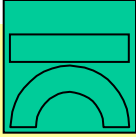


Zenon Szczepaniak

Mieszanki MCE w budownictwie drogowym

II Warmińsko - Mazurskie Forum Drogowe
Lidzbark Warmiński, 4 - 6 października 2015 r.



TECHNOLOGIE DROGOWE

NA ZIMNO

NA GORĄCO I CIEPŁO

BETON
CEMENTOWY

EMULSJE
ASFALTOWE

MMA

MMP

BUDOWA
DRÓG

UTRZYMANIE
DRÓG

BA

CWG

AL

SMA

MNU

REMIXING

STABI-
LIZACJA

ZW

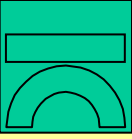
PU

CWZ

BAC

MME

MMCE



EMULSYJNE TECHNOLOGIE DROGOWE



MIESZANKA ME

MIESZANKA MCE

SLURRY

SURFACING

RECYKLING



❖ Na zimno

- Mieszanki mineralno-cementowo emulsyjne MCE
- Stabilizacja nawierzchni żwirowych, żuźlowych (cementem lub kationową emulsją asfaltową)
- Mieszanki mineralno emulsyjne MME
- Beton asfaltowo-cementowy BAC

❖ Na gorąco:

- Remixing
 - Remixing plus
 - Reprofilowanie
-
- Frezowanie na zimno – układanie na gorąco



Mieszanki mineralno-emulsyjne z wykorzystaniem dodatku cementu

- Cienkie warstwy na zimno CWZ (slurry seal, microsurfacing) – zabieg utrzymaniowy
- **Mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna**
 - Wytwarzana in-situ (recykling)
 - Wytwarzana w wytwórni stacjonarnej

Po co ten cement ?



Definicja

„Mieszanka mineralno – cementowo - emulsyjna MCE o ciągłym uziarnieniu, składa się z destruktu lub destruktu i kruszywa mineralnego, wymieszana na zimno z cementem i emulsją asfaltową w określonych proporcjach, w warunkach optymalnej wilgotności”.

„Mieszanka MCE – mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna o ciągłym uziarnieniu składająca się z destruktu, kruszywa doziarniającego, emulsji asfaltowej, cementu oraz wody wytworzona w miejscu wbudowania w procesie nazywanym recyklingiem głębokim na zimno lub w wytwórni stacjonarnej przystosowanej do wytwarzania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych. „

Zakres zastosowań



OST

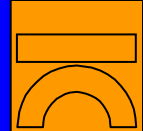
- wykonywanie warstw podbudowy na drogach wszystkich kategorii obciążenia ruchem (KR1-KR7)
- przebudowa nawierzchni bitumicznej ze spękaniami odbitymi lub zmęczeniowymi
- wzmocnienie nawierzchni bitumicznej, tłuczniowej lub żwirowej
- dostosowanie nawierzchni do wymaganej nośności.

Instrukcja

Do podbudów zasadniczych w ramach (KR1-KR4):

- przebudowy istniejących nawierzchni,
- poszerzenia lub remontu poboczy,
- budowy nowych nawierzchni,
- remontów i przebudów.

Stosowanie mieszanek mineralno-emulsyjnych w RP



Warunki techniczne wykonywania warstw podbudowy z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej (MCE)
Zeszyt 61 IBDiM, 1999

Ogólne Specyfikacje Techniczne D-04.10.01
„Podbudowa z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej”, 2001

Mieszanki mineralno-emulsyjne do budowy i utrzymania dróg (MME) Zalecenia IBDiM do udzielania aprobat technicznych, Zeszyt 77, IBDiM, 2009

Instrukcja projektowania i wbudowywania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE), GDDKiA, PG, 2014

Stosowanie mieszanek mineralno-cementowo emulsyjnych w RP



Istotne zmiany:

Zeszyt 61/1999 – KR1-KR6, emulsja K3 i K4, wszystkie warstwy nawierzchni

Instrukcja 2014 – KR1-KR4, emulsja K60 B5 R, tylko warstwa podbudowy zasadniczej

Brak określenia rodzaju asfaltu (penetracji) użytego do emulsji. W PN-EN 13808:2013-10 do recyklingu dedykowana jest emulsja K60 B10 ZM/R. Tu wymagania wynoszą - odnośnie penetracji asfaltu $\leq 100.0,1\text{mm}$ i temperatury mięknięcia $\geq 43\text{ }^{\circ}\text{C}$.

KATIONOWE EMULSJE ASFALTOWE

K 60 B 5 R

wg WT3

- indeks rozpadu 120 -180 (Sikaisol)
- stabilność podczas mieszania z cementem ≤ 2 g
- penetracja asfaltu $\leq 100.0,1$ mm
 - dla KR3-KR6 asfalt 70/100
 - dla KR1-KR2 dopuszczono asfalt 100/150

K 60 B 10 ZM/R

wg PN-EN 13808:2013-10

- indeks rozpadu brak wymagań
- stabilność podczas mieszania z cementem ≤ 2 g
- penetracja asfaltu $\leq 100.0,1$ mm
- pH NR (brak wymagań)

Patrz: Vademecum kationowych emulsji asfaltowych,

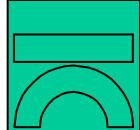


PROJEKTOWANIE MMCE

Zgodnie z Instrukcją GDDKiA w „projektowaniu przebudów dróg obciążonych ruchem KR1÷KR4 należy stosować indywidualne projektowanie z zastosowaniem metod mechanistyczno-empirycznych. W przypadku nawierzchni obciążonych ruchem KR1 oraz KR2 dopuszcza się stosowanie metod empirycznych projektowania konstrukcji nawierzchni”.

Mieszanki MCE można podzielić na dwa typy, w zależności od proporcji dodanych środków wiążących, tj. emulsji asfaltowej i cementu i osiąganych tym samym sztywności :

- mieszanka o wiązaniach dominująco bitumicznych – podbudowa podatna,
- mieszanka o wiązaniach dominująco hydraulicznych – podbudowa sztywna.



Tablica 5.2. Wymagania w odniesieniu do próbek z mieszanki MCE

Cecha:	Wymagane wartości:	
	Ruch KR1÷KR2	Ruch KR3÷KR4
Zawartość wolnych przestrzeni [%]	od 8 do 18 maksymalnie 14 ¹⁾	od 8 do 15 maksymalnie 12 ¹⁾
Wytrzymałość na pośrednie rozciąganie, T = + 5°C, po 7 dniach, [MPa]	od 0,40 do 0,80	od 0,50 do 1,00
Wytrzymałość na pośrednie rozciąganie, T = +5°C po 28 dniach, [MPa]	od 0,60 do 1,40	od 0,70 do 1,60
Moduł sztywności IT-CY, T = +5°C po 28 dniach, [MPa]	od 1500 do 5000	od 2000 do 7000
Pozostała wytrzymałość na pośrednie rozciąganie po przechowywaniu próbek w wodzie, T = +5°C po 28 dniach, [%]	nie mniej niż 70	nie mniej niż 80

¹⁾ - Materiały rozbiórkowe zawierające smołę.

ZASADY



Wykonując podbudowę z mieszanki MCE należy dążyć do wykonania jak najbardziej podatnej podbudowy, aby zminimalizować ryzyko powstania spękań odbitych. Mieszanka MCE jest dość zmienna ze względu na wykonywanie jej w technologii mieszania na miejscu oraz zastosowanie materiałów z recyklingu. Nawierzchnie z podbudowami z mieszanki MCE są narażone na powstawanie spękań odbitych. O trwałości takiej nawierzchni w dużym stopniu decyduje odpowiednie utrzymanie bieżące. W przypadku pojawienia się spękań należy je jak najszybciej uszczelnić.

W związku z wprowadzeniem nowych zasad projektowania i wbudowania mieszanek MCE po pewnym okresie użytkowania Instrukcja powinna zostać zaktualizowana w oparciu o zebrane doświadczenia z realizowanych budów.

W projektowaniu należy uwzględnić właściwości emulsji asfaltowej: lepkość, rodzaj asfaltu, pH, reaktywność z cementem oraz rodzaj asfaltu w destrukcie.



WYKONANIE MMCE



- Rozkładanie kruszywa doziarniającego w ilości od 0 do 40%(m/m)
- Rozsypanie cementu portl. CEM I lub II kl. 32,5 lub 42,5 w ilości od 1% do 4 %(m/m)
- Frezowanie i dodatek emulsji asfaltowej C60B10 w ilości od 2% do 6%(m/m)
- Układanie nowej warstwy o grubości od 15 do 25 cm
- Zagęszczanie walcem stalowym wibracyjnym >14 ton

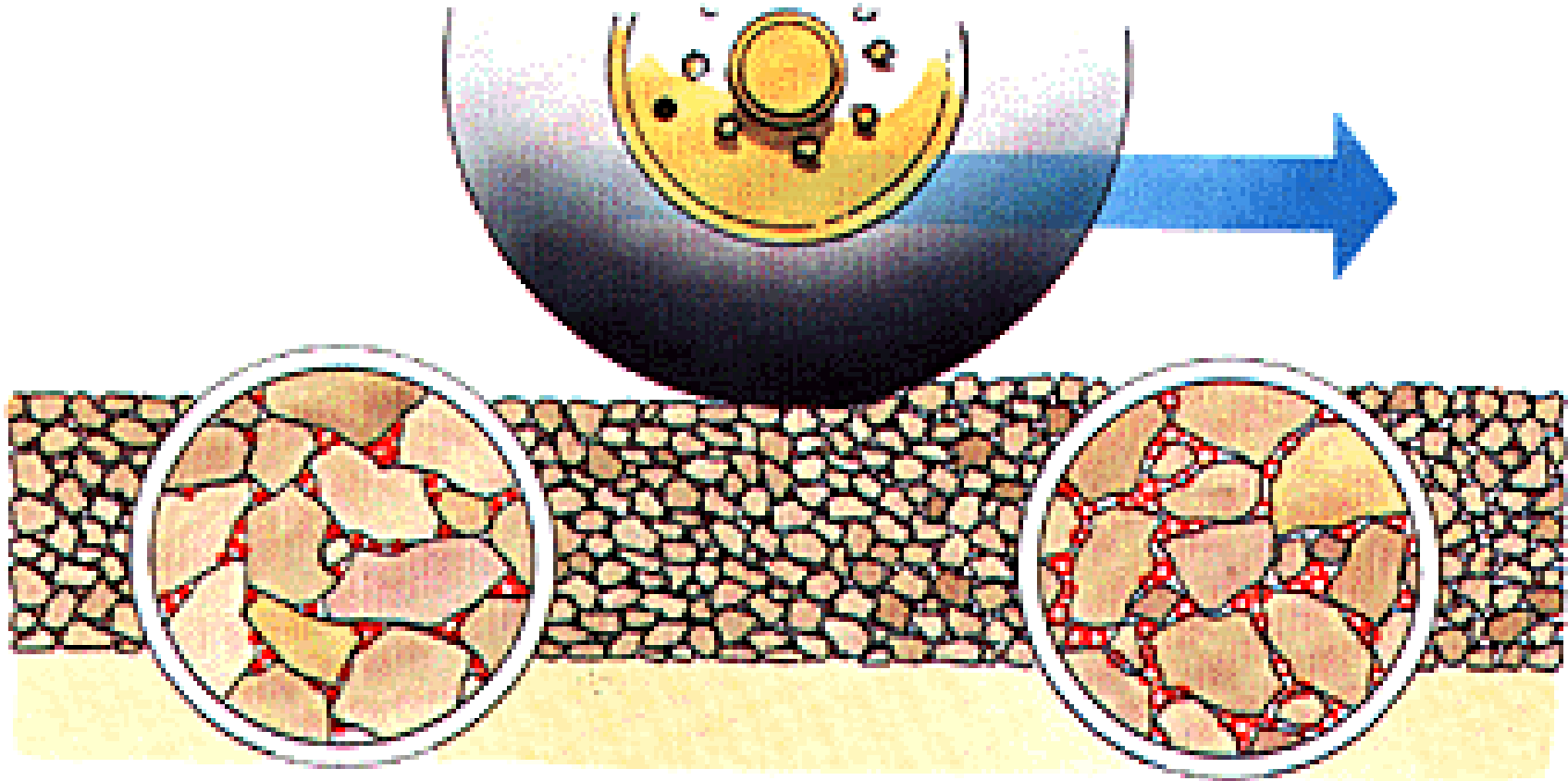
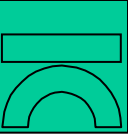








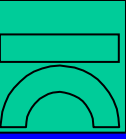
Przekształcanie zaprawy w mastyks





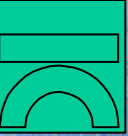
Tablica 6.1. Wymagania oraz tolerancje wykonania w odniesieniu do warstwy z mieszanki MCE

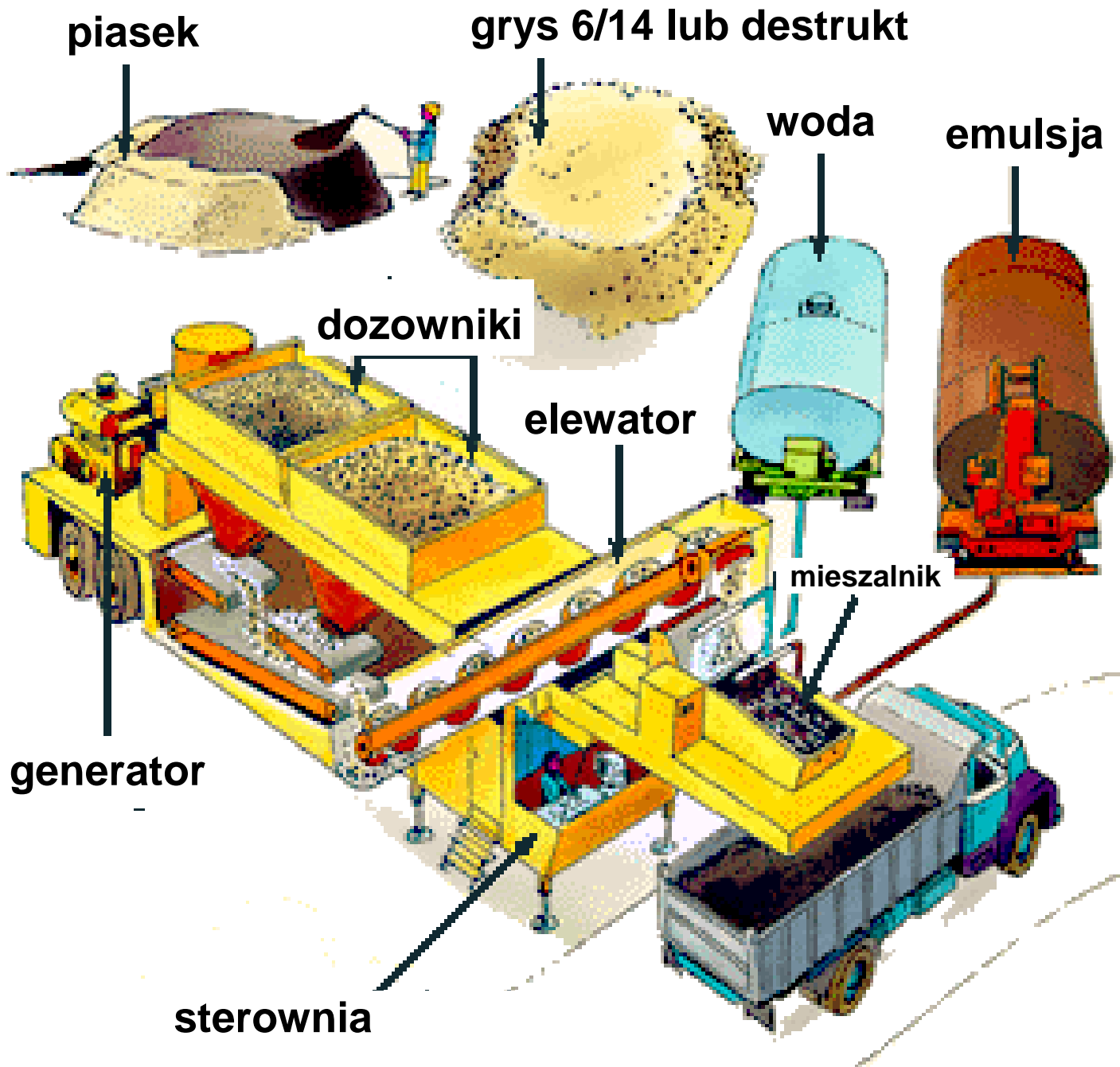
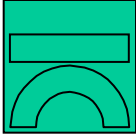
Parametr	Wymagania	
	Ruch KR1÷KR2	Ruch KR3÷KR4
Grubość warstwy	±10%	±10%
Szerokość warstwy	≤ +10 cm, ≤ -5 cm	≤ +10 cm, ≤ -5 cm
Spadki poprzeczne	± 0,5%	± 0,5%
Równość	15 mm/4m	12 mm/4m
Rzędne wysokościowe	± 2 cm	± 2 cm
Wskaźnik zagęszczenia	≥ 98%	≥ 98%
Zawartość wolnych przestrzeni	≤ 15% obj.	≤ 12% obj.
Nośność warstwy podbudowy po 7 dniach: <ul style="list-style-type: none">• Wtórny moduł odkształcenia E_2• Dynamiczny moduł odkształcenia E_{vd}	$E_2 \geq 100 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 50 \text{ MN/m}^2$	$E_2 \geq 130 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 65 \text{ MN/m}^2$
Nośność warstwy podbudowy po 28 dniach: <ul style="list-style-type: none">• Wtórny moduł odkształcenia E_2• Dynamiczny moduł odkształcenia E_{vd}	$E_2 \geq 140 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 70 \text{ MN/m}^2$	$E_2 \geq 180 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 90 \text{ MN/m}^2$

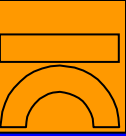


RECYKLING NA ZIMNO W MIKSERZE STACJONARNYM

- ❖ MCE JAKO WARSTWA KONSTRUKCYJNA LUB JAKO WARSTWA KONSTRUKCYJNO - PROFILUJĄCA (POPRAWA GEOMETRII DROGI) - ISTOTNA ZMIANA NIWELETY
- ❖ MNIEJSZY POSTĘP ROBÓT W PORÓWNANIU DO TECHNOLOGI IN SITU
- ❖ ORGANIZACJA RUCHU NA CZAS BUDOWY – BEZPIECZEŃSTWO UŻYTKOWNIKÓW DROGI

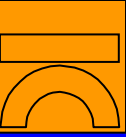






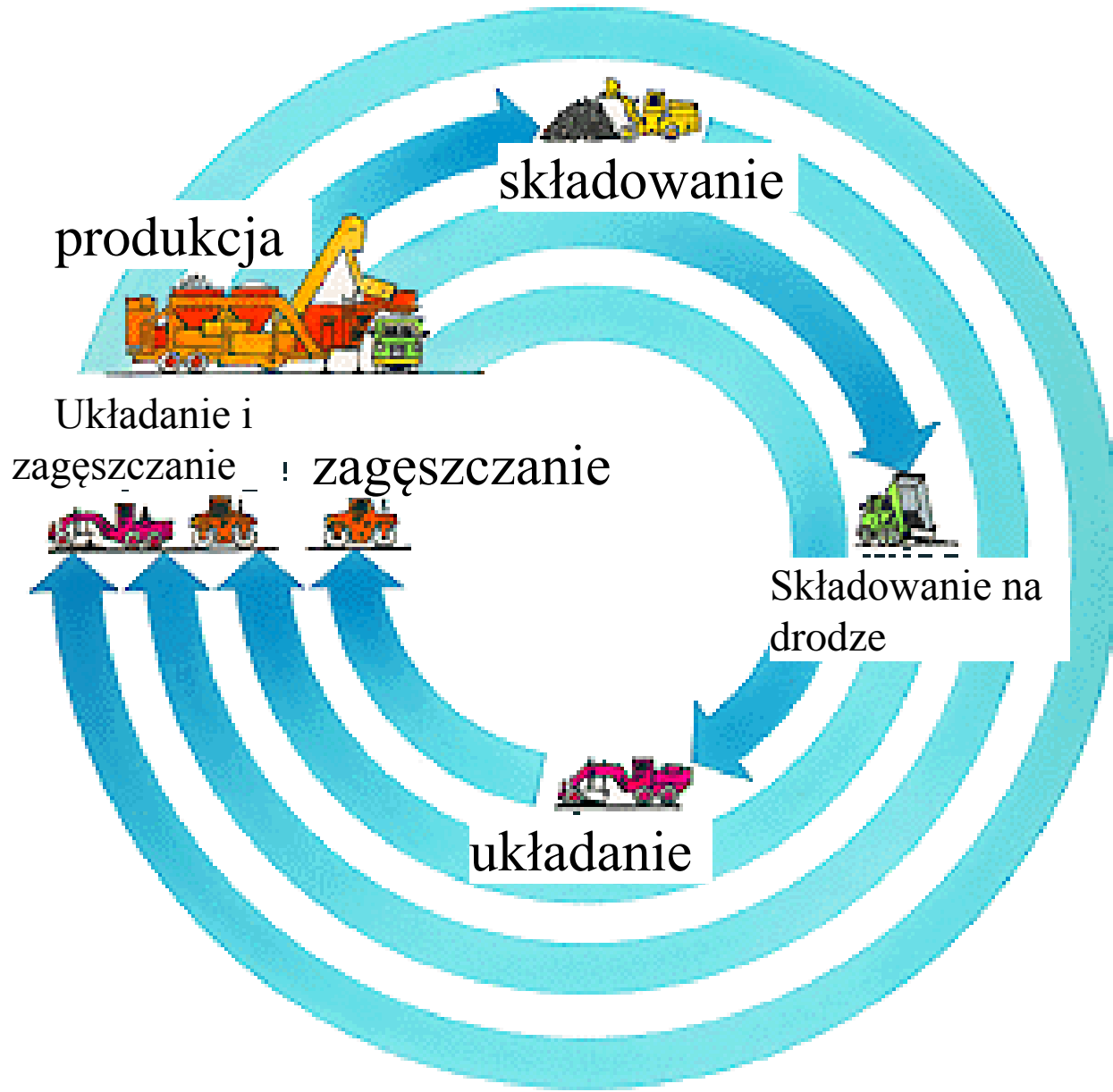
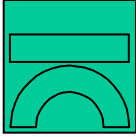
Mieszanki mineralno-emulsyjne

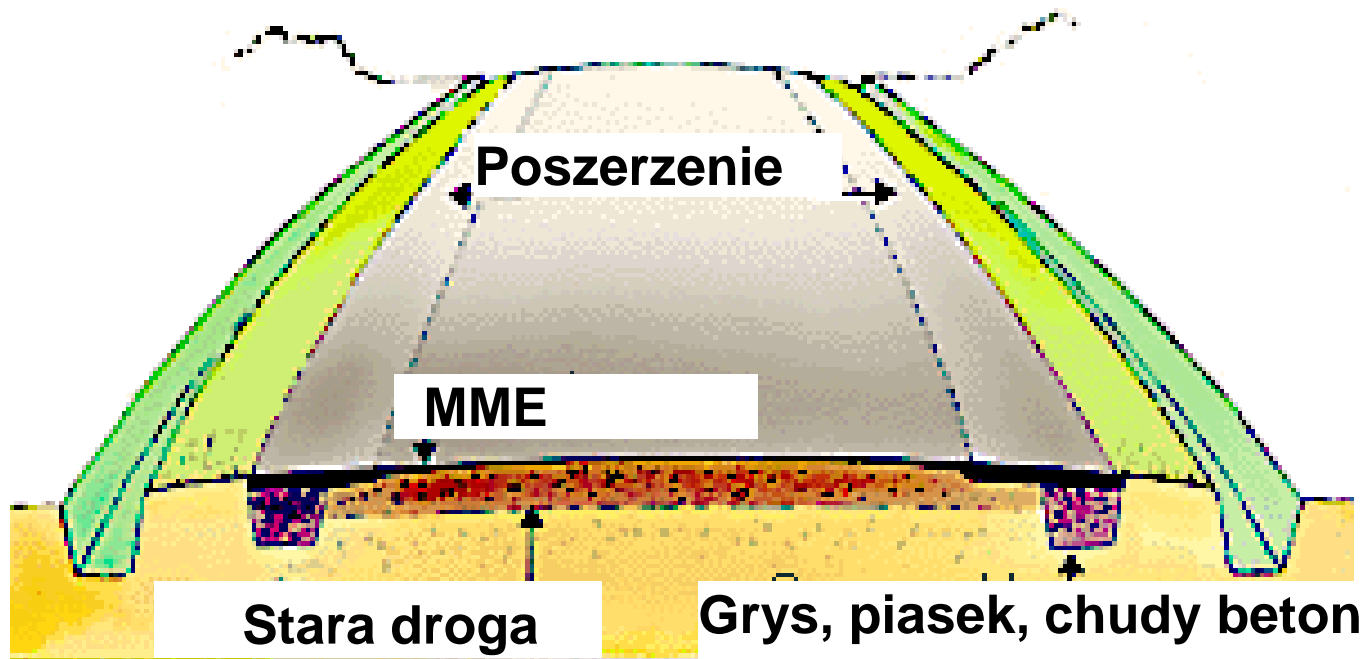
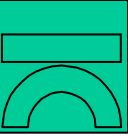
- ❖ **SĄ WYTWARZANE NA ZIMNO**
- ❖ **JEST TO MATERIAŁ NA BAZIE ASFALTU DROGOWEGO**
- ❖ **WYTWÓRNIE EMULSJI ZNAJDUJĄ SIĘ W OBRĘBIE CAŁEGO KRAJU**
- ❖ **WODA ZAWARTA W MIESZANCE POWINNA MIEĆ MOŻLIWOŚĆ PRAWIE CAŁKOWITEGO ODPAROWANIA**
- ❖ **MIESZANKA MINERALNO-EMULSYJNA JEST MATERIAŁEM ŁATWYM DO ROZŁOŻENIA, LECZ TRUDNYM DO DOBREGO ZAGĘSZCZENIA**
- ❖ **SĄ MATERIAŁEM BARDZO PRZYDATNYM DO WYRÓWNAŃ, KOREKT I WZMOCNIEŃ**



KRYTERIA PROJEKTOWANIA MIESZANKI

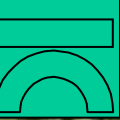
- ❖ **WŁAŚCIWE POKRYCIE KRUSZYWA LEPISZCZEM**
- ❖ **URABIALNOŚĆ ADAPTOWANA DO WARUNKÓW LOKALNYCH**
- ❖ **AKCEPTOWALNA SZYBKOŚĆ DOJRZEWANIA**
- ❖ **ODPOWIEDNIO SZYBKI WZROST KOHEZJI PO ZAWAŁOWANIU**
- ❖ **OCZEKIWANE WŁASNOŚCI MECHANICZNE**

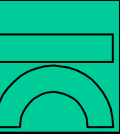


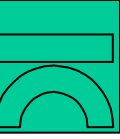


Poprawa geometrii drogi

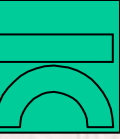


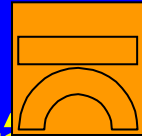












Wnioski z wieloletnich doświadczeń w stosowaniu mieszanek mineralno- cementowo-emulsyjnych w RP wg Politechniki Gdańskiej

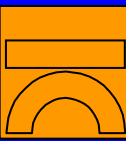
Dominujące uszkodzenia nawierzchni to spękania zarówno poprzeczne jak i podłużne.

Przyczyną spękań jest prawdopodobnie zbyt duża ilość cementu w mieszankach MCE i zbyt mała ilość kationowej emulsji asfaltowej (najczęściej 3,5 %).

Nawierzchnie z podbudową z MCE są równe, nie wykazują zapadnięć ani kolein.



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ



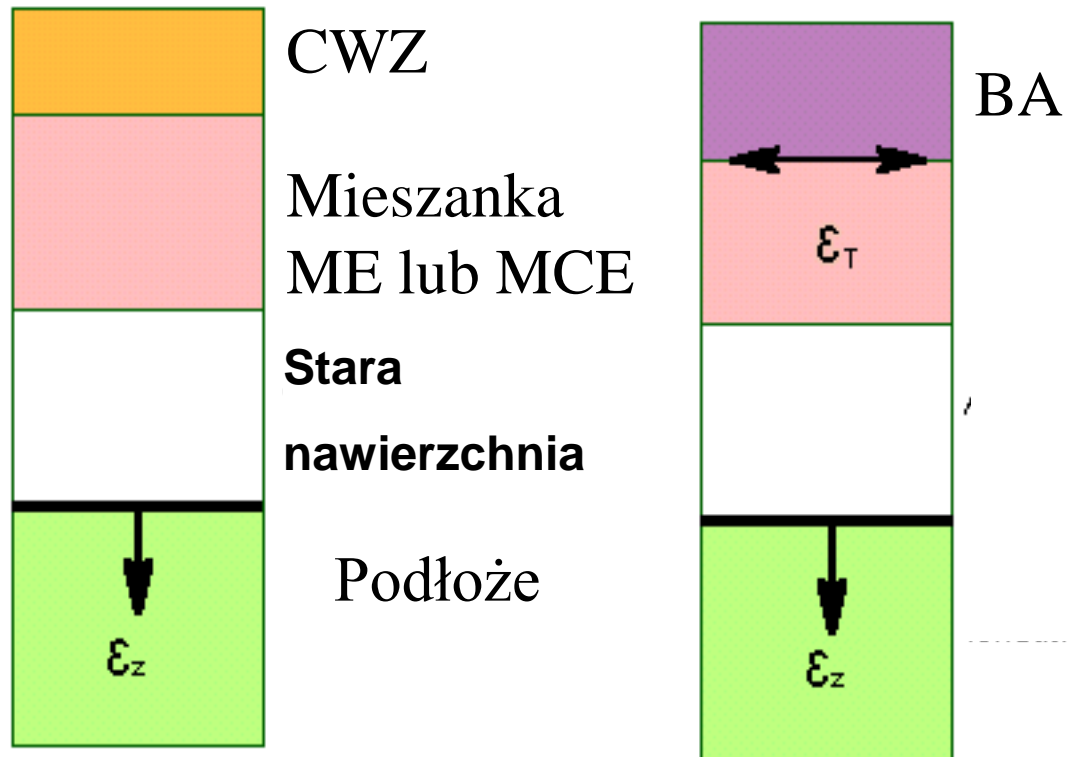
Zenon Szczepaniak

Mieszanki MME w budownictwie drogowym

II Warmińsko - Mazurskie Forum Drogowe
Lidzbark Warmiński, 4 - 6 października 2015 r.



Wzmocnienie





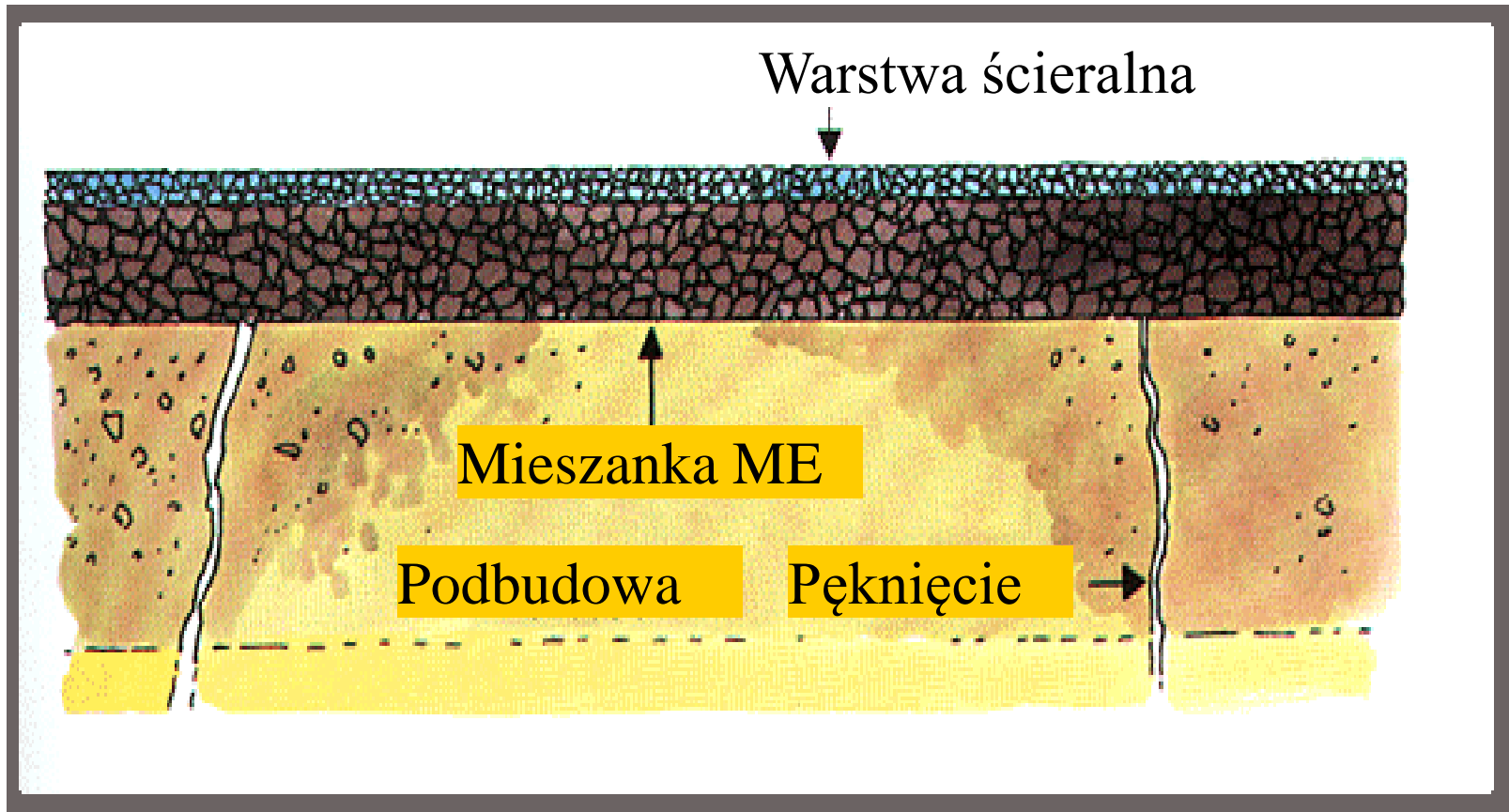
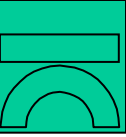
Pod kontrolą

- **Urabialność mieszanki**
- **Zagęszczenie warstwy**
- **Wodoprzepuszczalność warstwy**
- **Schnięcie warstwy nawierzchni**
- **Przyczepność lepiszcza do kruszywa**

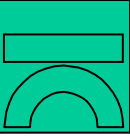


Brak kontroli

- Nasycenie wolnych przestrzeni wodą jest zawsze duże, około 65%
- Warunek : całą wodę należy usunąć, aby kohezja mogła wzrosnąć (dodatki)
- To zabiera czas (kilka godzin w najlepszym czasie) aby uzyskać kohezję
- ⇒ Warunki pogodowe mają duże znaczenie
- ⇒ Kohezja jest słaba dokąd przeważa efekt smarowania

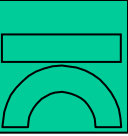


Przekrój przez warstwę wzmocnionej nawierzchni



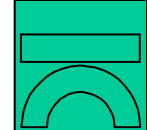
Rodzaje ME

Typ	Zastosowanie	Uziarnienie
1	Do wypełnień, kolein, korekt przekroju poprzecznego	ME 1/10, ME 1/12,8
2	Do dolnych warstw podbudowy	ME 2/10, ME 2/12,8, ME 2/16
3	Do górnych warstw podbudowy lub warstw wiązących na drogach o lekkim ruchu	ME 3/10, ME 3/12,8, ME 3/16



Uziarnienie mieszanki ME

Mieszanka GE	Typ 1		Typ 2 i Typ 3		
	GE 1/10	GE 1/12.8	GE 2/10 GE 3/10	GE 2/12,8 GE 3/12,8	GE 2/16 GE 3/16
Przechodzi przez sito	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)
16	-	-	-	-	85
12.8	100	95	100	95	-
10	95	-	95	-	-
6.3	60	60	55	58	55
2	40	40	38	36	33
0.5	19	19	18	18	17
0.075	7	7	7	7	6



Wymagania dla mieszanki ME

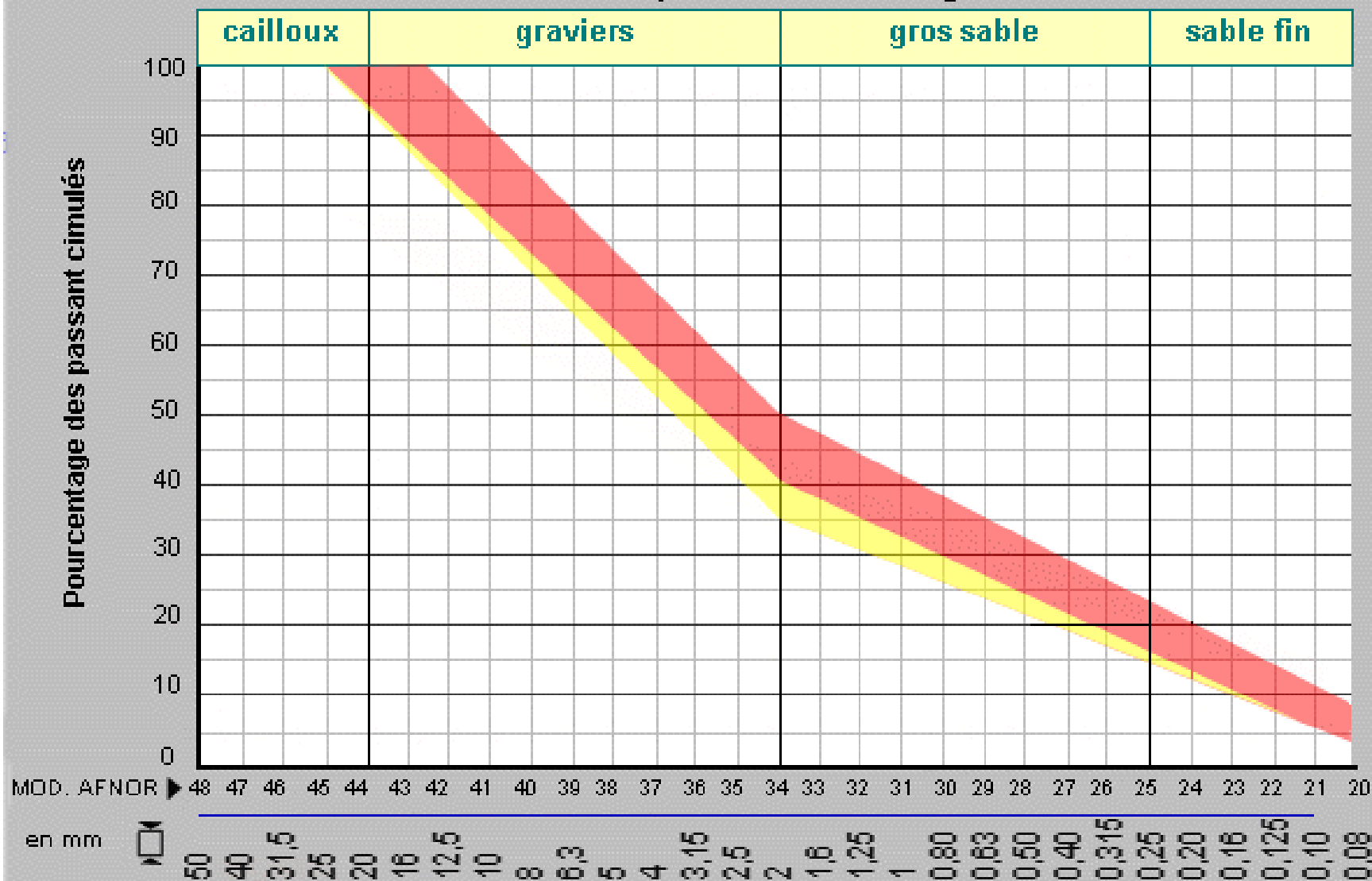
Próba Duriez	Typ 1	Typ 2	Typ 3
Zawartość wolnej przestrzeni, % v/v	<12	<15	<13
Wyrzymałość na ściskanie R, MPa			
Próbki z asfaltem D 200 (150/200)	>2,8	>2	>2,5
Próbki z asfaltem D 100 (70/100)	>3,8	>3	>3,5
Próbki z asfaltem D 70 (50/70)	>4,5	>3,5	>4
Próbki z innym lepiszczem	>4,5	>4	>4
Stosunek wytrzymałości r/R	>0,55		

Składy mieszanek mineralnych



Rodzaj kruszywa, rodzaj mieszanki	Zawartość frakcji, % (m/m)								
	mączka	0/4	2/5	2/8	4/8	4/10	6,3/12,8	8/16	10/12,8
Bazalt z Wilkowa MB	-	50	10	-	10	-	-	30	-
Dolomit z Siewierza, MD	-	45	-	-	-	30	-	-	25
Grys pomiedziowy z Głogowa MPm	4	22	-	24	-	-	22	-	-

Fuseau de spécification de la grave 0/14



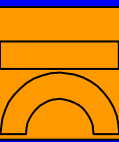
Wyniki badań emulsji A i B



Lp.	Właściwości, jednostki	Wyni ki A	Wyni ki B	Wymagania wg EmA-99
1	Zawartość lepiszcza, % (m/m)	63,7	64,9	od 54 do 66
2	Indeks rozpadu, g/100g	189,2	190,0	> 120
3	pH fazy wodnej	2,0	3,5	-

Emulsje A i B wykonane zostały z asfaltu D-100 Płock, o gęstości $\rho_a = 1,02 \text{ g/cm}^3$, z użyciem emulgatora Polyram L-80.

Emulsja A zastosowana została do mieszanki z kruszywem bazaltowym i pomiedziowym, natomiast emulsja B do mieszanki z kruszywem dolomitowym.



Składy mieszanek GE

kruszywo wg składów MB i MPm

woda zarobowa w ilości 1,8 %,

regulator czasu rozpadu Stabiram AD

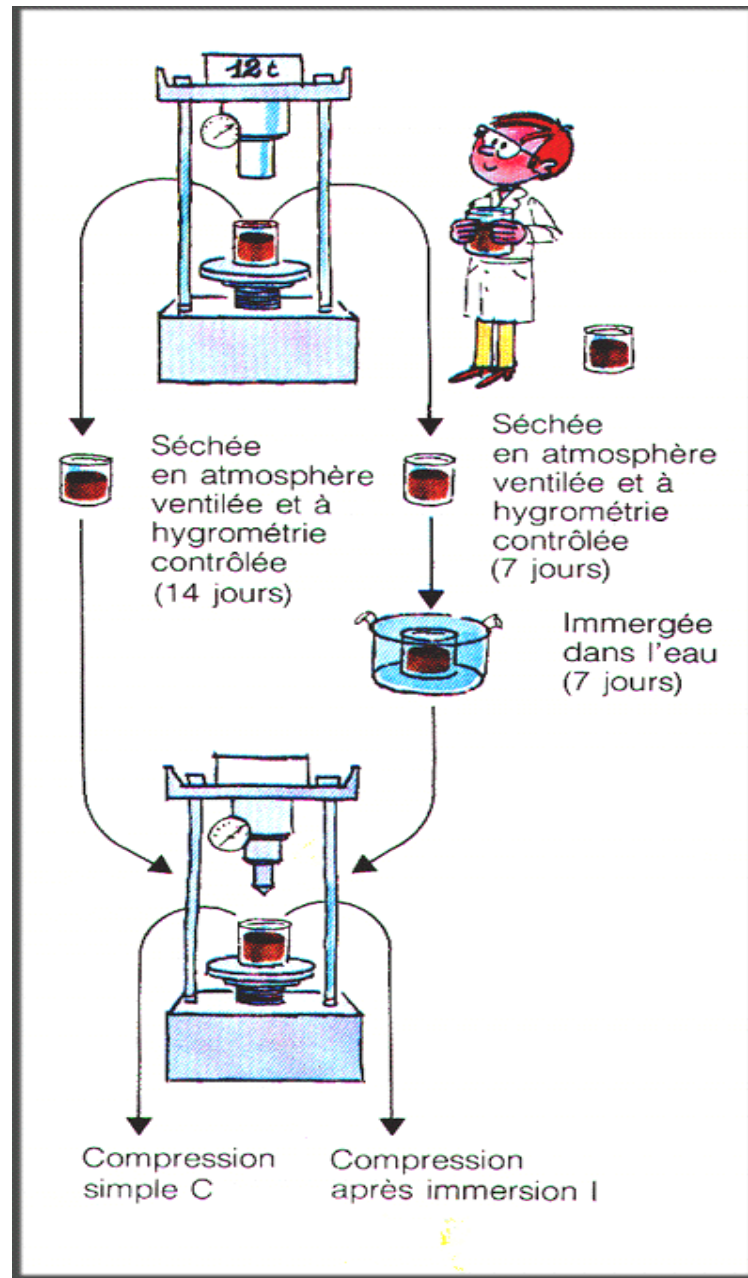
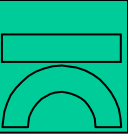
**emulsję asfaltową A w ilości 5,9 % (3,6 % asfaltu),
6,5 % (4,0 % asfaltu) oraz 7,2 % (4,4 % asfaltu)**

kruszywo wg składu MD

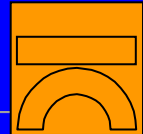
wodą zarobową w ilości 1,8 %,

regulator czasu rozpadu Stabiram AD

**emulsją asfaltową B w ilości 5,4 % (3,5 % asfaltu),
6,2 % (4,0 % asfaltu) oraz 6,9 % (4,5 % asfaltu).**

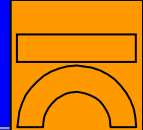


Wyniki badań mieszanek MB, MD oraz MPm

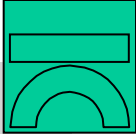


Lp	Rodzaj mieszanki	Zawartość asfaltu Z_L , % (m/m)	Wolna przestrz. % (V/V)	Wytrzymałość R MPa	Wytrzymałość na ściskanie po zanurzeniu w wodzie, r MPa	Stosunek r/R
1	MB	3,6	13,8	3,6	3,1	0,86
2		4,0	12,8	3,8	3,8	1,00
3		4,4	11,9	3,5	3,7	1,06
4	MD	3,5	10,8	3,9	1,7	0,44
5		4,0	9,7	4,0	2,8	0,70
6		4,5	9,0	3,0	2,7	0,90
7	MPm	3,6	12,5	3,5	1,8	0,51
8		4,0	12,7	3,6	2,0	0,55
9		4,4	10,2	3,7	2,0	0,54 ⁵⁰

Wyniki badań mieszanek MB, MD oraz MPm

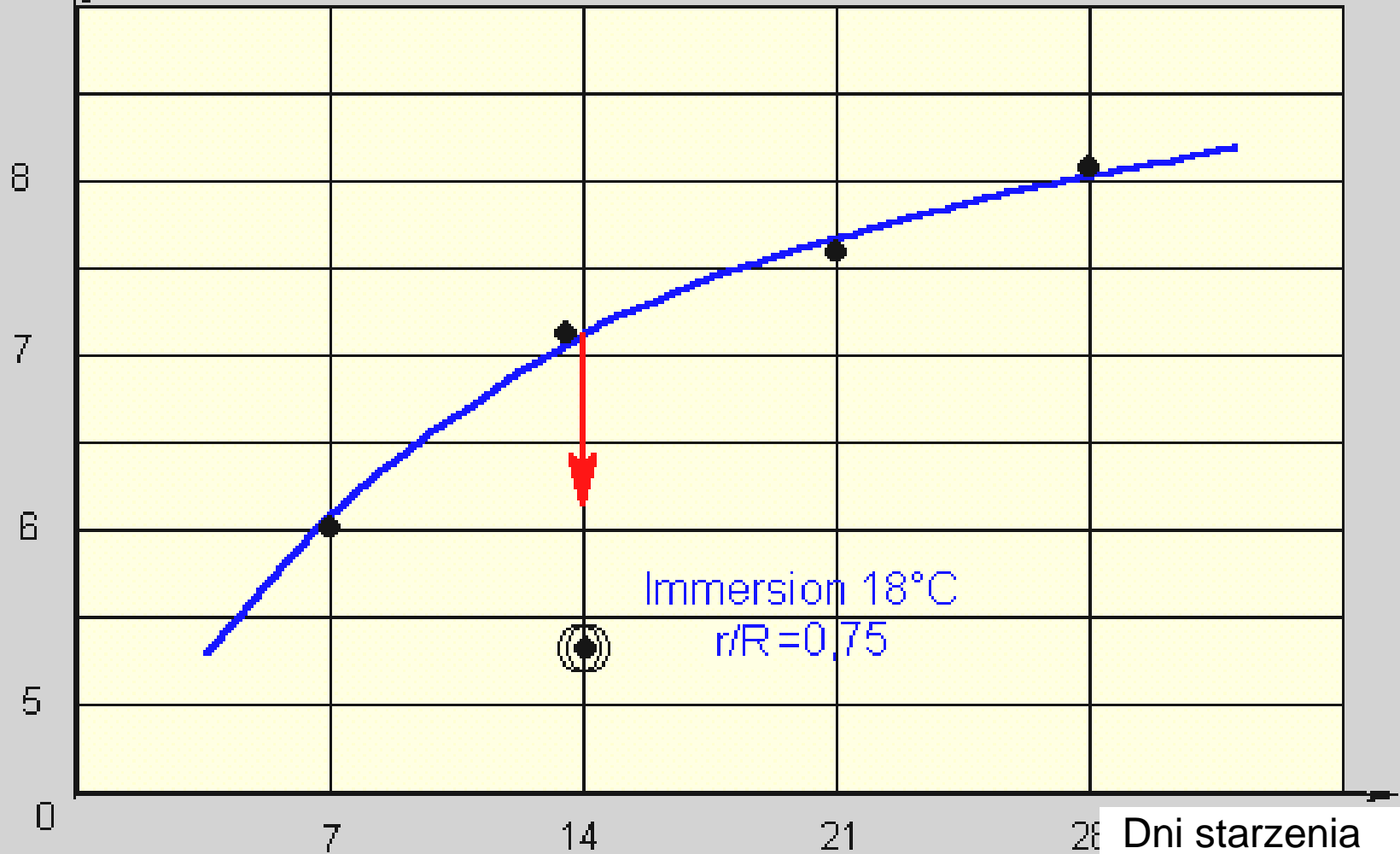


Lp.	Rodzaj mieszanki	Zawartość asfaltu Z_L , % (m/m)	Wolna przestrzeń % (V/V)	Wytrzymał. R MPa	Wytrzymałość na ściskanie po zanurzeniu w wodzie, r MPa	Stosunek r/R
1	MB	3,6	13,8	3,6	3,1	0,86
2		4,0	12,8	3,8	3,8	1,00
3		4,4	11,9	3,5	3,7	1,06
4	MD	3,5	10,8	3,9	1,7	0,44
5		4,0	9,7	4,0	2,8	0,70
6		4,5	9,0	3,0	2,7	0,90
7	MPm	3,6	12,5	3,5	1,8	0,51



Wytrzymałość na ściskanie met. Duriez

R 18°C
(MPa)

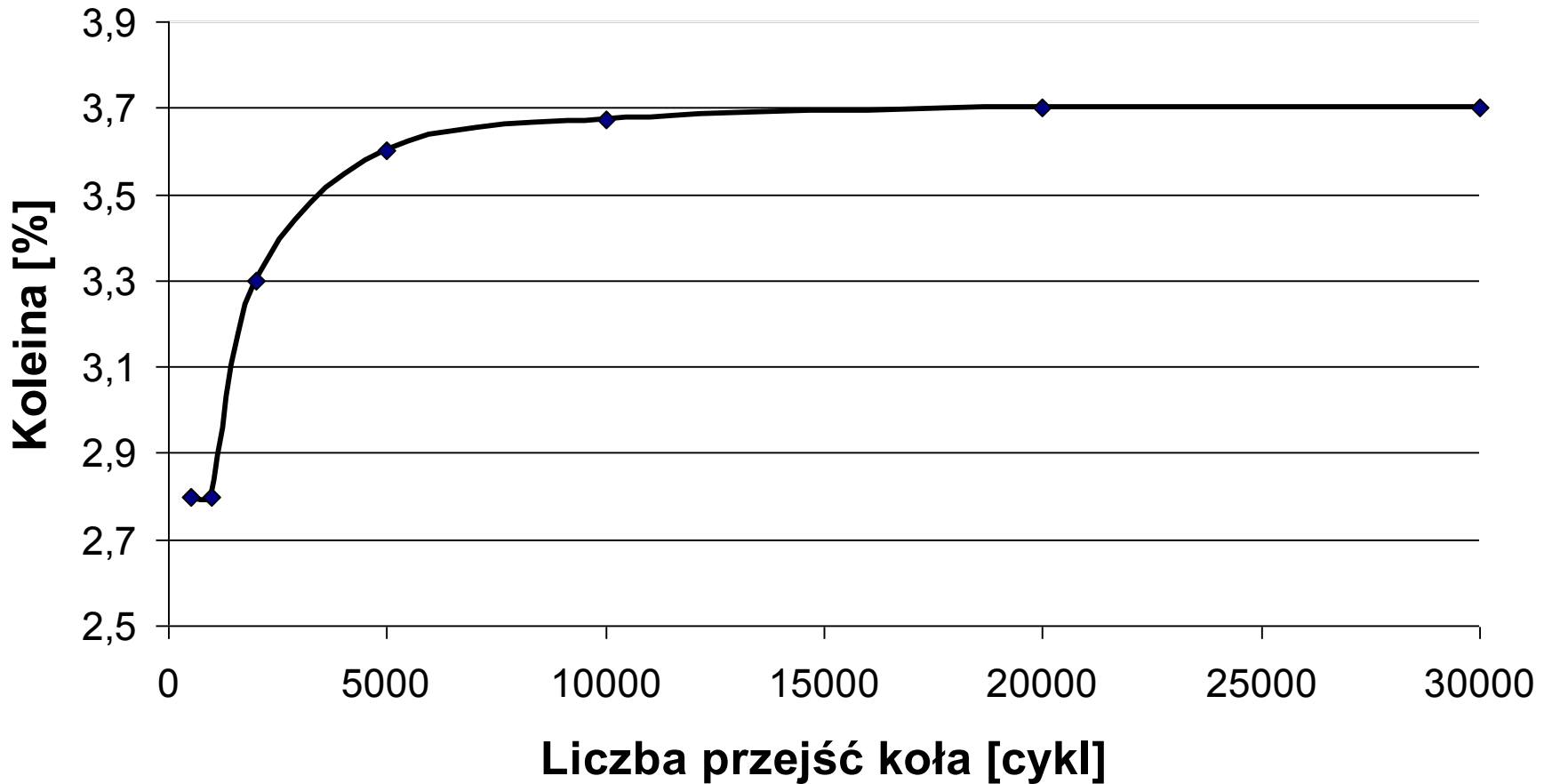
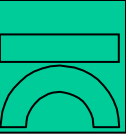


Dni starzenia

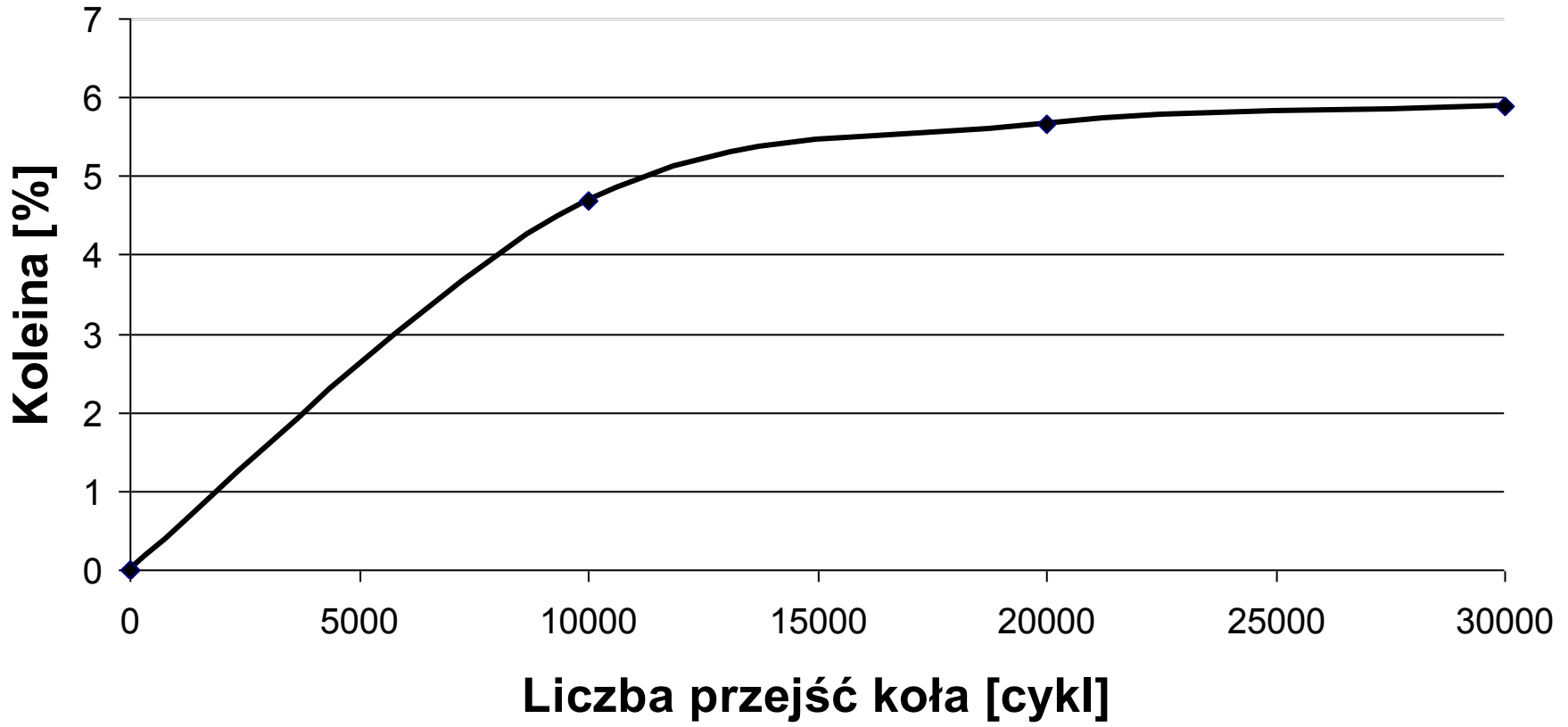
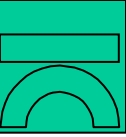


Badanie odporności na koleinowanie

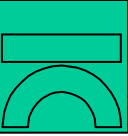
- ❖ wykonano francuskim koleinomierzem MLPC zgodnie z normą NF P 98-253.1
- ❖ warunki badania
 - ◆ temperatura badania $60 \pm 2^\circ\text{C}$,
 - ◆ skok opony $410 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$,
 - ◆ częstotliwość ruchu koła: $1 \text{ Hz} \pm 0,1 \text{ Hz}$,
 - ◆ ciśnienie w oponie: $6 \text{ bar} \pm 0,1 \text{ bar}$ na początku badania,
 - ◆ obciążenie ruchome $5000 \text{ N} \pm 50 \text{ N}$ pomierzone statycznie na środku próbki,
 - ◆ odchylenie osi śladu od osi teoretycznej próbki $< 5 \text{ mm}$,



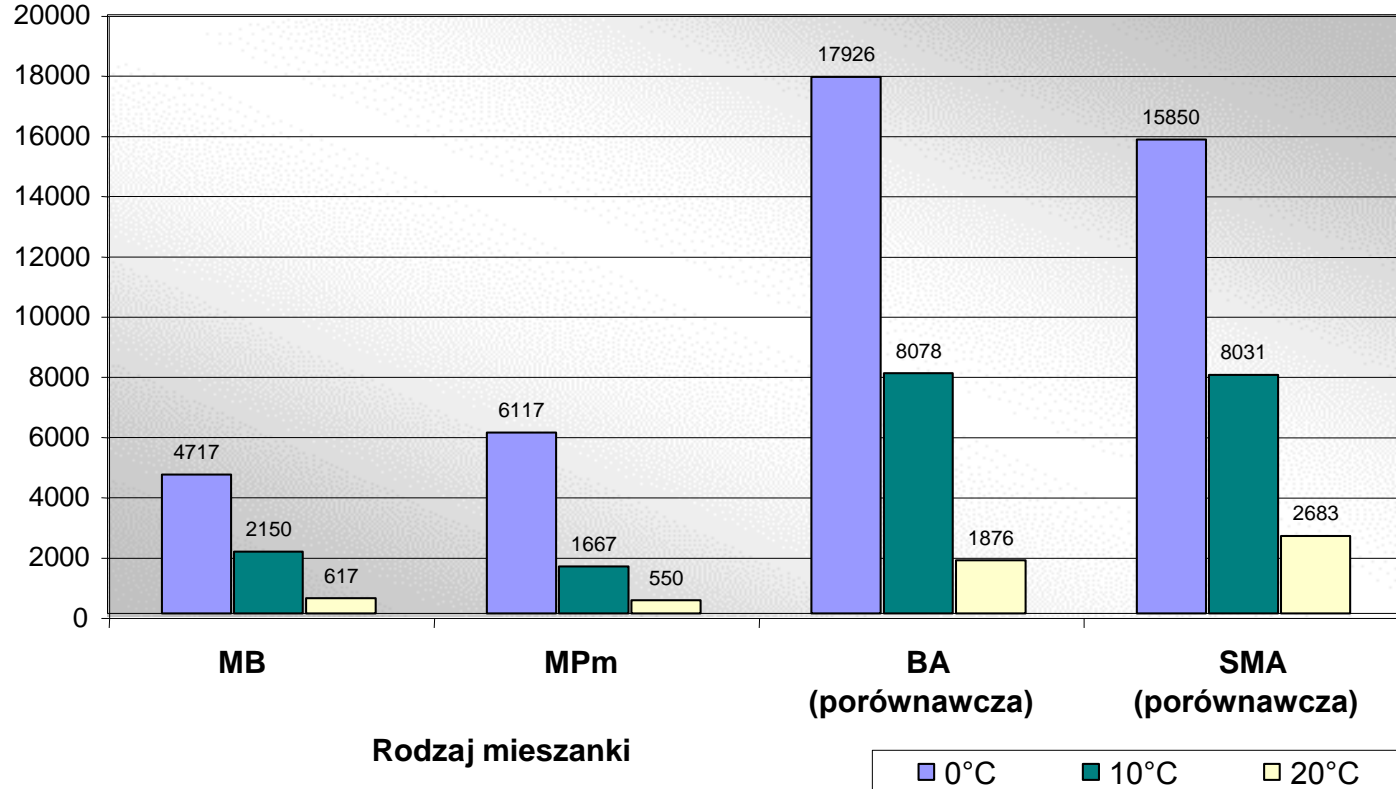
Rys. 1 Zależność skoleinowania od liczby przejazdów koła koleinomierza w próbkach mieszanki mineralno-emulsyjnej MB



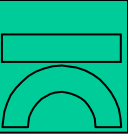
Rys. 2. Zależność skoleinowania od liczby przejazdów koła koleinomierza w próbkach mieszanki porównawczej BA 0/20 mm



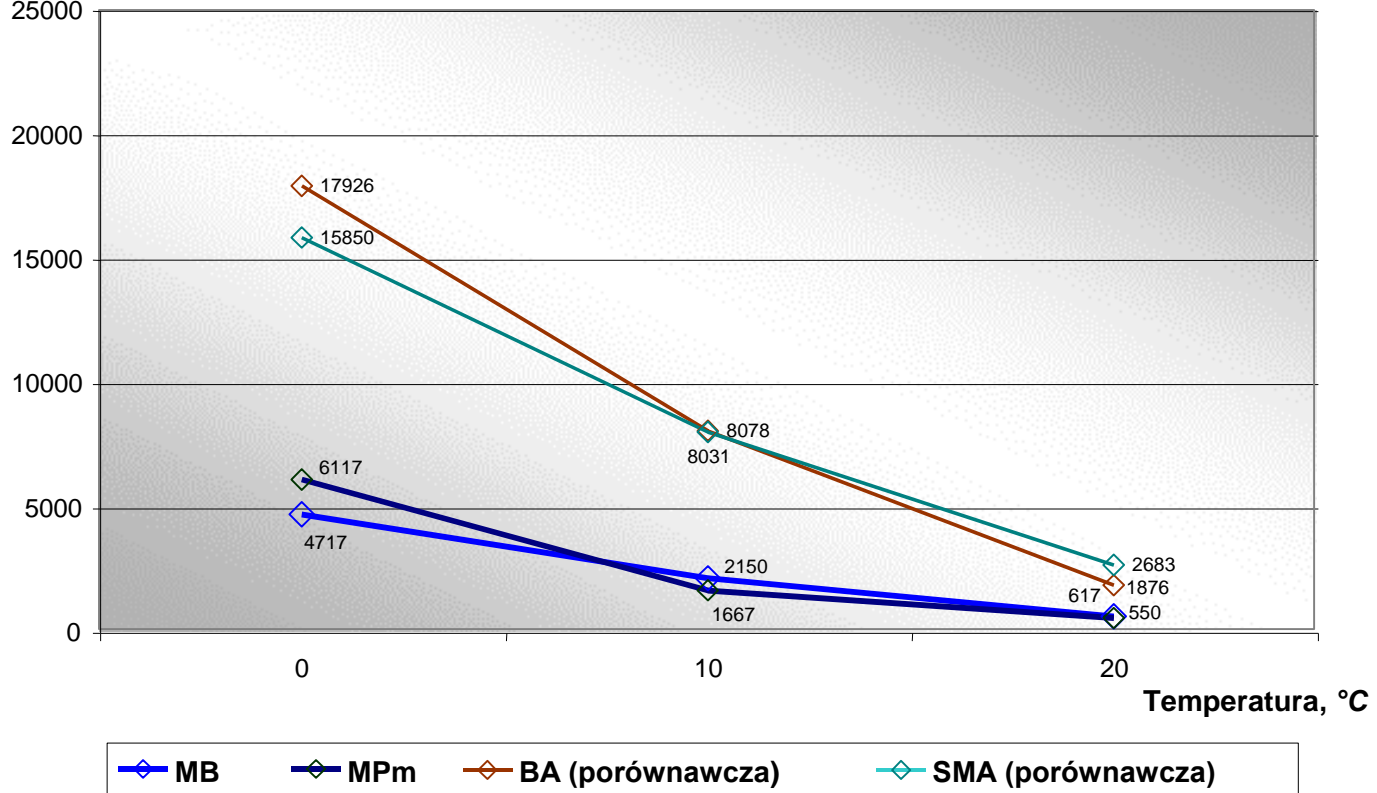
Moduł sztywności, MPa



Zbiorcze zestawienie oznaczonych modułów sztywności – mieszanki MB, MPm oraz mieszanki porównawcze BA oraz SMA



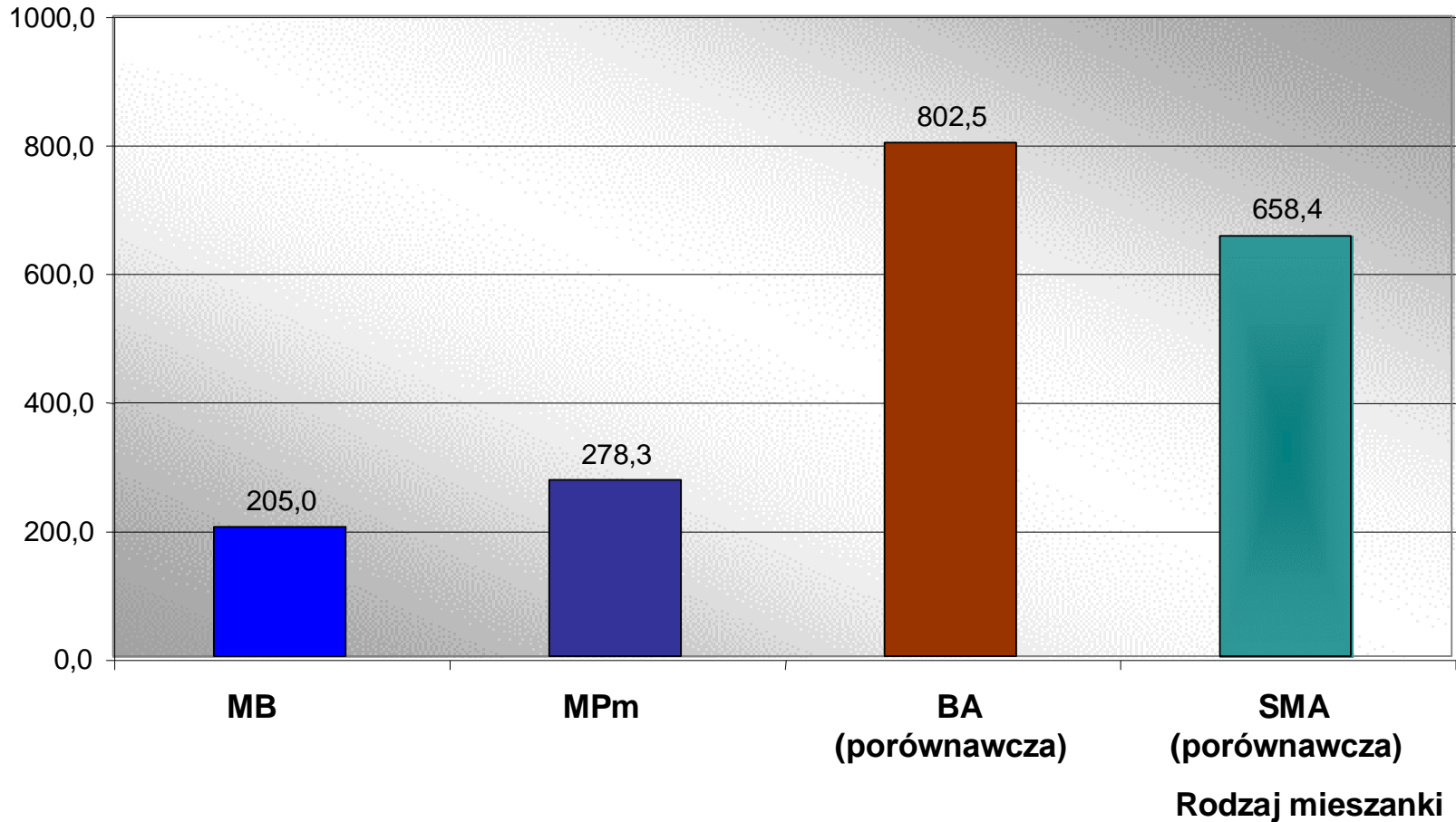
Moduł sztywności
MPa



Rys. 4 Zmiana modułu sztywności w przedziale temperatur od 0°C do 20°C

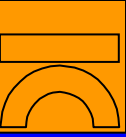


**Wus,
MPa/°C**



Rys. 5 Wskaźnik usztywnienia Wus mieszanek żwirowo-emulsyjnych

WNIOSKI



- spośród 3 badanych kruszyw najlepsze wyniki uzyskano z bazaltem, z uwagi na uzyskaną odporność na wodę, niemniej jednak także dolomit i kruszywo pomiedziowe mogą być z powodzeniem stosowane, gdyż udaje się uzyskać wyniki badań spełniające wymagania ($R=3,8 \text{ MPa}$, $r/R=0,55$ dla asfaltu D100),
- zastosowane wolnorozpadowe emulsje asfaltowe wytworzone z emulgatorem Polyram L-80 i z użyciem asfaltu płockiego umożliwiają pełne otoczenie mieszanki mineralnej, zapewniając dobrą przyczepność. Zastosowany dodatkowo regulator czasu rozpadu Stabiram AD poprawia właściwości adhezyjne i zwilżalność grysów,
- we wszystkich przypadkach dodatek emulsji asfaltowej w ilości 6,5 % (*m/m*) przy dodatku wody zarobowej 1,8 % (*m/m*) jest optymalny ze względu na uzyskiwaną wytrzymałość.
- odporność na koleinowanie jest, zgodnie z oczekiwaniami, wyjątkowo duża i wartość skoleinowania wynosi jedynie 3,7 %,
- uzyskane wartości odporności na koleinowanie są większe od badanego porównawczo betonu asfaltowego.
- moduły sztywności zarówno w niskiej temperaturze (0 °C) jak i w wysokiej (20 °C) w przypadku badanych mieszanek MB i MPm są zdecydowanie niższe niż moduły mieszanek porównawczych BA i SMA,
- obliczony wskaźnik usztywnienia W_{us} wskazuje na mniejszą wrażliwość termiczną mieszanek MB i MPm, co oznacza, że mieszanki te wykazują mniejszą zmianę sztywności przy zmianie temperatury.



Pierzchnica