nawierzchni (luźna masa i rdzenie odpowiednich średnic j.w.) pozwoli na przeprowadzenie walidacji produkcji i kontroli bieżącej na zlecenie nadzoru. Jest to etap, który pozwala ocenić prawidłowość zaprojektowania, wyprodukowania i wbudowania MMA względem wymagań zgodnych z WT-2 cz. I z 2014 r. i WT-2 cz. II z 2016 r.

Oznaczanie gęstości wg PN-EN 12697-5 metoda A (objętościowa)



Piknometry z MMA

Gęstość – masa mieszanki mineralno-asfaltowej na jednostkę objętości bez wolnych przestrzeni, w znanej temperaturze badania.

Opisana metoda badania jest przeznaczona do użycia w przypadku luźnych mieszanek mineralno-asfaltowych zawierających asfalt drogowy, lepiszcza modyfikowane i inne lepiszcza asfaltowe stosowane do mieszanek produkowanych na gorąco.



MMA przygotowane do badania

Gęstość jest podstawową badaną cechą fizyczną MMA. Jako składowa służy do określenia wolnej przestrzeni w zagęszczonej mieszance. Znajomość jej wartości może pomóc w kontroli dozowanych kruszyw na wytwórni i ocenić czy zmieniono rodzaj i pochodzenie kruszywa.



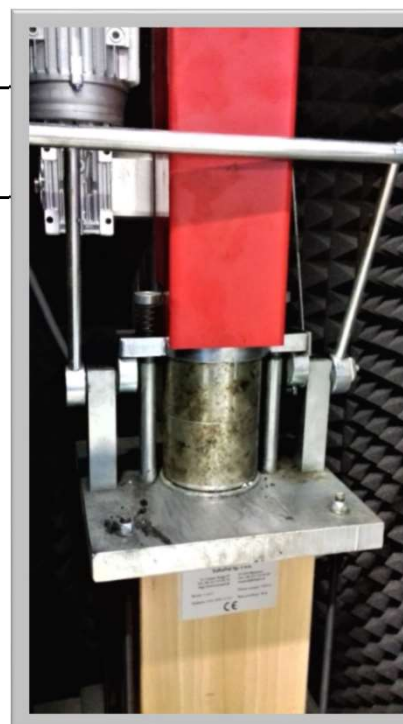
Oznaczanie gęstości objętościowej wg PN-EN 12697-6 metoda B

Odwiert z
nawierzchni



Próbka
Marshalla

Gęstość objętościowa – masa mieszanki mineralno-asfaltowej na jednostkę objętości z przestrzeniami powietrznymi, w znanej temperaturze badania. Opisana metoda badania jest przeznaczona zarówno dla próbek zagęszczonych w laboratorium jak i dla próbek z odwiertów wyciętych z nawierzchni po ułożeniu i zagęszczeniu warstwy.



Ubijak Marshalla



Waga
hydrostatyczna

Gęstość objętościowa jest podstawową badaną cechą fizyczną MMA. Jako składowa wraz z gęstością służy do określenia wolnej przestrzeni w zagęszczonej mieszance. Oznaczona gęstość objętościowa próbki wyciętej z nawierzchni i próbki laboratoryjnej pozwala określić wskaźnik zagęszczenia. Znajomość jej wartości może pomóc w kontroli dozowanych kruszyw na wytwórni i ocenić czy zmieniono rodzaj i pochodzenie kruszywa jak również jego uziarnienie.

Oznaczanie zawartości wolnej przestrzeni wg PN-EN 12697-8



Gęstość



Gęstość objętościowa

$$V_m = \frac{\rho_m - \rho_b}{\rho_m} \times 100 [\%]$$



Gęstość

Zawartość wolnej przestrzeni – objętość pustek powietrznych w zagęszczonej próbce mieszanki mineralno-asfaltowej wyrażona jako procent całkowitej objętości próbki. Jej wartość w próbkach laboratoryjnych powinna być zgodna z wymaganiami WT-2 cz. I z 2014 r. a w próbkach wyciętych z nawierzchni zgodna z wymaganiami WT-2 cz. II z 2016 r.

Wskaźnik zagęszczenia wg PN-EN 13108-20



Rdzeń z nawierzchni



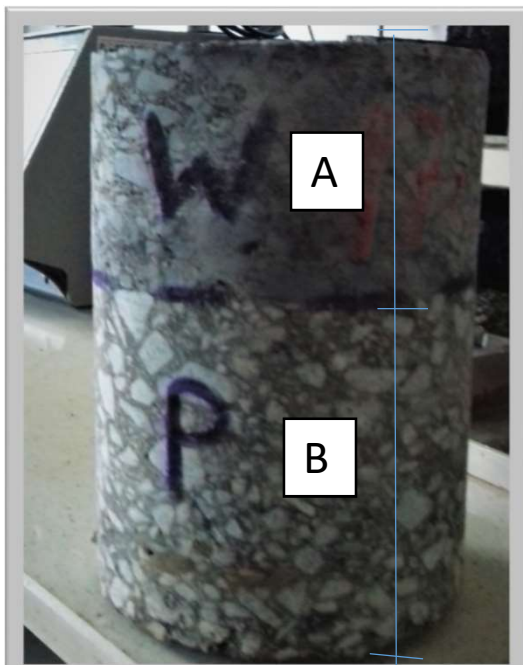
Próbka Marshalla

$$WZ = \frac{\rho_{rdzeń}}{\rho_{Marshall}} \times 100 [\%]$$

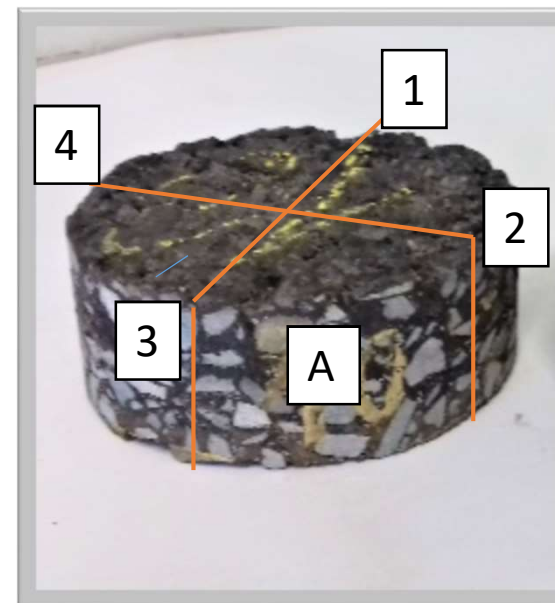
Wskaźnik zagęszczenia – porównanie zagęszczenia próbki wyciętej z nawierzchni z próbkami Marshalla zagęszczonymi w laboratorium jako iloraz dwóch wartości gęstości objętościowych



Oznaczanie grubości nawierzchni wg PN-EN 12697-36 pkt. 4.1 Metoda niszcząca



Pakiet dwóch warstw nawierzchni
(podbudowa + wiążąca)



Jedna warstwa nawierzchni
(ścieralna)

Pomiar grubości nawierzchni wykonuje się na rdzeniu wykonując czterech odczytów jak pokazano na zdjęciu wyżej. Laboratorium określa grubość poszczególnych warstw jak również pakietu warstw konstrukcji.

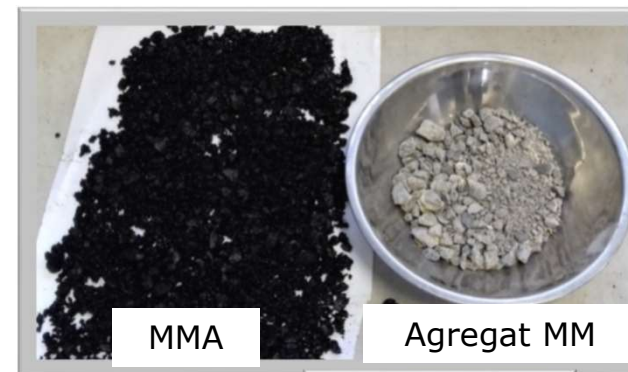
Różnice grubości wbudowanej warstwy i pakietu warstw w stosunku do grubości przyjętej w projekcie konstrukcji nawierzchni, powinny spełniać wymagania WT-2 cz. II z 2016 r.

Oznaczenie zawartość lepiscza rozpuszczalnego wg PN-EN 12697-1

Asfalt rozpuszczalny - ilość lepiscza zawarta w próbce nie zawierającej wody i dająca się wyekstrahować z tej próbki, wyrażona w procentach masy.

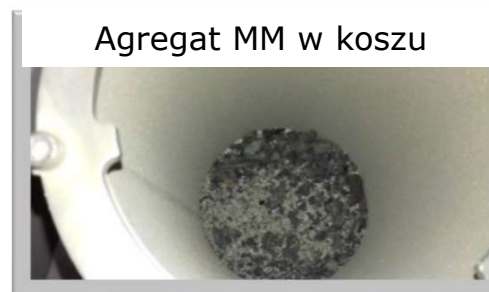


Ekstraktor do określania odzyskiwania asfaltu i wypełniacza



MMA

Agregat MM



Agregat MM w koszu



Wypełniacz odzyskany

Asfalt dodany nie może być mniejsza od wartości wymaganej do projektowania jako B_{min} , według WT-2 cz. I z 2014, skorygowana o współczynnik α , który jest zależny o gęstość kruszywa. Gdy w mieszance nie ma asfaltu z granulatu asfalt dodany równy jest **asfaltowi całkowitemu**.

Asfalt nierozpuszczalny jest teoretyczną zawartością asfaltu obliczeniową według wzorów w WT-2 cz. I z 2014

Asfalt rozpuszczalny jest różnicą pomiędzy asfaltem całkowitym a nierozpuszczalnym i stanowi wartość referencyjną do oceny zawartości asfaltu w wyprodukowanej MMA.

Odchyłka jest różnicą pomiędzy procentową zawartością asfaltu kontrolowanej próbki a procentową zawartością asfaltu w mieszance mineralnej podanej w badaniu typu.

Odchyłkę dopuszczalną określa Instrukcja DP-T 14 „Ocena jakości na drogach krajowych część I - roboty drogowe”.



Oznaczanie składu ziarnowego wg PN-EN 12697-2

Uziarnienie mieszanki mineralnej (przesiew) – ilość materiału przechodząca przez sito, jako procent masy całkowitej z dokładnością do najbliższej cyfry całkowitej dla sit powyżej 0,063 mm, oraz dla sita 0,063 mm z dokładnością do jednego miejsca po przecinku



+



Agregat MM



Zestaw sit

Wypełniacz odzyskany

W badaniu składu ziarnowego określamy skład mieszanki mineralnej, która stanowi sumę wypełniacza poniżej 0,063 mm i agregatu mineralnego po wyekstrahowaniu asfaltu w ekstraktorze ultradźwiękowym. Po przeliczeniu określamy odchyłkę jako wartość bezwzględna różnicy pomiędzy procentową zawartością kontrolowanej próbki, a procentową zawartością ziaren w mieszance mineralnej podaną w badaniu typu.

Odchyłki dopuszczalne określa Instrukcja DP-T 14 „Ocena jakości na drogach krajowych część I - roboty drogowe”



Odporność na deformacje trwałe wg PN-EN 12697-22 Koleinowanie. Metoda B w powietrzu

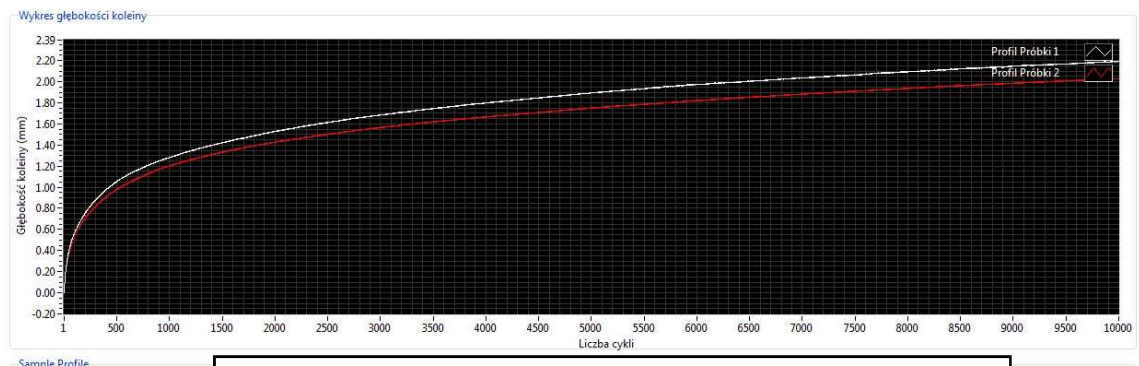
Podatność materiałów bitumicznych na deformacje jest oceniana na podstawie koleiny powstałej na skutek powtarzalnych przejść obciążonego koła w stałej temperaturze.

Określa się dwa parametry, które wymaga WT-2 cz. I z 2014 r :

- **PRD_{AIR}** - procentowa głębokość koleiny względem grubości próbki z MMA poddanej badaniu po 10 000 cyklach
- **WTS_{AIR}** - nachylenie wykresu koleinowania, jako współczynnik, przy którym głębokość koleiny wzrasta po powtarzalnych przejściach od 5 000 do 10 000 cykli.



Próbka po zagęszczeniu i w trakcie badania



Wykres koleinowania dwóch próbek

Badanie przeprowadza się na próbkach zagęszczonych w laboratorium w postaci płyt o odpowiedniej grubości i rdzeni wyciętych z nawierzchni. Temperatura badania wynosi 60°C.

Określanie wrażliwości próbek mieszanek mineralno-asfaltowych na działanie wody i mrozu PN-EN 12697-12; WT-2 2014 Załącznik 1

Wrażliwości próbek mieszanek mineralno-asfaltowych na działanie wody i mrozu – jest określona jako wskaźnik ITSR wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek poddanych cyklowi kondycjonowania w wodzie o temperaturze 40°C i 25°C oraz cyklowi zamrażania w temperaturze -18°C i próbek porównawczych przetrzymywanych w warunkach pokojowych.

$$ITSR = 100 \times \frac{ITS_w}{ITS_d}$$

ITS_w - średnia wytrzymałość oznaczona dla grupy próbek poddanych cyklowi kondycjonowania i zamrażaniu

ITS_d - średnia wytrzymałość oznaczona dla grupy próbek porównawczych



Próbka po ścisnieniu



Prasa wytrzymałościowa

Badania szczepności międzywarstwowej wg metody Leutnera próbek odwierconych z nawierzchni Instrukcja Politechniki Gdańskiej

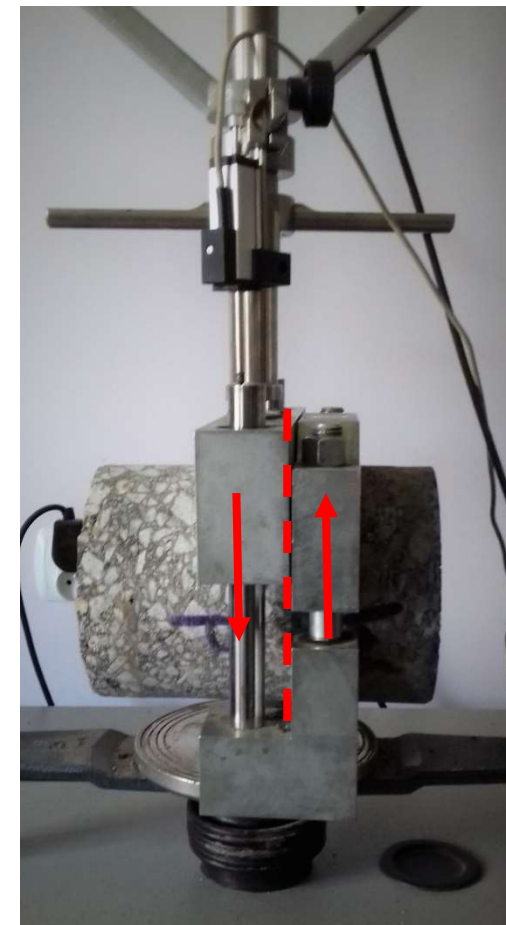
Do oceny szczepności międzywarstwowej (powiązania) warstw asfaltowych służy badanie bezpośredniego ścinania, przeprowadzane w aparacie Leutnera na próbkach cylindrycznych o średnicy 150 mm lub 100 mm w temperaturze 20°C. Podczas badania monitorowana i zapisywana jest siła ścinająca, która wraz ze znanym polem przekroju pozwoli na obliczenie wytrzymałości na ścinanie.

Wytrzymałość na ścinanie wszystkich połączeń między warstwami jest warunkiem uzyskania odpowiedniej sztywności konstrukcji, a tym samym trwałości konstrukcji. Jest warunkiem, który jest zakładany do obliczenia grubości warstw na etapie wymiarowania nawierzchni i musi spełniać wymagania WT-2 cz. II z 2016 r.

W celu zwiększenia siły połączenia pomiędzy warstwami konstrukcyjnymi wykonuje się skropienie emulsjami kationowymi spełniającymi wymagania załącznika Krajowego NA do PN-EN 13808.



Rdzeń Ø 150 Warstwa wiążąca i podbudowy



Ścinanie dwóch warstw



Odporność na zmęczenie mieszanek WMS na podstawie belki 4-punktowo zginanej wg PN-EN 12697-24

Sztywność mieszanek WMS na podstawie belki 4-punktowo zginanej wg PN-EN 12697-26

Badanie ma na celu ocenić sztywność i odporność na zmęczenie zagęszczonej mieszanki o wysokim module sztywności. Wycięte na precyzyjnej piłe odpowiednich wymiarów belki z płyty zagęszczonej w laboratorium lub uzyskanej jako próbka ogólna z zagęszczonej nawierzchni kondycjonuje się odpowiedni czas przed badanie a następnie przeprowadza się test zginania w temperaturze 10°C. Belkę poddaje się cyklom obciążenia o częstotliwości 10 Hz. Wynikiem jest moduł sztywności odczytany po 100 cyklu przy zadanej amplitudzie odkształceń 50 $\mu\text{m}/\text{m}$, oraz odporność zmęczeniowa po 1 000 000 cykli przy zadanej amplitudzie odkształceń 130 $\mu\text{m}/\text{m}$.



Wykres zmęczeniowy



Belka w trakcie badania



Badanie twardości (penetracji) na próbkach sześciennych lub cylindrycznych PN-EN 12697-20

Asfalt lany – mieszanka mineralno-asfaltowa o dużej zawartości wypełniacza i strukturze zamkniętej, układająca się całkowicie szczelnie i nie wymagająca zagęszczania podczas wbudowywania.

Ze względu na swoje zalety, asfalty lane znalazły szczególne zastosowanie w budownictwie mostowym jako warstwy ochronne izolacji i warstwy ścieralne nawierzchni.



Badanie penetracji

Na penetrometrze określa się dwa parametry w temperaturze 40°C:

- maksymalne zagłębienie trzpienia po 30 min oznaczane jako I [mm]
- przyrost penetracji między 30 a 60 min oznaczane jako I_{nc} [mm]



Sześcienna próbka MA

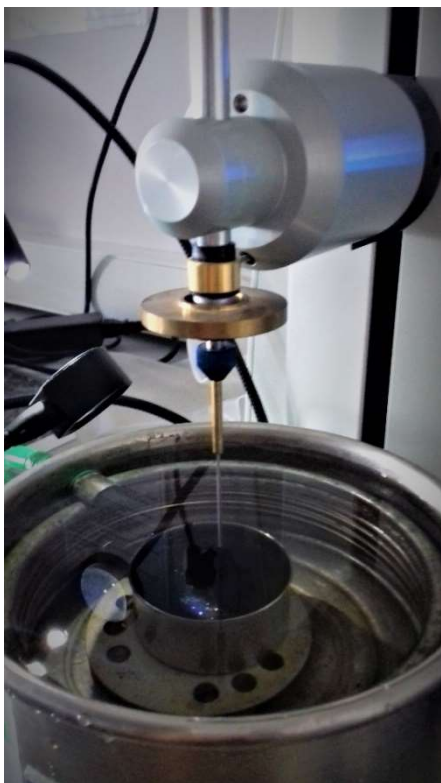


Kontrolne badania asfaltów.

Zgodność z wymaganiami normy PN-EN 12591 i PN-EN 14023

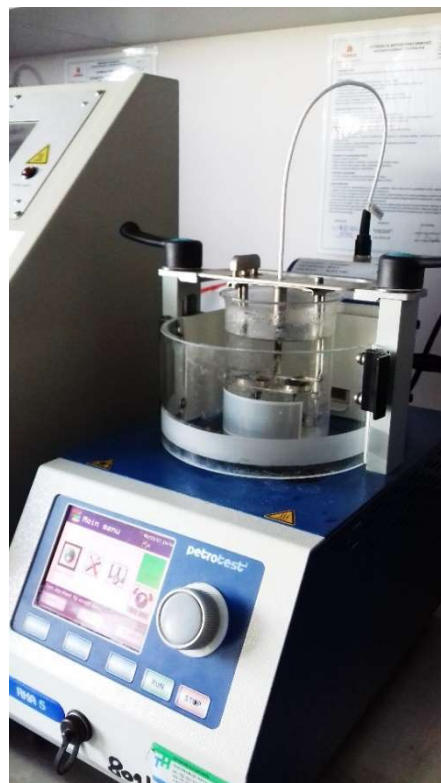
PN-EN 1426

Oznaczanie penetracji igłą



PN-EN 1427

Oznaczanie temperatury mięknięcia - Metoda Pierścień i Kula



PN-EN 13398

Oznaczanie nawrotu nspężystego asfaltów modyfikowanych.



PN-EN 12593

Oznaczanie temperatury łamliwości metodą Fraassa



Asfalty dostarczane do laboratorium są kontrolowane przez powyższe badania na etapie walidacji w laboratorium oraz walidacji produkcji .

Przykładowe zestawienie wymagań jakie powinna spełniać mieszanka

Wymagane właściwości mieszanki SMA do warstwy ścieralnej, KR 5-7

Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	SMA 8	SMA 11
Zawartość wolnych przestrzeni	C1.2, ubijanie, 2x50 uderzeń	PN-EN 12697-8, pkt. 4	V_{min} 2,0 V_{max} 3,5	V_{min} 2,0 V_{max} 3,5
Odporność na deformacje trwałe ^{a, c)}	C.1.20, wałowanie, P98-100	PN-EN 12697-22, metoda B w powietrzu, PN-EN 13108-20, D.1.6, 60°C, 10 000 cykli	$WTS_{AIR0,15/ AIR0,10}$ ^{d)} PRD_{AIR} Deklarowana nie więcej niż 7,0	$WTS_{AIR0,15/ AIR0,10}$ ^{d)} PRD_{AIR} Deklarowana nie więcej niż 7,0
Wrażliwość na działanie wody	C.1.1, ubijanie, 2x35 uderzeń	PN-EN 12697-12, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania ^{b)} , badanie w 25°C	ITSR ₉₀	ITSR ₉₀
Spływność lepiszcza	–	PN-EN 12697-18, pkt. 5	D _{0,3}	D _{0,3}
<p>^{a)} grubość płyty: SMA 8 – 40 mm, SMA 11 – 40 mm</p> <p>^{b)} ujednoliconą procedurę badania wrażliwości na działanie wody z jednym cyklem zamrażania podano w załączniku 1</p> <p>^{c)} procedurę kondycjonowania krótkoterminowego mieszanki mineralno-asfaltowej przed zagęszczeniem próbek do badań podano w załączniku 2</p> <p>^{d)} dotyczy kategorii ruchu KR 7</p>				



SPRAWOZDANIE ZBIORCZE SPRAWDZENIA RECEPTY NA MMA (walidacja laboratoryjna)

Rodzaj mieszanki : **AC 16 W 35/50 KR 3-7**
 Warstwa : **wiążąca/wyrównawcza**
 MMA wg recepty nr : **20/218 z dnia 22.05.2017**

II. Wyniki badań

Lp.	Rodzaj badania	J.m.	Rzędna		Odchyłka	Tolerancja	Sprawozdanie z badania nr
			Wynik	Recepta			
1. ^A	Uziarnienie-przesiew	%					S-02: 46-248/T-1.1/2017/A
	# 31,5		-	-	-	-	
	# 22,4		100 ±3 ¹⁾	100	-	-	
	# 16,0		98 ±3 ¹⁾	98	-	-	
	# 11,2		81 ±3 ¹⁾	78	-	-	
	# 8,0		61 ±3 ¹⁾	60	-	-	
	# 5,6		45 ±3 ¹⁾	45	-	-	
	# 4,0		37 ±3 ¹⁾	38	-	-	
	# 2,0		30 ±2¹⁾	31	-1	-	
	# 1,0		24 ±2 ¹⁾	25	-	-	
	# 0,5		16 ±1 ¹⁾	17	-	-	
	# 0,25		10 ±1 ¹⁾	8	-	-	
	# 0,125		6 ±1 ¹⁾	5	-	-	
	# 0,063 (Wypełniacz)		5,4 ±0,5¹⁾	4,0	1,4	-	
2. ^A	Zawartość ziaren > 2 mm	%	70	69	1	-	
3. ^A	Zaw. lepiszcza rozpuszczalnego	%	4,3 ±0,2¹⁾	4,3	0	-	S-01: 46-248/T-1.1/2017/A
			Wynik		Wymaganie wg SST		
4. ^A	Gęstość	Mg/m ³	2,524 ±0,018 ¹⁾		-	-	S-03: 48-248/T-1.1/2017/A
5. ^A	Gęstość objęt. próbki Marshalla	Mg/m ³	2,410 ±0,021 ¹⁾		-	-	S-04 2: 88-248/T-1.1/2017/A
6. ^A	Wolna przestrzeń w pr. Marshalla	%	4,5		4,0 ÷ 7,0		S-05 1: 31-248/T-1.1/2017
7.	Oporność na deformacje trwale:						S-16: 18-248/T-1.1/2017
	· PRD _{AIR}	%	5,4		≤ 7,0		
	· WTS _{AIR}	mm/1000	0,14		≤ 0,15		
8.	Oporność na działanie wody	%	93		≥ 80		S-17. 1: 21-248/T-1.1/2017
9.	Spływność	%	-		-		-

¹⁾ Rozszerzona niepewność pomiaru obliczona z wykorzystaniem współczynnika k=2, co odpowiada poziomowi ufności ~ 95%



SPRAWOZDANIE ZBIORCZE BADANIA MIESZANKI MINERALNO ASFALTOWEJ (walidacja produkcji)

Rodzaj mieszanki : SMA 11 45/80-55 KR 5-7
 Warstwa : Ścieralna
 Lokalizacja pobrania : 16+800 L
 MMA wg recepty nr : LBOIT-807-SMA11 z dnia 16.01.2017

II. Wyniki badań

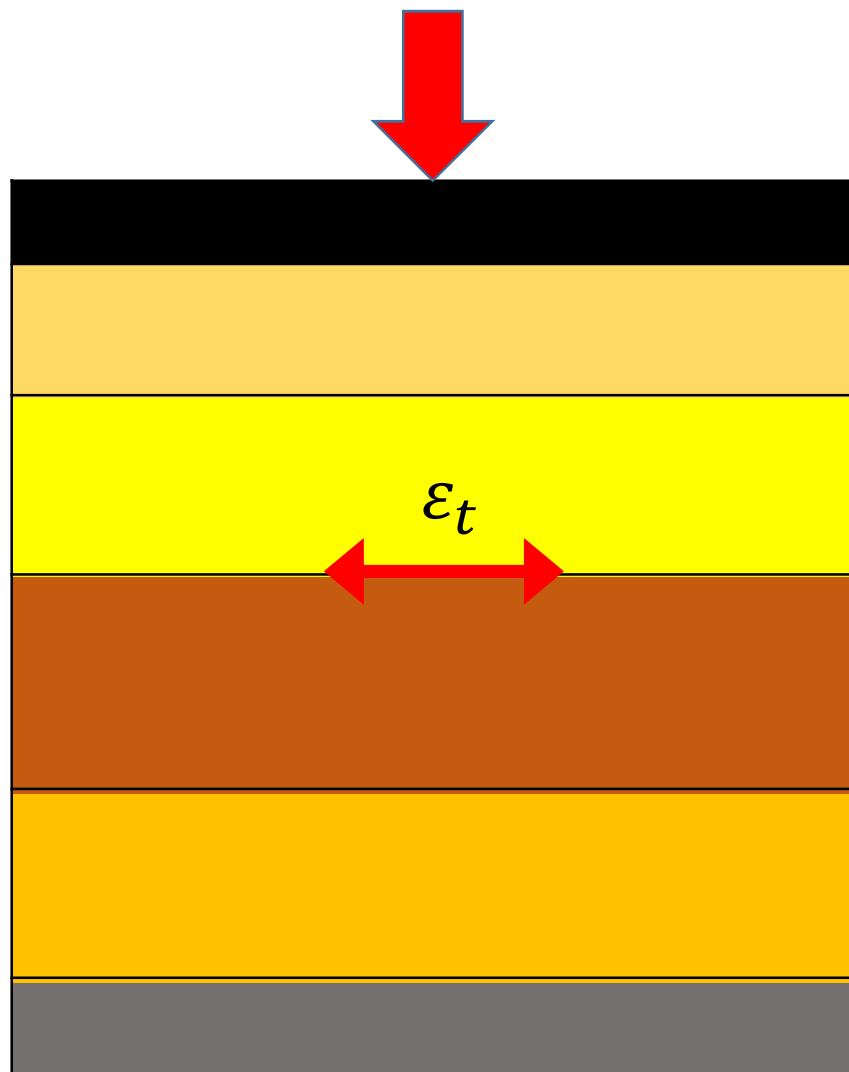
Lp.	Rodzaj badania	J.m.	Rzędna		Odchyłka	Tolerancja	Sprawozdanie z badania nr
			Wynik	Recepta			
1. ^A	Uziarnienie-przesiew	%					S-02: 52-274/T-1.1/2017/A
	# 31,5		-	-	-	-	
	# 22,4		-	-	-	-	
	# 16,0		100 ±0	100	-	-	
	# 11,2		97 ±3	98	-1	±3	
	# 8,0		60 ±4	60	-	-	
	# 5,6		41 ±3	42	-1	±3	
	# 4,0		33 ±2	-	-	-	
	# 2,0		25 ±2	28	-3	±3	
	# 1,0		19 ±2	-	-	-	
	# 0,5		16 ±1	-	-	-	
	# 0,25		14 ±1	-	-	-	
	# 0,125		13 ±1	13	0	±2	
	# 0,063 (Wypełniacz)		10,6 ±0,5	10,6	0	±1,5	
2. ^A	Zawartość ziaren > 2 mm	%	75	72	3	±3	
3. ^A	Zaw. lepiszcza rozpuszczalnego	%	5,8 ±0,2	5,8	0	±0,3	S-01: 52-274/T-1.1/2017/A
			Wynik		Wymaganie wg SST		
4. ^A	Gęstość	Mg/m ³	2,567 ±0,010		-		S-03: 55-274/T-1.1/2017/A
5. ^A	Gęstość objęt. próbki z nawierzchni	Mg/m ³	2,459 ±0,010		-		S-04.2: 101-74/T-1.1/2017/A
6. ^A	Gęstość objęt. próbki Marshalla	Mg/m ³	2,444 ±0,010		-		S-04.2: 103-274/T-1.1/2017/A
7. ^A	Wolna przestrzeń w nawierzchni	%	4,2		2,0 ÷ 5,0		S-05: 25-274/T-1.1/2017/A
8. ^A	Wskaźnik zagęszczenia	%	100,6		≥ 98,0		S-05: 25-274/T-1.1/2017/A
9. ^A	Grubość warstwy	mm	38 ±2		-5%; +10% od gr. 40 mm		S-04.2: 101-74/T-1.1/2017/A
10.	Połączenie międzywarstwowe	MPa	1,4		≥ 1,0		S-15: 22-274/T-1.1/2017

¹⁾ Rozszerzona niepewność pomiaru obliczona z wykorzystaniem współczynnika k=2, co odpowiada poziomowi ufności ~ 95%

Próbki Marshalla zagęszczane w temp 145±5 °C, energią 2x50 uderzeń



**Klasyczny mechanizm zniszczenia zmęczeniowego, pęknięcie
w spodzie najniżej położonej warstwy asfaltowej**



Kryterium spękań zmęczeniowych wg AASHTO 2004 (1)

$$N_f = D_{FC} \cdot 7,3557 \cdot (10^{-6}) \cdot C \cdot k'_1 \left(\frac{1}{\varepsilon_t}\right)^{3,9492} \left(\frac{1}{E}\right)^{1,281} \quad (1)$$

gdzie:

- N_f – liczba powtarzalnych obciążeń do wystąpienia spękań zmęczeniowych warstw asfaltowych na procentowej części FC całkowitej powierzchni pasa ruchu,
- k'_1 – parametr określony w procesie kalibracji, zależny od grubości warstw asfaltowych (wzór 3),
- ε_t – odkształcenie rozciągające na spodzie warstw asfaltowych przy spękaniach typu „z dołu do góry”,
- E – moduł sztywności warstwy asfaltowej [MPa],
- C – współczynnik zależny od właściwości objętościowych mieszanki mineralno-asfaltowej,



Kryterium spękań zmęczeniowych wg AASHTO 2004 (2)

$$M = 4,84 \left(\frac{V_b}{V_a + V_b} - 0,69 \right) \quad (2)$$

gdzie:

V_a – efektywna zawartość asfaltu [% objętościowo],

V_b – zawartość wolnych przestrzeni [% objętościowo].

$$k'_1 = \frac{1}{0,000398 + \frac{0,003602}{1 + e^{(11,02 - 1,374 \cdot h_{ac})}}} \quad (3)$$

gdzie:

h_{ac} – łączna grubość warstw asfaltowych [cm]



Kryterium spękań zmęczeniowych wg AASHTO 2004 (3)

$$D_{FC} = \frac{1}{100} 10^{\left(2 + \frac{\ln\left(\frac{100}{FC} - 1\right)}{C'_2}\right)} \quad (4)$$

gdzie:

FC – procent spękanej powierzchni na całym pasie ruchu,

C'_2 – współczynnik kalibracyjny, obliczany ze wzoru (5):

$$C'_2 = -2,40874 - 39,748 \left(1 + \frac{h_{ac}}{2,54}\right)^{-2,856} \quad (5)$$



Układ warstw i parametry przyjęte do obliczeń

	4,0 cm	SMA 11 PmB 45/80-55, $E = 7300$ MPa
	8,0 cm	AC WMS 16 W 20/30, zmienny moduł E (moduł sztywności zależny od przyjmowanych parametrów materiałowych mieszanek mineralno-asfaltowych)
	12,0 cm	AC 22 P 35/50, zmienny moduł E (moduł sztywności zależny od przyjmowanych parametrów materiałowych mieszanek mineralno-asfaltowych)
	20,0 cm	MN z kruszywem C90/3, $E = 400$ MPa
	15,0 cm	C3/4, $E = 400$ MPa
		Podłoże gruntowe, $E = 80$ MPa

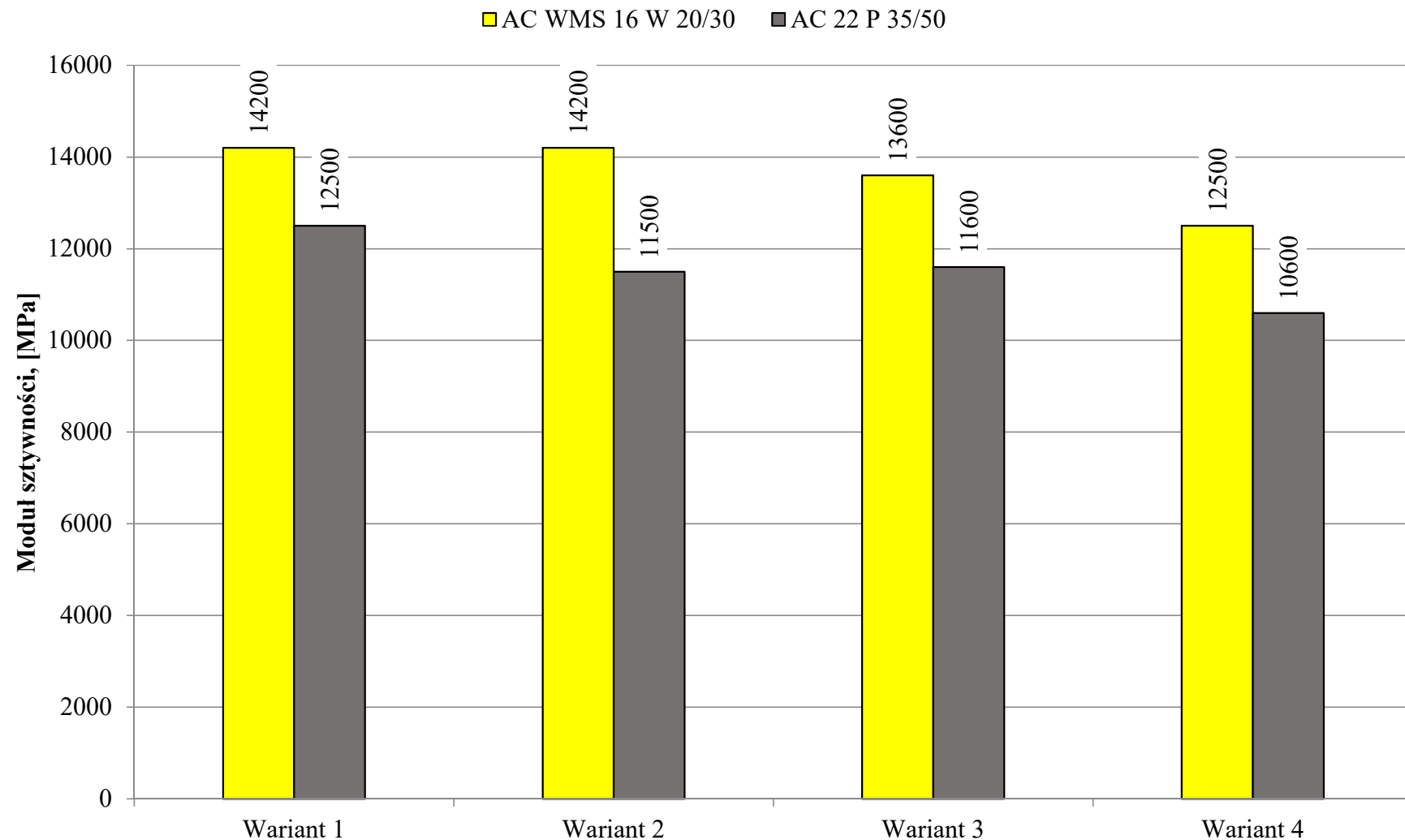


Właściwości betonu asfaltowego przeznaczonego do warstwy podbudowy

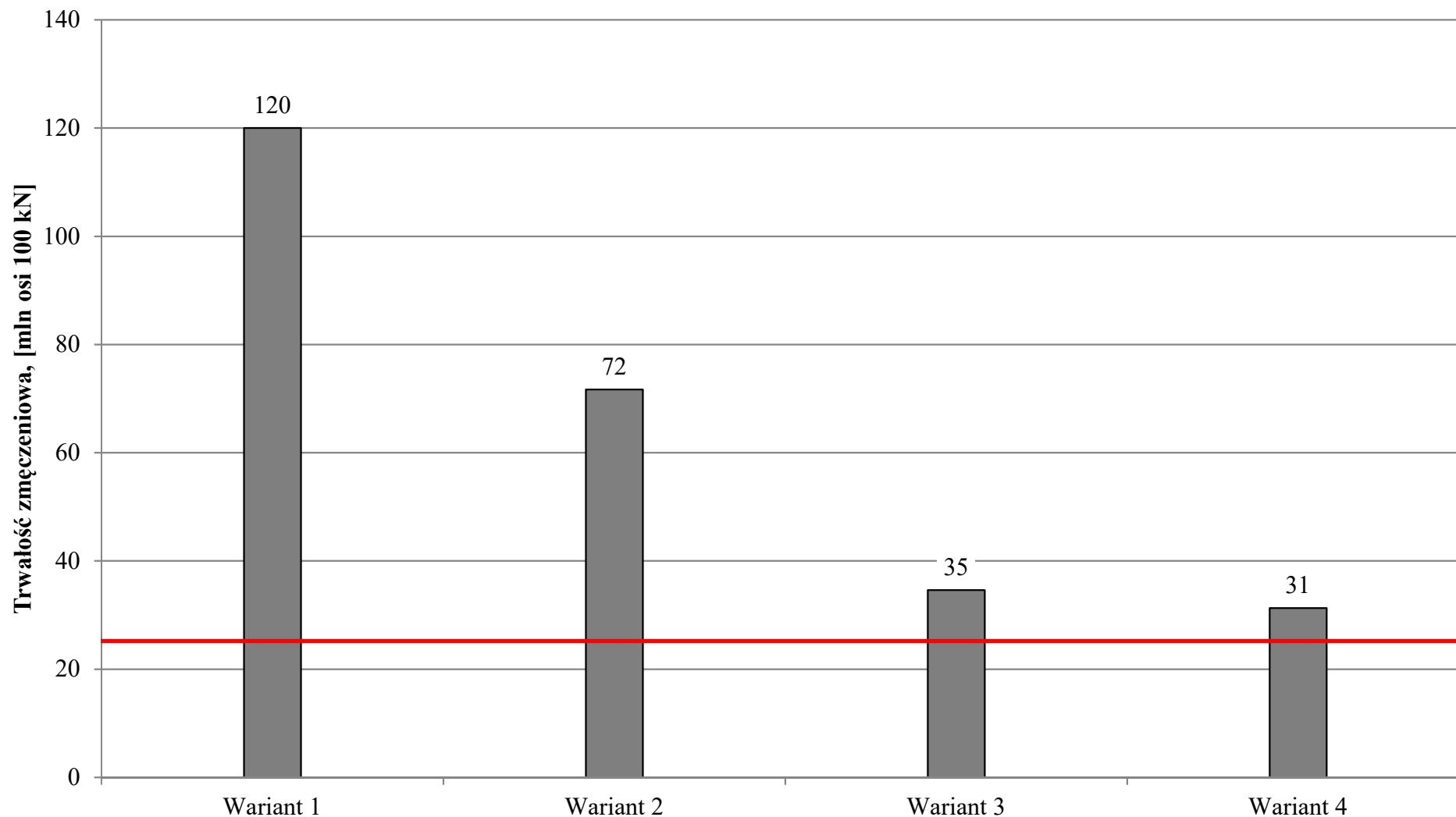
Typ mieszanki	Wariant	Objętościowa zawartość asfaltu [%]	Zawartość wolnych przestrzeni [%]
AC 22 P 35/50	1	10,8	5,0
	2	10,8	6,0
	3	9,6	7,0
	4	9,3	6,8



Moduł sztywności betonów asfaltowych w temperaturze 13°C



Trwałość zmęczeniowa konstrukcji nawierzchni



Podsumowanie

Obliczeniowa trwałość zmęczeniowa warstw asfaltowych w analizowanych wariantach zależy istotnie od przyjmowanych parametrów materiałowych charakteryzujących mieszankę mineralno-asfaltowe



Siedziba Wydziału Technologii–Laboratorium Drogowego w Skarbimierzycach



Dziękujemy Państwu za uwagę

Mgr inż. Wojciech Szturo wszturo@gddkia.gov.pl

Dr inż. Robert Jurczak rjurczak@gddkia.gov.pl