

# Zastosowanie kruszyw lokalnych dzięki nanotechnologii **ZycoTherm**



II Warmińsko-Mazurskie Forum Drogowe

mgr inż. Piotr Heinrich, 5.10.2015, Lidzbark Warmiński



# TEZY PREZENTACJI

- ✓ Podstawowe działanie – poprawa otoczenia kruszywa asfaltem
- ✓ Wyniki badań adhezji asfaltu do kruszyw
- ✓ Przykłady mieszanek wbudowanych
- ✓ Próba techniczna w MZD Bielsko-Biała
- ✓ Podsumowanie
- ✓ Suplement

## Zachowanie powierzchni kruszywa pod wpływem wody



Kruszywo drogowe



Kruszywo pokryte  
roztworem ZycoTherm

# OTOCZENIE LEPISZCZEM

Asfalt drogowy



Warstwa łącząca:  
kruszywo/pyły/powietrze

Asfalt z ZycoTherm



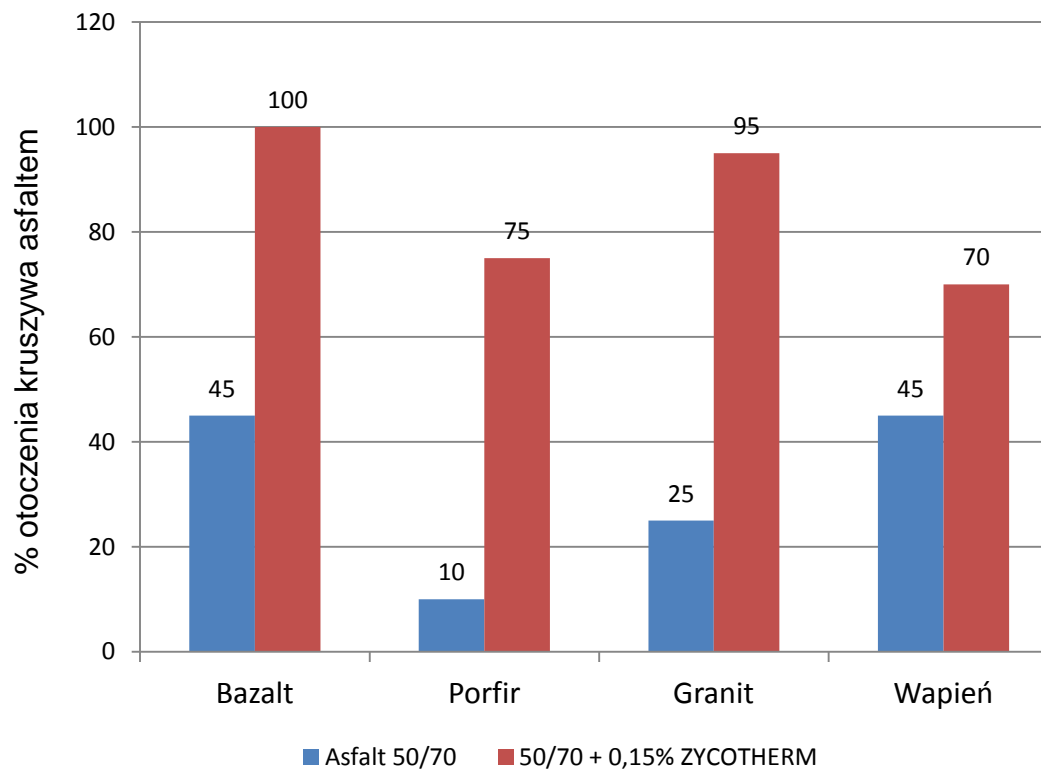
Całkowite i równomierne  
otoczenie kruszywa



Powierzchnia bez szczelin powietrza

# POPRAWA OTOCZENIA KRUSZYWA

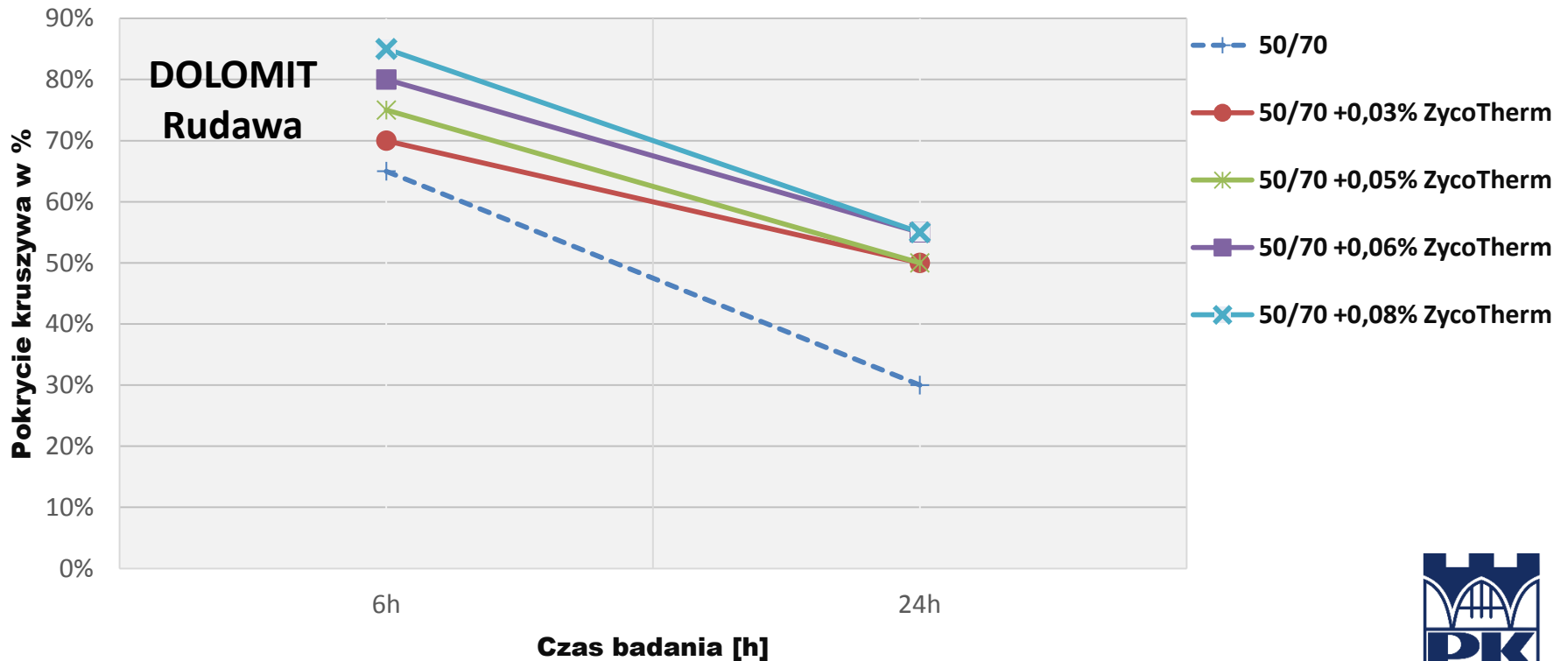
Po 5 min. gotowania zgodnie z PN-B-06714.22



Źródło: Sprawozdanie z tematu TN/3229/14 IBDiM



# ODPORNOŚĆ NA ODMYWANIE LEPISZCZA



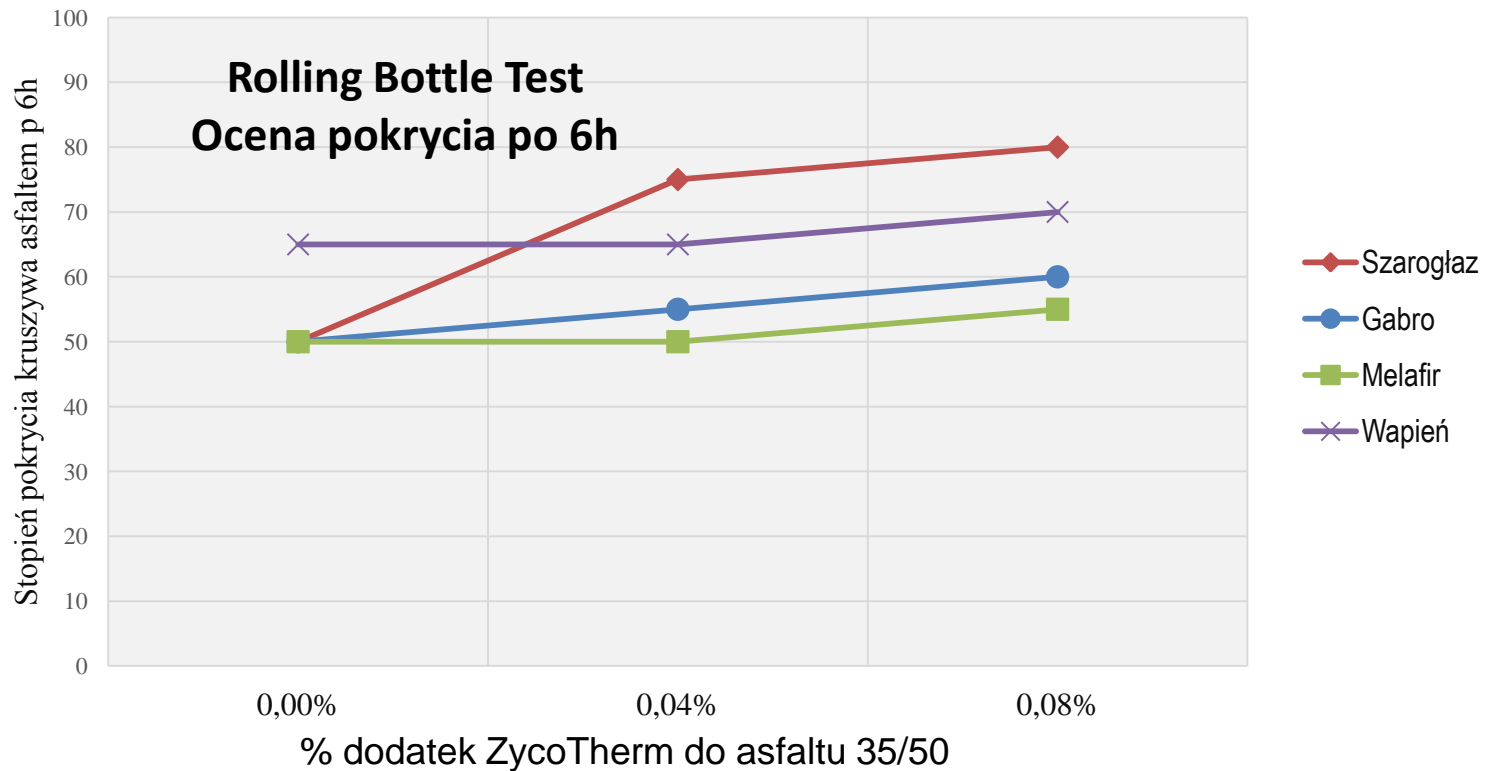
Źródło: Badania Politechniki Krakowskiej



Politechnika Krakowska  
im. Tadeusza Kościuszki

# ODPORNOŚĆ NA ODMYWANIE LEPISZCZA

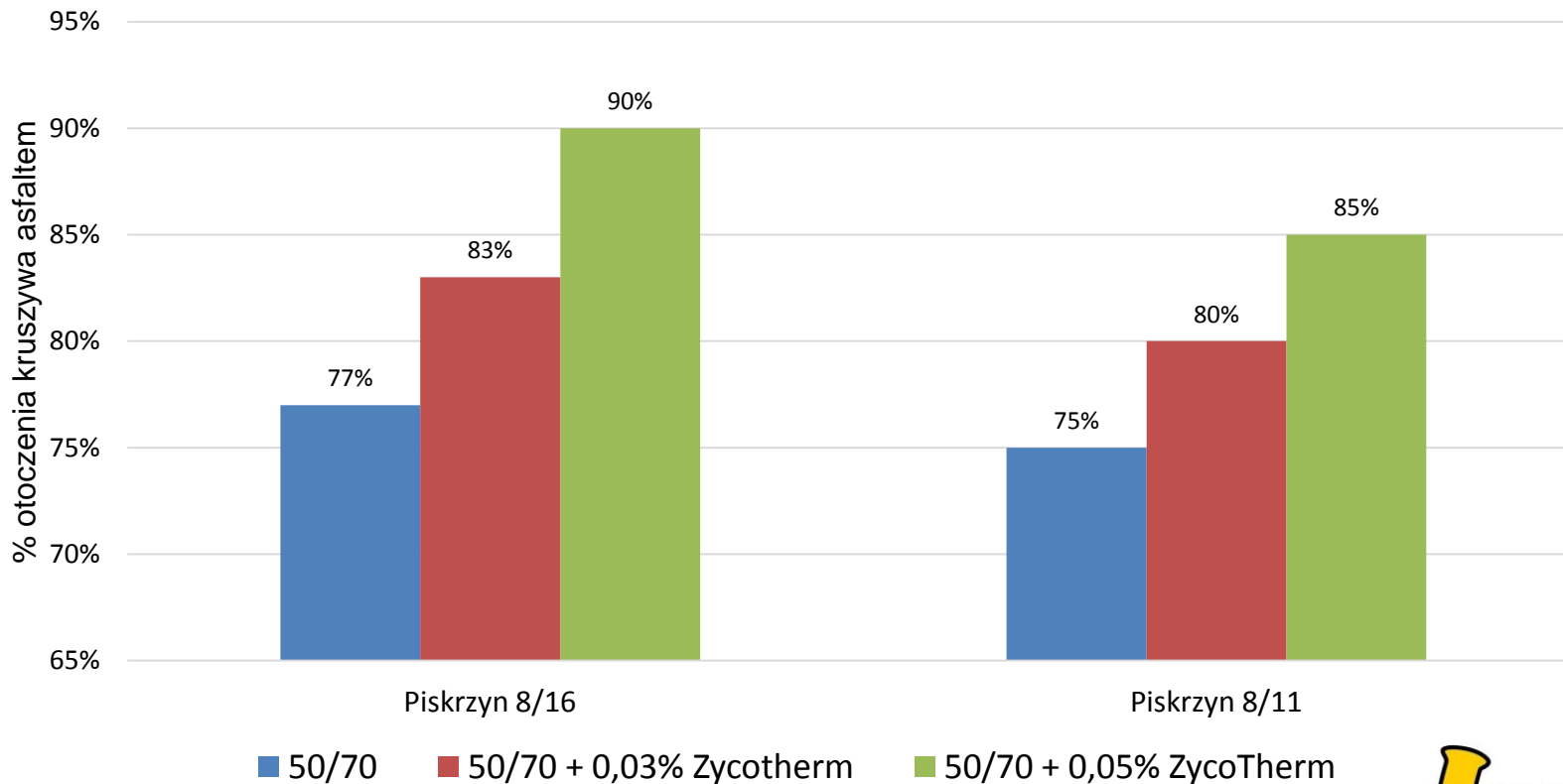
wg PN-EN 12697-11



Źródło: Laboratorium Drogowe Wojciech Bogacki

# ODPORNOŚĆ NA ODMYWANIE LEPISZCZA

Adhezja zgodnie z PN-84 B-06714/22



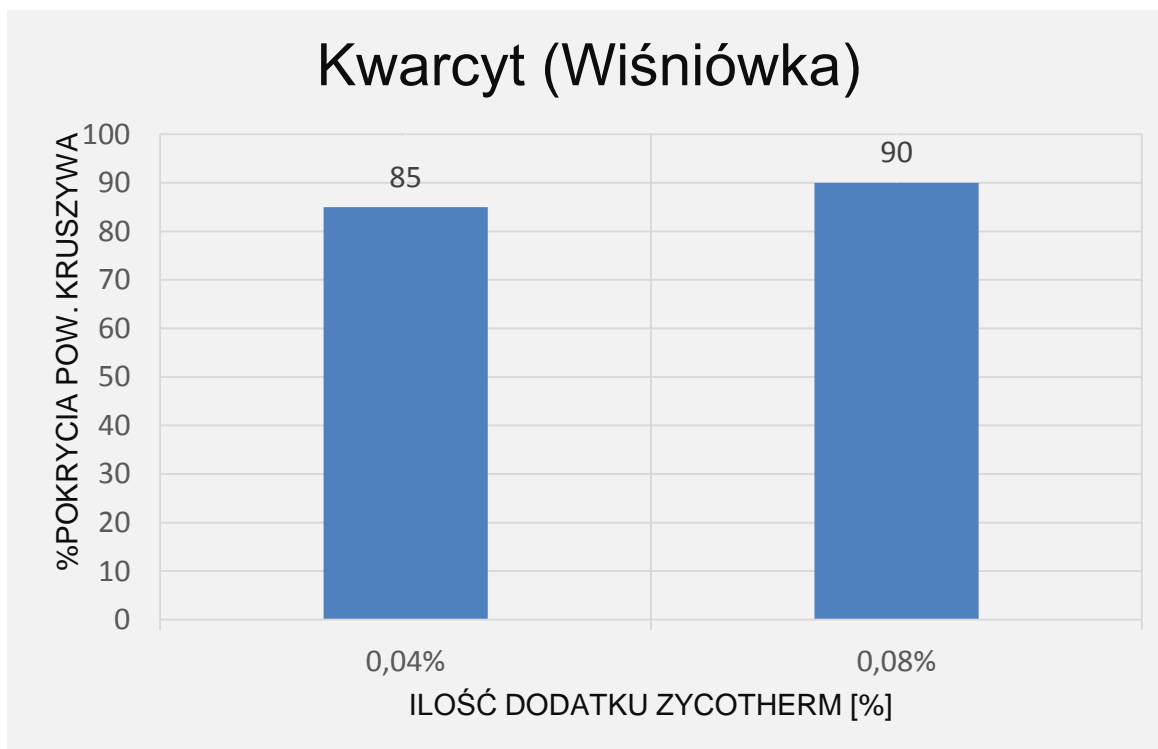
Źródło: Raport z badania powiązania pomiędzy kruszywem a asfaltem wg PN-84 B-06714/22:19845



# ODPORNOŚĆ NA ODMYWANIE LEPISZCZA

Po 5 min. gotowania zgodnie z PN-B-06714.22

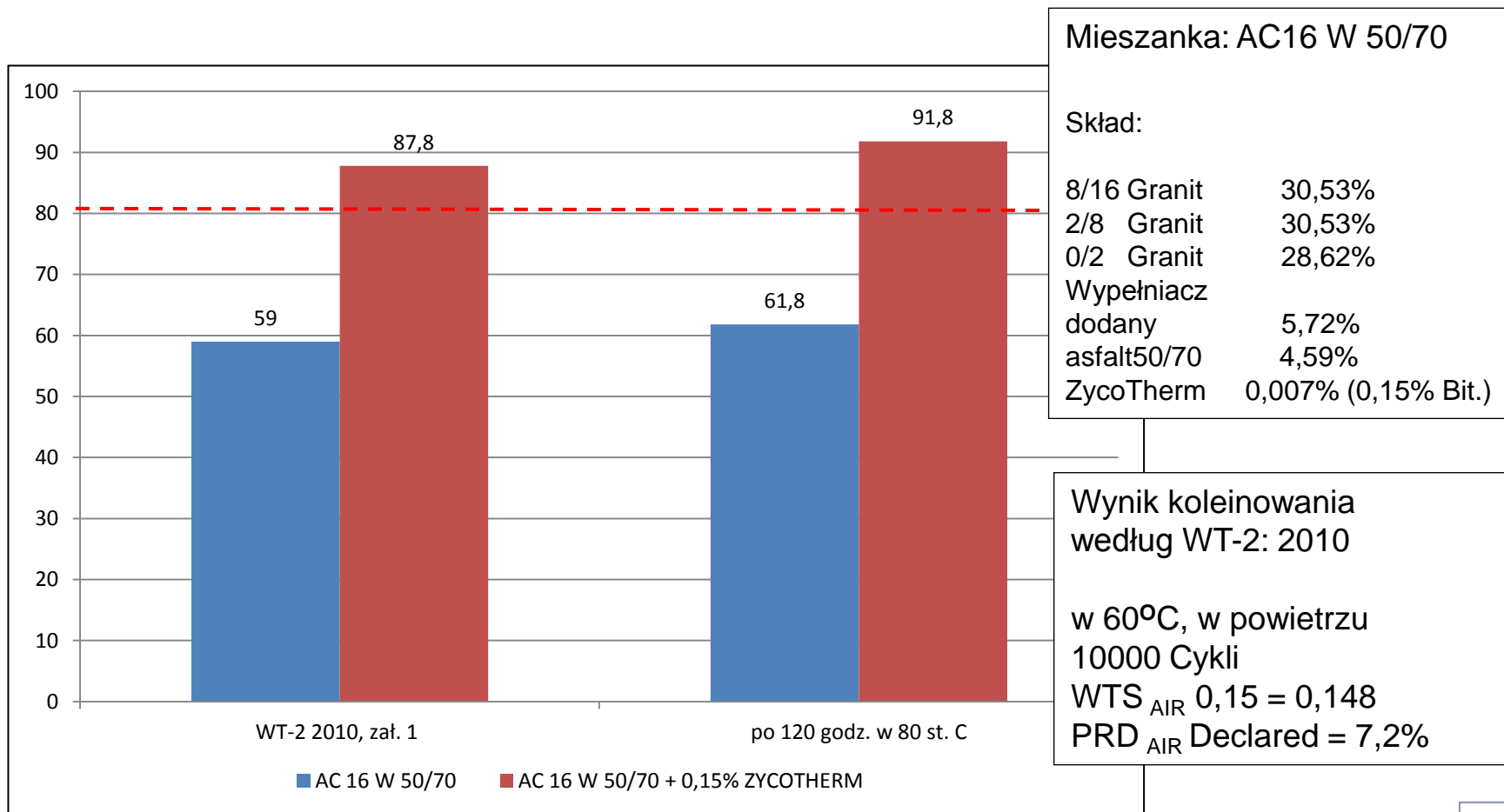
Asfalt: 50/70; Kruszywo: kwarcyt (złoże: Wiśniówka) ; środek adhezyjny: ZycoTherm



# **POPRAWA ODPORNOŚCI NA DZIAŁANIE WODY I MROZU**

- **Poprawa ITSR - wyższa odporność na rozciąganie pośrednie po działaniu wody i mrozu**
- lepsze wyniki z kruszywami o dużej zawartości SiO<sub>2</sub>  
np. Granit, Kwarcyt
- rozszerzenie możliwości wykorzystania lokalnych kruszyw o słabszym powinowactwie z asfaltem

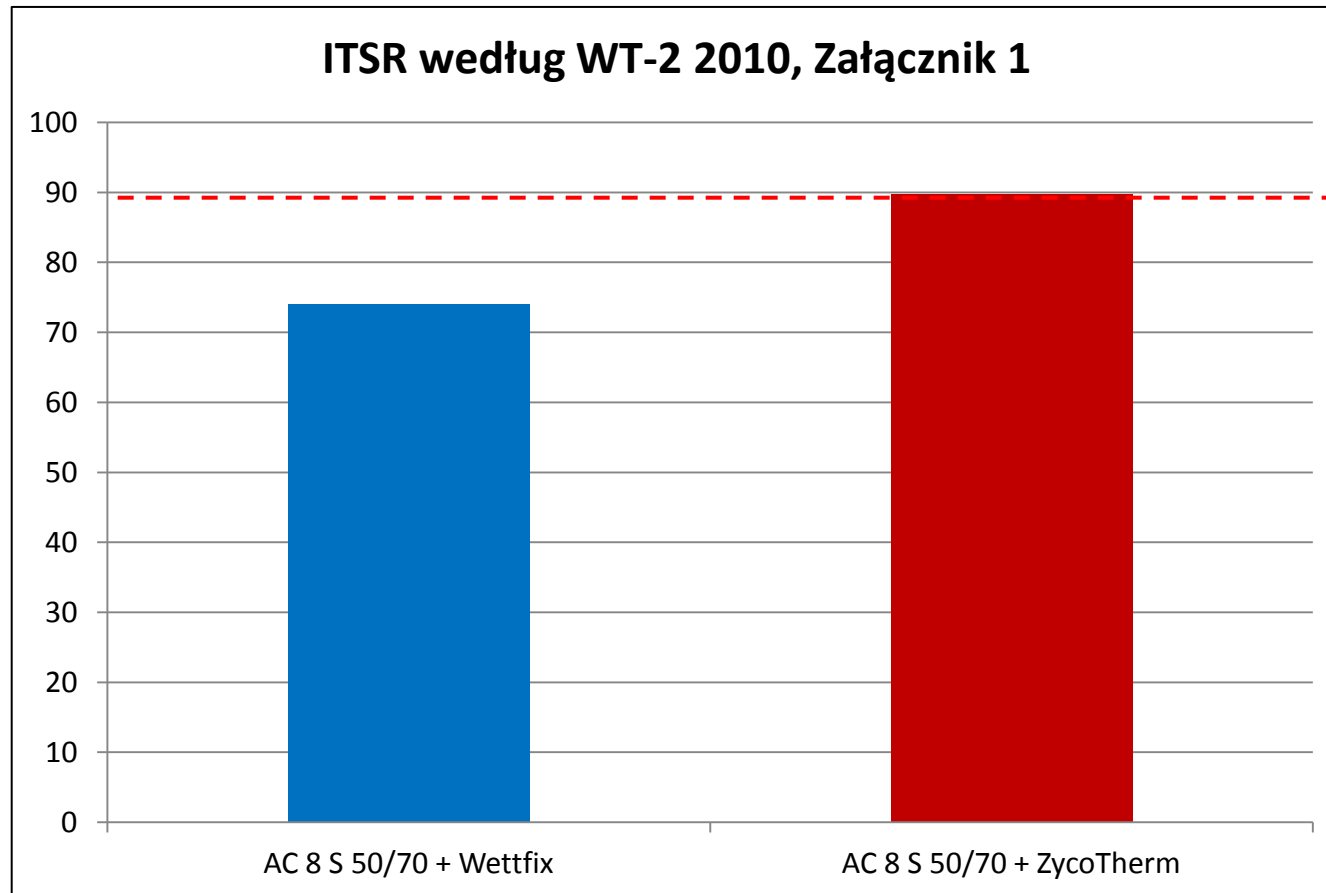
# POPRAWIA WYNIKI ITS R



Źródło: Sprawozdanie z tematu TN/3229/14 IBDiM



# POPRAWIA WYNIK BADANIA ITSR



Mieszanka: AC 8 S 50/70 KR 3-4 na żwirach łamanych Kruszbet

# Właściwości AC 11 S 50/70

Właściwość	Norma badawcza	Wynik	Wymagania
Gęstość $\rho_{mv}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	PN-EN 12697-5	2456	-
Gęstość objętościowa $\rho_b$ [kg/m <sup>3</sup> ]	PN-EN 12697-6	2397	-
Wolna przestrzeń w MMA [%]	PN-EN 12697-8	2,4	2,0-4,0
Odporność na działanie wody ITSR [%]	PN-EN 12697-12	102,2	≥90
Średni maksymalny przyrost koleiny $WTS_{AIR}$ [mm/1000 cykli]	PN-EN 12697-22	0,16	0,5
Średnia maksymalna proporcjonalna głębokość koleiny $PRD_{AIR}$ [%]	PN-EN 12697-22	10,4	deklarowana

# AC WMS 16 P,W PMB 25/55-60

## Właściwości MMA

Właściwość	Norma badawcza	Wynik	Wymagania
Gęstość $\rho_{mv}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	PN-EN 12697-5	2487	-
Gęstość objętościowa $\rho_b$ [kg/m <sup>3</sup> ]	PN-EN 12697-6	2413	-
Wolna przestrzeń w MMA [%]	PN-EN 12697-8	3,0	2,0-4,0
Odporność na działanie wody ITSR [%]	PN-EN 12697-12	92,0	≥90
Średni maksymalny przyrost koleiny $WTS_{AIR}$ [mm/1000 cykli]	PN-EN 12697-22	0,05	0,15
Średnia maksymalna proporcjonalna głębokość koleiny $PRD_{AIR}$ [%]	PN-EN 12697-22	3,4	deklarowana
Moduł sztywności [MPa]	PN-EN 12697-26	15649	≥14000
Odporność na zmęczenie, $\epsilon_6$ [μstrain]	PN-EN 12697-24	>130	>130

# AC WMS 16 P,W PMB 25/55-60

## Odporność zmęczeniowa

Zastosowano procedurę badawczą belki 4-punktowo zamocowanej. Badanie przeprowadzono w temperaturze 10°C, częstotliwości obciążenia 10Hz, przy stałym poziomie odkształcenia wynoszący  $130 \times 10^{-6}$ .

Parametr badawczy	Wartości
Temperatura badania [°C]	10
Częstotliwość obciążenia [Hz]	10
Zakres cyklu stałego odkształcenia [ $\times 10^{-6}$ ]	130
Początkowy moduł sztywności $S_{\text{mix},10^6}$ [MPa]	15255,1
Moduł sztywności po $10^6$ obciążenia $S_{\text{mix},10^6}$ [MPa]	12454,9
Wartość modułu sztywności dla kryterium zmęczeniowego $S_{\text{mix},f}$ [MPa]	7627,8
Odkształcenie $\epsilon_6$ po $10^6$ obciążeniach [ $\times 10^{-6}$ ]	>130
Strata zmęczeniowa po $10^6$ obciążeniach wg [1], [%]	18,36

# Właściwości

## SMA 11 PMB 45/80-65

Właściwość	Norma badawcza	Wynik		Wymagania
		Amina	ZT	
Gęstość $\rho_{mv}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	PN-EN 12697-5	2401	2421	-
Gęstość objętościowa $\rho_b$ [kg/m <sup>3</sup> ]	PN-EN 12697-6	2338	2353	-
Wolna przestrzeń w MMA [%]	PN-EN 12697-8	2,6	2,8	KR3-4: 1,5-3,0 KR5-6: 2,0-3,5
Odporność na działanie wody ITSR [%]	PN-EN 12697-12	91,3	98,7	≥90
Średni maksymalny przyrost koleiny $WTS_{AIR}$ [mm/1000 cykli]	PN-EN 12697-22	0,03	0,05	0,5
Średnia maksymalna proporcjonalna głębokość koleiny $PRD_{AIR}$ [%]	PN-EN 12697-22	4,3	5,6	deklarowana
Sptywność lepizcza [%]	PN-EN 12697-22	0,2	0,2	≤0,3

Źródło: Opracowanie recepty laboratoryjnej SMA 11 PMB 45/80-65



# BBTM 8 50/70 z Road+

## Właściwości MMA

Właściwość	Norma badawcza	Wynik	Wymagania
Gęstość $\rho_{mv}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	PN-EN 12697-5	2440	-
Gęstość objętościowa $\rho_b$ [kg/m <sup>3</sup> ]	PN-EN 12697-6	2231	-
Wolna przestrzeń w MMA [%]	PN-EN 12697-8	8,6	3,0-15,0
Odporność na działanie wody ITSR [%]	PN-EN 12697-12	90,8	≥90
Średni maksymalny przyrost koleiny $WTS_{AIR}$ [mm/1000 cykli]	PN-EN 12697-22	0,16	0,5
Średnia maksymalna proporcjonalna głębokość koleiny $PRD_{AIR}$ [%]	PN-EN 12697-22	9,3	deklarowana
Moduł sztywności sprężystej ITSM, 10°C, [MPa]	PN-EN 12697-22	7097	-

Źródło: Opracowanie recepty laboratoryjnej BBTM 8 50/70 Road+

# Przykład zastosowania do AC 16W 35/50 KR 1-2 + 30% RAP

Projekt wykonany przez jedną z firm z województwa Podkarpackiego  
Kruszywa: dolomity (Piskrzyn) + piaskowiec

ZycoTherm – **0,05%** do asfaltu dozowanego.  
Dozowanie podczas rozładunku cysterny asfaltu

- Test laboratoryjny: **ITSR = 84%**
- Produkcja - 150 °C: **ITSR = 92%**
- Transport MMA: 130 km (2,5h)
- Temperatura zagęszczenia: 120 -130 °C

## AC WMS 16 PMB 25/55-60 KR 3-6 + ZycoTherm 0,05% dolomit

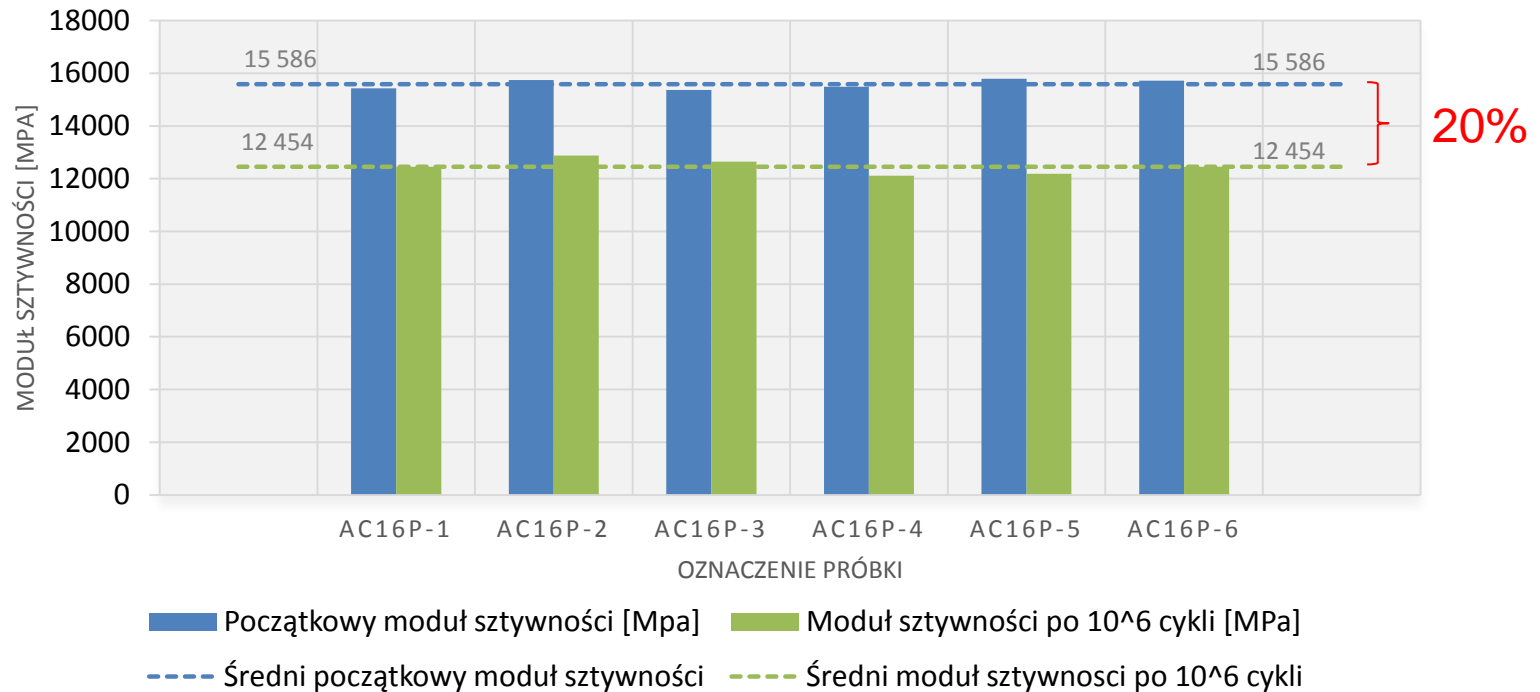
Właściwości	Norma	Jednostka	Wartość	Wymagania wg WT-2 2010	
				min.	max.
Minimalna zawartość asfaltu (kruszywo $\rho_d=2,65\text{Mg/m}^3$ )	PN-EN 13108-1:2008	[%]	5,0	$B_{\min 4,8}$	
Minimalna zawartość asfaltu po korekcie		[%]		$B_{\min 4,9}$	
Minimalna dopuszczalna zawartość asfaltu	WT-2 2010	[%]			
Zawartość asfaltu całkowitego wg badania typu	PN-EN 13108 : 2008	[%]		-	
Zawartość asfaltu rozpuszczalnego wg badania typu	PN-EN 12697-1: 2006	[%]	4,8	-	
Zawartość asfaltu zaabsorbowanego wg badania typu	PN-EN 12697-1: 2006	[%]	0,2	-	
Gęstość $\rho_{mv}$	PN-EN 12697-5 : 2010 met. A w H <sub>2</sub> O	[g/cm <sup>3</sup> ]	2,557		
Gęstość objętościowa wg PN-EN 12697-6 met. B	PN-EN 12697-6 +A1 :2008 met. B	[g/cm <sup>3</sup> ]	2,481		
Wolna przestrzeń w próbkach zagęszczonych 2*75 uderzeń ubijaka wg metody Marshalla $V_m$	PN-EN 12697-8 : 2005	[% (V/V)]	3,0	$V_{\min 2,0}$	$V_{\max 4,0}$
Wolna przestrzeń wypełniona lepiszczem VFB	PN-EN 12697-8 : 2005	[% (V/V)]	79,8		
Wolna przestrzeń w mm VMA	PN-EN 12697-8 : 2005	[% (V/V)]	14,7		
Odporność na działanie wody PN-EN 12697-12, przechowywanie w 40°C ,z jednym cyklem zamrażania, badanie w 25°C, zagęszczenie 2*35	PN-EN 12697-12:2008	[%]	81,5	ITSR <sub>80</sub>	
Odporność na deformacje trwałe, wałowanie P98-P100, PN-EN 12697-22, metoda B w powietrzu, 60°C 10 000 cykli	PN-EN 12697-22 + A1 :2008				
max. przyrost koleiny		mm/10 <sup>3</sup> cykli	0,08	WTS <sub>AIR</sub> 0,15	
max. proporcjonalna głębokość koleiny		[%]	3,12	PRD <sub>AIR</sub> DEKL.	
Szywność, wałowanie P98-100, PN-EN 12697-26, 4PB-Pr, temp. 10C, częstotliwość 10Hz	PN-EN 12697-26 : 2007	MPa		S <sub>min</sub> 14000	
Odporność na zmęczenie, Wałowanie P98-100, PN-EN 12697-2	PN-EN 12697-24+A1:2008	-		> $\epsilon$ 6-130	

# Badanie Sztywności wg PN-EN 12697-26

**AC WMS 16 PMB 25/55-60 KR 3-6 + ZycoTherm 0,05%**

Kruszywo: dolomit

**BADANIE ZMĘCZENIA METODĄ 4-PUNKTOWEGO  
ZGINANIA**



Średnia szkoda zmęczeniowa po 10<sup>6</sup> cykli: 20,1% (wymaganie: <50%)

# DOZOWANIE DO LEPISZCZA

Rodzaj lepiszcza	ZycoTherm [% m/m lepiszcza] (tylko adhezja)
Drogowy zwykły	0.1 (0,03-0,05)
Modyfikowany PMB	0.15 (0,04-0,06)
CRMB (Guma 12-15%)	0.15 (0,05-0,1)
Granulat asfaltowy RAP *)	0.10 - 0,15 **)

\*) wymagana korekta w laboratorium; \*\*) w stosunku do całkowitej zawartości asfaltu w mma

# SUGEROWANE DOZOWANIE W ZALEŻNOŚCI OD RODZAJU KRUSZYWA

Rodzaj kruszywa drogowego	Do asfaltu drogowego zwykłego w [%]	Do asfaltu modyfikowanego w [%]
Kwarcyt	0,12-0,18%	0,18-0,25%
Granit, Granodioryt	0,1-0,15%	0,15-0,20%
Gabro, Bazalt, Melafir	0,08-0,12%	0,12-0,18%
Dioryt, Andezyt, Szarogłaz	0,08-0,12%	0,12-0,18%
Wapień, Dolomit	0,03-0,1%	0,05-0,15%

# ZASTOSOWANIA ZYCOTHERM

- USA - dodatek jest stosowany od 2010 r.  
w 2014 r wbudowano ok. 2 mln ton mieszanek mma z ZycoTherm i Zycosoil
- Szwecja  
w 2014 wbudowano ponad 30 tys. ton mma
- Polska  
w 2013 roku - wbudowano ok. 800 ton mma na projektach testowych  
w 2014 roku - wbudowano ponad 22 tys. ton mma  
w 2015 roku – wbudowano ponad 90 tys. ton mma

# WNIOSKI

ZycoTherm:

- jest skutecznym środkiem adhezyjnym
- poprawia otoczenia kruszywa lepiszczem
- zwiększa odporność mma na działanie wody i mrozu
- poprawia zagęszczenie mieszanek mma w laboratorium i na budowie
- może być stosowany jako środek adhezyjny (technologia 1C)
- lub jako środek obniżający temperatury technologiczne produkcji i zagęszczania mieszanek mma (technologia 3C)



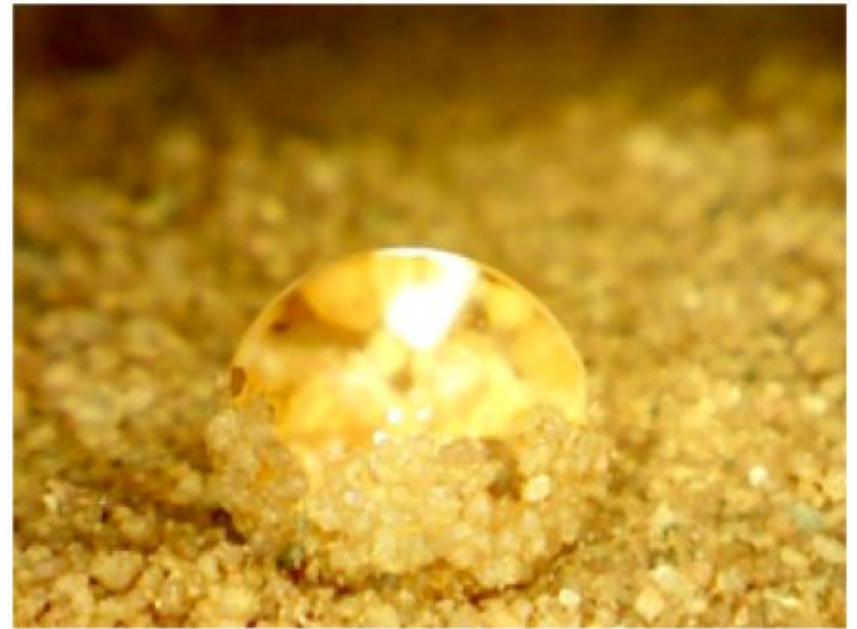
# SUPLEMENT

Jak zabezpieczyć spękaną, zniszczoną nawierzchnię drogi lokalnej przed zimą?

# REAKCJA CHEMICZNA TERRASIL

Zmienia powierzchnię wszystkich rodzajów materiałów mineralnych

- Z powierzchni hydrofilowej (polarnej) na powierzchnię hydrofobową (nie polarną)
- poprzez nano-modyfikację powierzchni kruszywa
- w temperaturze pokojowej
- w roztworze wodnym



# PRZYKŁAD: ZABEZPIECZENIE NAWIERZCHNI SEZONEM ZIMOWYM



Przygotowanie roztworu  
TerraSil w wodzie



# PRZYKŁAD: ZABEZPIECZENIE NAWIERZCHNI SEZONEM ZIMOWYM

Skropienie nawierzchni  
Roztworem TerraSil  
W ilości 2-5 litrów/m<sup>2</sup>



# PRZYKŁAD: ZABEZPIECZENIE NAWIERZCHNI SEZONEM ZIMOWYM

Nawierzchnia po  
skropieniu  
pozostawiona  
do wyschnięcia



# PRZYKŁAD: ZABEZPIECZENIE NAWIERZCHNI SEZONEM ZIMOWYM



Kontrola jakości

Koszt:  
0,34 – 0,84 PLN/m<sup>2</sup>



# PRODUKTY Zydex®



- do mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco



- do emulsji – złączenia międzywarstwowe, PU, Slurry-seal



- do emulsji – skroplenia podbudów niezwiązanych



- do stabilizacji i hydrofobizacji gruntów

# DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

Piotr Heinrich

[heinrip@gmail.com](mailto:heinrip@gmail.com)

[heinrip@zydexindustries.com](mailto:heinrip@zydexindustries.com)

[www.zydexindustries.com](http://www.zydexindustries.com)

Tel. 601 460 327

Łukasz Dutka

[lukaszdutka@bui-ld.pl](mailto:lukaszdutka@bui-ld.pl)

[lukaszdutka@zydexindustries.com](mailto:lukaszdutka@zydexindustries.com)

[www.zydexindustries.com](http://www.zydexindustries.com)

Tel. 791 563 033

**Zobacz więcej materiałów na:**

<http://www.viaexpert.pl/partnerzy/item/zydex-industries>

**ZYDEX : SUSTAINABILITY THROUGH INNOVATION**

**ZycoTherm / Zycosoil**  
Warm / Hot Mix

**Nanotac**  
Tack Coat

**Terraprime**  
Prime Coat

**Terrasil**  
Soil Waterproofing