



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# Technologia Materiałów Drogowych

## ćwiczenia laboratoryjne

**prowadzący: dr inż. Marcin Bilski**

**Zakład Budownictwa Drogowego**

**Instytut Inżynierii Lądowej**

**pok. 324B (bud. A2)**

***marcin.bilski@put.poznan.pl***

***marcin.bilski.pracownik.put.poznan.pl***



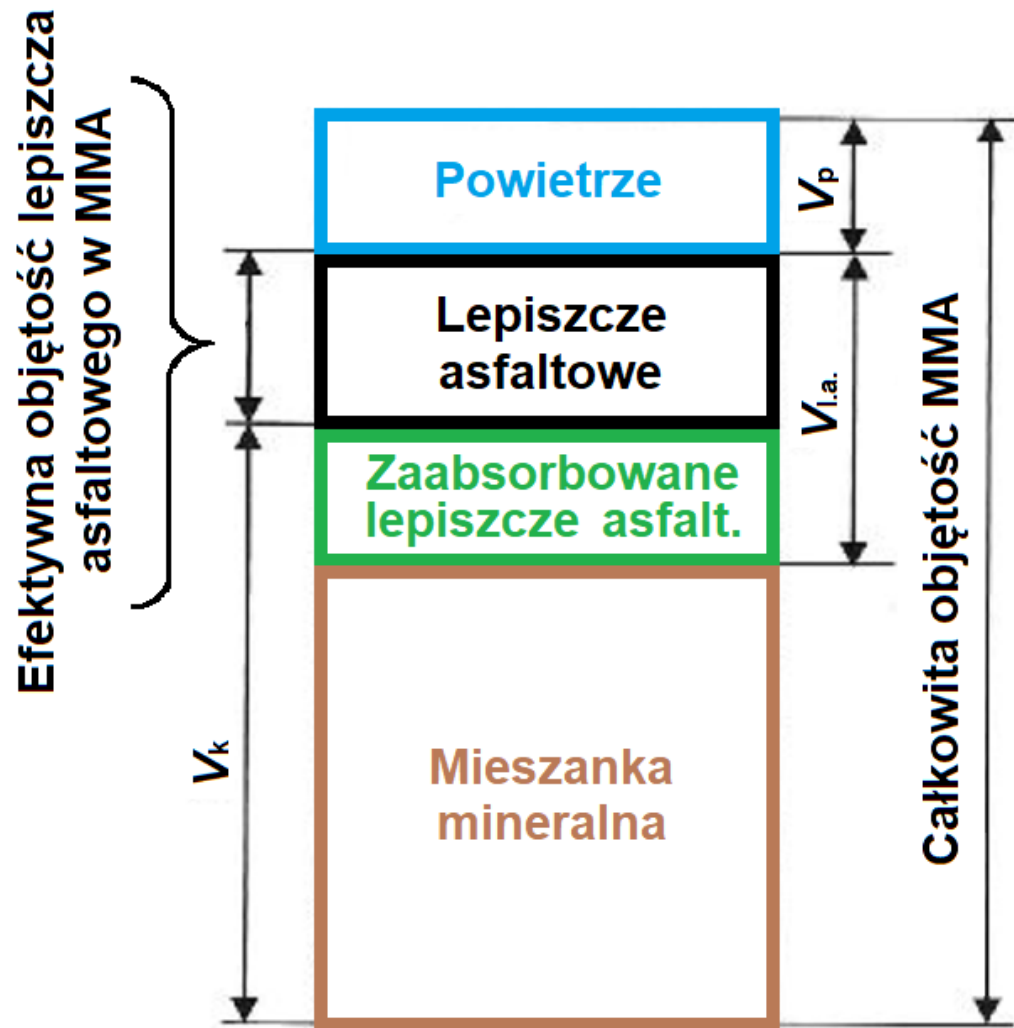
---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

## WPROWADZENIE

**Mieszanka mineralno-asfaltowa (MMA) – składa się z lepiszcza asfaltowego, kruszywa drobnego i grubego oraz wypełniacza.**



**Schemat przedstawiający objętość składników mieszanki mineralno-asfaltowej**



## Metody projektowania mieszanki mineralno-asfaltowej:

- empiryczne,
- funkcjonalne.



## Wymagane właściwości AC do warstwy podbudowy, (projektowanie empiryczne)

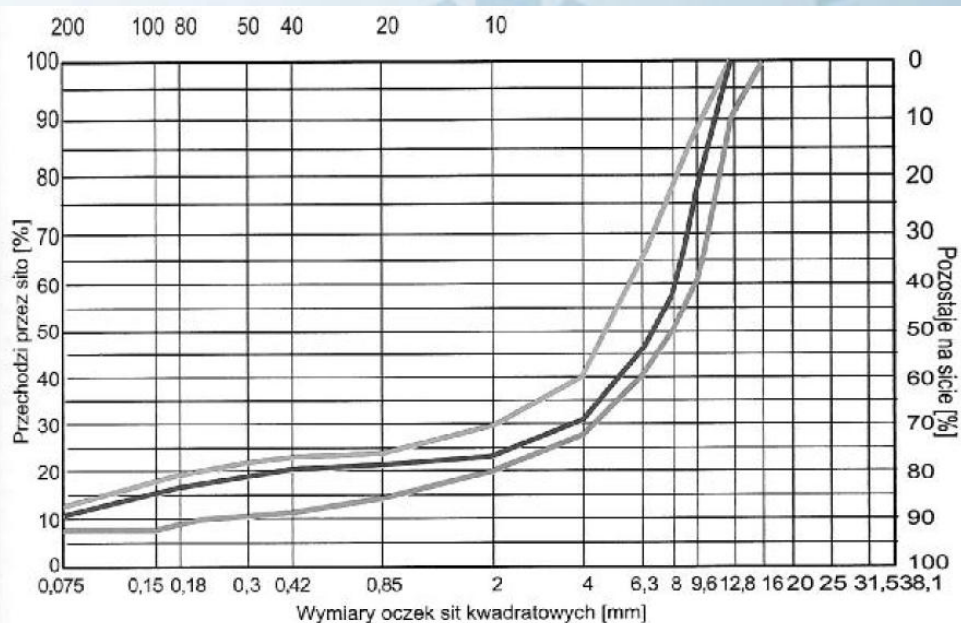
Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	Wymiar mieszanki	
			AC 16 P	AC 22 P
Zawartość wolnych przestrzeni	C.1.3, ubijanie, 2 × 75 uderzeń	PN-EN 12697-8, p. 4	$V_{\min 5,0}$ $V_{\max 10}$	$V_{\min 5,0}$ $V_{\max 10}$
Odporność na deformacje trwałe	C.1.20, wałowanie, $P_{98}-P_{100}$	PN-EN 12697-22, metoda B w powietrzu, PN-EN 13108-20, D.1.6, 60°C, 10 000 cykli	$WTS_{AIR0,80}$ $PRD_{AIR7,0}$	$WTS_{AIR0,80}$ $PRD_{AIR7,0}$
Odporność na działanie wody	C.1.1, ubijanie, 2 × 25 uderzeń	PN-EN 12697-12, lecz przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 15°C	$ITSR_{70}$	$ITSR_{70}$

## Wymagane właściwości AC do warstwy podbudowy, (projektowanie funkcjonalne)

Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	Wymiar mieszanki	
			AC 16 P	AC 22 P
Zawartość wolnych przestrzeni	C.1.3, ubijanie, 2 × 75 uderzeń	PN-EN 12697-8, p. 4	$V_{\min 4,0}$ $V_{\max 10}$	$V_{\min 4,0}$ $V_{\max 10}$
Odporność na deformacje trwałe	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	$WTS_{AIR0,60}$ $PRD_{AIR7,0}$	$WTS_{AIR0,60}$ $PRD_{AIR7,0}$
Odporność na działanie wody	C.1.1, ubijanie, 2 × 25 uderzeń	PN-EN 12697-12, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 15°C	$ITSR_{70}$	$ITSR_{70}$
Sztywność	C.1.20, wałowanie, $P_{98} - P_{100}$	PN-EN 12697-26, 4PB-PR, temperatura 10°C, częstość 10Hz	$S_{\min 11000}$	$S_{\min 11000}$
Odporność na zmęczenie, kategoria nie niższa niż	C.1.20, wałowanie, $P_{98} - P_{100}$	PN-EN 12697-24, 4PB-PR, temperatura 10°C, częstość 10Hz	$\epsilon_{6-115}$	$\epsilon_{6-115}$



Krzywe graniczne uziarnienia mieszanki mineralnej – to krzywe, między którymi powinna znaleźć się projektowana krzywa uziarnienia mieszanki mineralnej.





Zawartość asfaltu  $B_{\min}$  to minimalna jego ilość jaka powinna znaleźć się w mieszance mineralno-asfaltowej przy gęstości mieszanki mineralnej równej  $2,650 \text{ g/cm}^3$ .

Przy innych gęstościach mieszanki mineralnej należy wartość  $B_{\min}$  przemnożyć przez współczynnik  $\alpha$ .





---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

## PROJEKT SKŁADU MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ





## WARIANTY I DANE PROJEKTOWE

typy MMA:

AC, SMA

maksymalny wymiar ziarn kruszywa w MMA:

5, 8, 11, 16, 22, 32

przeznaczenie MMA ze względu na warstwę

w nawierzchni:

P (podbudowa), W (wiążąca), S (ścieralna)



**rodzaj lepiszcza asfaltowego:**

20/30, 35/50, 50/70

PMB 45/80-55, PMB 45/80-65, PMB 45/80-80,

PMB 25/55-60, PMB 25/55-80

MG 35/50-57/69, MG 50/70-54/64

**przeznaczenie MMA ze względu na obciążenie drogi  
ruchem (Kategoria Ruchu):**

KR 1÷2, KR 1÷4, KR 1÷7, KR 3÷4, KR 3÷6, KR 3÷7, KR 5÷7



## konstrukcja górnych warstw nawierzchni:

**Tablica 9.4. TYP B - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni podatnych**  
**Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC**

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100kN)	0,03 - 0,09	0,09 - 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 7,4	7,4 - 22,0	22,0 - 52,0	> 52,0
TYP B							

- LEGENDA:**
- warstwa ścierna z mieszanki mineralno-asfaltowej;
  - warstwa wiążąca z betonu asfaltowego;
  - warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego;
  - wymagany wtórny moduł odkształcenia  $E_2$

**UWAGA:**  
 W przypadku zastosowania podbudowy pomocniczej związanej spoiwem hydraulicznym należy zastosować zabiegi minimalizujące ryzyko powstania spękań odbitych zgodnie z punktami 7.43 - 7.55 dobrane w zależności od wytrzymałości podbudowy na ściskanie.



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

**szerokość jezdni:**

**od 5,0 m do 7,5 m**

**odsadzka:**

**1,0÷1,5 grubości warstwy ściernej/wiążącej**



## ZADANIA W PROJEKCIE

1. Wykorzystując dostępne kruszywa zaprojektować skład mieszanki mineralnej dla zadanej warstwy nawierzchni drogowej, typu i uziarnienia MMA oraz Kategorii Ruchu.
2. Określić metodami obliczeniowymi zawartość asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej.
3. Określić ilość składników potrzebnych do wykonania 1 szt. próbki Marshalla oraz drogi o długości 1 km (na podstawie zadanej szerokości drogi).



Imię i nazwisko:  
grupa:

Rok akademicki:

Ćwiczenie projektowe z przedmiotu

## TECHNOLOGIA MATERIAŁÓW DROGOWYCH

Cel ćwiczenia: projekt składu mieszanki mineralno-asfaltowej

Dane do projektu wg zestawu .....

---

**Zakres ćwiczenia:**

1. Wykonanie projektu składu mieszanki mineralnej na podstawie zadanych parametrów projektowych.
  2. Określenie metodami obliczeniowymi zawartości asfaltu (lepiszcza) w projektowanej mieszance mineralno-asfaltowej.
  3. Określenie ilości składników potrzebnych do wykonania 1 szt. próbki Marshalla oraz odcinka drogi o długości 1 km z projektowanej mieszanki mineralno-asfaltowej.
- 

Kontakt e-mail: marcin.bilski@put.poznan.pl

Nr zestawu	Nazwa mieszanki mineralno-asfaltowej	Nazwa zestawu	Szerokość jezdni
1	AC 22 P KR 1-2	A	5,0
2	AC 16 P KR 1-2	B	5,5
3	AC 32 P KR 3-7	C	6,0
4	AC 22 P KR 3-7	D	6,5
5	AC 16 P KR 3-7	E	7,0
6	AC 16 W KR 1-2	F	7,5
7	AC 11 W KR 1-2		
8	AC 22 W KR 3-7		
9	AC 16 W KR 3-7		
10	AC 11 S KR 1-2		
11	AC 8 S KR 1-2		
12	AC 5 S KR 1-2		
13	AC 11 S KR 3-6		
14	AC 8 S KR 3-6		
15	SMA 5 KR 1-4		
16	SMA 8 KR 1-7		
17	SMA 11 KR 3-4		
18	SMA 11 KR 5-7		



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

## Przykładowe oznaczenia mieszanek mineralno-asfaltowych wg WT-2:

AC WMS 16 W 20/30 KR 3÷7

SMA 11 PMB 45/80-65 KR 3÷4





---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

## ZASADY WYKONANIA PROJEKTU

Identycznie jak sprawozdania z badań laboratoryjnych tzn.:

- każdy student indywidualnie na podstawie wydanej karty tematycznej
- wykonane odręcznie + wydruki danych z programu Excel
- strony zapisane dwustronnie oraz spięte zszywaczem



# 1. PROJEKT SKŁADU MIESZANKI MINERALNEJ

## wymagania WT-2

**Tabela 6. Uziarnienie mieszanki mineralnej i zawartość lepiszcza do betonu asfaltowego do warstwy podbudowy**

Właściwość	Przesiew, [% (m/m)]									
	AC 16 P KR1÷2		AC 22 P KR1÷2		AC 16 P KR3÷7		AC 22 P KR3÷7		AC 32 P KR3÷7	
Wymiar sita #, [mm]	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
45	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-
31,5	-	-	100	-	-	-	100	-	90	100
22,4	100	-	90	100	100	-	90	100	65	90
16	90	100	65	93	90	100	65	90	-	-
11,2	70	92	-	-	65	85	-	-	-	-
8	50	85	42	72	50	76	42	68	33	53
2	25	50	15	45	25	50	15	45	10	40
0,125	5	13	5	13	5	12	4	12	4	12
0,063	4,0	10,0	4,0	10,0	4,0	8,0	4,0	8,0	3,0	7,0
Zawartość lepiszcza	$B_{min\ 4,4}$		$B_{min\ 4,2}$		$B_{min\ 4,2}$		$B_{min\ 4,0}$		$B_{min\ 3,8}$	



# POLITECHNIKA POZNAŃSKA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Podbudowa AC KR 1-2 0/22	Podbudowa AC KR 1-2 0/16	Podbudowa AC KR 3-7 0/32	Podbudowa AC KR 3-7 0/22	Podbudowa AC KR 3-7 0/16	Wiążąca AC KR 1-2 0/16	Wiążąca AC KR 1-2 0/11	Wiążąca AC KR 3-7 0/22	Wiążąca AC KR 3-7 0/16	Ścieralna AC KR 1-2 0/11	Ścieralna AC KR 1-2 0/8	Ścieralna AC KR 1-2 0/5	Ścieralna AC KR 3-6 0/11	Ścieralna AC KR 3-6 0/8	Ścieralna SMA KR 1-4 0/5	Ścieralna SMA KR 1-7 0/8	Ścieralna SMA KR 3-4 0/11	Ścieralna SMA KR 5-7 0/11
# mm	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna	dolna
45,000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
31,500	100	100	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
22,400	90	100	65	90	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16,000	65	90	-	65	90	90	100	65	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11,200	-	70	-	-	65	65	90	-	70	90	100	100	90	100	100	100	90	90
8,000	42	50	33	42	50	-	60	45	55	70	90	100	60	90	100	90	50	50
5,600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	90	48	60	90	35	35	35
4,000	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	42	48	-	-	-	-
2,000	15	25	10	15	25	-	30	20	25	30	45	40	35	40	30	20	20	20
0,125	5	5	4	4	5	5	6	4	4	8	8	8	8	8	10	9	9	9
0,063	4	4	3	4	4	3	3	4	4	5	6	6	5	5	7	7	8	8
# mm	górna	górna	górna	górna	górna	górna	górna	górna	górna	górna	górna	górna	górna	górna	górna	górna	górna	górna
45,000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
31,500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
22,400	100	100	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16,000	93	100	-	90	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11,200	-	92	-	-	85	80	100	-	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8,000	72	85	53	68	76	-	85	70	80	90	100	100	90	100	100	100	65	65
5,600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	100	75	80	100	60	45	45	45
4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	-	-
2,000	45	50	40	45	50	55	55	45	50	55	60	65	50	55	40	30	30	30
0,125	13	13	12	12	12	15	24	12	12	20	22	22	20	22	19	17	17	17
0,063	10	10	7	8	8	8	8	10	10	12	14	14	11	12	12	12	12	12
Zawartość lepiszcza																		
Bmin [%]	4,2	4,4	3,8	4,0	4,2	4,6	4,8	4,6	4,4	5,8	6,0	6,2	5,8	5,8	7,4	7,2	6,6	6,6

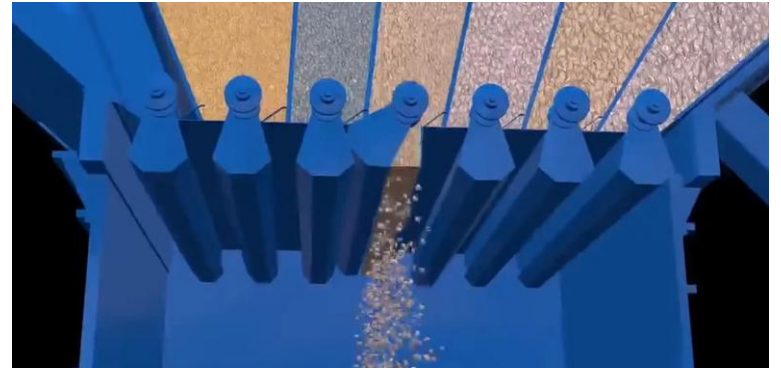
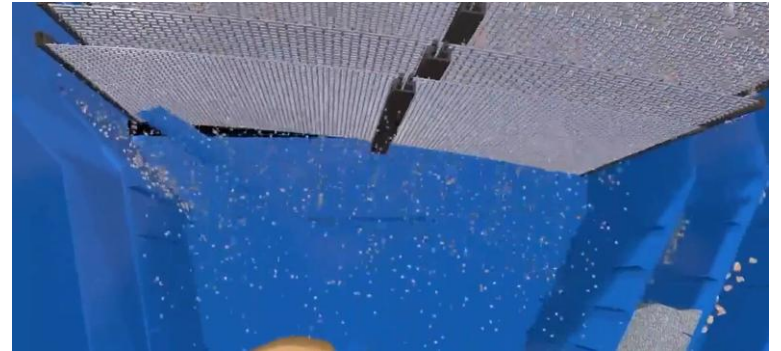
Excel zakładka: Krzywe gran. + zaw. asf. WT-2



## baza kruszyw

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	puste	
sito	mączka wapienna nr 1	mączka wapienna nr 2	piasek naturalny rzeczny 0/2	piasek naturalny kopalniany 0/2	piasek łamany granitowy 0/2	grys bazaltowy 2/6,3	grys gabro 2/5	grys dolomit 2/8	grys gabro 5/8	grys melafirowy 5/8	grys bazaltowy 4/9,6	grys gabro 8/12,8	grys bazaltowy 6,3/12,8	grys dolomit 8/12,8 nr 1	grys dolomit 8/12,8 nr 2	grys dolomit 8/16	grys bazaltowy 11/16		
45,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
31,500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	7,3	0,0	
22,400	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,4	7,9	5,1	44,0	57,2	0,0	
16,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,1	46,0	15,4	51,2	45,2	29,2	32,8	0,0	
11,200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	5,4	0,0	20,9	49,0	55,3	31,7	42,9	16,0	2,5	0,0	
8,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	27,5	69,0	16,2	50,3	4,5	21,2	7,6	5,2	3,4	0,2	0,0	
5,600	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,3	54,0	36,1	24,3	65,2	26,4	0,2	4,7	1,2	0,6	0,0	0,0	0,0	
4,000	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	51,0	42,5	21,2	1,0	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2,000	0,0	0,2	1,3	19,8	30,1	38,5	2,8	1,5	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
1,000	0,0	0,9	15,4	27,8	25,4	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
0,500	0,0	1,0	18,3	20,6	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
0,250	0,0	2,3	49,8	17,2	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
0,125	4,9	1,8	7,2	10,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
0,063	19,7	12,3	7,5	2,8	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<0,063	75,4	81,5	0,5	1,8	1,9	1,9	0,4	1,2	0,3	0,2	1,3	0,1	0,0	0,4	1,0	0,6	0,0	0,0	
suma [%]	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	2,75	2,75	2,65	2,65	2,65	2,99	3,00	3,00	3,00	2,98	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		

Excel zakładka: Baza kruszyw





## projekt MM

=> wybór kruszyw z bazy

	kruszywo 1	kruszywo 2	kruszywo 3	kruszywo 4	kruszywo 5	kruszywo 6	kruszywo 7
	1	4	7	10	puste	puste	puste
sito	mączka wapienna nr 1	piasek naturalny kopalniany 0/2	grys gabro 2/5	grys melafirowy 5/8	-	-	-
45,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31,500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22,400	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11,200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8,000	0,0	0,0	0,3	16,2	0,0	0,0	0,0
5,600	0,0	0,0	54,0	65,2	0,0	0,0	0,0
4,000	0,0	0,0	42,5	15,2	0,0	0,0	0,0
2,000	0,0	19,8	2,8	3,2	0,0	0,0	0,0
1,000	0,0	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,500	0,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,250	0,0	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,125	4,9	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,063	19,7	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<0,063	75,4	1,8	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0
suma [%]	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	0,0
gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	2,8	2,7	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0



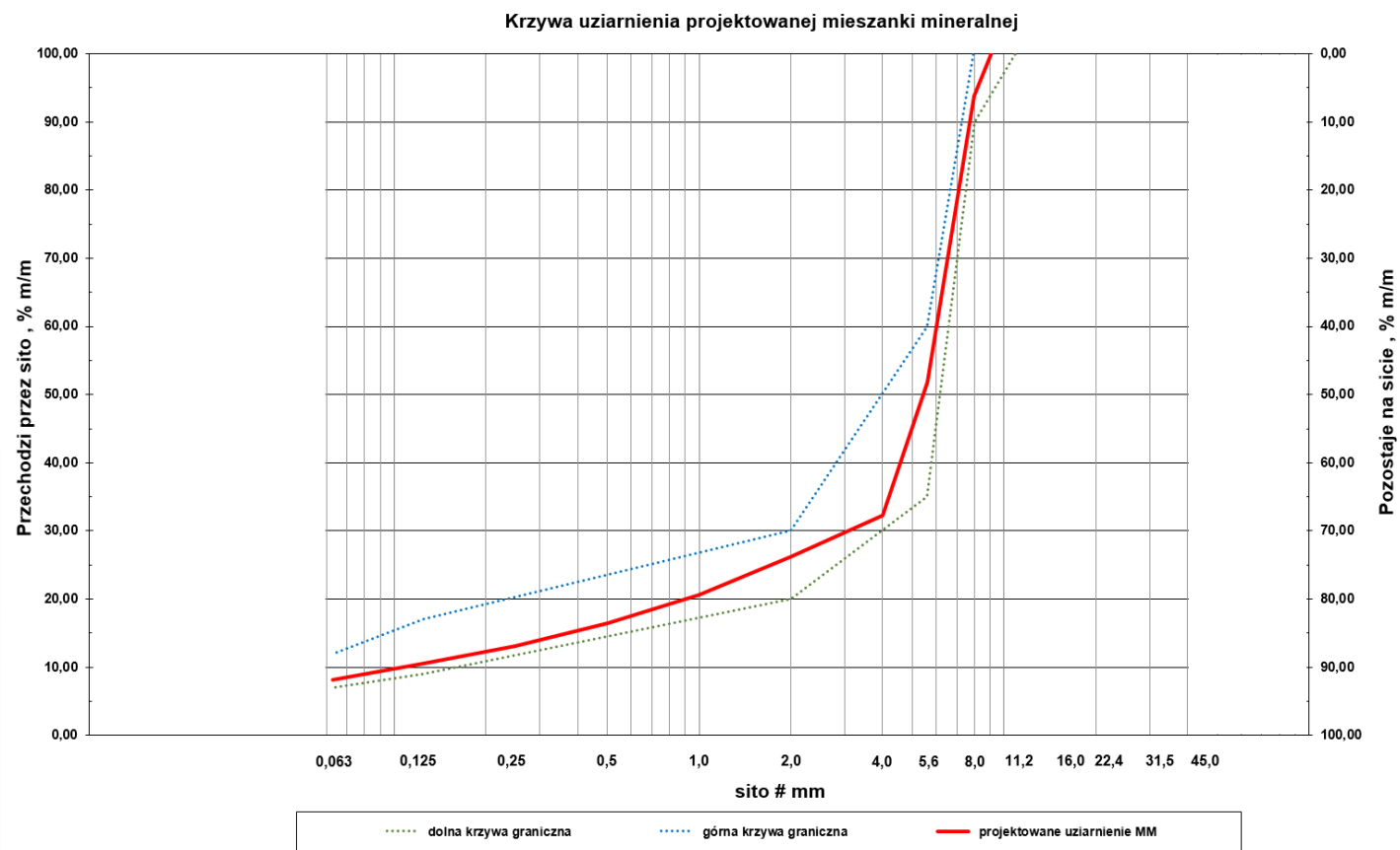
=> określenie ilości % danego kruszywa w MM, tak aby spełnić wymagania związane z uziarnieniem MM

	kruszywo 1	kruszywo 2	kruszywo 3	kruszywo 4	kruszywo 5	kruszywo 6	kruszywo 7				16	
ilość składników [%]	10,0	20,0	32,5	37,5	0,0	0,0	0,0		średne krzywej proj.		Ścieralna SMA KR 1-7 0/8	
sito	mączka wapienna nr 1	piasek naturalny kopalniany 0/2	grys gabro 2/5	grys metałkowy 5/8	-	-	-	sito	odsiew [%]	przesiew [%]	dolna	górna
45,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,000	0,0	100,0	100	100
31,500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,500	0,0	100,0	100	100
22,400	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,400	0,0	100,0	100	100
16,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,000	0,0	100,0	100	100
11,200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,200	0,0	100,0	100	100
8,000	0,0	0,0	0,1	6,1	0,0	0,0	0,0	8,000	6,2	93,8	90	100
5,600	0,0	0,0	17,6	24,5	0,0	0,0	0,0	5,600	42,0	51,8	35	60
4,000	0,0	0,0	13,8	5,7	0,0	0,0	0,0	4,000	19,5	32,3	-	-
2,000	0,0	4,0	0,9	1,2	0,0	0,0	0,0	2,000	6,1	26,2	20	30
1,000	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,000	5,6	20,6	-	-
0,500	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,500	4,1	16,5	-	-
0,250	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,250	3,4	13,1	-	-
0,125	0,5	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,125	2,5	10,6	9	17
0,063	2,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,063	2,5	8,1	7	12
<0,063	7,5	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	<0,063	8,1			
								SUMA [%]	100,0			
								Bmin [%]	7,2			

uwaga: w projekcie pomijamy ubytek masy kruszywa w wyniku procesu jego odpylania



## => weryfikacja graficzna składu MM







## 2. OKREŚLANIE ZAWARTOŚCI ASFALTU W MMA

Gęstość  $\rho_a$  mieszanki mineralnej określa się na podstawie gęstości składników i ich zawartości w mieszance mineralnej wg wzoru:

$$\rho_{MM} = \frac{100}{\frac{P_1}{\rho_{P1}} + \dots + \frac{P_n}{\rho_{Pn}} + \frac{F}{\rho_F}} \quad [\text{g/cm}^3]$$

w którym:

$P_1, \dots, P_n$  – procentowa zawartość poszczególnych składników (kruszywa drobnego, grubego lub o ciągłym uziarnieniu) w mieszance mineralnej,

$F$  – procentowa zawartość wypełniacza w mieszance mineralnej,

$\rho_{P1}, \dots, \rho_{Pn}$  – gęstość poszczególnych składników mieszanki mineralnej,  $\text{g/cm}^3$ ,

$\rho_F$  – gęstość wypełniacza  $\text{g/cm}^3$ ,



## POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Wzór na obliczenie powierzchni właściwej mieszanki mineralnej [ $\text{m}^2/\text{kg}$ ] jest następujący:

$$F = (0,04 g + 0,06 z + 0,10 s + 1,5 f) \times 2,65 / \rho^{m-m}$$

w którym:

- $F$  – powierzchnia właściwa zaprojektowanej mieszanki [ $\text{m}^2/\text{kg}$ ]
- $g$  – zawartość frakcji powyżej 4 mm [% (m/m)],
- $z$  – zawartość frakcji 0,3 do 4 mm [% (m/m)],
- $s$  – zawartość frakcji 0,075 do 0,30 mm [% (m/m)],
- $f$  – zawartość frakcji < 0,075 mm [% (m/m)],
- $\rho^{m-m}$  – gęstość mieszanki mineralnej<sup>\*)</sup>.

Zawartości asfaltu w stosunku do masy mieszanki mineralnej można obliczyć korzystając ze wzoru:

$$A_k = \frac{F \cdot b \cdot \rho^a}{10} \quad [\%]$$

w którym:

- $A_k$  – zawartość asfaltu,
- $F$  – powierzchnia właściwa,
- $\rho^a$  – gęstość asfaltu,
- $b$  – grubość otoczki asfaltowej.



## Grubość otoczki asfaltowej

Powierzchnia właściwa mieszanki $F$ [m <sup>2</sup> /kg]	Grubość otoczki asfaltowej $b$ [μm]
50–25	1,5–4
25–10	2–8
10–5	4–10
5–3	6–15
3–1	15–40
1–0,23	40–80

Zalecane mieszanki, lepiszcza i kruszywa do poszczególnych warstw nawierzchni drogowych

**Zestawienie wyrobów do warstw nawierzchni drogowych z uwzględnieniem obciążenia ruchem**

Warstwa	Wyrób	Kategoria ruchu		
		KR 1÷2	KR 3÷4	KR 5÷7
Podbudowa	Mieszanki mineralno-asfaltowe	AC 16 P, AC 22 P	AC 16 P, AC 22 P, AC 32 P, AC WMS 16, AC WMS 22	AC 16 P, AC 22 P, AC 32 P, AC WMS 16, AC WMS 22
	Lepiszczka asfaltowa <sup>f)</sup>	50/70	35/50 <sup>a)</sup> , 50/70 <sup>a)</sup> , 20/30 <sup>b)</sup> PMB 10/40-65 <sup>b)</sup> PMB 25/55-60 <sup>b), c)</sup> MG 20/30-64/74 <sup>b)</sup> MG 35/50-57/69 MG 50/70-54/64	35/50 <sup>a)</sup> , 50/70 <sup>a)</sup> , 20/30 <sup>b)</sup> PMB 10/40-65 <sup>b)</sup> PMB 25/55-60 <sup>b), c)</sup> PMB 25/55-80 <sup>b), c)</sup> MG 20/30-64/74 <sup>b)</sup> MG 35/50-57/69 MG 50/70-54/64
	Kruszywa mineralne	Tabele 4, 5, 6, 6a, 7 WT-1 2014		
Wiążąca i warstwa wyrównawcza	Mieszanki mineralno-asfaltowe	AC 11 W, AC 16 W	AC 16 W, AC 22 W, AC WMS 16, AC WMS 22,	AC 16 W, AC 22 W, AC WMS 16, AC WMS 22,
	Lepiszczka asfaltowa <sup>f)</sup>	50/70 MG 50/70-54/64	35/50 <sup>a)</sup> , 50/70 <sup>a)</sup> , 20/30 <sup>b)</sup> PMB 10/40-65 <sup>b)</sup> PMB 25/55-60 <sup>b), c)</sup> MG 20/30-64/74 <sup>b)</sup> MG 35/50-57/69 MG 50/70-54/64	35/50 <sup>a)</sup> , 20/30 <sup>b)</sup> , PMB 10/40-65 <sup>b)</sup> PMB 25/55-60 <sup>b), c)</sup> PMB 25/55-80 <sup>b), c)</sup> MG 20/30-64/74 <sup>b)</sup> MG 35/50-57/69
	Kruszywa mineralne	Tabele 8, 9, 10, 11 WT-1 2014		
Ścieralna	Mieszanki mineralno-asfaltowe	MA 8, MA 11 AC 5 S, AC 8 S, AC 11 S, SMA 5, SMA 8, SMA 11, BBTM 8 <sup>d)</sup> , BBTM 11	MA 8, MA 11, AC 8 S, AC 11 S, SMA 5 <sup>d)</sup> , SMA 8 <sup>d)</sup> , SMA 11, BBTM 8 <sup>d)</sup> , BBTM 11, PA 8 S, PA 11 S, PA 16 S <sup>l)</sup>	MA 8, MA 11, AC 8 S <sup>h)</sup> , AC 11 S <sup>h)</sup> , SMA 8 <sup>d)</sup> , SMA 11, BBTM 8 <sup>d)</sup> , BBTM 11, PA 8 S, PA 11 S, PA 16 S <sup>l)</sup>
	Lepiszczka asfaltowa <sup>f)</sup>	35/50 <sup>a)</sup> , 50/70, 70/100 PMB 45/80-55, PMB 45/80-65, PMB 65/105-60 <sup>e)</sup> MG 50/70-54/64	35/50 <sup>a)</sup> , 50/70, PMB 25/55-60, PMB 45/80-55, PMB 45/80-55, PMB 45/80-65, PMB 45/80-80 PMB 65/105-60 <sup>e)</sup> MG 50/70-54/64	PMB 25/55-60, PMB 45/80-55, PMB 45/80-65, PMB 45/80-80 PMB 65/105-60 <sup>e)</sup> PMB 65/105-80 <sup>e)</sup>
	Kruszywa mineralne	Tabele 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 WT-1 2014		
<sup>a)</sup> do betonu asfaltowego <sup>b)</sup> do betonu asfaltowego o wysokim module sztywności AC WMS <sup>c)</sup> do betonu asfaltowego do warstwy podbudowy lub wiążącej <sup>d)</sup> zalecane, jeżeli wymagane jest zmniejszenie hałasu drogowego <sup>e)</sup> do cienkiej warstwy na gorąco z SMA lub BBTM o grubości nie większej niż 3,5 cm i do PA <sup>f)</sup> mogą być stosowane także inne lepiszcza nienormowe i asfalty specjalne wg aprobat technicznych lub europejskich ocen technicznych <sup>g)</sup> do asfaltu lanego <sup>h)</sup> do kategorii ruchu KR5÷6 – w terenach górskich <sup>l)</sup> PA 16 S stanowi dolną warstwę, dwuwarstwowej nawierzchni porowatej. W konstrukcji zawsze występuje warstwa AC				



## Grubość otoczki asfaltowej w zależności od rodzaju zastosowanego asfaltu:

- dla asfaltu 20/30 – od 3,6 do 3,1  $\mu\text{m}$
- dla asfaltu 35/50 – od 3,2 do 2,7  $\mu\text{m}$
- dla asfaltu 50/70 – od 2,8 do 2,4  $\mu\text{m}$
- dla asfaltu PMB 45/80-55 – od 3,0 do 2,6  $\mu\text{m}$
- dla asfaltu PMB 45/80-65 – od 3,2 do 2,8  $\mu\text{m}$
- dla asfaltu PMB 45/80-80 – od 3,4 do 3,0  $\mu\text{m}$
- dla asfaltu PMB 25/55-60 – od 3,4 do 3,0  $\mu\text{m}$
- dla asfaltu PMB 25/55-80 – od 3,6 do 3,2  $\mu\text{m}$
- dla asfaltu MG 35/50-57/69 – od 3,2 do 2,7  $\mu\text{m}$
- dla asfaltu MG 50/70-54/64 – od 2,8 do 2,4  $\mu\text{m}$



### Gęstość asfaltu w temp. 15°C:

- dla asfaltu 20/30 – 1027 kg/m<sup>3</sup>
- dla asfaltu 35/50 – 1026 kg/m<sup>3</sup>
- dla asfaltu 50/70 – 1024 kg/m<sup>3</sup>
- dla asfaltu PMB 45/80-55 – 1021 kg/m<sup>3</sup>
- dla asfaltu PMB 45/80-65 – 1021 kg/m<sup>3</sup>
- dla asfaltu PMB 45/80-80 – 1022 kg/m<sup>3</sup>
- dla asfaltu PMB 25/55-60 – 1023 kg/m<sup>3</sup>
- dla asfaltu PMB 25/55-80 – 1024 kg/m<sup>3</sup>
- dla asfaltu MG 35/50-57/69 – 1027 kg/m<sup>3</sup>
- dla asfaltu MG 50/70-54/64 – 1026 kg/m<sup>3</sup>



Zawartość lepiszcza  $A_m$  w procentach w mieszance mineralno-asfaltowej oblicza się ze wzoru

$$A_m = \frac{A_k \cdot 100}{100 + A_k}$$

## Sprawdzenie zgodności z normą PN-S-96025:2000 (nieaktualna)

Skorygowana minimalna zawartość asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej

$$B_{\min} \leq A_m / \alpha$$

gdzie:  $\alpha = 2,650/\rho_{MM}$

## Sprawdzenie zgodności z WT-2

Excel zakładka: Krzywe gran. + zaw. asf. WT-2



**Asfalt całkowity  $B$** , to asfalt dodany  $B_z$  do mieszanki w laboratorium z ewentualnym doliczeniem asfaltu z granulatu. Łączna ilość asfaltu dodanego i pochodzącego z granulatu nie może być mniejsza od wartości wymaganej do projektowania jako  $B_{min}$ , według tabel WT-2 2014 - część I, skorygowana o gęstość kruszywa.

$$B \geq B_{min} \times \text{współczynnik } \alpha \quad [\%]$$

**Asfalt nierozpuszczalny  $B_n$** , jest teoretyczną procentową zawartością asfaltu uzyskaną metodą obliczeniową według wzoru:

- dla mieszanek typu AC, SMA, BBTM i PA

$$B_n = 0,014 \times F + 0,1 \quad [\%]$$

- dla asfaltu lanego (MA)

$$B_n = 0,007 \times F + 0,1 \quad [\%]$$

gdzie:

F – zawartość ziaren mniejszych od 0,063 mm w zaprojektowanej mieszance mineralnej, [%] (m/m).

Wartość  $B_n$  należy podawać z dokładnością do 0,1%.

**W przypadku nie spełnienia warunku  $B_{min}$   
należy zwiększyć ilość wypełniacza**



# WŁAŚCIWOŚCI MMA wg normy PN-S-96025:2000

Rzędne krzywych granicznych uziarnienia MM do podbudowy z AC oraz orientacyjne zawartości asfaltu w MMA

wymiary w procentach

Wymiar oczek sit # w mm, zawartość asfaltu	Rzędne krzywych granicznych uziarnienia MM w zależności od kategorii ruchu													
	KR 1 lub KR 2										od KR 3 do KR 6			
	od 0 mm do 31,5 mm		od 0 mm do 25,0 mm		od 0 mm do 20,0 mm		od 0 mm do 16,0 mm		od 0 mm do 12,8 mm		od 0 mm do 31,5 mm		od 0 mm do 25,0 mm	
	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Orientacyjna zawartość asfaltu w MMA	3,5	4,5	3,8	4,8	4,0	5,2	4,0	5,5	4,0	5,8	2,8	4,5	3,0	4,7

Rzędne krzywych granicznych uziarnienia MM do warstwy wiążącej, wyrównawczej i wzmacniającej z AC oraz orientacyjne zawartości asfaltu w MMA

wymiary w procentach

Wymiar oczek sit # w mm, zawartość asfaltu	Rzędne krzywych granicznych uziarnienia MM w zależności od kategorii ruchu											
	KR 1 lub KR 2						od KR 3 do KR 6					
	od 0 mm do 20,0 mm		od 0 mm do 16,0 mm		od 0 mm do 12,8 mm		od 0 mm do 25,0 mm		od 0 mm do 20,0 mm		od 0 mm do 16,0 mm <sup>1)</sup>	
	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Orientacyjna zawartość asfaltu w MMA	4,3	5,8	4,3	5,8	4,5	6,0	4,0	5,5	4,0	5,5	4,3	5,8

Rzędne krzywych granicznych uziarnienia MM do warstwy ścieralnej z AC oraz orientacyjne zawartości asfaltu w MMA

wymiary w procentach

Wymiar oczek sit # w mm, zawartość asfaltu	Rzędne krzywych granicznych MM w zależności od kategorii ruchu													
	KR 1 lub KR 2						od KR 3 do KR 6							
	od 0 mm do 20,0 mm		0 mm do 16,0 mm lub od 0 mm do 12,8 mm		od 0 mm do 8,0 mm lub od 0 mm do 6,3 mm		od 0 mm do 20,0 mm		od 0 mm do 20,0 <sup>1)</sup> mm		od 0 mm do 16,0 mm		od 0 mm do 12,8 mm	
	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Orientacyjna zawartość asfaltu w MMA,	5,0	6,5	5,0	6,5	5,5	6,5	4,5	5,6	4,3	5,4	4,8	6,0	4,8	6,5

Rzędne krzywych granicznych uziarnienia MM do wykonania warstwy ścieralnej z SMA

wymiary w procentach

Wymiar oczek sit # w mm, zawartość asfaltu	Rzędne krzywych granicznych uziarnienia MM w zależności od kategorii ruchu													
	KR 1 lub KR 2						od KR 3 do KR 6							
	od 0 mm do 9,6 mm		od 0 mm do 8,0 mm		od 0 mm do 6,3 mm		od 0 mm do 4,0 mm		od 0 mm do 12,8 mm		od 0 mm do 9,6 mm		od 0 mm do 8,0 mm	
	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Orientacyjna zawartość asfaltu w MMA	6,0	7,0	6,0	7,0	6,5	7,5	7,0	8,0	5,5	6,8	6,0	7,0	6,0	7,0



## 3.1. OKREŚLENIE ILOŚCI SKŁADNIKÓW POTRZEBNYCH DO WYKONANIA PRÓBKI MARSHALLA

Zawartość składników MM =  $100\% - A_m$

np.  $A_m = 7,4\%$

W przypadku SMA należy dodatkowo uwzględnić zawartość środka stabilizującego w ilości od 0,3% do 1,5% ( $100\% - A_m - stab.$ )

np.  $stab. = 0,9\%$

Średnia masa próbki Marshalla 1250 g

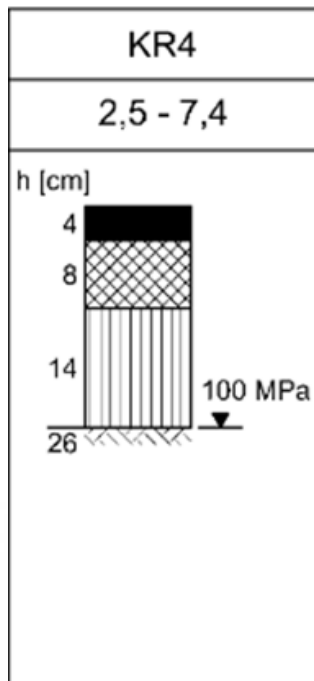


## Zawartość na 1 szt. próbki Marshalla

Składniki MMA:	%	g
grys melafirowy 5/8	$37,5 \cdot 0,917 = 34,4$	430,0
grys gabro 2/5	$32,5 \cdot 0,917 = 29,8$	372,5
piasek naturalny kopany 0/2	$20 \cdot 0,917 = 18,3$	228,7
mączka wapienna nr 1	$10 \cdot 0,917 = 9,2$	115,0
asfalt PMB 45/80-55	7,4	92,5
włókna celulozowe (stabilizator)	0,9	11,3
SUMA:	100,0	1250,0



## 3.2. OKREŚLENIE ILOŚCI SKŁADNIKÓW POTRZEBNYCH DO ODCINKA DROGI O DŁUGOŚCI 1 KM



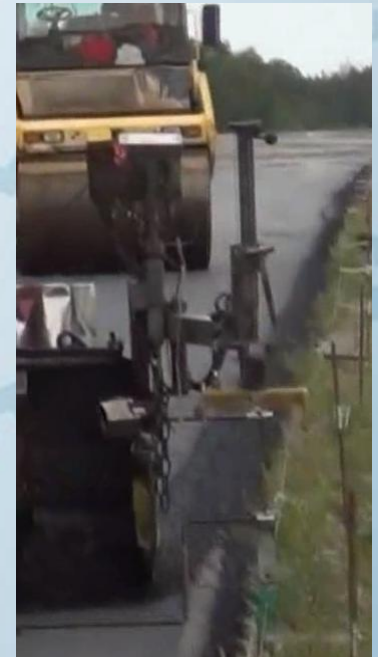
odsadzka:  $1,0 \div 1,5$  grubości warstwy ścieralnej/wiążącej

np. szerokość jezdni 6,0 m, odsadzka wynosi 1,25

szer. warstwy ścieralnej 6,0 m

szer. warstwy wiążącej 6,1 m

szer. warstwy podbudowy 6,3 m





$$\rho_{MMA} = \frac{100}{\frac{\% \text{ zaw. asf.}}{\rho_{asf.}} + \frac{\% \text{ zaw. MM}}{\rho_{MM}} + \frac{\% \text{ zaw. stab.}}{\rho_{stab.}}} \quad [\text{g/cm}^3]$$

$\rho_{stab.}$  od 0,02 g/cm<sup>3</sup> do 0,04 g/cm<sup>3</sup>

masa MMA [kg] dla założonej warstwy nawierzchni na 1 m<sup>2</sup> drogi

$$M_{1m^2} = V_{1m^2} \cdot \rho_{MMA}$$

np. dla warstwy podbudowy  $V_{1m^2} = 100 \cdot 100 \cdot 14 = 140\,000 \text{ cm}^3$

masa MMA [Mg] dla założonej warstwy nawierzchni na 1 km drogi

$$M_{1km} = M_{1m^2} \cdot \text{pow.} \quad [\text{kg/m}^2 \cdot \text{m}^2]$$

np. dla warstwy podbudowy  $\text{pow.} = 1000 \cdot 6,3 = 6300 \text{ m}^2$

1 Mg = 1 tona



$\alpha'$  – współczynnik uwzględniający zawartość wolnych przestrzeni w warstwie nawierzchni wg WT-2

**np. Wymagane właściwości betonu asfaltowego do warstwy podbudowy, KR1÷2**

Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	Wymiar mieszanki	
			AC 16 P	AC 22 P
Zawartość wolnych przestrzeni	C.1.2, ubijanie, 2 × 50 uderzeń	PN-EN 12697-8, pkt 4	$V_{\min}$ 4,0 $V_{\max}$ 8,0	$V_{\min}$ 4,0 $V_{\max}$ 8,0

**Wymagane właściwości mieszanki SMA do warstwy ścieralnej, KR3÷4**

Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	SMA 5	SMA 8	SMA 11
Zawartość wolnych przestrzeni	C.1.2, ubijanie, 2 × 50 uderzeń	PN-EN 12697-8, pkt 4	$V_{\min}$ 1,5 $V_{\max}$ 3,0	$V_{\min}$ 1,5 $V_{\max}$ 3,0	$V_{\min}$ 1,5 $V_{\max}$ 3,0

np. przyjęto  $V=2,0\%$   $\Rightarrow \alpha' = 1,02$



## Zawartość na 1 km drogi

Składniki MMA:	Mg
grys melafirowy 5/8	$0,344 \cdot 2169,7 / 1,02 = 731,7$
grys gabro 2/5	$0,298 \cdot 2169,7 / 1,02 = 633,9$
piasek naturalny kopany 0/2	$0,183 \cdot 2169,7 / 1,02 = 389,3$
mączka wapienna nr 1	$0,092 \cdot 2169,7 / 1,02 = 195,7$
asfalt PMB 45/80-55	$0,074 \cdot 2169,7 / 1,02 = 157,4$
włókna celulozowe (stabilizator)	$0,009 \cdot 2169,7 / 1,02 = 19,1$
SUMA:	2127,1

w przykładzie oznaczono  $M_{1km} = 2169,7$  Mg  
sprawdzenie  $2169,7 / 1,02 = 2127,1$  Mg





---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ**

