



INSTYTUT BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW

ROAD AND BRIDGE
RESEARCH INSTITUTE



WŁAŚCIWOŚCI FUNKCJONALNE BETONU ASFALTOWEGO

Wojciech Bańkowski

Stryków, 06.11.2019

Informacja o projekcie

RID I/25



Asfalty drogowe i modyfikowane w polskich warunkach klimatycznych

**Politechnika Warszawska (Lider)
Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Politechnika Gdańska**

„Projekt realizowany w ramach wspólnego przedsięwzięcia RID, finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad: Asfalty drogowe i modyfikowane w polskich warunkach klimatycznych”



INSTYTUT BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW
ROAD AND BRIDGE
RESEARCH INSTITUTE



Zadanie 7

- **KOMPLEKSOWA CHARAKTERYSTYKA MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH W WARUNKACH LABORATORYJNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM MECHANIZMÓW ZNISZCZENIA NAWIERZCHNI**
- Cel: charakterystyka mieszanek mineralno-asfaltowych z uwzględnieniem wpływu obciążenia ruchem, czynników klimatycznych i środowiskowych oraz określenie parametrów do analiz obliczeniowych, dane do zadania 8
- Realizacja: IBDiM + Politechnika Gdańska



Realizacja zadania 7 – Podział prac

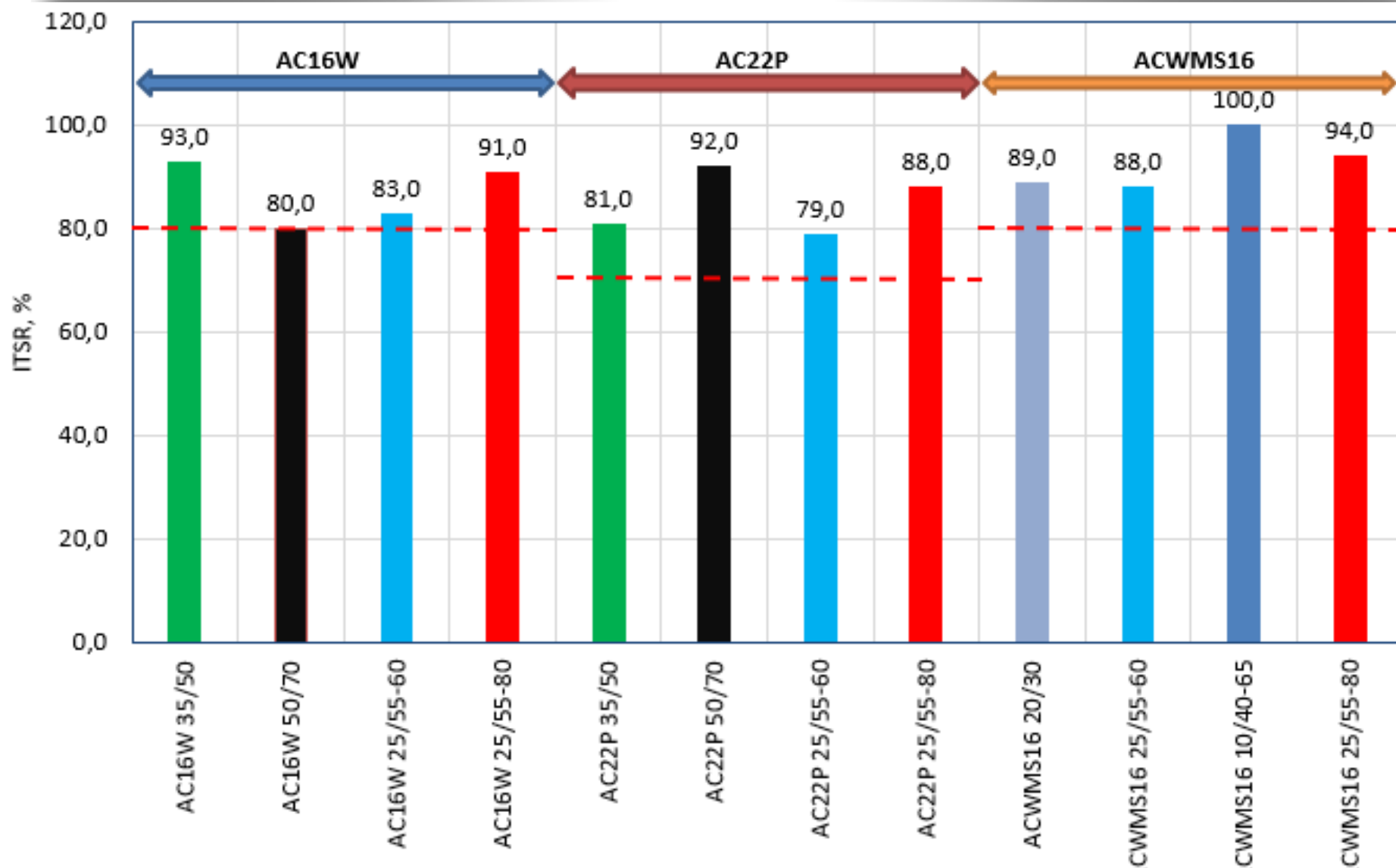
- Wybór reprezentatywnych mma do poszczególnych warstw
- Selekcja asfaltów (powiązanie z zadaniem 1 i 4)
- Wybór i zgromadzenie materiałów
- Opracowanie recept (BT) wg WT-2 2014
 - **IBDiM: warstwa wiążąca i podbudowa**
 - **PG: warstwa ścieralna**
- Badania zaawansowane (wpływ obciążenia i warunków klimatycznych)
 - **PG: SPT, pełzanie ze skrępowaniem bocznym, SCB, twardnienie fizyczne,**
 - **IBDiM: TSRST, ITSr, zmęczenie 4PB, moduł zespolony 4PB, ścinanie bezpośrednie AST**
- **Zakres prezentacji: Badania IBDiM**



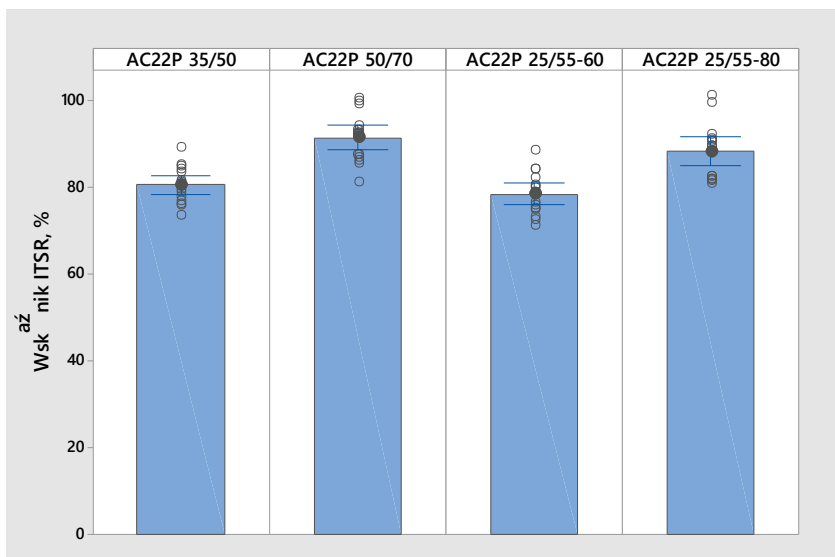
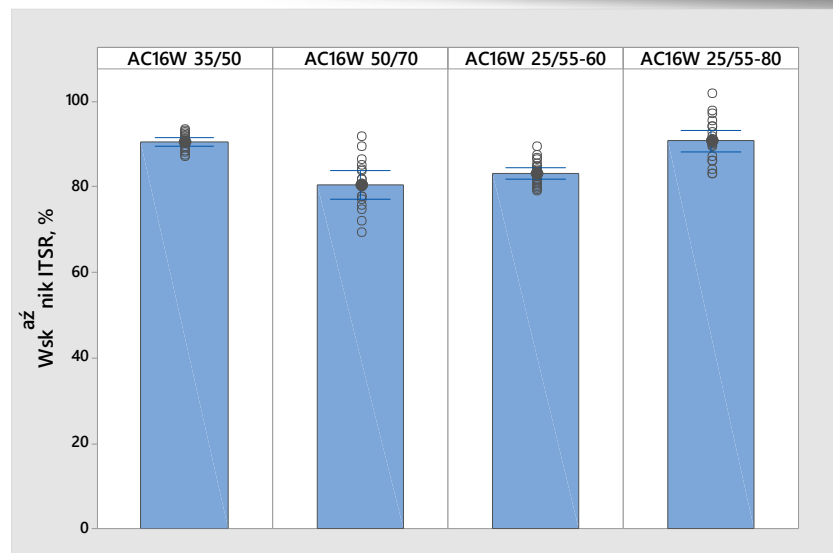
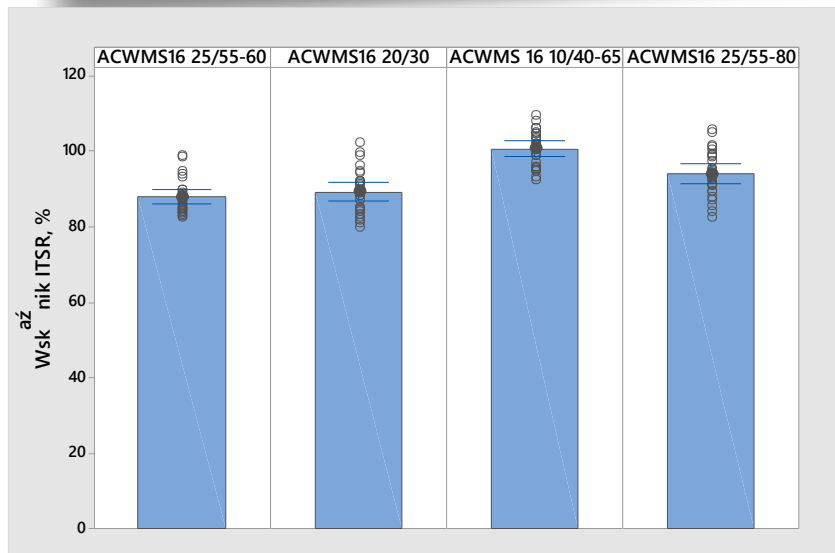
Plan badań

Warstwa podbudowy	AC22P				ACWMS16			
Asfalt	50/70	35/50	25/55-60	25/55-80	20/30	10/40-65	25/55-60	25/55-80
projekt recepty		X					X	
opracowanie recepty	X	X	X	X	X	X	X	X
wodoodporność ITSR	X	X	X	X	X	X	X	X
koleinowanie (m. aparat)	X	X	X	X				
Sztywność i zmęczenie 4PB	X	X	X	X	X	X	X	X
Warstwa wiążąca	AC16W				ACWMS16			
Asfalt	50/70	35/50	25/55-60	25/55-80	20/30	10/40-65	25/55-60	25/55-80
projekt recepty		X						
opracowanie recepty	X	X	X	X				
wodoodporność ITSR	X	X	X	X				
koleinowanie (m./d. aparat)	X	X	X	X	X	X	X	X
sztywność i zmęczenie 4PB	X	X	X	X				
odporność na pękanie SCB	X	X	X	X				
odporność na pękanie niskotemperaturowe wg TSRST	X	X	X	X	X	X	X	X
ścinanie wg AST	X	X	X	X				
moduł SPT	X*	X*	X*	X*	X*	X*	X*	X*
pełzanie	X*	X*	X*	X*	X*	X*	X*	X*

Wodoodporność - ITSR

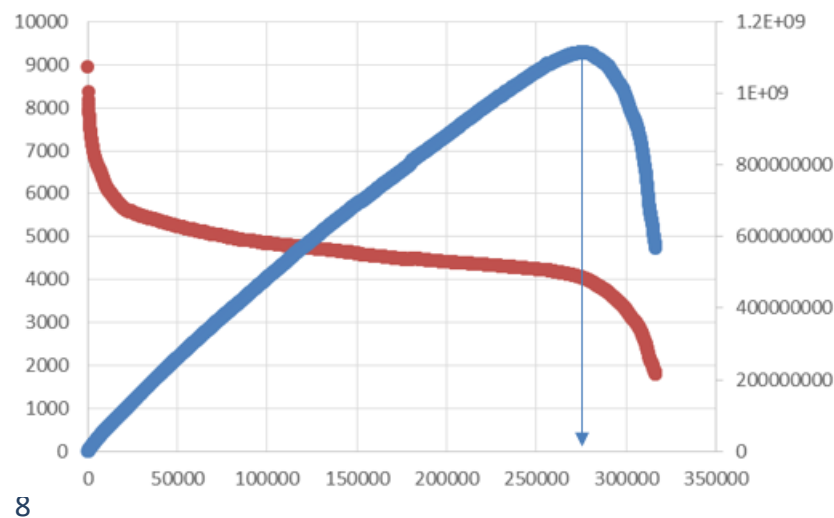
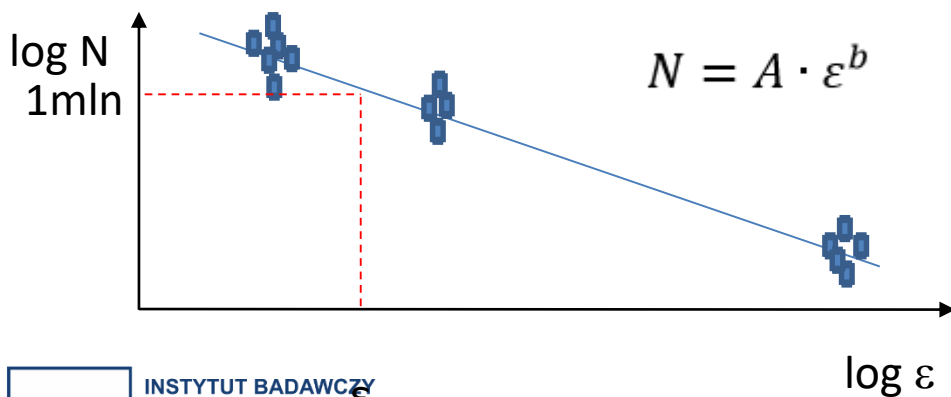
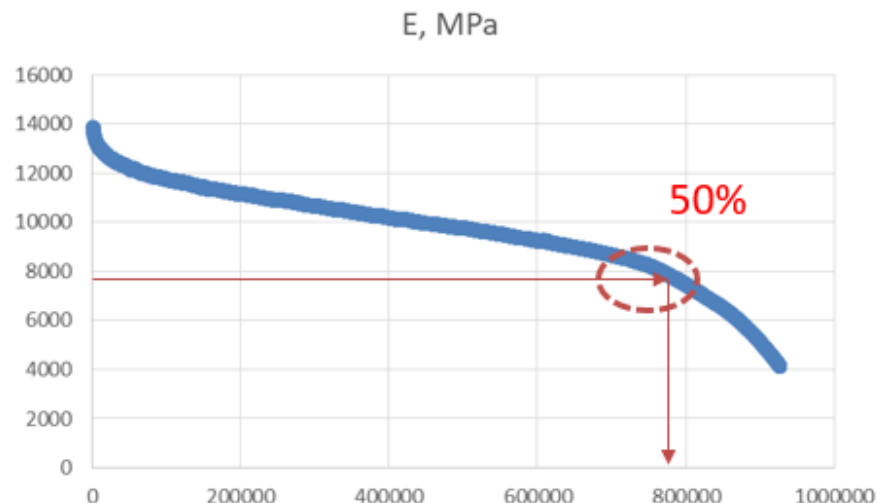
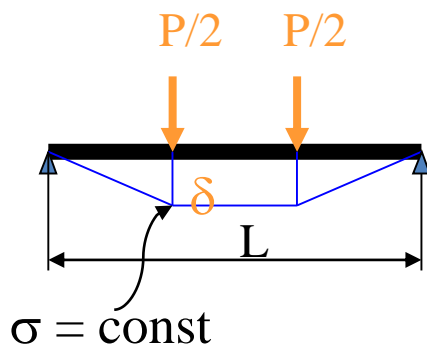
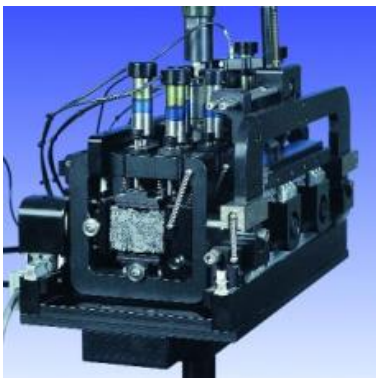


ITSR

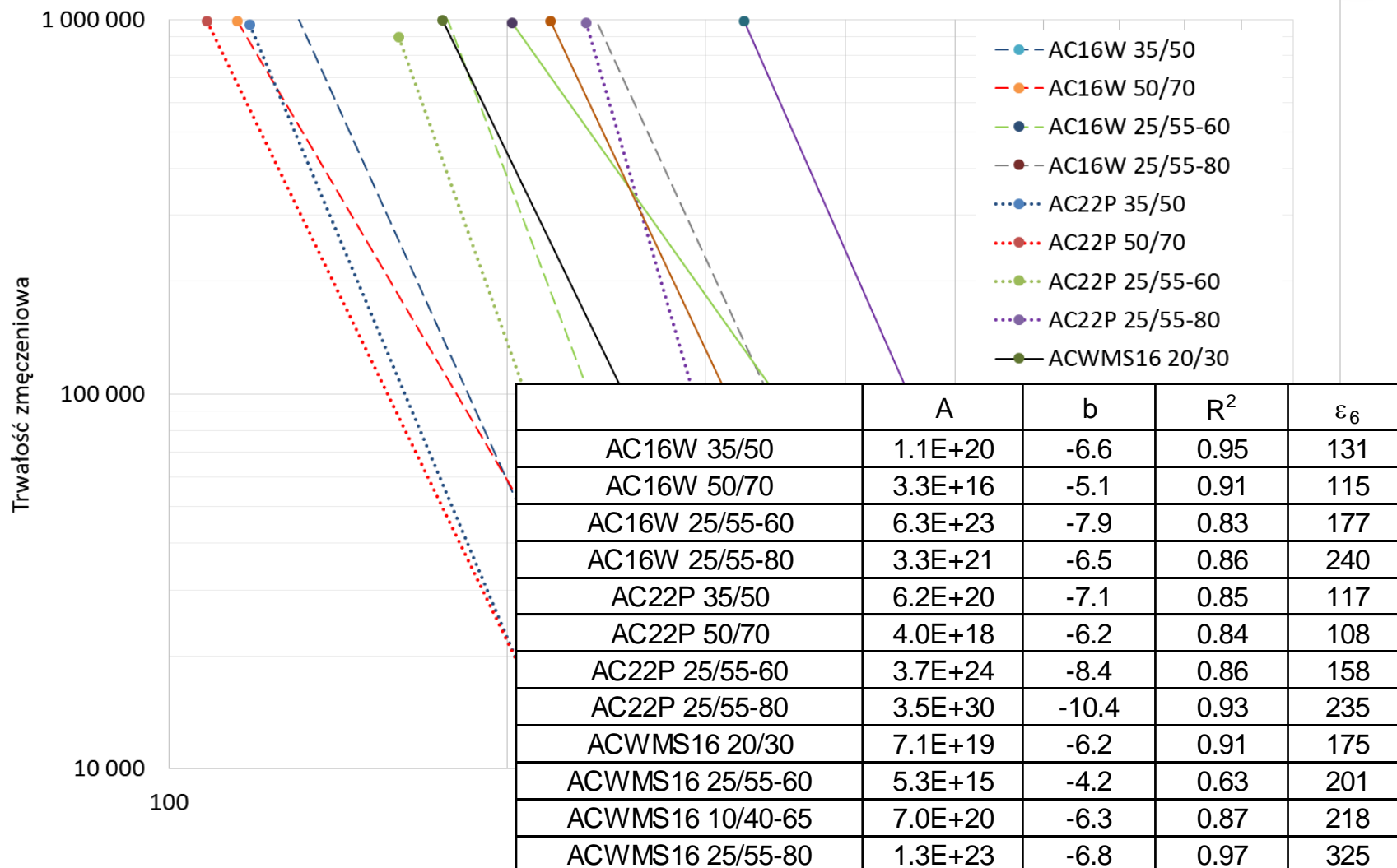


Asfalt \ mieszanka	ACWMS16	AC16W	AC22P
10/40-65	1		
25/55-80	2	1	1
20/30	3		
25/55-60	3	3	3
35/50		1	3
50/70		3	1

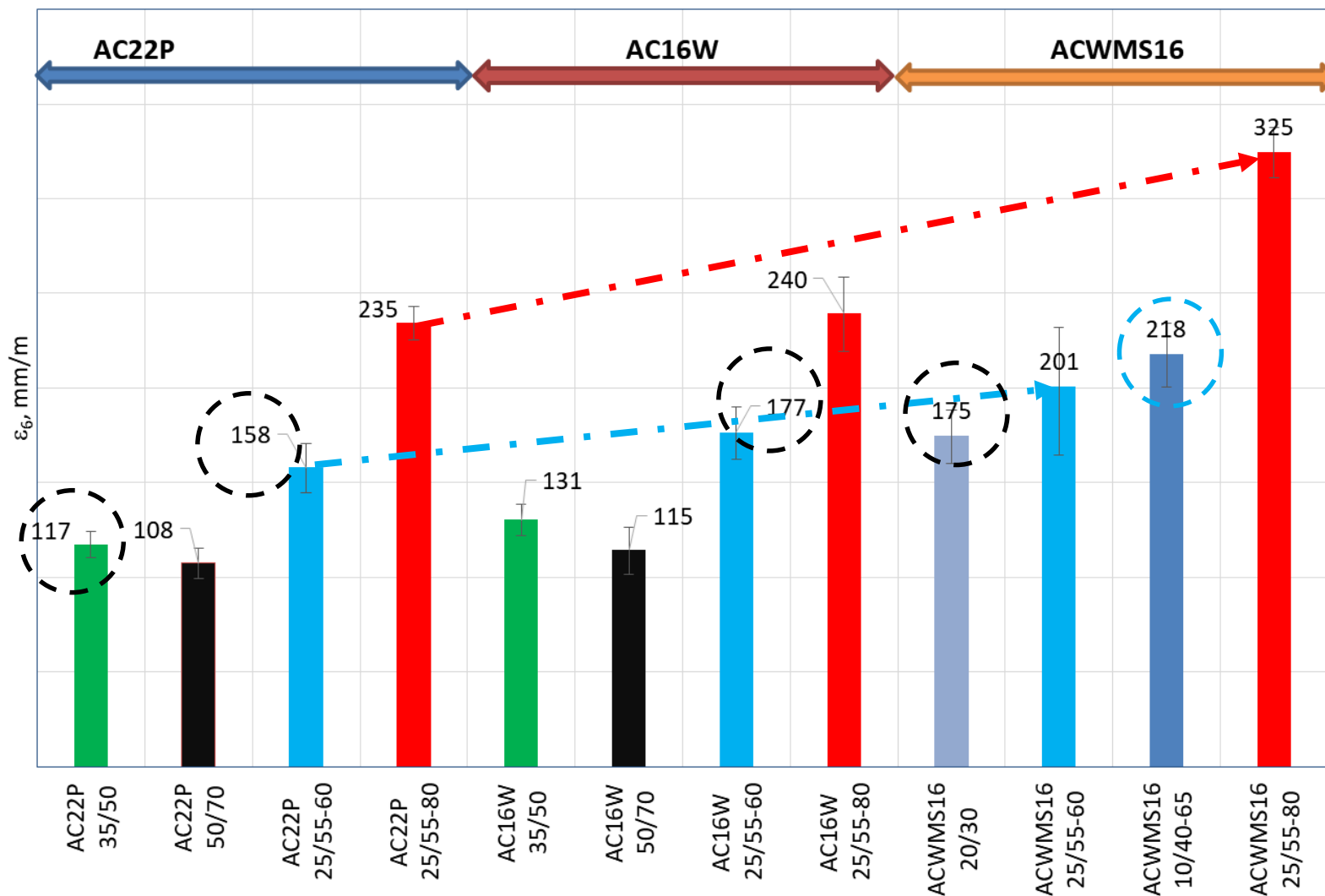
Trwałość zmęczeniowa – metoda badania



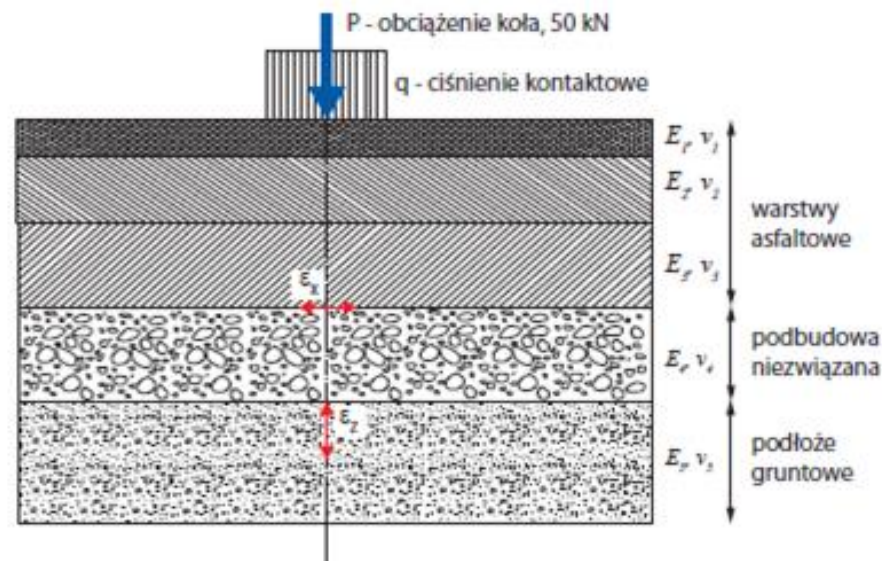
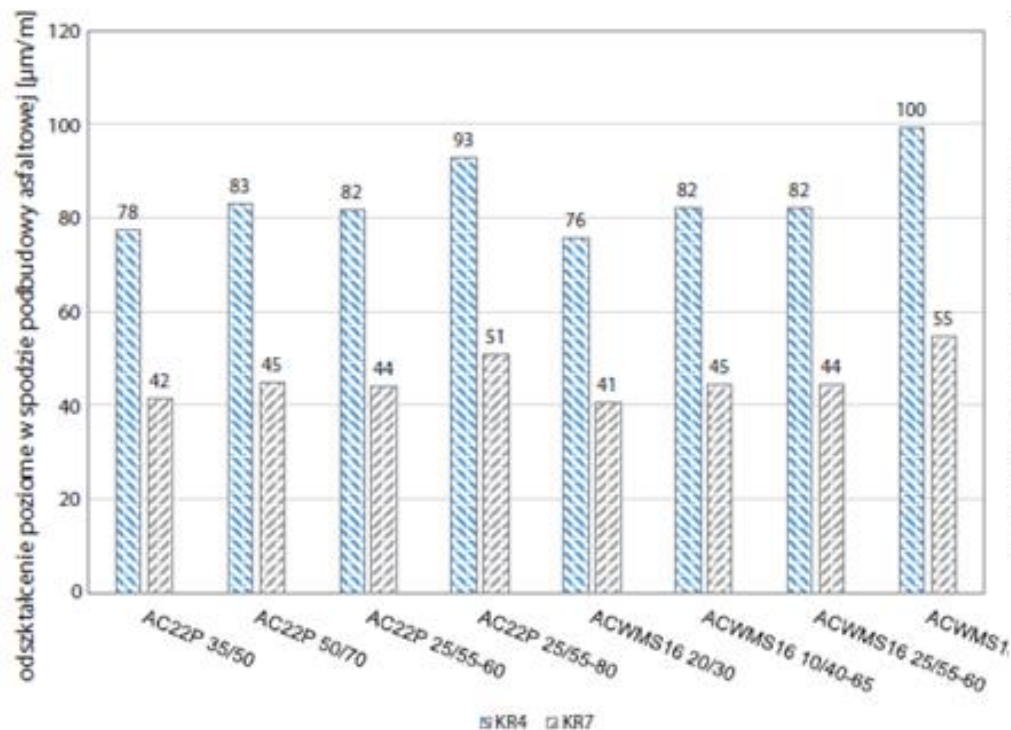
Trwałość zmęczeniowa



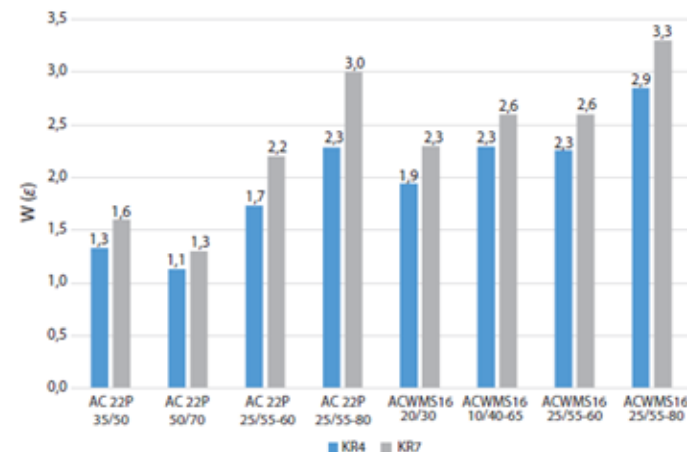
Trwałość zmęczeniowa ε_6



Analiza mechaniczna

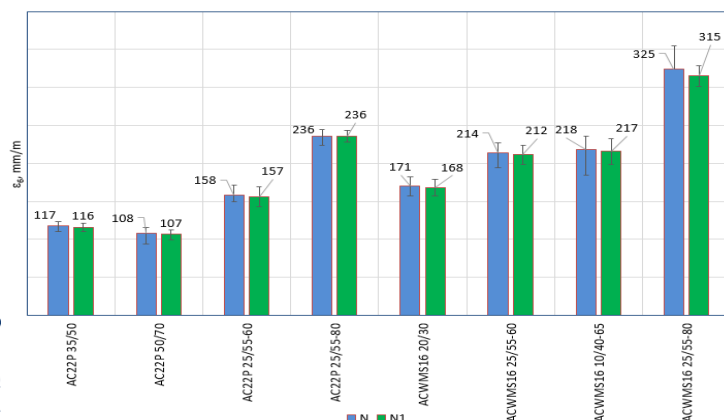


$$W(\varepsilon) = \frac{\varepsilon_{kryt}}{\varepsilon_{asf}}$$



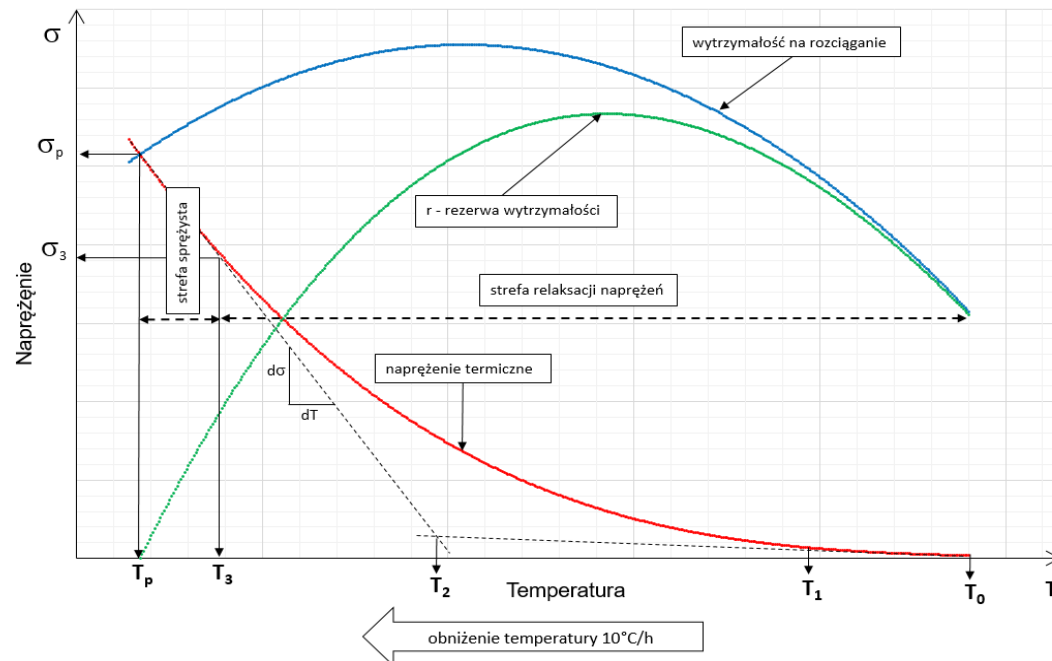
Trwałość zmęczeniowa ε_6

- **Silny wpływ asfaltu**, w kolejności HiMA, PMB, drogowe
- Silny wpływ rodzaju i składu mma (zawartość asfaltu, uziarnienie, wolna przestrzeń) – w kolejności **ACWMS, AC16W, AC22P**
- Metoda energetyczna nie wykazała istotnych różnic w charakterystykach zmęczeniowych
- Mieszanka **ACWMS 20/30** uzyskała wynik **na poziomie równym lub lepszym** niż mieszanki **AC22P 25/55-60**
- Analizy obliczeniowe (zad.8) konstrukcji potwierdzają wyniki z bezpośredniej analizy wyników zmęczeniowych



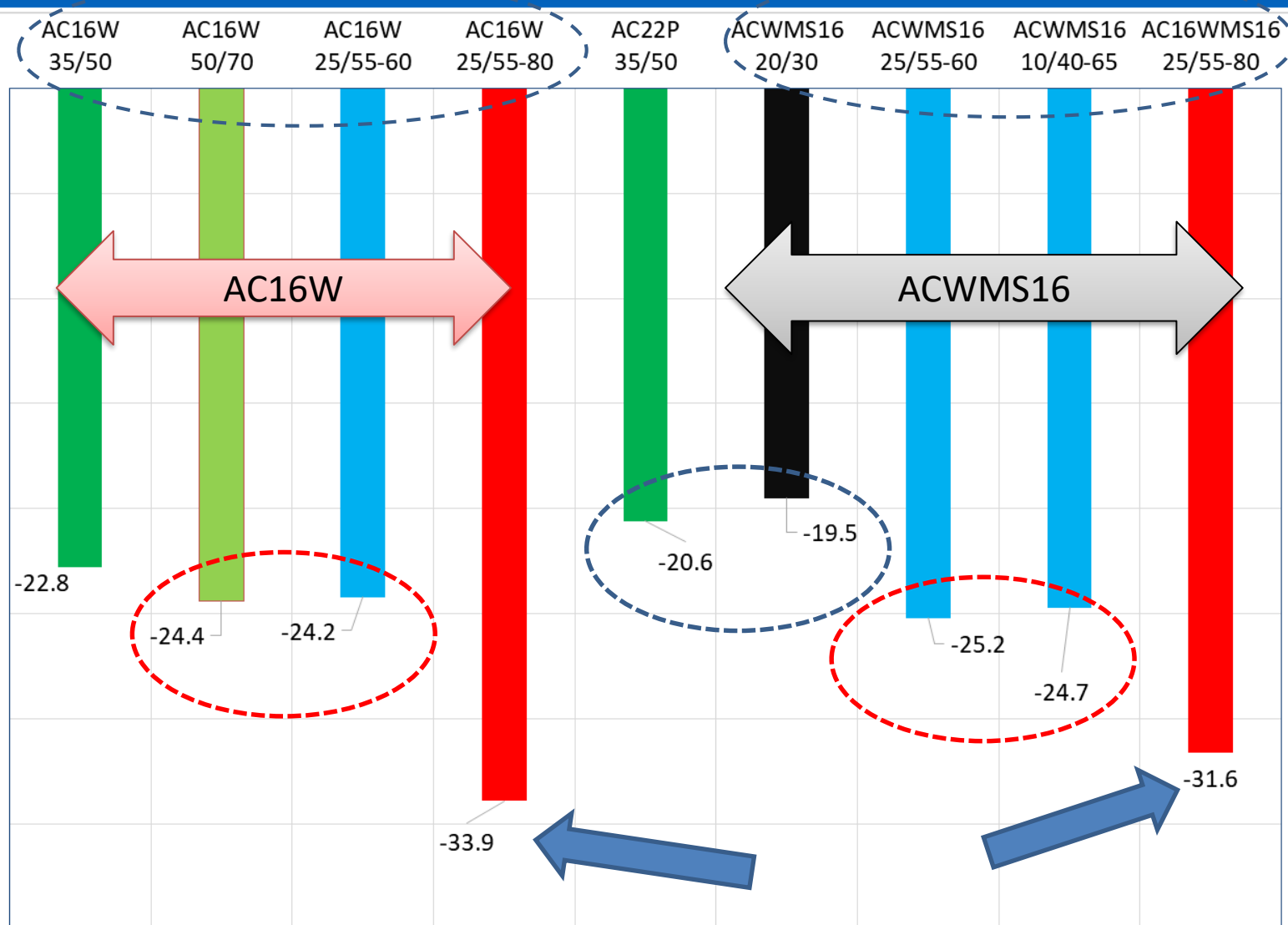
Odporność na pękanie niskotemperaturowe wg TSRST

- Wnioski z analizy stref klimatycznych (Politechnika Gdańska)
- Wnioski z badań asfaltów (Politechnika Warszawska i IBDiM)



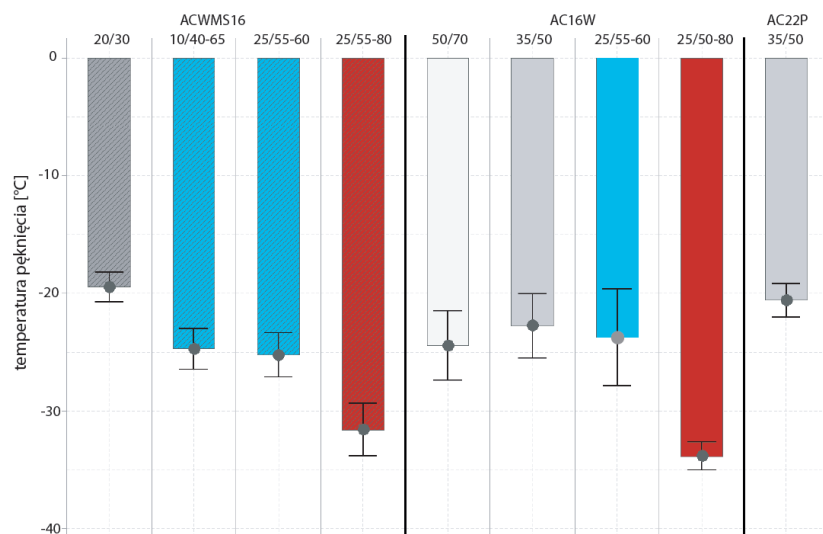
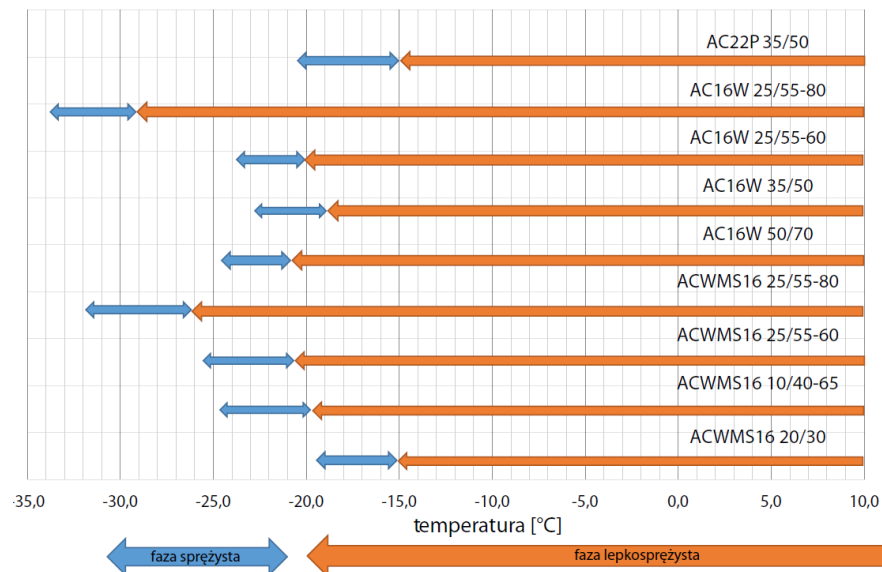
$$T_p^{TSRST} = T_p^{Naw} + 4^{\circ}\text{C}$$

TSRST – temperatura pęknięcia



TSRST – analiza wyników

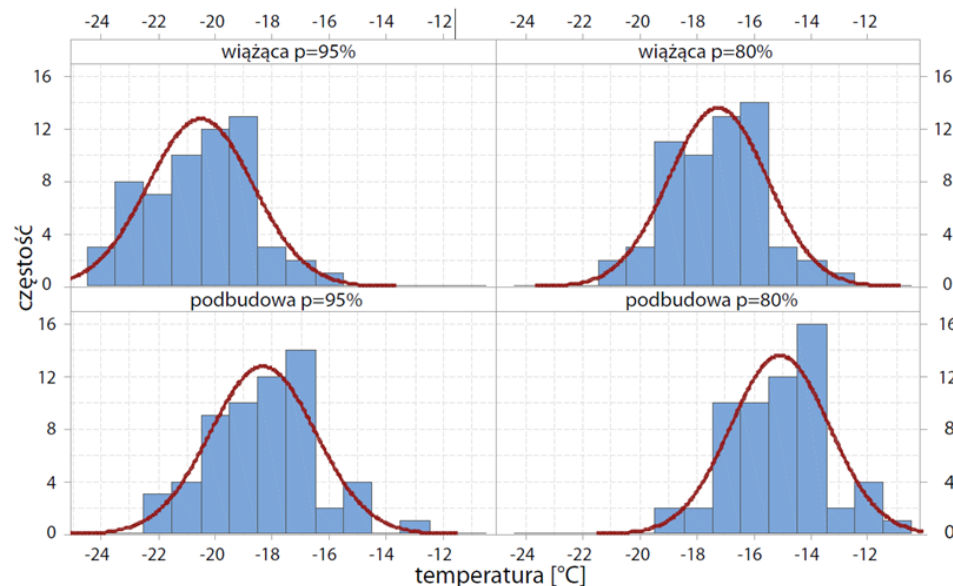
Ranking	Mieszanka	Temperatura pęknięcia, °C
1	AC16W 25/55-80	-33,8
2	ACWMS16 25/55-80	-31,6
3	ACWMS16 25/55-60	-25,2
	ACWMS16 10/40-65	-24,7
	AC16W 50/70	-24,4
	AC16W 25/55-60	-23,7
	AC16W 35/50	-22,8
	AC22P 35/50	-20,6
4	ACWMS16 20/30	-19,5



Ocena ryzyka pęknięcia niskotemperaturowego nawierzchni

$$T_{min}^d = -1,56 + 0,72 \cdot T_{air} - 0,004 \cdot \phi^2 + 6,26 \cdot \log_{10}(d + 25) - z \left(4,4 + 0,52 \cdot (\sigma_{air})^2 \right)^{0,5}$$

- T_{min}^d - minimalna temperatura nawierzchni na głębokości d [°C],
- T_{air} - minimalna temperatura powietrza [°C],
- ϕ - szerokość geograficzna stacji meteorologicznej [°],
- d - głębokość w nawierzchni [mm],
- σ_{air} - odchylenie standardowe minimalnej temperatury powietrza [°C],
- z - wielkość statystyczna, wynikająca z rozkładu normalnego temperatury:
 $z=1,65$ dla prawdopodobieństwa 95%,
 $z=0,84$ dla prawdopodobieństwa 80%.



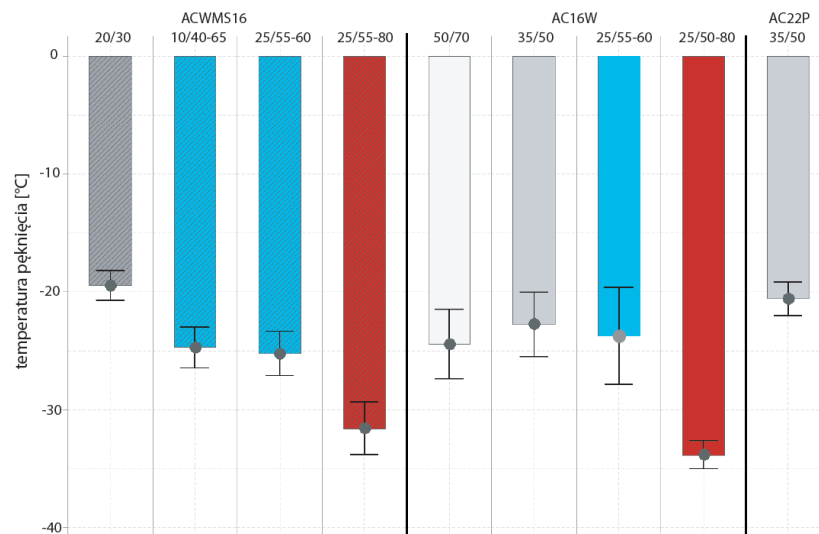
Wykres częstości występowania minimalnych temperatur w warstwie wiążącej i podbudowie wyznaczonych z prawdopodobieństwem 80 i 95%

Ocena ryzyka wystąpienia spękań termicznych w warstwie wiążącej i podbudowy

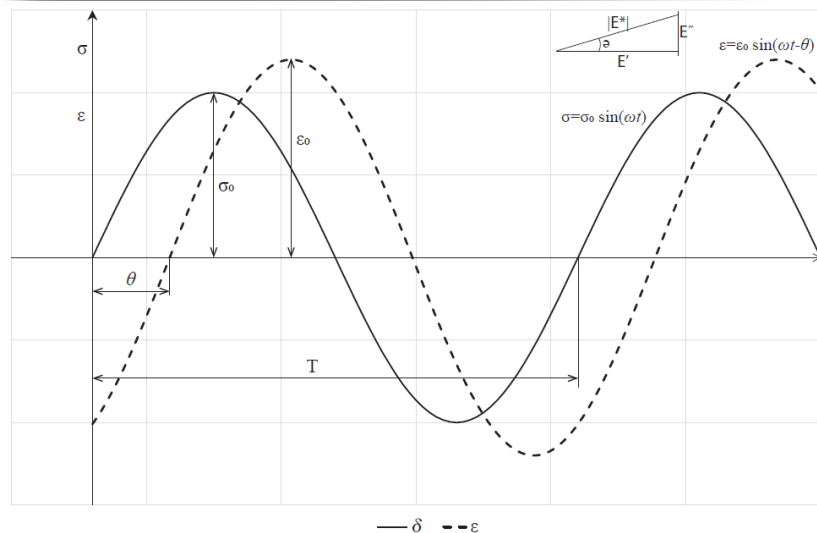
Konstrukcja	KR6-7		KR3-5	
	wiąząca	podbudowa	wiąząca	podbudowa
Mieszanka				
ACWMS16 20/30	35%	5%	1%	0%
ACWMS16 10/40-65	0%	0%	0%	0%
ACWMS16 25/55-60	0%	0%	0%	0%
ACWMS16 25/55-80	0%	0%	0%	0%
AC16W 50/70	7%		0%	
AC16W 35/50	14%		0%	
AC16W 25/55-60	2%		0%	
AC16W 25/55-80	0%		0%	

TSRST – temperatura pęknięcia

- Najlepsze wyniki mieszanki z HiMA ($< -30^{\circ}\text{C}$), dalej PMB (-24 do -25°C), drogowe (-20 do -23°C)
- **Silny wpływ asfaltu na wyniki**
- Oczekiwane temperatury pęknięcia nawierzchni są niższe niż z badań TSRST (do -4°C)
- Uwzględnienie wyników w doborze asfaltów w Projekcie RID
- **Rekomendacja stosowania TSRST w wymaganiach WT-2**

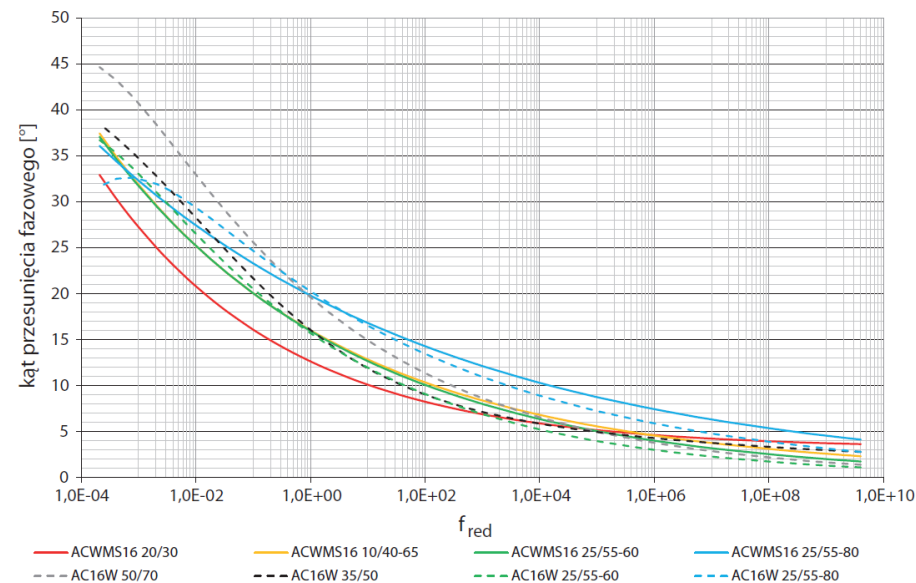
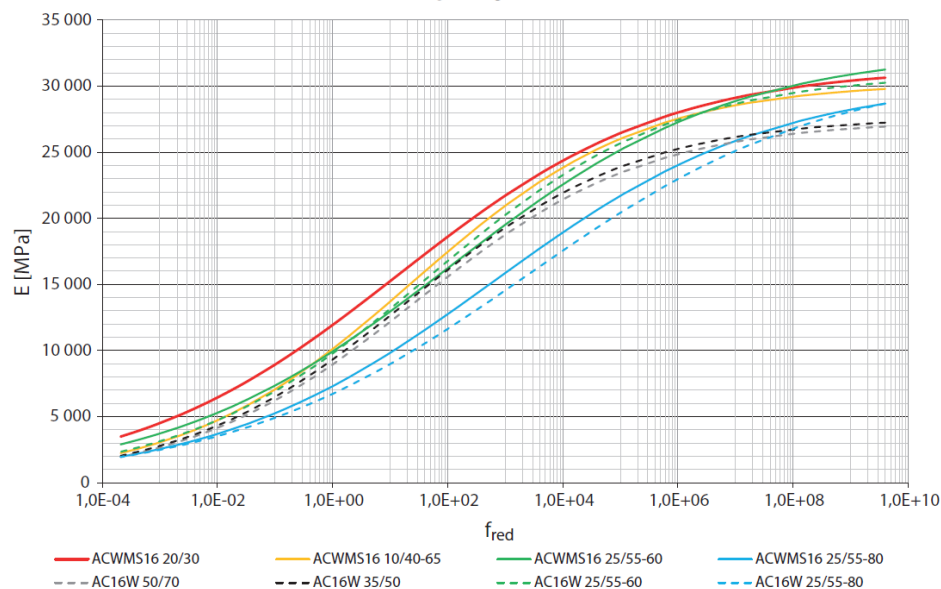


Sztywność, moduł zespolony



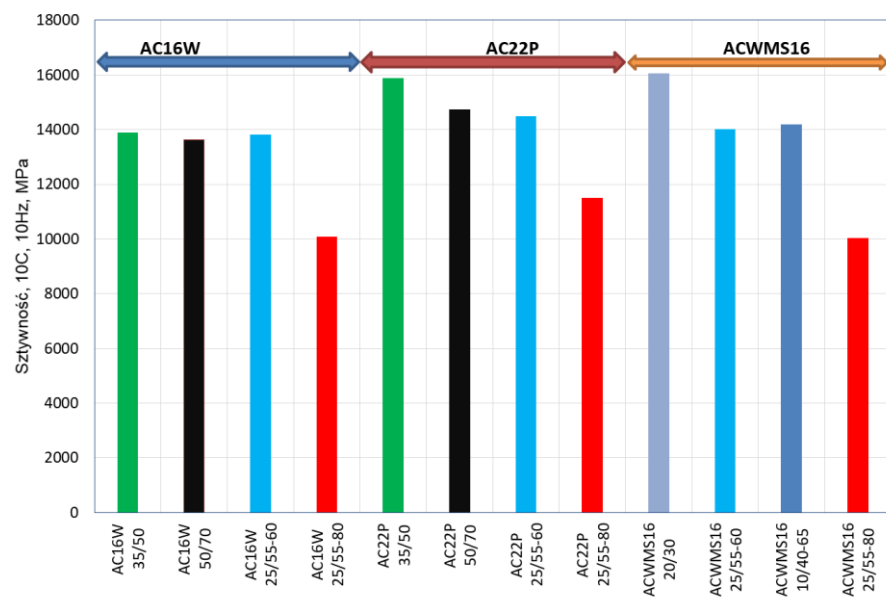
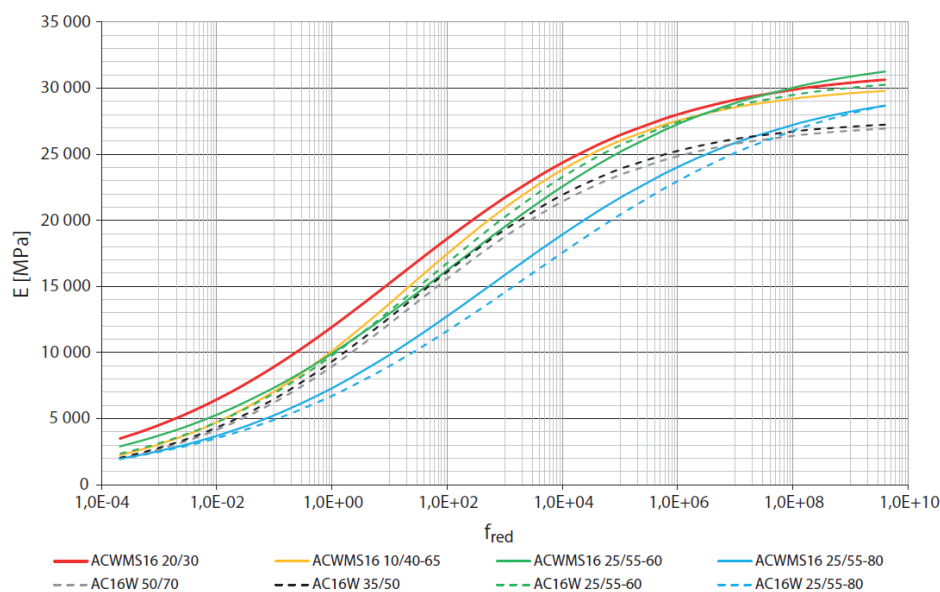
$$E = \sqrt{(E')^2 + (E'')^2} ,$$

$$E^* = E' + iE'' ,$$

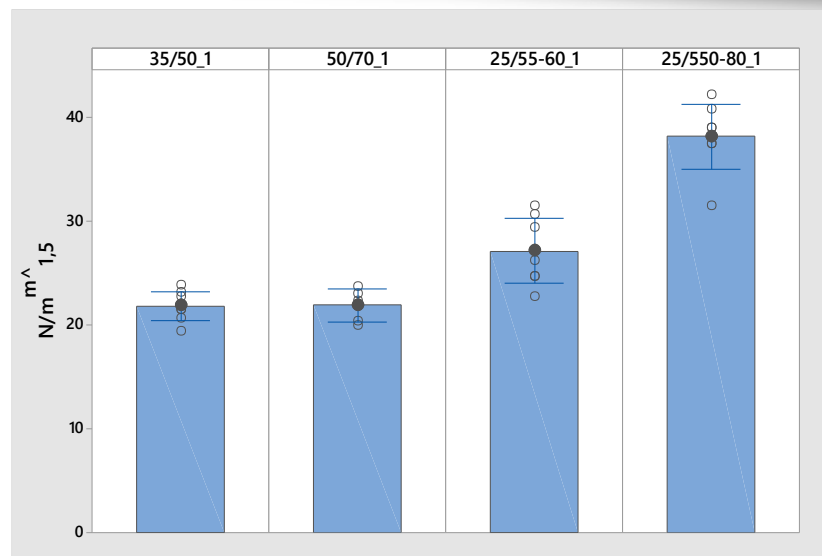
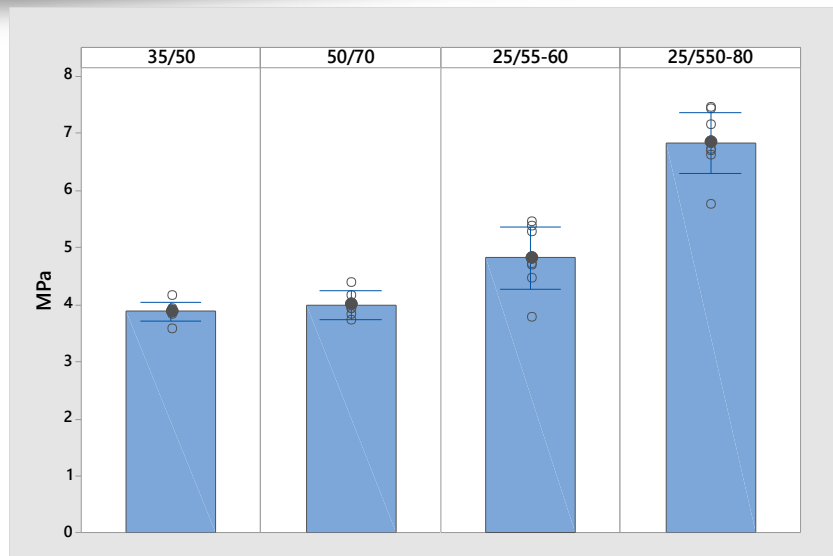


Sztywność, moduł zespolony

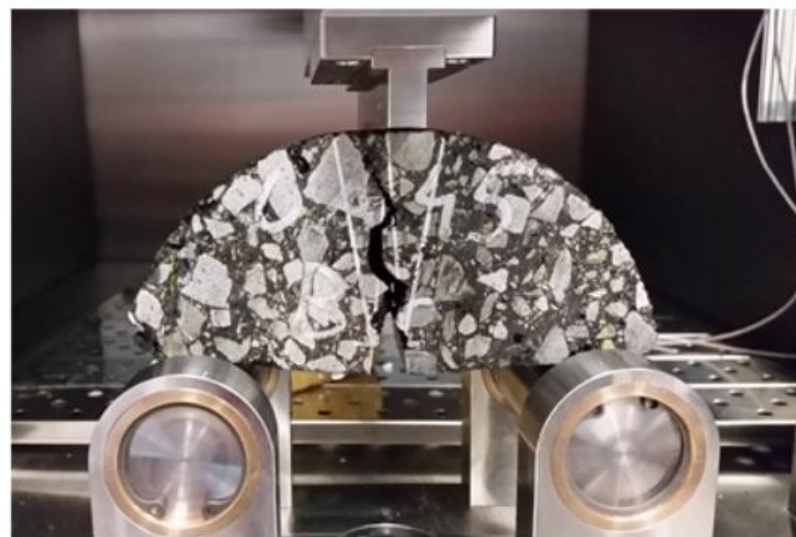
- Mieszanki z HiMA mają mniejszą sztywność i inną (korzystną) charakterystykę reologiczną niż mieszanki z pozostałymi asfaltami
- Mniejsza sztywność MMA z HIMA w zakresie zmęczenia jest rekompensowana wyraźnie lepszą charakterystyką zmęczeniową
- **AC może uzyskiwać sztywności jak ACWMS**
- Konieczna zmiana wymagań WT-2 w zakresie ACWMS (sztywność, zmęczenie)



Odporność na pękanie SCB

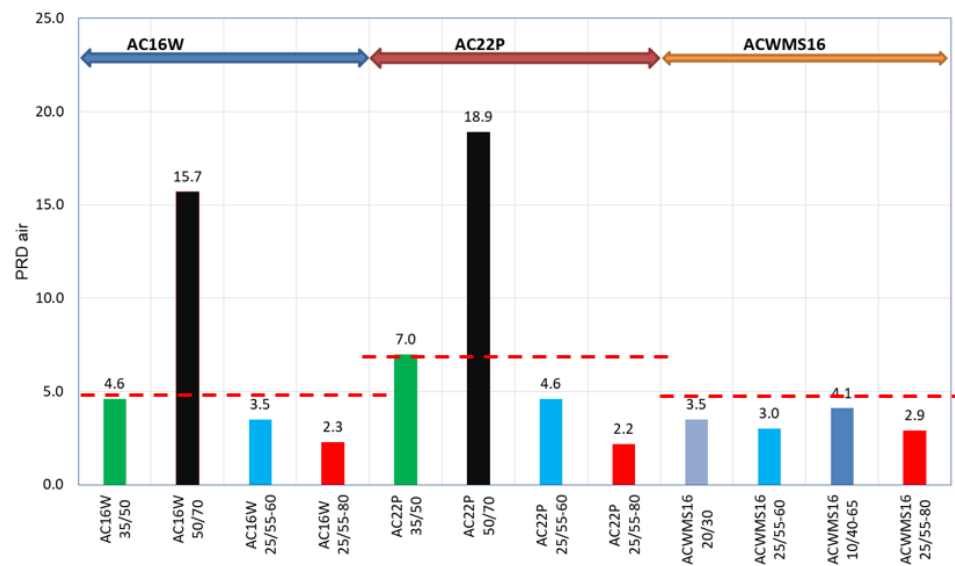
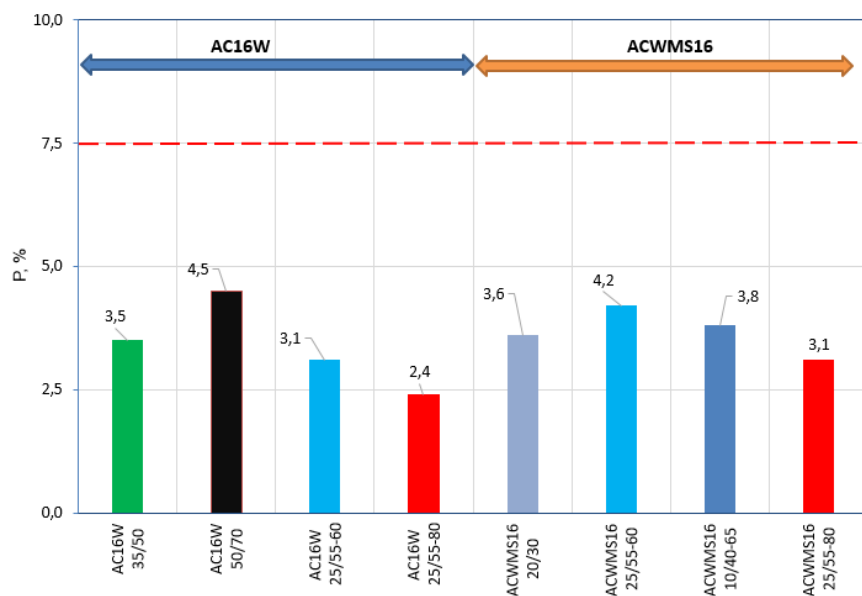


→ Widoczny wpływ asfaltu

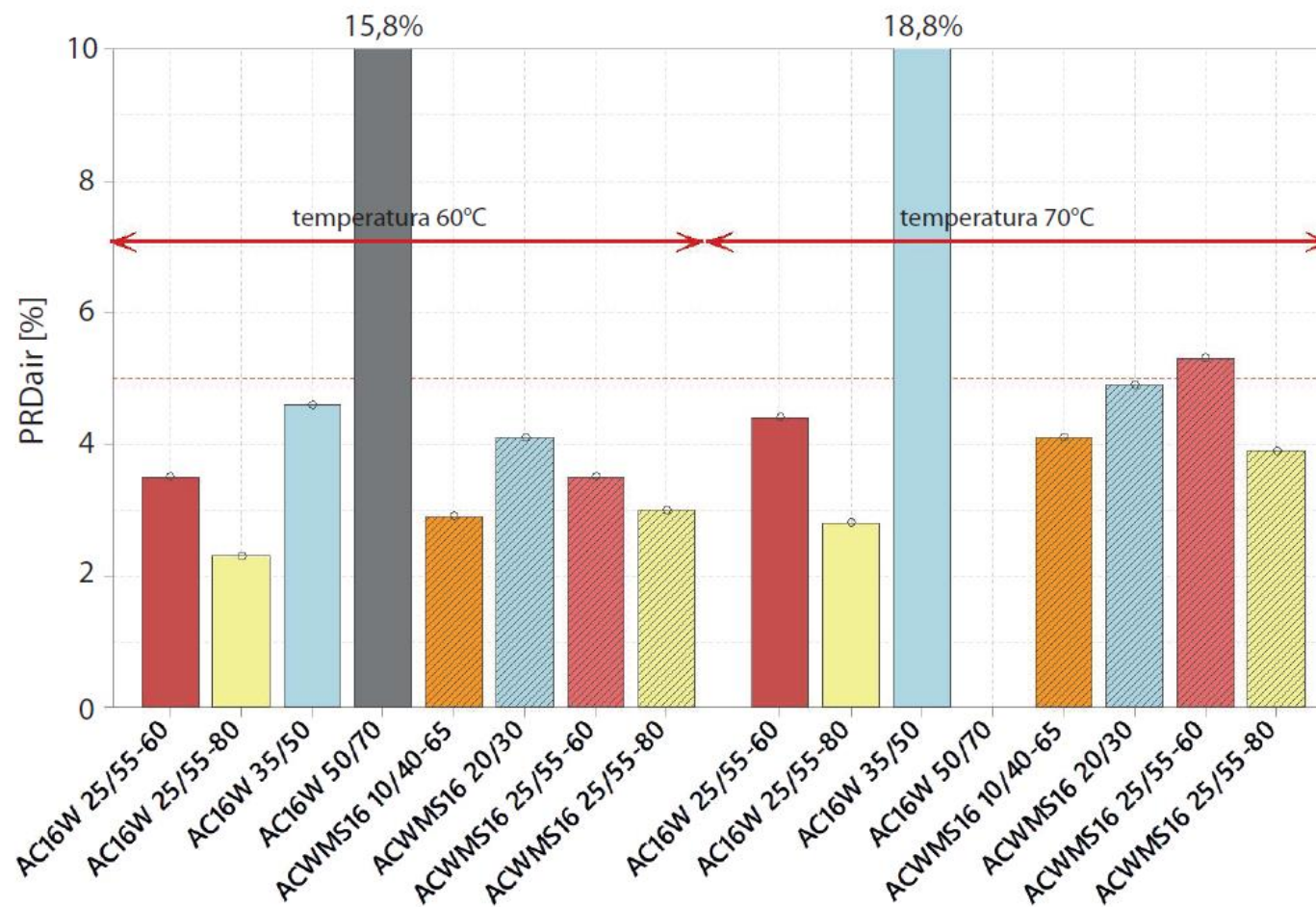


Koleinowanie

- Korzystne wyniki mieszank z asfaltem **25/55-80** niezależnie od metody badania i parametru
- Wyniki mieszank z **polimeroasfaltami** pozwalają sklasyfikować mieszankę do KR5-7
- Korzystne wyniki **ACWMS**, wpływ asfaltu jest nieznaczny
- Mieszanki z asfaltem 35/50 na granicy między KR3-4 a KR5-7, mieszanki z asfaltem 50/70 nieodporne na koleinowanie (KR1-2) wg małego aparatu



Koleinowanie



Ranking sumaryczny

mieszanka	ITSR	TSRST	Koleinowanie	Zmęczenie	SCB	AST	ranking sumaryczny
AC16W 35/50	1	4	3	3	3	3	3
AC16W 50/70	3	2	4	4	3	3	4
AC 16W 25/55-60	3	2	2	2	2	2	2
AC 16W 25/55-80	1	1	1	1	1	1	1
AC22P 35/50	3		3	3			3
AC22P 50/70	1		4	4			3
AC22P 25/55-60	3		2	2			2
AC22P 25/55-80	1		1	1			1
ACWMS16 20/30	3	4	2	4			4
ACWMS16 25/55-60	3	2	4	2			3
ACWMS16 10/40-65	1	2	3	2			2
ACWMS16 25/55-80	2	1	1	1			1

Korzyści ze stosowania asfaltów PMB, HiMA oraz mieszanek ACWMS

Wybrane wnioski ogólne

- Wpływ asfaltu na właściwości betonów asfaltowych jest istotny, wyraźne są korzyści ze stosowania PMB i HiMA
- Widoczne są również różnice między rodzajem mma (ACWMS vs AC), szczególnie w badaniu zmęczenia i koleinowania
- Właściwości funkcjonalne pozwalają na istotne zróżnicowanie mma w zakresie ich przydatności eksploatacyjnej
- Wprowadzanie badań funkcjonalnych i projektowania funkcjonalnego składu mma powinno być kolejnym etapem rozwoju WT

Wybrane wnioski szczegółowe

- Potrzebna zmiana wymagań ACWMS
 - Sztywność
 - Zmęczenie
 - TSRST
- Wprowadzenie TSRST (wś i ww)
- Rozwój projektowania funkcjonalnego
- Jak oceniać mieszanki z HiMA?
- Potrzeba ogólnej metody projektowania mma

Właściwości	Warunki zagęszczenia wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	Wymiar mieszanki	
			ACWMS16	ACWMS22
Zawartość wolnych przestrzeni	C.1.3, ubijanie 2x75 uderzeń	PN-EN 12697-8, p.4	V _{min} 2,0 V _{max} 4,0	V _{min} 2,0 V _{max} 4,0
Wrażliwość na działanie wody	C.1.1, ubijanie 2x35 uderzeń	PN-EN 12697-12, przechowywanie z 1 cyklem zamrażania ^b , badanie w 25°C	ITSR ₈₀	ITSR ₈₀
*Odporność na deformacje trwale ^{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	WTS _{AIR} 0,1 PRD _{AIR} 5,0	WTS _{AIR} 0,1 PRD _{AIR} 5,0
*Odporność na deformacje trwale ^c	C.1.20, wałowanie, P ₉₈ -P ₁₀₀	PN-EN 12697-22, duży aparat, 60°C, 30 tys. cykli, grubość płyty 100 mm	P _{7,5}	P _{7,5}
Sztywność ^c , MPa	C.1.20, wałowanie, P ₉₈ -P ₁₀₀	PN-EN 12697-26, 4PB-PR, 10°C, 10Hz	S _{min} 11 000 ¹ S _{min} 13 000 S _{max} 17 000	S _{min} 11 000 ¹ S _{min} 13 000 S _{max} 17 000
Zmęczenie ^c , kategoria nie niższa niż:	C.1.20, wałowanie, P ₉₈ -P ₁₀₀	PN-EN 12697-24, 4PB-PR, 10°C, 10Hz	ε _B -130µm/m ² ε _B -170µm/m ³	ε _B -130µm/m ² ε _B -170µm/m ³
Warstwa wiążąca				
Odporność na pękanie ^c , temperatura pęknięcia	C.1.20, wałowanie, P ₉₈ -P ₁₀₀	PN-EN 12697-46, punkt 8.2	≤ -25°C ≤ -30°C ¹	≤ -25°C ≤ -30°C ¹
Warstwa podbudowy				
Odporność na pękanie ^c , temperatura pęknięcia	C.1.20, wałowanie, P ₉₈ -P ₁₀₀	PN-EN 12697-46, punkt 8.2	≤ -22°C ≤ -30°C ¹	≤ -22°C ≤ -30°C ¹

* Należy wybrać jedną z metod

^a – grubość płyty 60 mm

^b – wg procedury badań w załączniku do WT-2

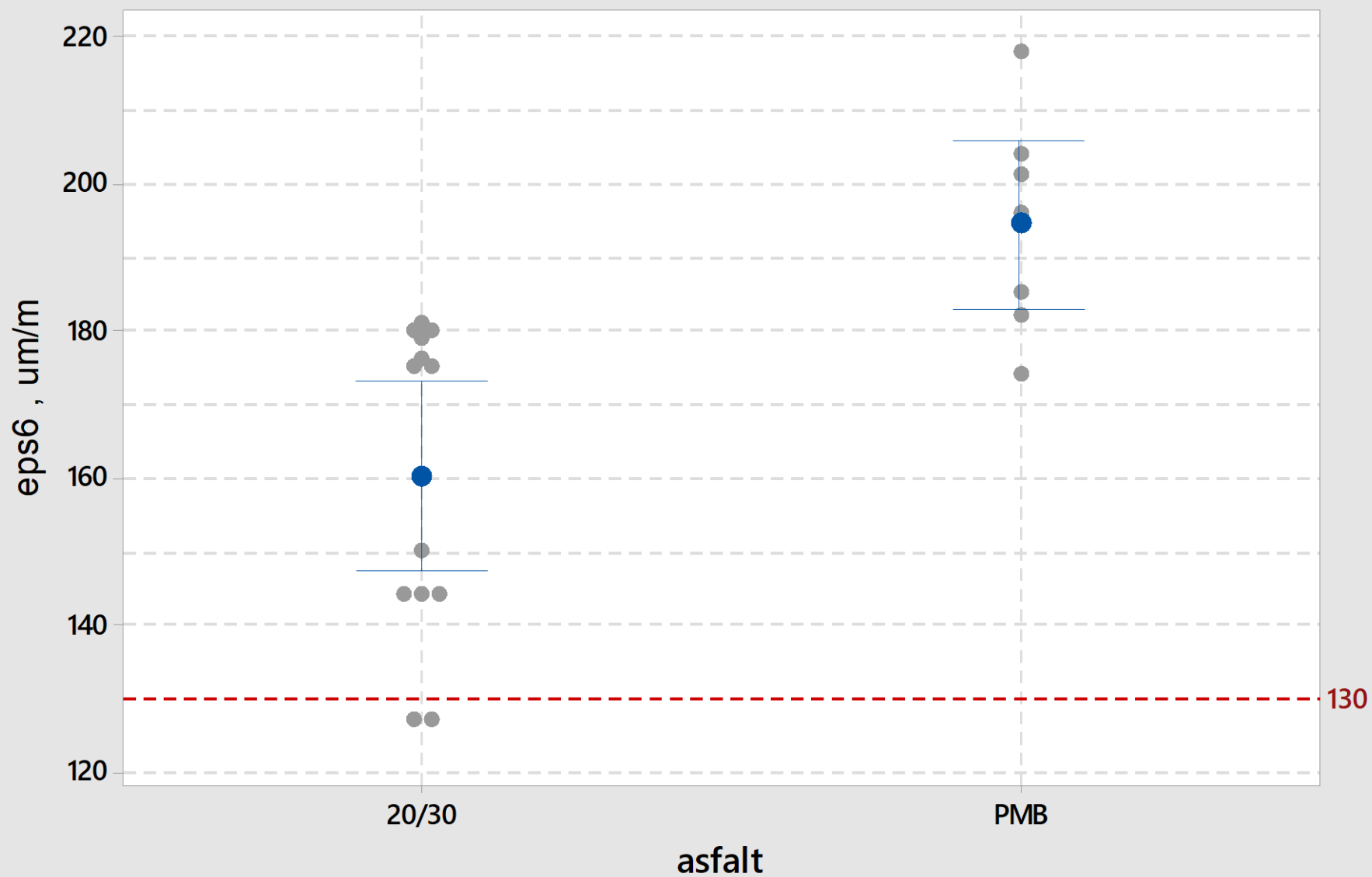
^c – procedura kondycjonowania próbek w załączniku do WT-2

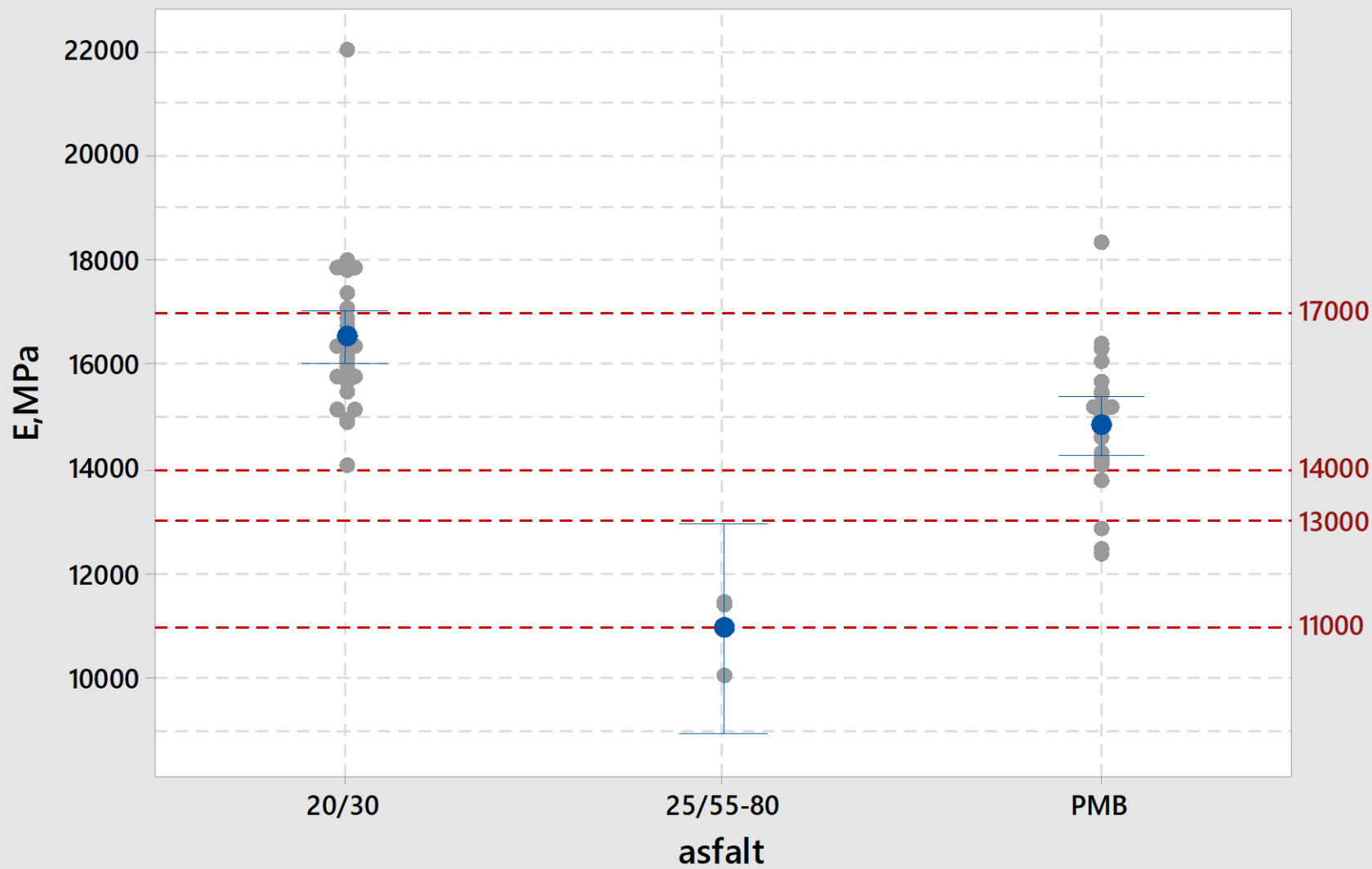
¹ – dotyczy tylko mieszanek z asfaltem wysokomodyfikowanym

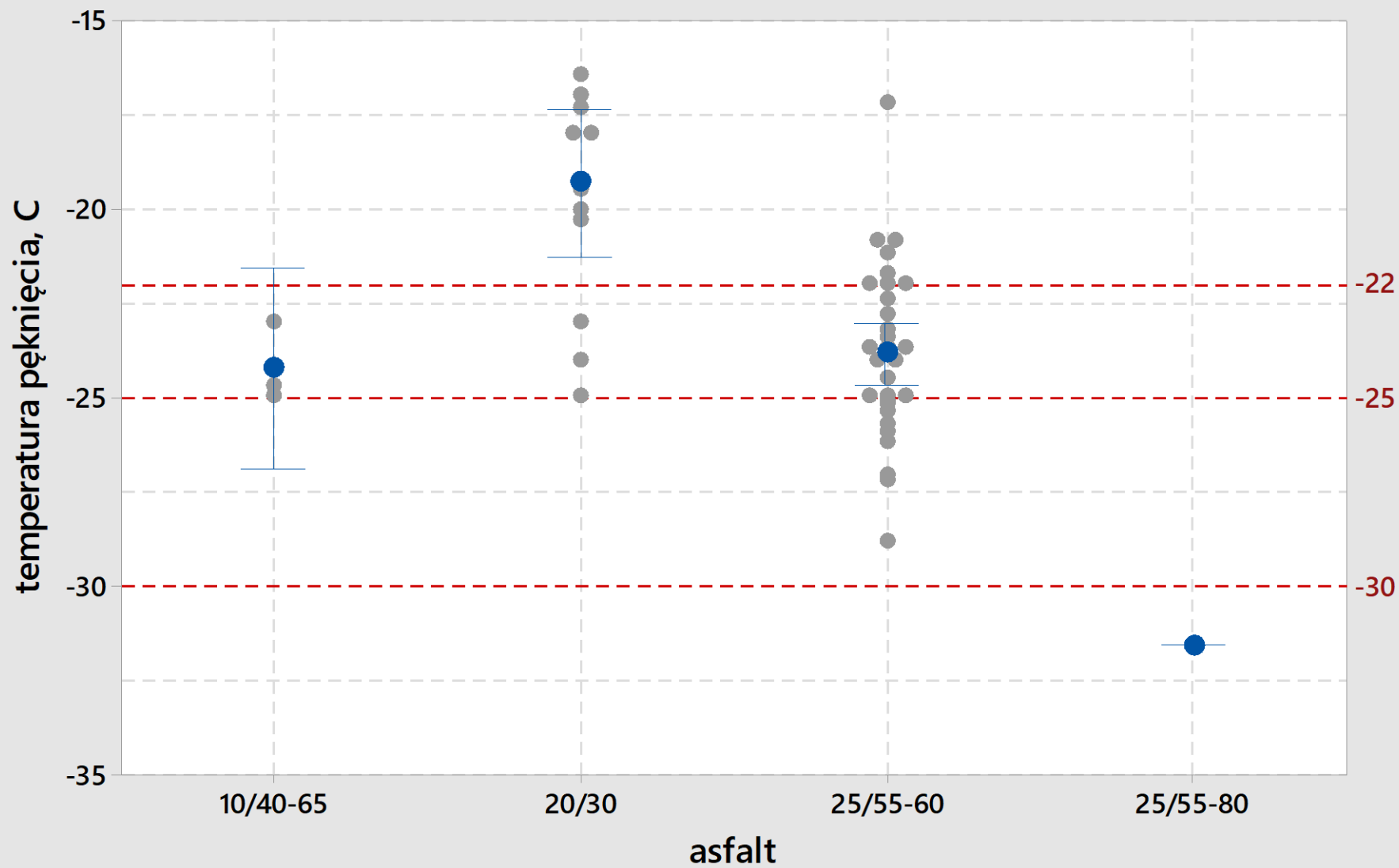
² – dotyczy tylko mieszanek z asfaltem 20/30

³ – dotyczy mieszanek z polimeroasfaltami i asfaltami wysokomodyfikowanymi





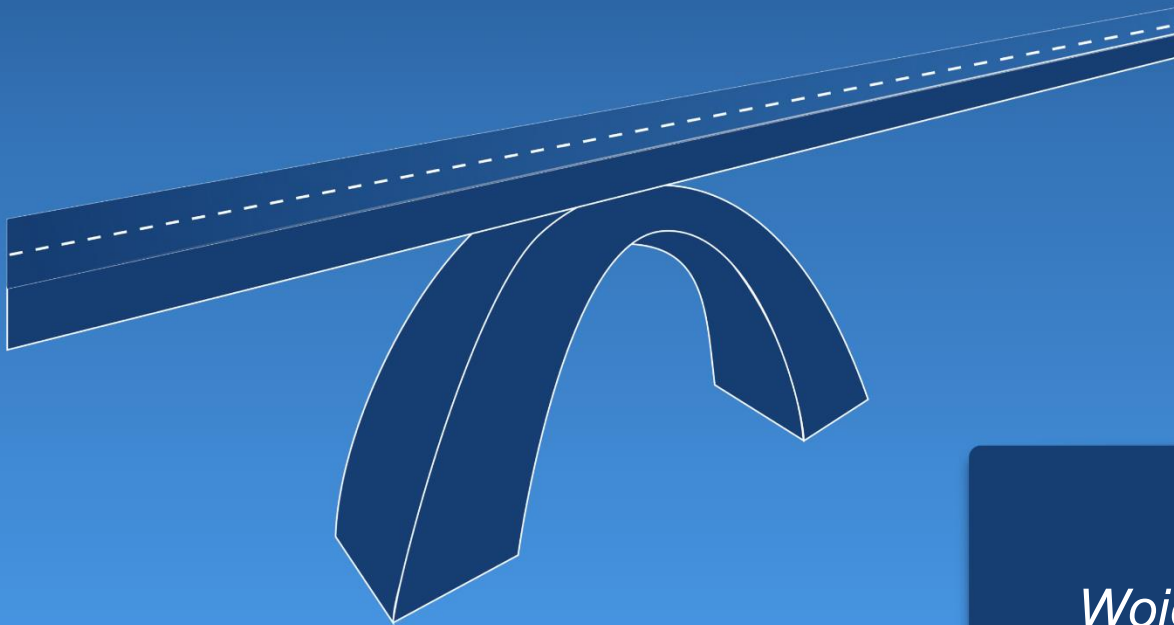




Dziękuję za uwagę



INSTYTUT BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW
ROAD AND BRIDGE
RESEARCH INSTITUTE



Wojciech Bańkowski
wbankowski@ibdim.edu.pl