



Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu
Instytut Inżynierii Lądowej
Zakład Budownictwa Drogowego

BUDOWNICTWO DROGOWE II

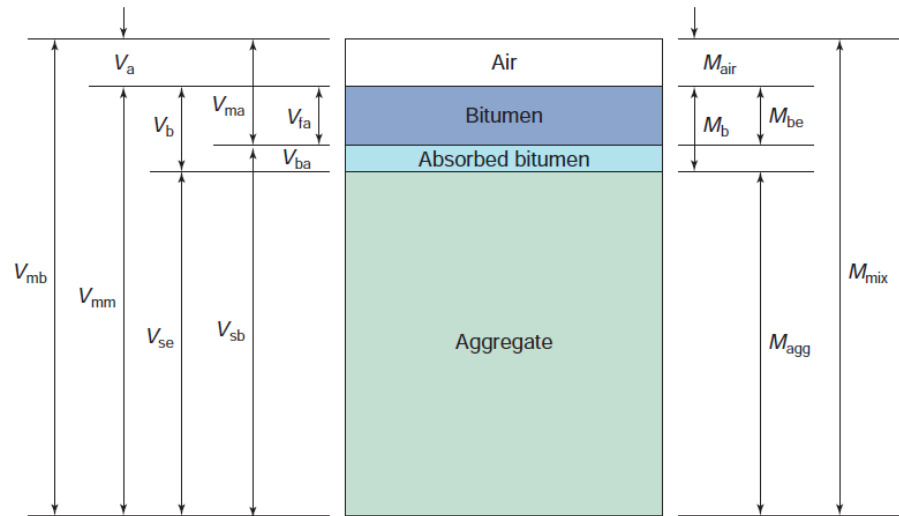
Ćwiczenia laboratoryjne nr 3

ĆWICZENIA LABOLATORYJNE

NR 3

Oznaczanie zawartości wolnych przestrzeni
oraz wskaźnika zagęszczenia

Oznaczenie gęstości mma



G_{mm} – gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej [Mg/m^3], (oznaczenie europejskie ρ_m),

G_{mb} – gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej [Mg/m^3], (oznaczenie europejskie ρ_b),

G_b – gęstość asfaltu [Mg/m^3], (oznaczenie europejskie ρ_B),

V_a – zawartość wolnej przestrzeni w mma [%], (oznaczenie europejskie V_m),

B – całkowita zawartość asfaltu w masie mma wyrażona w [%],

P_b – efektywna zawartość asfaltu w masie mma wyrażona w [%],

V_{beff} – efektywna zawartość objętościowa asfaltu w mma (v/v) [%].

Oznaczenie gęstości mma

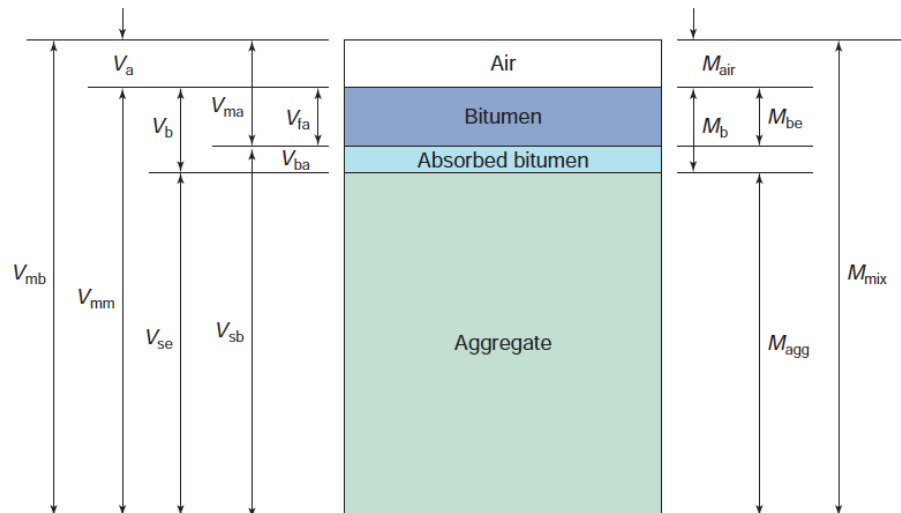


Oznaczenie gęstości próbki mma metodą objętościową
zgodnie z PN-EN 12697-5



Oznaczenie gęstości mma

gęstość mma – masa mma na jednostkę objętości bez wolnych przestrzeni, w znanej temperaturze badania



Oznaczenie gęstości mma



Postępowanie:

- 1) Zważyć pusty piknometr razem z nasadką (m_1) o znanej objętości (V_p).
- 2) Umieścić wysuszoną próbkę w piknometrze, pozostawić w temperaturze otoczenia i zważyć razem z nasadką (m_2).
- 3) Napełnić piknometr odpowietrzoną wodą lub rozpuszczalnikiem do wysokości nie większej niż 30 mm poniżej złącza z nasadką.
- 4) Odciągnąć uwięzione powietrze, stosując próżnię, która pozwoli uzyskać końcowe ciśnienie nie większe niż 4 kPa przez (15 ± 1) min.
- 5) Założyć nasadkę, a następnie ostrożnie napełnić piknometr odpowietrzoną wodą lub rozpuszczalnikiem (uważając, aby nie wprowadzić powietrza) prawie do poziomu kreski pomiarowej na nasadce.

Oznaczenie gęstości mma



- 6) Jeżeli wykorzystuje się wodę, umieścić piknometr w łaźni wodnej o znanej, stałej temperaturze ($\pm 1^\circ\text{C}$) co najmniej na 30 min., lecz nie dłużej niż 180 min. w celu doprowadzenia temperatury próbki i temperatury wody w piknometrze do temperatury wody w łaźni.
- 7) Poziom wody w łaźni powinien sięgać do 20 mm poniżej krawędzi piknometru.
- 8) Uzupelnąć piknometr wodą lub rozpuszczalnikiem do kreski pomiarowej. Użyta woda lub rozpuszczalnik powinny być doprowadzone do temperatury w ody w łaźni.
- 9) Wyjąć piknometr z łaźni wodnej, osuszyć ręcznikiem powierzchniowo i natychmiast zważyć (m_3).

Oznaczenie gęstości mma



Tab. Gęstość wody w zależności od temperatury

Temperatura wody [°C]	Gęstość wody [Mg/m ³]	Temperatura wody [°C]	Gęstość wody [Mg/m ³]
10	0,9998	20	0,9983
11	0,9997	21	0,9981
12	0,9996	22	0,9978
13	0,9994	23	0,9976
14	0,9993	24	0,9974
15	0,9992	25	0,9971
16	0,9990	26	0,9968
17	0,9988	27	0,9966
18	0,9987	28	0,9963
19	0,9985	29	0,9960
20	0,9983	30	0,9957

Oznaczenie gęstości mma

$$G_{mm} = \frac{m_2 - m_1}{10^6 \cdot V_p - \frac{m_3 - m_2}{g_w}}$$

G_{mm} – gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej [Mg/m³]

g_w – gęstość wody w temperaturze badania [Mg/m³]

m_1 – masa piknomietru z nasadką [g]

m_2 – masa piknomietru z nasadką i z badaną próbką [g]

m_3 – masa piknomietru z nasadką i z badaną próbką oraz z wodą [g]

V_p – objętość piknomietru napełnionego do kreski pomiarowej [m³]

Oznaczenie gęstości mma

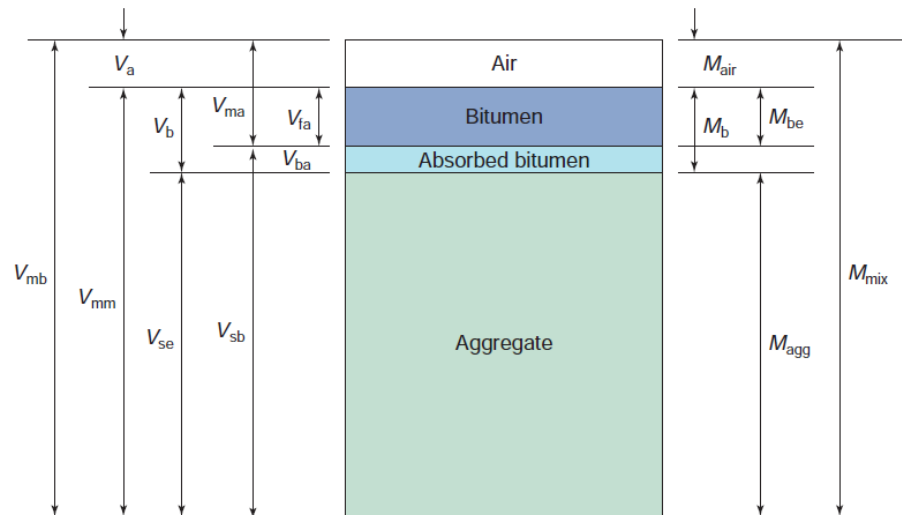


Oznaczenie gęstości objętościowej próbki mma
z PN-EN 12697-6



Oznaczenie gęstości mma

gęstość objętościowa mma – masa mma na jednostkę objętości z wolnymi przestrzeniami, w znanej temperaturze badania



Oznaczenie wykonamy z wykorzystaniem:

- próbek w stanie nasyconym, powierzchniowo suchym SSD,
- na podstawie wymiarów geometrycznych.

Oznaczenie gęstości m_{ma}

Oznaczenie gęstości objętościowej w stanie nasyconym, powierzchniowo suchym (SSD) odpowiednie dla próbek o zwartej powierzchni.

Postępowanie:

- 1) Oznaczyć masę suchej próbki (m_1).
- 2) Zanurzyć próbkę w kąpeli wodnej utrzymywanej w znanej temperaturze. Należy pozwolić, aby woda nasączyła próbkę przez odpowiednio długi czas tak, aby masa próbki nie ulegała zmianie. Zasadniczo konieczny czas nasączenia wynosi 30 minut, jednak nie powinien przekraczać 3 godzin.
- 3) Oznaczyć masę nasączonej próbki podczas zanurzenia (m_2) uważając, aby podczas ważenia do powierzchni próbki nie przywierały ani nie uwalniały się od niej żadne pęcherzyki powietrza.

Oznaczenie gęstości m_m



- 4) Wyciągnąć próbkę z wody, osuszyć jej powierzchnię z kropelek znajdujących się na powierzchni za pomocą wilgotnej gienzy (zamsz, skóra kozia).
- 5) W przypadku, gdy woda nadal przesiąka przez próbkę należy przerwać pomiar i przystąpić do wykonania pomiaru według procedury C, dla uszczelnionych próbek.
- 6) Oznaczyć masę nasyconej, powierzchniowo suchej próbki w powietrzu niezwłocznie po wysuszeniu (m_3).

Oznaczenie gęstości mma



Rys. Waga do wykonania oznaczenia

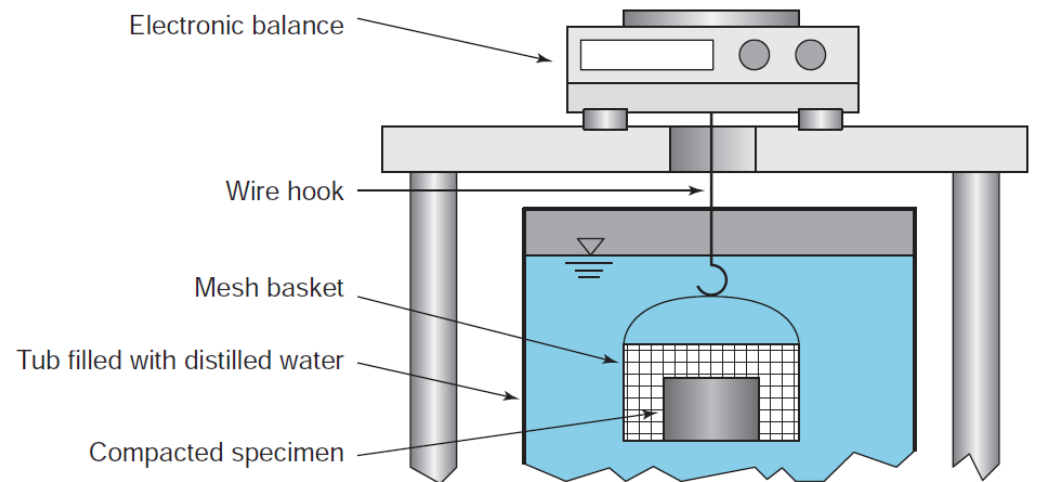


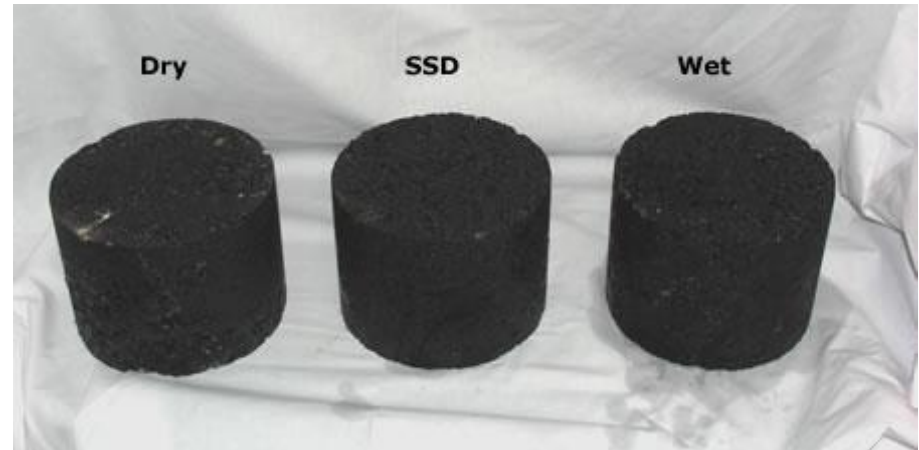
Figure 12.3 Arrangement for determining the bulk specific gravity (G_{mb})

Rys. Sposób oznaczania G_{mb}

Oznaczenie gęstości mma



Rys. Waga do wykonania oznaczenia



Rys. Próbką mma w trzech warunkach oznaczenia

Oznaczenie gęstości mma

$$G_{mb} = \frac{m_1}{m_3 - m_2} \cdot g_w$$

G_{mb} – gęstość objętościowa (SSD) próbki [Mg/m^3]

g_w – gęstość wody w temperaturze oznaczania [Mg/m^3]

m_1 – masa suchej próbki [g]

m_2 – masa próbki w wodzie [g]

m_3 – masa próbki w powietrzu po wyjęciu jej z wody [g]

Oznaczenie gęstości mma

Oznaczenie gęstości objętościowej próbki mma na podstawie wymiarów geometrycznych

WZÓR NA GĘSTOŚĆ

$$\rho = \frac{m}{V}$$

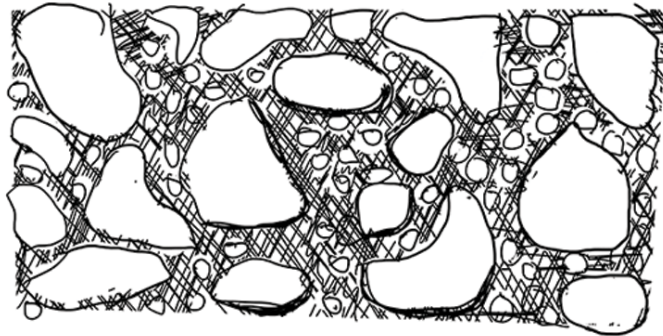
m ← masa
 V ← objętość

Cztery pomiary wysokości, dwa pomiary średnicy.
Pomiary wykonywać z dokładnością do 0,1 mm

Oznaczenie V_a



Obliczenie zawartości wolnych przestrzeni w próbce mma
zgodnie z PN-EN 12697-8

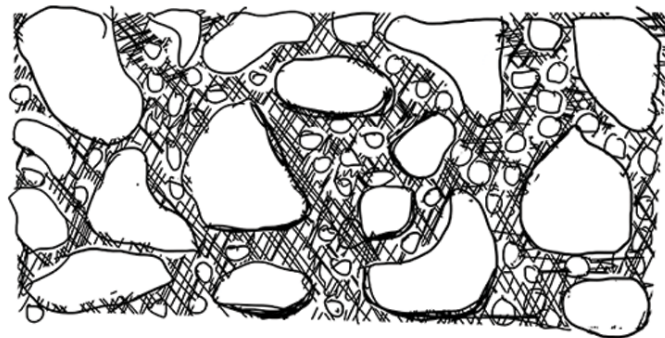


Oznaczenie V_a

wolna przestrzeń – przestrzeń wypełniona powietrzem pomiędzy ziarnami kruszywa otoczonego lepiszczem asfaltowym w zagęszczonej próbce mma

zawartość wolnej przestrzeni V_a – objętość pustek powietrznych w próbce mma wyrażona jako procent całkowitej objętości próbki

Po co wolna przestrzeń w mma?



Oznaczenie V_a



$$V_a = \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \cdot 100$$

V_a – zawartość wolnych przestrzeni (V/V) [%]

G_{mm} – gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej [Mg/m^3]

G_{mb} – gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej [Mg/m^3]

Oznaczenie V_a



Wymagania co do zawartości wolnych przestrzeni V_a do warstwy ścieralnej wg WT-2 cz. I

Tabela 20. Wymagane właściwości betonu asfaltowego do warstwy ścieralnej, KR5÷6

Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	Wymiar mieszanki	
			AC 8 S	AC 11 S
Zawartość wolnych przestrzeni	C.1.3, ubijanie, 2 x 75 uderzeń	PN-EN 12697-8, pkt 4	$V_{\min} 2,0$ $V_{\max} 4,0$	$V_{\min} 2,0$ $V_{\max} 4,0$
Odporność na deformacje trwałe ^{a,c)}	C.1.20, wałowanie, $P_{98}-P_{100}$,	PN-EN 12697-22, metoda B w powietrzu, PN-EN 13108-20, D.1.6, 60°C, 10 000 cykli	$WTS_{AIR} 0,10$ $PRD_{AIR} 7,0$	$WTS_{AIR} 0,10$ $PRD_{AIR} 7,0$
Wrażliwość na działanie wody	C.1.1, ubijanie, 2 x 35 uderzeń	PN-EN 12697-12, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania ^{b)} , badanie w 25°C	$ITSR_{90}$	$ITSR_{90}$
Współczynnik Luminancji	-	Zgodnie z załącznikiem 4.	$Q_d \geq 70^d$ $Q_d \geq 90^e$	$Q_d \geq 70^d$ $Q_d \geq 90^e$

^{a)} grubość płyty: AC8 - 40 mm, AC11 - 40 mm
^{b)} ujednoczoną procedurę badania wrażliwości na działanie wody z jednym cyklem zamrażania podano w załączniku 1
^{c)} procedurę kondycjonowania krótkoterminowego mma przed zagęszczeniem próbek do badań podano w załączniku 2
^{d)} wymaganie dotyczy nawierzchni wykonywanych w terenie otwartym
^{e)} wymaganie dotyczy nawierzchni wykonywanych w tunelach

Oznaczenie V_a



Wymagania co do zawartości wolnych przestrzeni V_a do warstwy wiążącej wg WT-2 cz. I

Tabela 14. Wymagane właściwości betonu asfaltowego do warstw wiążącej i wyrównawczej, KR5÷7

Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	Wymiar mieszanki	
			AC 16 W	AC 22 W
Zawartość wolnych przestrzeni	C.1.3, ubijanie, 2 x 75 uderzeń	PN-EN 12697-8, pkt 4	V_{min} 4,0 V_{max} 7,0	V_{min} 4,0 V_{max} 7,0
Odporność na deformacje trwałe ^{a,c)}	C.1.20, wałowanie, P_{98} - P_{100}	PN-EN 12697-22, metoda B w powietrzu, PN-EN 13108-20, D.1.6, 60°C, 10 000 cykli	WTS_{AIR} 0,10 PRD_{AIR} 5,0	WTS_{AIR} 0,10 PRD_{AIR} 5,0
Wrażliwość na działanie wody	C.1.1, ubijanie, 2 x 35 uderzeń	PN-EN 12697-12, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania ^{b)} , badanie w 25°C	$ITSR$ 80	$ITSR$ 80

^{a)} grubość płyty: AC16 - 60 mm, AC22 - 60 mm
^{b)} ujednoczoną procedurę badania wrażliwości na działanie wody z jednym cyklem zamrażania podano w załączniku 1
^{c)} procedurę kondycjonowania krótkoterminowego mma przed zagęszczeniem próbek do badań podano w załączniku 2

Oznaczenie wskaźnika zagęszczenia



Obliczenie wskaźnika zagęszczenia warstwy wykonanej z mma zgodnie z PN-EN 13108-20



Rdzeń z nawierzchni



Próbka Marshalla

Oznaczenie wskaźnika zagęszczenia



$$w_z = \frac{G_{mb}}{G_{mblab}} \cdot 100$$

w_z – wskaźnik zagęszczenia [%]

G_{mb} – gęstość objętościowa próbki wyciętej z nawierzchni [Mg/m^3]

G_{mblab} – gęstość objętościowa próbki sporządzonej z tych samych materiałów co wykonana warstwa, o składzie według projektu lub różniącego się od niego w granicach dopuszczalnych odchyień i zagęszczonej sprzętem laboratoryjnym w sposób znormalizowany [Mg/m^3]

Oznaczenie wskaźnika zagęszczenia



Wymagania co do zawartości wolnych przestrzeni V_a oraz wskaźnika zagęszczenia w wykonanej warstwie
- warstwa ścieralna wg WT-2 cz. II

Tabela 16. Wymagany wskaźnik zagęszczenia oraz zawartość wolnych przestrzeni w wykonanej warstwie

Warstwa	Typ i wymiar mieszanki, przeznaczenie	Wskaźnik zagęszczenia [%]	Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie [% (v/v)]
Ścieralna	AC 5 S, KR1÷KR2	≥ 98,0	1,0 ÷ 5,0
	AC 8 S, KR1÷KR2	≥ 98,0	1,0 ÷ 4,5
	AC 11 S, KR1÷KR2	≥ 98,0	1,0 ÷ 4,5
	AC 8 S, KR3÷KR4	≥ 98,0	2,0 ÷ 5,0
	AC 11 S, KR3÷KR4	≥ 98,0	2,0 ÷ 5,0
	AC 8 S, KR5÷KR6	≥ 98,0	2,0 ÷ 5,0
	AC 11 S, KR5÷KR6	≥ 98,0	2,0 ÷ 5,0
	SMA 5, KR1÷KR2	≥ 98,0	1,5 ÷ 5,0
	SMA 8, KR1÷KR2	≥ 98,0	1,5 ÷ 5,0
	SMA 5, KR3÷KR4	≥ 98,0	1,5 ÷ 5,0
	SMA 8, KR3÷KR4	≥ 98,0	1,5 ÷ 5,0
	SMA 11, KR3÷KR4	≥ 98,0	1,5 ÷ 5,0
	SMA 8, KR5÷KR7	≥ 98,0	2,0 ÷ 5,0
	SMA 11, KR5÷KR7	≥ 98,0	2,0 ÷ 5,0
SMA LA 8, KR3÷7	≥ 97,0	9 ÷ 15	

Oznaczenie wskaźnika zagęszczenia

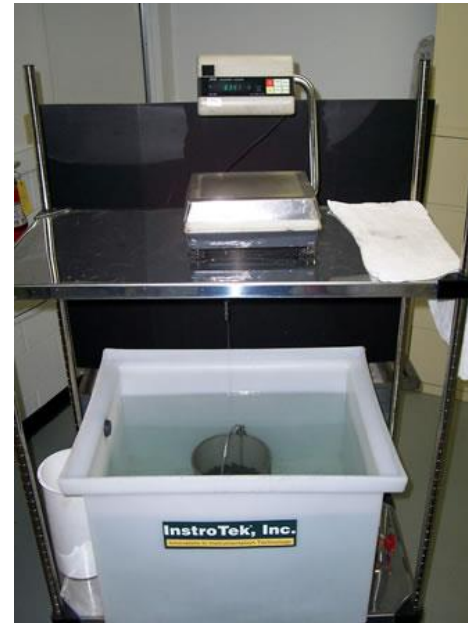


Wymagania co do zawartości wolnych przestrzeni V_a oraz wskaźnika zagęszczenia w wykonanej warstwie - warstwa wiążąca i podbudowy wg WT-2 cz. II

Tabela 16. Wymagany wskaźnik zagęszczenia oraz zawartość wolnych przestrzeni w wykonanej warstwie

Warstwa	Typ i wymiar mieszanki, przeznaczenie	Wskaźnik zagęszczenia [%]	Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie [% (v/v)]
Podbudowa	AC 16 P, KR1÷KR2	≥ 98,0	3,0 ÷ 9,0
	AC 22 P, KR1÷KR2	≥ 98,0	3,0 ÷ 9,0
	AC 16 P, KR3÷KR7	≥ 98,0	3,0 ÷ 8,0
	AC 22 P, KR3÷KR7	≥ 98,0	3,0 ÷ 8,0
	AC 32 P, KR3÷KR7	≥ 98,0	3,0 ÷ 8,0
	AC WMS 16, KR3÷KR7	≥ 98,0	1,0 ÷ 4,5
	AC WMS 22, KR3÷KR7	≥ 98,0	1,0 ÷ 4,5
Wiążąca	AC 11 W, KR1÷KR2	≥ 98,0	2,0 ÷ 7,0
	AC 16 W, KR1÷KR2	≥ 98,0	2,0 ÷ 7,0
	AC 16 W, KR3÷KR7	≥ 98,0	3,0 ÷ 8,0
	AC 22 W, KR3÷KR7	≥ 98,0	3,0 ÷ 8,0
	AC WMS 16, KR3÷KR7	≥ 98,0	1,0 ÷ 4,5
	AC WMS 22, KR3÷KR7	≥ 98,0	1,0 ÷ 4,5

WYKONANIE OZNACZEŃ



Powtarzalność i odtwarzalność

Powtarzalność r (ang. repeatability) – według VIM (ang. International Vocabulary of Metrology) stopień zgodności kolejnych wyników pomiarów tej samej mierzonej wielkości, wykonywanych w tych samych warunkach pomiarowych.

Warunki powtarzalności obejmują:

- tę samą procedurę pomiarową,
- tą samą osobą wykonującą pomiar,
- ten sam przyrząd pomiarowy stosowany w tych samych warunkach,
- to samo miejsce wykonania badań,
- powtarzanie w krótkich odstępach czasu.

$$r = 2,77 \cdot s_r$$

s_r – odchylenie standardowe powtarzalności

Powtarzalność i odtwarzalność

Odtwarzalność R (ang. reproducibility) – według VIM (ang. International Vocabulary of Metrology) stopień zgodności wyników pomiarów tej samej mierzonej wielkości, wykonywanych w wzmiennych warunkach pomiarowych.

Warunki, które mogą ulegać zmianom to między innymi:

- osoba wykonująca pomiar,
- przyrząd pomiarowy,
- warunki otoczenia podczas wykonywania badań,
- czas badań.

$$R = 2,77 \cdot s_R$$

s_R – odchylenie standardowe odtwarzalności

Powtarzalność i odtwarzalność



Powtarzalność i odtwarzalność badań laboratoryjnych

Norma	Oznaczana wielkość	Jednostki	Powtarzalność r	Odtwarzalność R
PN-EN 12697-1: 2020-08	P_b	(m/m) [%]	0,3%	0,5%
PN-EN 12697-5: 2019-01	G_{mm}	[Mg/m ³]	0,011	0,022
PN-EN 12697-6: 2020-07	G_{mb}	[Mg/m ³]	$\frac{17 + 0,3 \cdot A}{1000}$	$\frac{22 + 0,6 \cdot A}{1000}$
PN-EN 12697-8: 2019-01	V_a	[%]	1,1	2,2

gdzie:

A – procent masy kruszywa mineralnego większego niż 11,2 mm w mieszance mineralno-asfaltowej

Oznaczenie zawartości składników mma

Norma	Oznaczana wielkość	Jednostki	Powtarzalność r	Odtwarzalność R
PN-EN 12697-1: 2020-08	P_b	(m/m) [%]	0,3%	0,5%
PN-EN 12697-5: 2019-01	G_{mm}	[Mg/m ³]	0,011	0,022
PN-EN 12697-6: 2020-07	G_{mb}	[Mg/m ³]	$\frac{17 + 0,3 \cdot A}{1000}$	$\frac{22 + 0,6 \cdot A}{1000}$
PN-EN 12697-8: 2019-01	V_a	[%]	1,1	2,2

Jeżeli niepewności pomiaru (przedziału ufności) nie można policzyć na podstawie ogólnych zasad (na przykład wtedy gdy mamy do czynienia z jedną wartością uzyskaną z badania) to dopuszcza się wyjątkowo przyjęcie jako niepewności pomiaru podwójnej wartości powtarzalności.

DO ZROBIENIA



W sprawozdaniu należy wykonać (podpunkt 6 Wyniki):

- Obliczenia gęstości
- Obliczenia gęstości objętościowej
- Obliczenia zawartości wolnych przestrzeni
- Obliczenia wskaźnika zagęszczenia



PRZYGOTOWANIE DO ĆWICZEŃ LABOLATORYJNYCH NR 4

Oznaczanie równości nawierzchni
metodą łąty i klina

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ