

**Wydział
Inżynierii Lądowej**

**Nowe rozwiązania materiałowo-technologiczne
asfaltowych nawierzchni mostowych
- asfalt lany i mieszanki zagęszczalne**

MICHAŁ SARNOWSKI

Politechnika Warszawska

Seminarium eksperckie Polskiego Kongresu Drogowego

Asfalt lany: wymagania i wykonawstwo

6-7 września 2018 r.



Tradycyjne rodzaje mieszanek mineralno-asfaltowych do nawierzchni mostowych

➤ **Warstwa ścierna wg WT-2:**

- mastyks grysowy SMA 5, 8 i 11
- beton asfaltowy do bardzo cienkich warstw
BBTM 8 i 11
- beton asfaltowy AC 11 S
- asfalt lany MA 5, 8 i 11

➤ **Warstwa ochronna wg WT-2:**

- asfalt lany MA 8, 11 i 16

Tabela 2. Zestawienie materiałów do warstw nawierzchni na obiektach mostowych

Warstwa	Wyrób	Zalecenie
Wiążąca (Ochronna) ^{f)}	Mieszanki mineralno-asfaltowe	MA 8, MA 11, MA 16
	Lepiszczka asfaltowe	35/50, MG 35/50-57/69, PMB 25/55-60
	Kruszywa mineralne	Tabele 19, 20, 21, 22 WT-1 2014
Ścierna	Mieszanki mineralno-asfaltowe	MA 5 ^{a)} , MA 8, MA 11, SMA 5 ^{b)} , SMA 8 ^{b)} , SMA 11, BBTM 8 ^{b)} , BBTM 11, AC 11 S ^{c)}
	Lepiszczka asfaltowe	MG 35/50-57/69 ^{d)} , PMB 25/55-60 ^{d)} , PMB 45/80-55, PMB 45/80-65, PMB 45/80-80, PMB 65/105-60 ^{e)}
	Kruszywa mineralne	Tabele 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 WT-1 2014

^{a)} dopuszczone wyłącznie do wykonania ścieku przykrawężnikowego
^{b)} zalecane, jeżeli jest wymagane zmniejszenie hałasu drogowego
^{c)} dopuszczone stosowanie warstwy ściernej z betonu asfaltowego AC 11 S, jeżeli nawierzchnia dojazdów do mostu jest wykonana z betonu asfaltowego
^{d)} do asfaltu lanego MA
^{e)} zalecane wyłącznie do SMA lub BBTM w cienkiej warstwie o grubości nie większej niż 3,5 cm
^{f)} izolacja mostowa powinna być dobrana tak, aby była zgodna z warstwą ochronną z asfaltu lanego

MMA do nawierzchni mostowych – asfalt lany (MA)

- Całkowita odporność na wodę, sole (brak wolnych przestrzeni)
- Dobra przyczepność do podłoża
- Szorstkość (po uszorstnieniu grysem)
- Mała wrażliwość na zmiany temperatury
- Zwiększona trwałość (gruba błonka lepilszcza na kruszywie)
- Możliwość stosowania asfaltów niemodyfikowanych (np. wielorodzajowych) lub polimeroasfaltów

Zalecana do nawierzchni mostowych



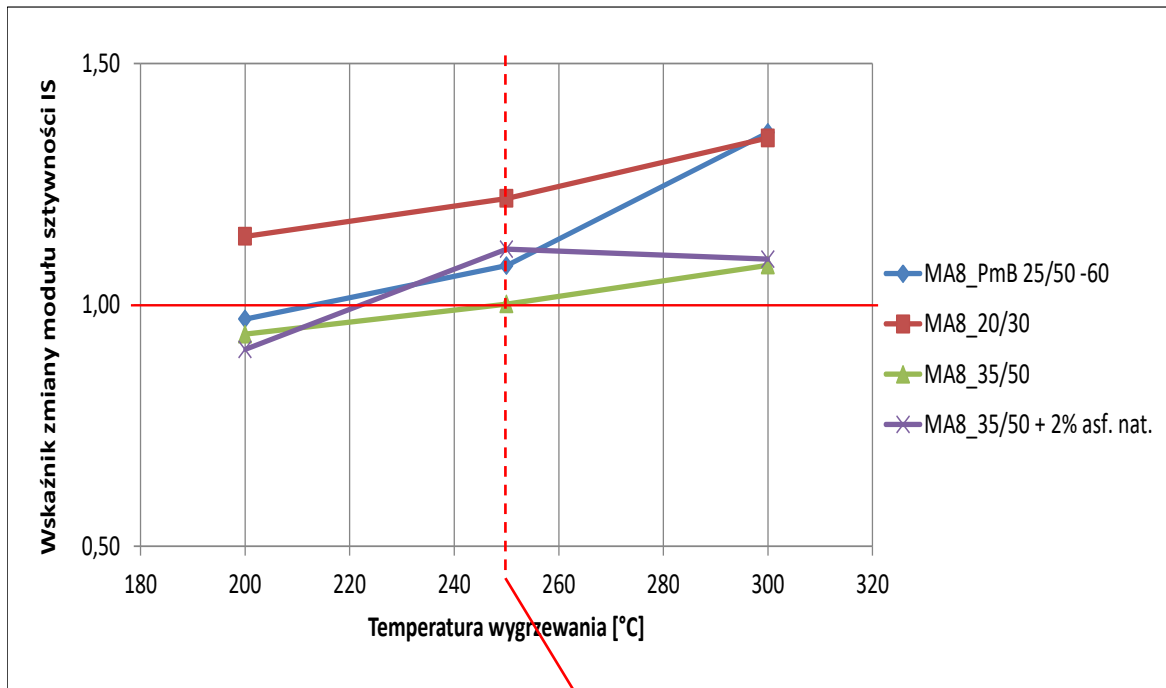
MMA do nawierzchni mostowych – asfalt lany (MA)

- Zimny wypełniacz:
 - zbrylone i niedogrzone koncentracje kruszywa z mastyksem – niejednorodność warstwy
 - konieczność znacznego podgrzewania asfaltu i kruszywa (temperatura do 240°C)
 - piasek łamany – zacieranie łopat – konieczność znacznego podgrzewania MA podczas dojrzewania w kotłach
- Wysokie temperatury technologiczne 200-230°C
- Niebezpieczeństwo przegrzania mieszanki MA podczas produkcji, transportu i układania – **degradacja polimeroasfaltu** - wzrost sztywności MA
- Wolne przestrzenie w warstwie, wypełnione powietrzem – efekt niejednorodności warstwy
- Ograniczone zdolności dyfuzyjne szczelnej mieszanki – uwalniający się gaz tworzy pęcherze

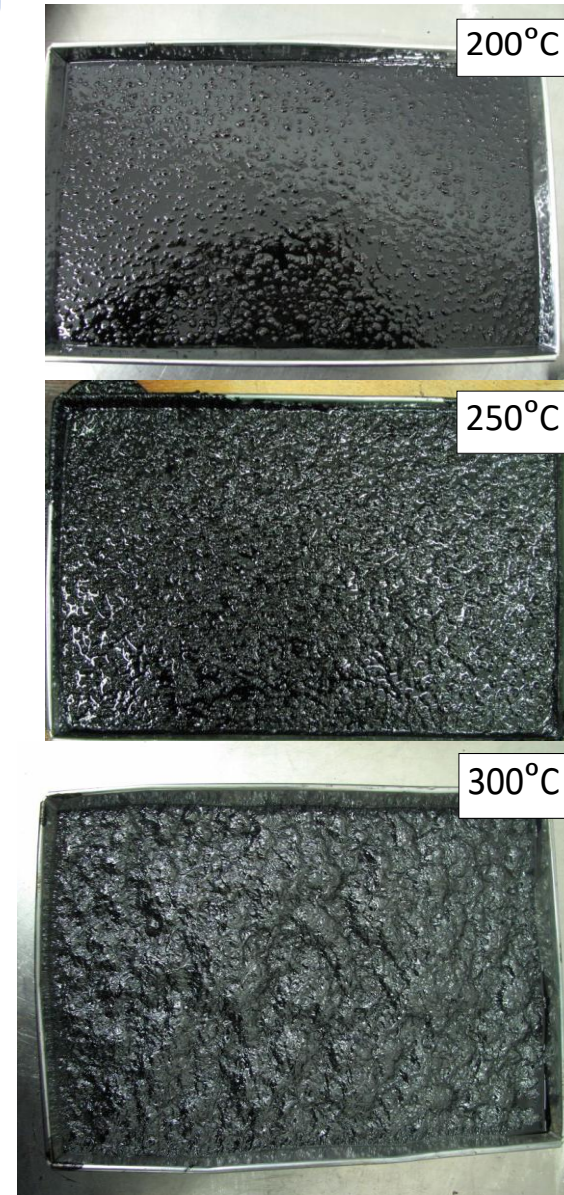


MMA do nawierzchni mostowych – asfalt lany (MA)

- Moduł sztywności (IT-CY) asfaltu lanego MA 8 w funkcji temperatury wygrzewania



250°C



MMA do nawierzchni mostowych – asfalt lany (MA)

6

Pękanie warstw MA na połączeniach technologicznych

- Pęknięcia na końcu/początku działek roboczych oraz w połączeniach podłużnych
- Układanie warstw MA „gorące przy zimnym” - skurcz MMA na połączeniach technologicznych – pękanie

Projektowanie MA

- Obecnie -tylko na deformacje trwałe
- Jest to inna mieszanka do AC, SMA – nie uwzględnia się jej specyficznej struktury



Asfalt lany modyfikowany gumą metodą „wet+dry”

- Propozycja Politechniki Wrocławskiej
- Przeznaczony **do warstwy ochronnej** nawierzchni mostowej
- Zaleta – podwyższona izolacyjność termiczna – ważna przy małej grubości nawierzchni mostowej – odporność na przemarzanie
- Poprawiona odporność na spękania niskotemperaturowe

MA 8 standard

35/50 ($v_m = 8.1\%$)

Wypełniacz + bazalt 0/8

MA 8 Wet

35/50 ($v_m = 9.3\%$)

+ 15% gumy 0/1

Wypełniacz + bazalt 0/8

MA 8 Wet+Dry

35/50 ($v_m = 9.3\%$)

+ 15% gumy 0/1

Wypełniacz + bazalt 0/8

**6% gumy 1/2 mm w
miejsce 6% kruszywa**

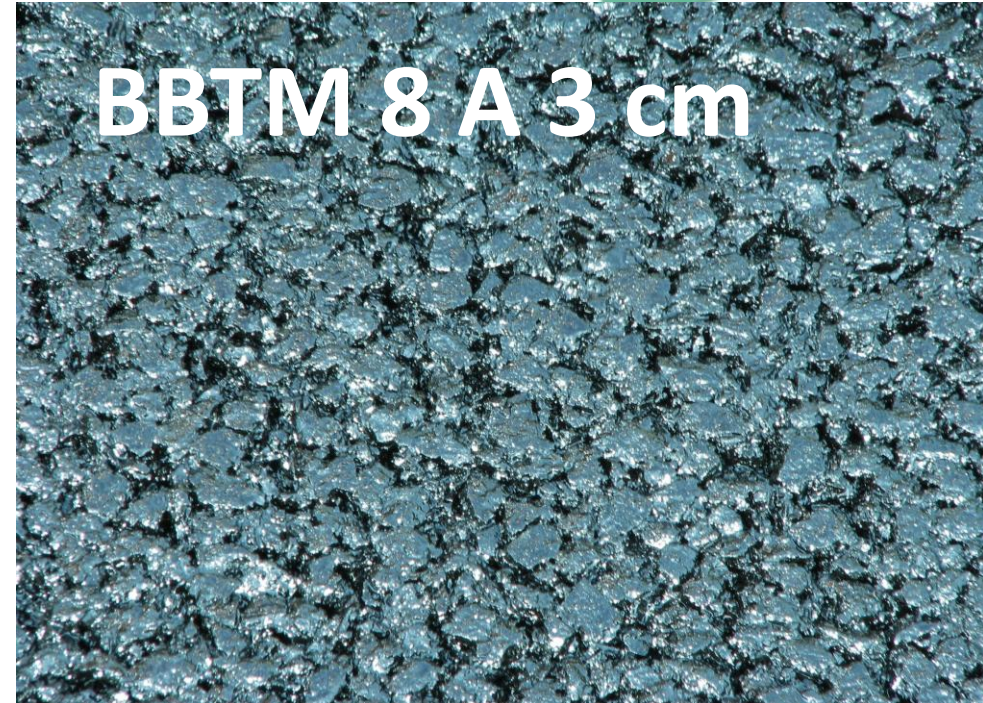


MMA do nawierzchni mostowych

- beton asfaltowy do bardzo cienkich warstw (BBTM)

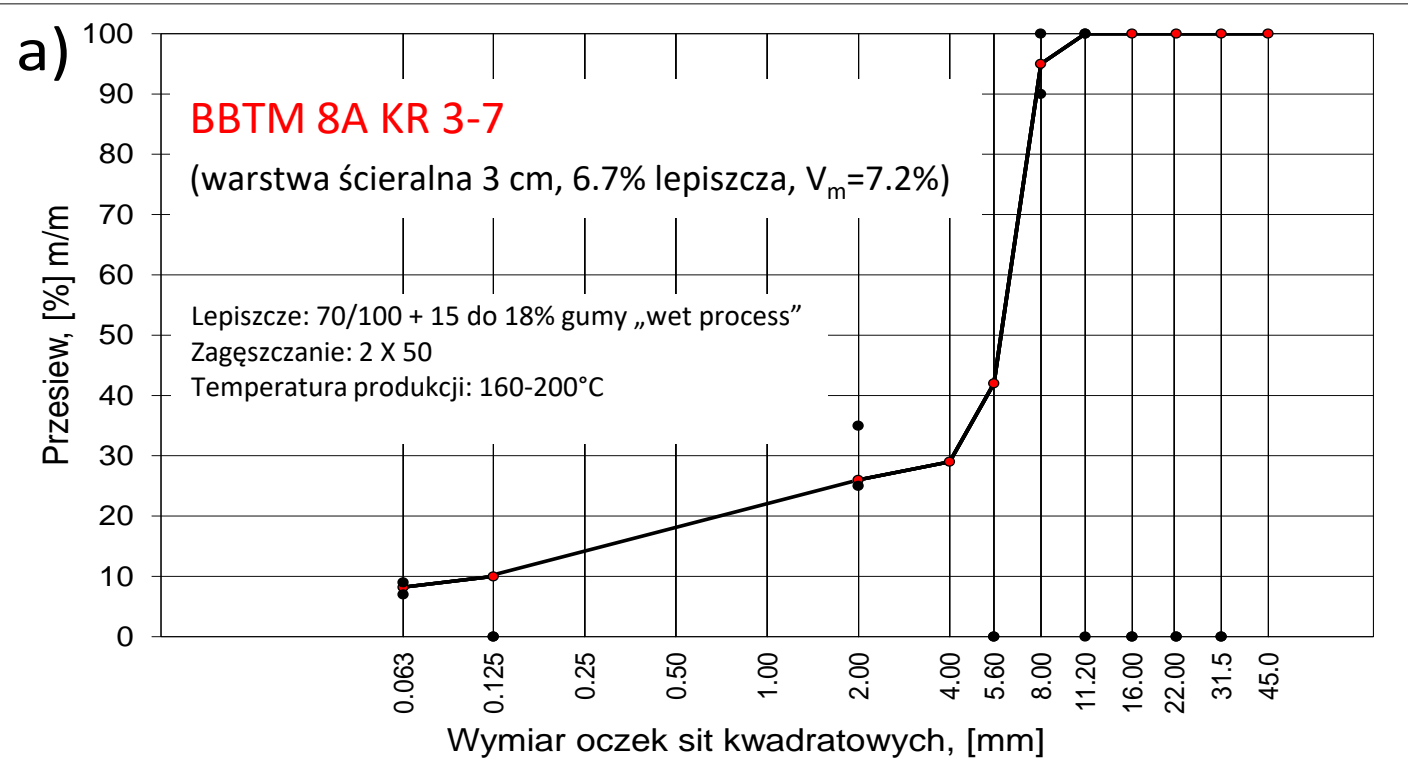
Mieszanka o nieciągłym uziarnieniu do bardzo cienkich warstw, w której kruszywo tworzy połączenia ziarno do ziarna

- do warstw ścieralnych
- niewielki ciężar warstwy
- grubość od 1,5 do 3,0 cm
- połączenie ziarno do ziarna zapewnia uzyskanie otwartej tekstury (szorstkość)
- na mostach tylko BBTM typu A (o szczelnej strukturze)
- temperatura wbudowania 160-180°C



MMA do nawierzchni mostowych

- BBTM 8A wg nowej koncepcji - projektowanie



Np.:

- wypełniacz wapienny
- grysy melafirowy 0/2 mm
- grysy melafirowy 4/8 mm

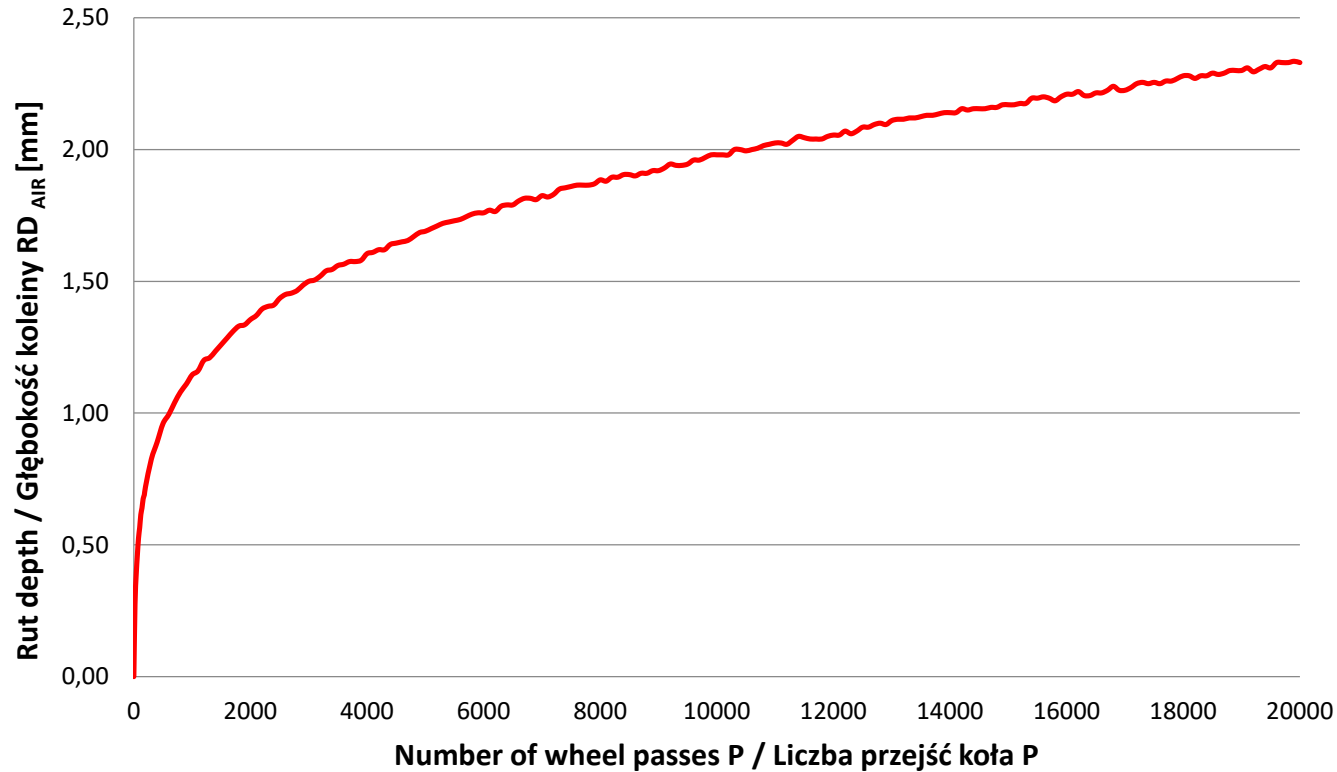
Znacząco zmniejszono wymaganą zawartość wolnej przestrzeni:

z **12-19%** wg wymagań WT-2:2014 na **4-8%** wg nowej koncepcji



MMA do nawierzchni mostowych

- BBTM 8A wg nowej koncepcji



$WTS_{AIR} 0.08$

$PRD_{AIR} 5.9$

— BBTM 8A



MMA do nawierzchni mostowych

- BBTM 8A wg nowej koncepcji



Właściwość	Przesiew, [% (m/m)]			
Wymiar sита #, [mm]	BBTM 8 A	BBTM 8 B	BBTM 11 A	BBTM 11 B
16			100	100
11,2	100	100	90 - 100	90 - 100
8	90 - 100	90 - 100	-	-
2	25 - 35	15 - 25	25 - 35	15 - 25
0,063	7 - 9	4 - 6	7 - 9	4 - 6
Zawartość lepiszcza	B _{min} 6,4	B _{min} 6,0	B _{min} 6,0	B _{min} 6,0
Zawartość wolnej przestrzeni; V _g	V _g 12-19	V _g 20-25	V _g 10-17	V _g 18-25

wg WT-2:

Właściwość	BBTM 8 A AMG KR3-6
Zawartość lepiszcza całkowita B, [% (m/m)]	6,7
Zawartość wolnych przestrzeni w MMA V _g , [% (obj.)]	7,3
Wypełnienie wolnych przestrzeni asfaltem VFB, [% (obj.)]	66,1
Zawartość wolnych przestrzeni w MM VMA, [% (obj.)]	21,4

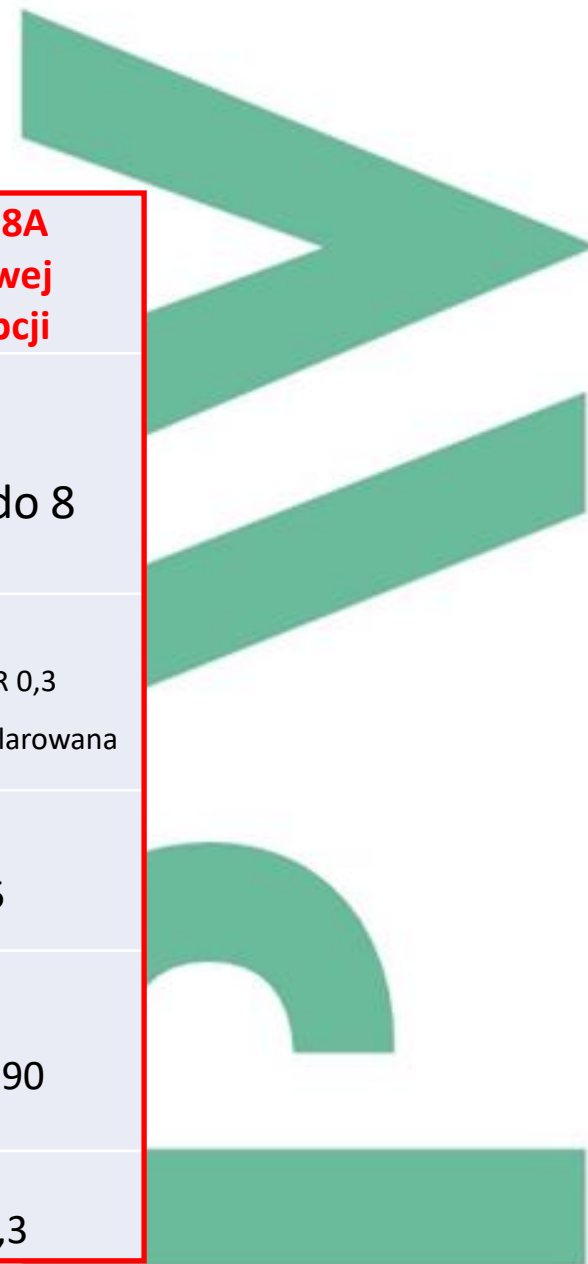
→ BBTM ?



MMA do nawierzchni mostowych

- BBTM 8A wg nowej koncepcji

Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	BBTM 8A wg WT-2:2014	BBTM 8A wg nowej koncepcji
Zawartość wolnych przestrzeni	Ubijanie, 2 × 50 uderzeń. Temp. zagęszczania 150±5°C	PN-EN 12697-8, p. 4 ^{a)}	V_m 12 do 19	V_m 4 do 8
Odporność na deformacje trwałe ^{a)}	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 Grubość płyty BBTM 8 = 40 mm	-	$WTS_{AIR 0,3}$ PRD_{AIR} Deklarowana
Odporność na deformacje trwałe ^{a), c), d) *}	Wałowanie, P_{98} - P_{100}	PN-EN 12697-22, duży aparat, temperatura 60°C, 3000 cykli	P_{20}	P_{15}
Odporność na działanie wody ^{b), c)}	Ubijanie, 2 × 35 uderzeń	PN-EN 12697-12, przechowywanie w temp. 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w temp. 25°C	$ITSR_{90}$	$ITSR_{90}$
Splywność lepiszcza	-	PN-EN 12697-18, p. 5	-	$D_{0,3}$



Wykonanie warstwy ścieralnej z mieszanki BBTM 8 na odcinku próbnym – ul. Racławicka w Warszawie

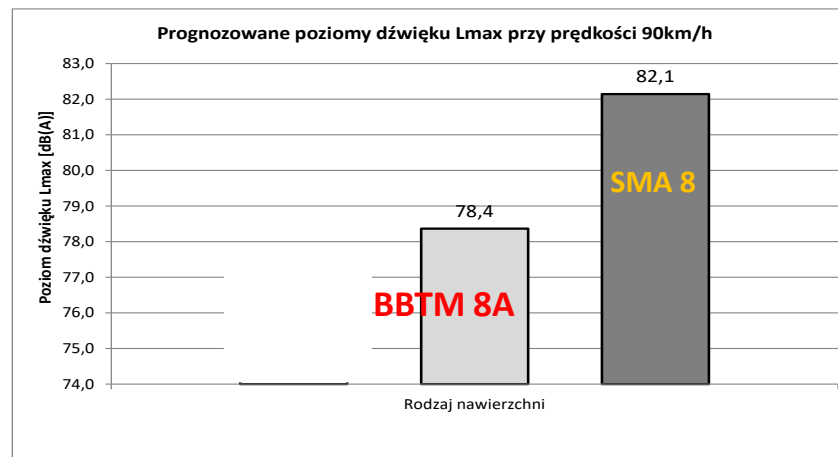
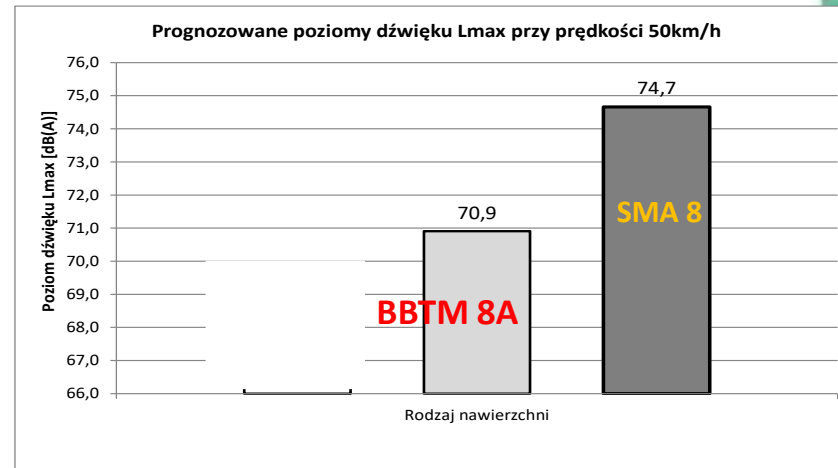
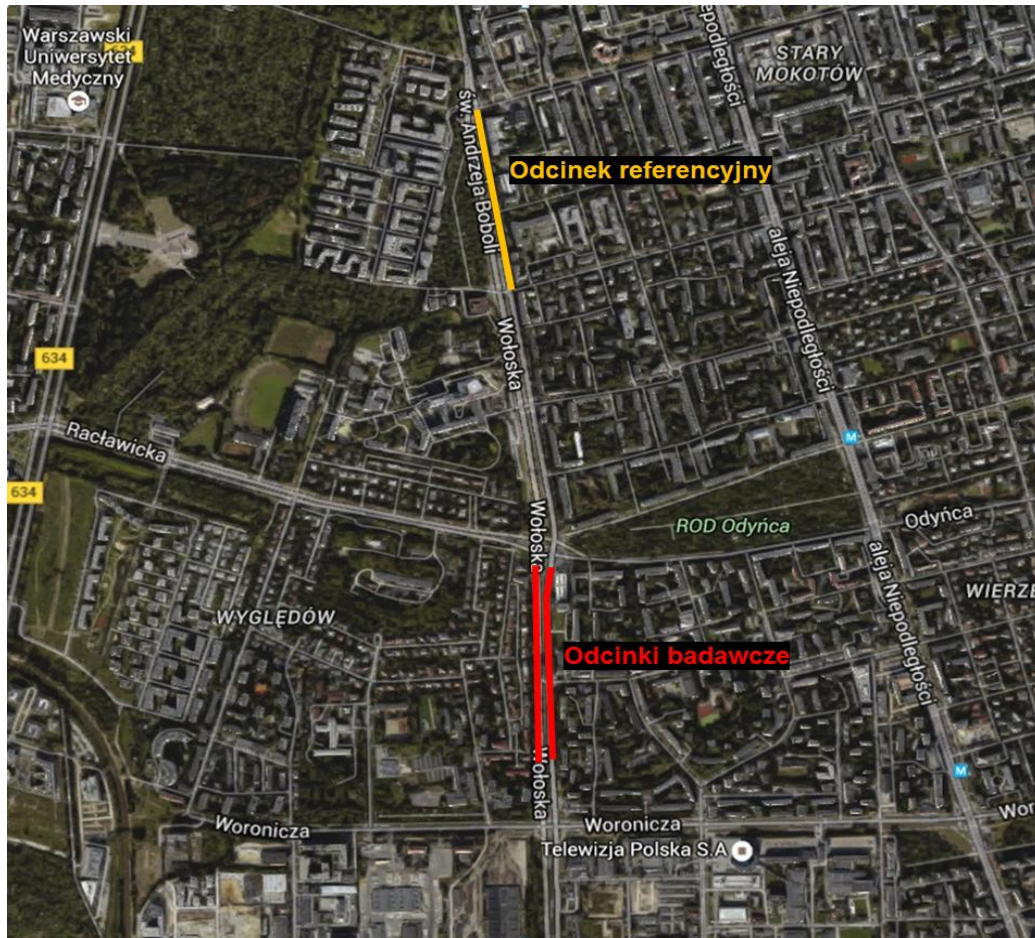


Wydział
Inżynierii Lądowej



Warstwa ściernalna nawierzchni ul. Wołoskiej w Warszawie z mieszanki BBTM 8

☐ Badania akustyczne nawierzchni metodą kontrolowanego przejazdu CPB



Mastyks wysokogrynowy SMA-MA

- Przeznaczony do warstwy ochronnej lub izolacji
- Połączenie technologii:
 - mastyksu izolacyjnego (tradycyjnego)
 - asfaltu lanego MA (doskonała szczelność)
 - SMA (odporność na koleinowanie)
- Dobre właściwości mechaniczne
- Wysoka odporność na odkształcenia trwałe (przy dużej zawartości asfaltu)
- Duża szczelność (około 0,5 – 1,0% wolnej przestrzeni w MMA)
- Łatwość transportu i wbudowania (standardowym sprzętem)
- Temperatura wbudowywania 160-180°C



Mastyks wysokogrysowy SMA-MA a mieszanki tradycyjne

- Mastyks izolacyjny (tradycyjny)
 - warstwa o grubości 10 - 12 mm
 - np. izolacja Mostu Grota-Roweckiego wykonana ponad 30 lat temu

- Asfalt lany MA
 - warstwa o grubości 30 - 50 mm



Szczelność

Składniki	Skład mastyksu izolacyjnego [%] (m/m)
Lepiszczce	13,0
Mączka wapienna	35,0
Piasek łamany	52,0
Σ	100,0

Brak grysu!

Składniki	Skład MA 8 [%] (m/m)
Lepiszczce	8,0
Mączka wapienna	27,6
Piasek niełamany	11,0
Piasek łamany	11,1
Grys gabro 2/5	18,4
Grys gabro 5/8	23,9
Σ	100,0

Okolo 40% grysu

Mastyks wysokogrysowy SMA-MA a mieszanki tradycyjne

- Mastyks grysowy SMA
 - warstwa o grubości 40 mm

Oporność na koleinowanie

Składniki	Skład SMA 8 [%] (m/m)
Lepiszczce	7,0
Mączka wapienna	11,2
Piasek łamany	12,1
Grys gabro 2/5	17,7
Grys gabro 5/8	52,0
Σ	100,0

około 70%
grysu



Mastyks wysokogrysowy SMA-MA a mieszanki tradycyjne

- Mastyks wysokogrysowy SMA-MA
 - warstwa o grubości 20 - 35 mm (max. 40 mm)
 - zalecane uziarnienie 5 lub 8 mm

Szczelność + odporność na koleiny

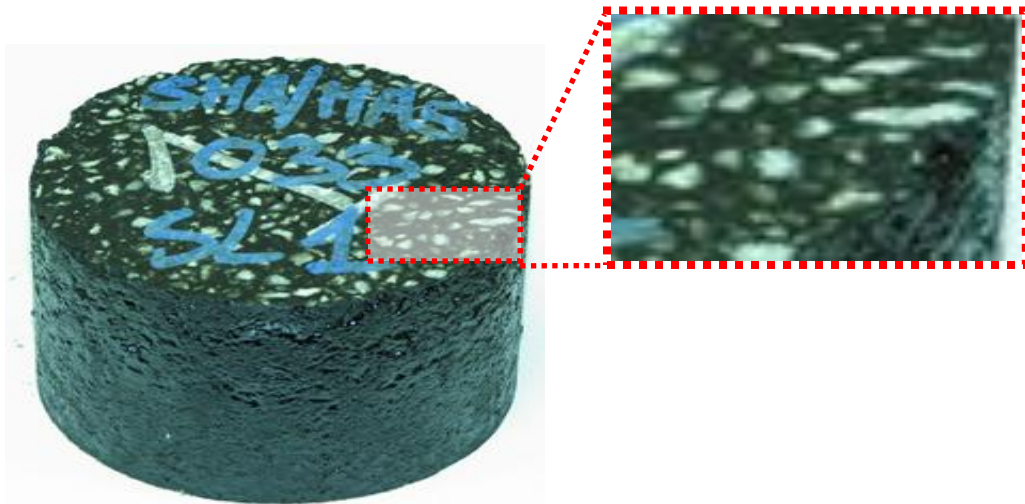
Składniki	Skład SMA-MA 8	
	[%] (m/m)	
Lepiszcze	9,0	!
Mączka wapienna	12,7	
Piasek łamany	12,7	
Grys gabro 2/5	14,6	}
Grys gabro 5/8	51,0	
	Σ	100,0

około 65%
grysu

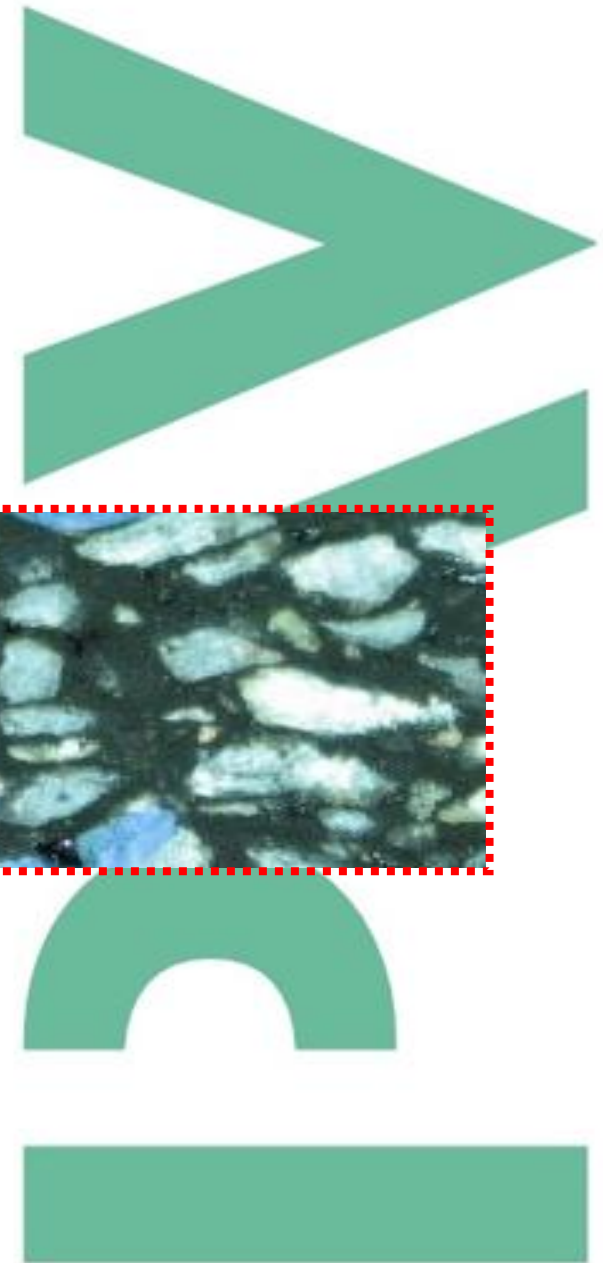
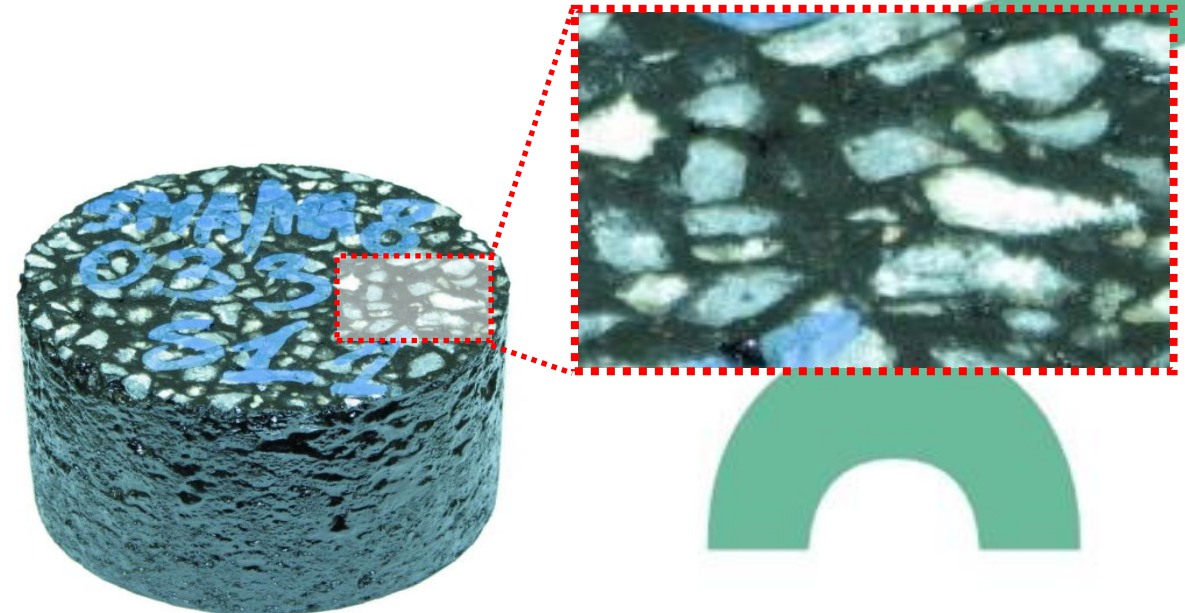


Mastyks wysokogrysowy SMA-MA

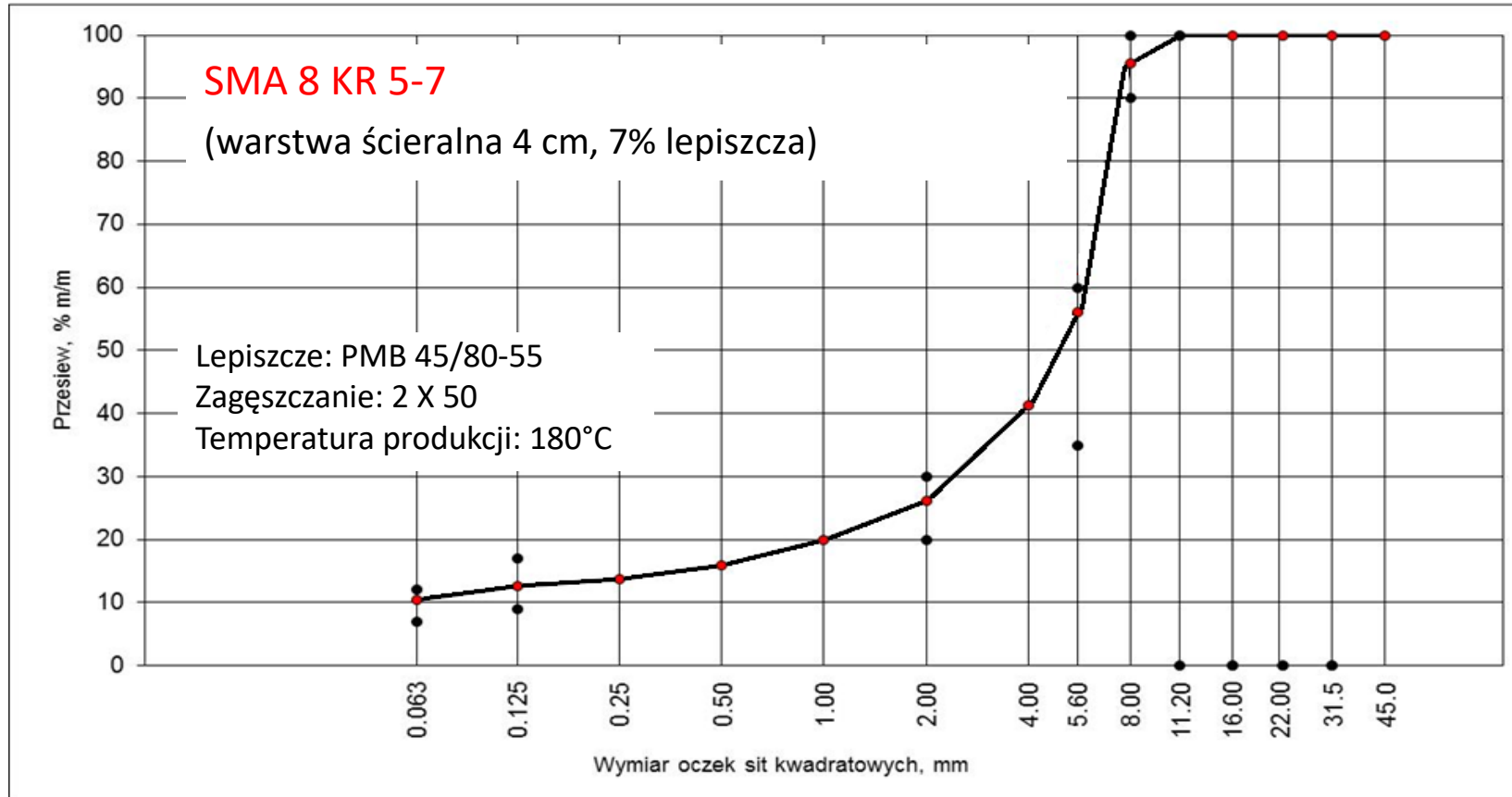
- **SMA-MA 5** do izolacji i warstwy ochronnej



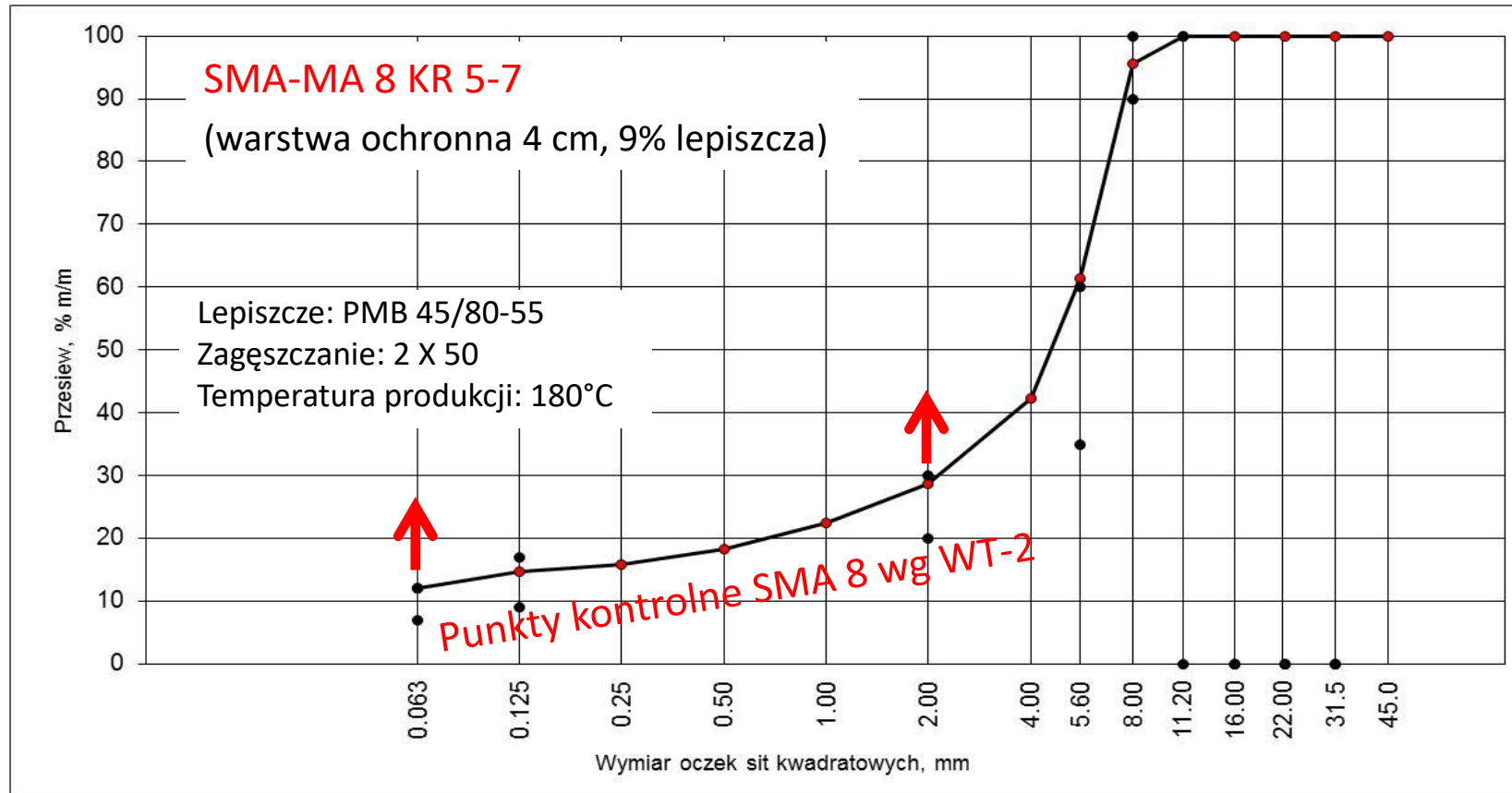
- **SMA-MA 8** do izolacji i warstwy ochronnej



Mastyks wysokogrynowy SMA-MA – projektowanie



Mastyks wysokogrykowy SMA-MA – projektowanie



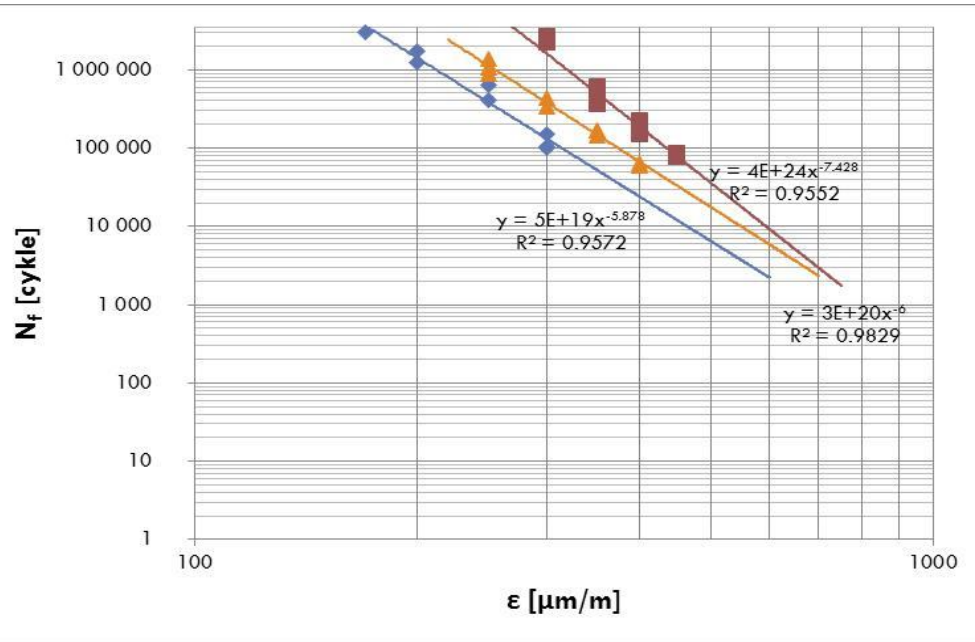
Skład i wolna przestrzeń mieszanek

Skład MMA	AC 11	SMA 8	MA 11	SMA-MA 8
Mączka wapienna	8,5	11,2	25	12,7
Piasek	28,4	12,1	18,4	12,7
Grys Gabro 2/5	9,5	17,7	18,5	14,6
Grys Gabro 5/8	17,0	52,0	13,9	51,0
Grys Gabro 8/11	31,2	-	16,7	-
Lepiszczce	5,4	Wzrost → 7,0	Wzrost → 7,5	Wzrost → 9,0
Vm	3,9	3,2	< 0,5	1,2

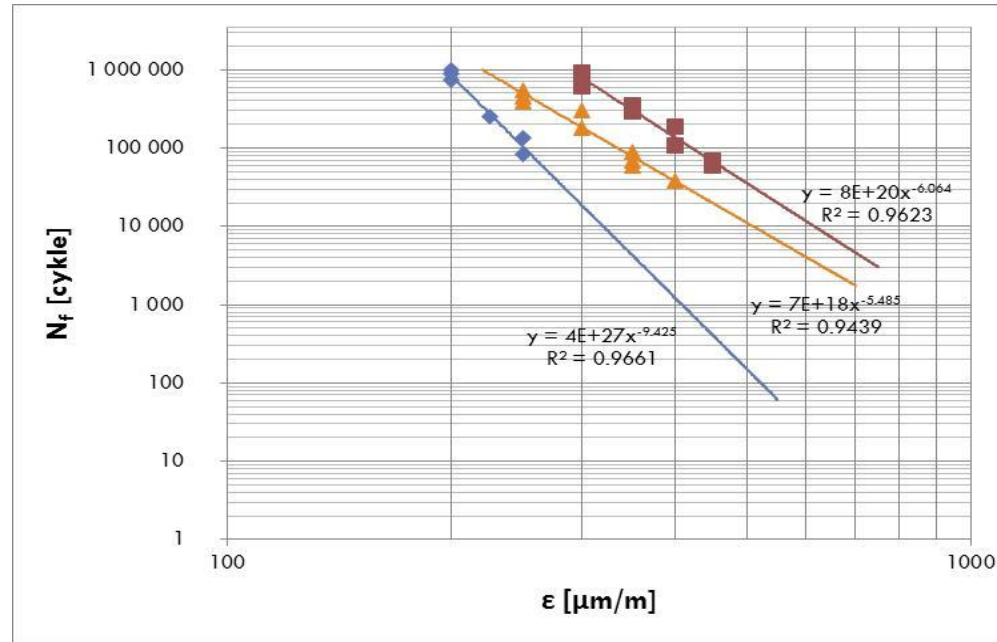


Trwałość zmęczeniowa

Mieszanki niewygrzewane (nie starzone)



Mieszanki wygrzewane (starzone)
w temperaturze 250°C



- ◆ Beton asfaltowy AC 11
- Mastyks wysokogrysowy SMA-MA 8
- ▲ Mastyks grysowy SMA 8

Koleinowanie pojedynczych warstw



MA 11

4 cm



AC 11



SMA 8



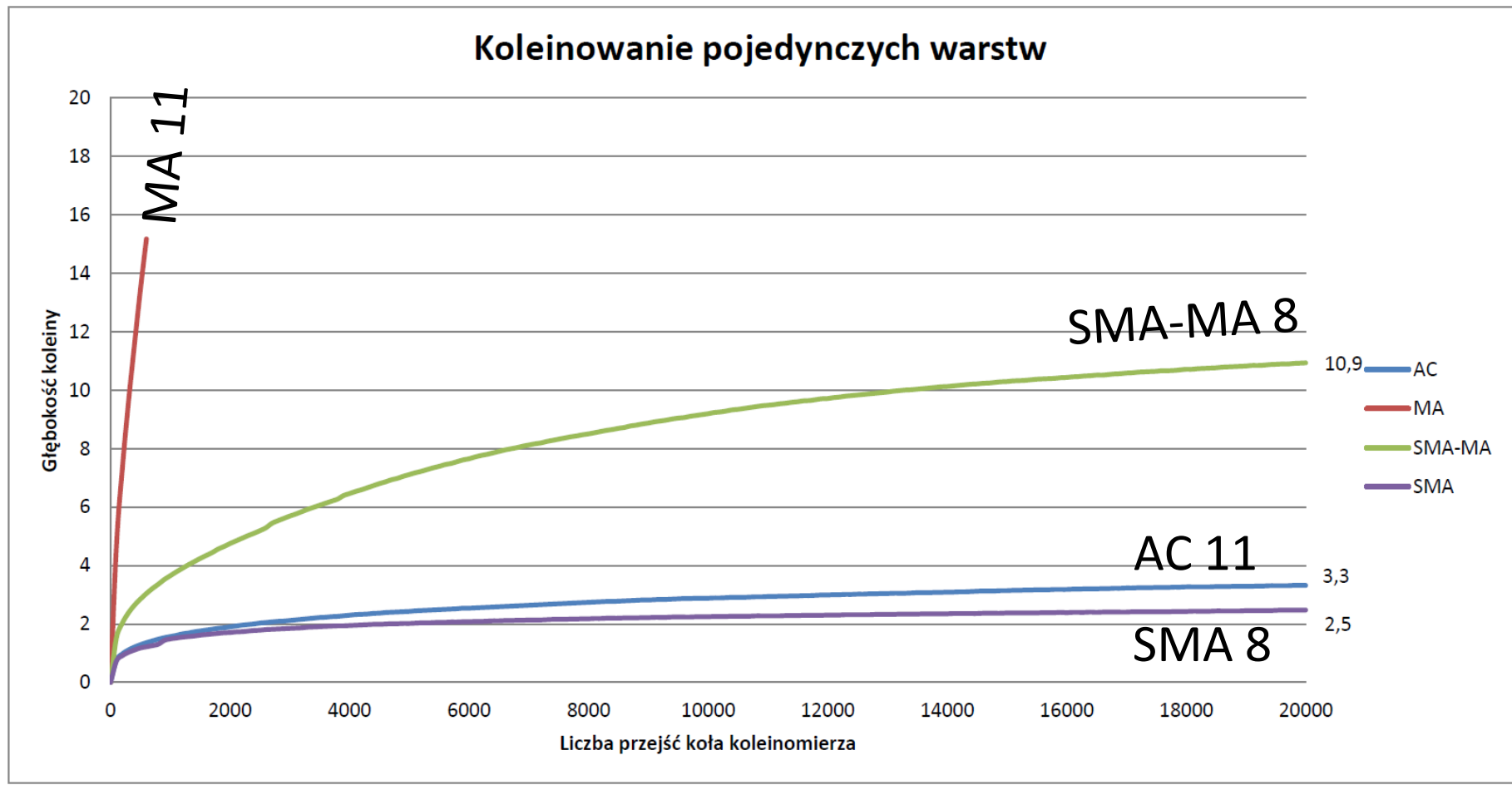
SMA-MA 8

Fot. R. Schilling

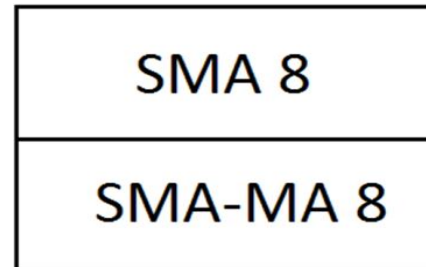
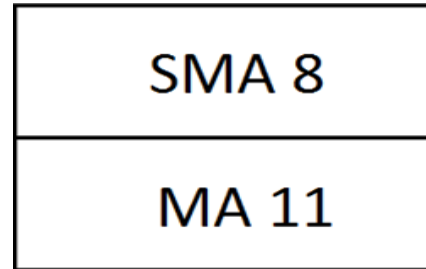
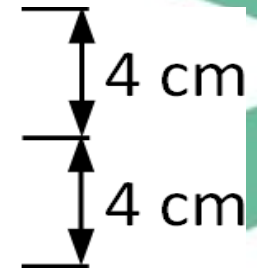
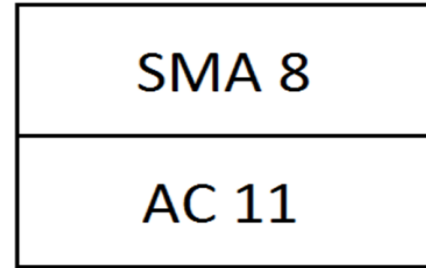
**Wydział
Inżynierii Lądowej**



Koleinowanie pojedynczych warstw



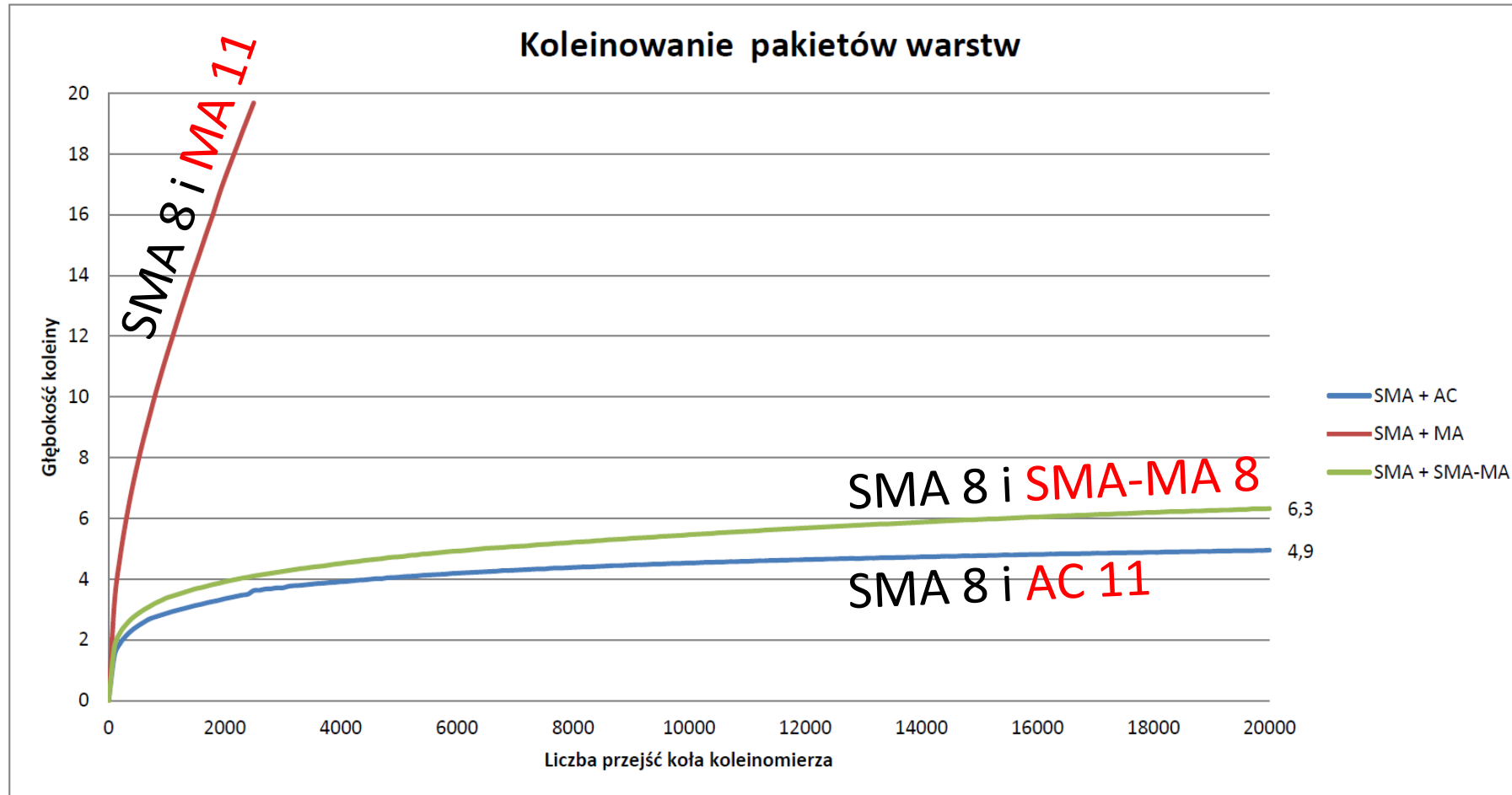
Koleinowanie pakietów warstw



Fot. R. Schilling

Wydział
Inżynierii Lądowej

Koleinowanie pakietów warstw



Koleinowanie pakietów warstw



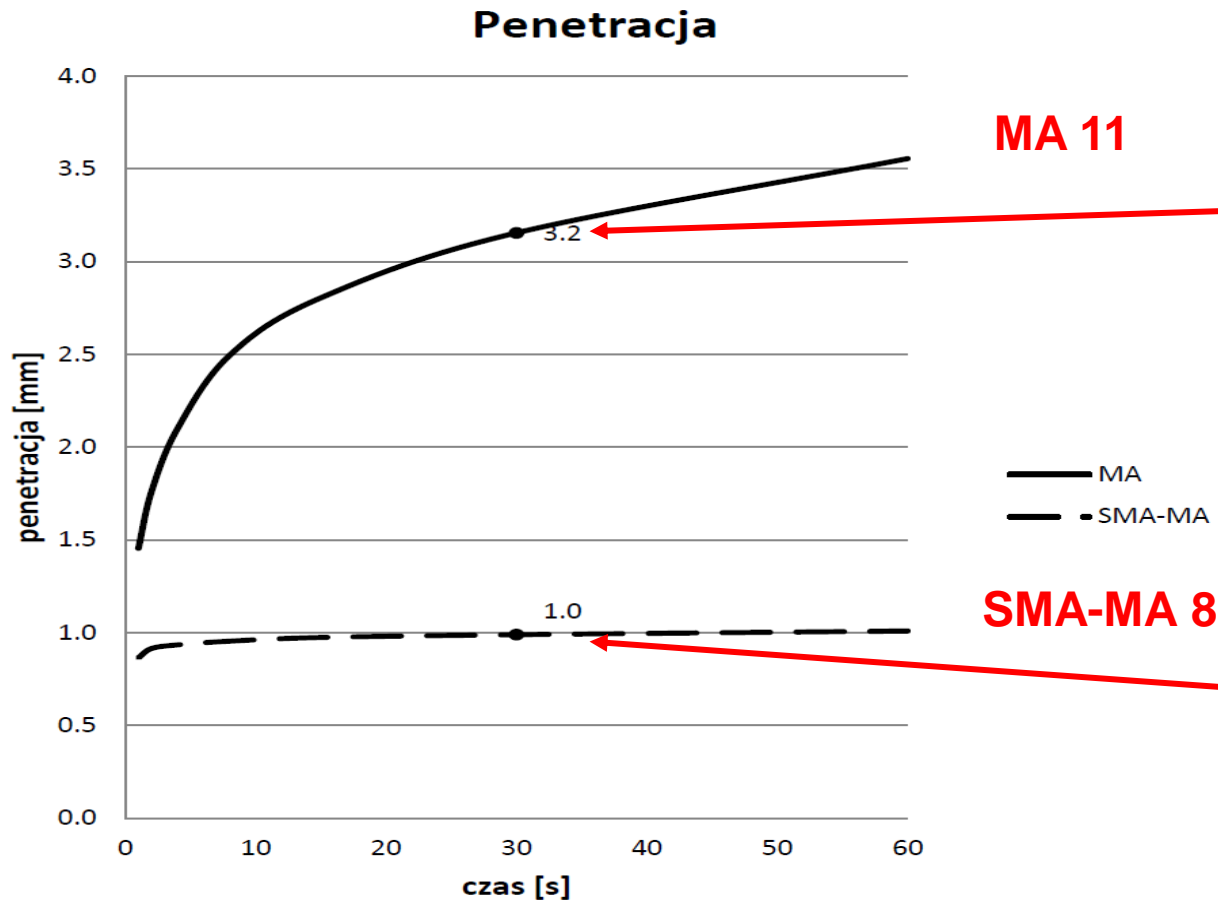
Metoda badania	Parametr	Jednostka	SMA-MA 8	AC 11	SMA-MA 8
PN-EN 12697-22, metoda B w powietrzu, PN-EN 13108-20, D.1.6, 60°C, 10000 cykli	PRD _{AIR} nie więcej niż	%	27	7	9
	WTS _{AIR} nie więcej niż	mm/10 ³ cykli	0,30	0,10	0,15

Grubość płyty: 4 cm

Grubość pakietu warstw: 8 cm (4 cm ścieralna + 4 cm ochronna)



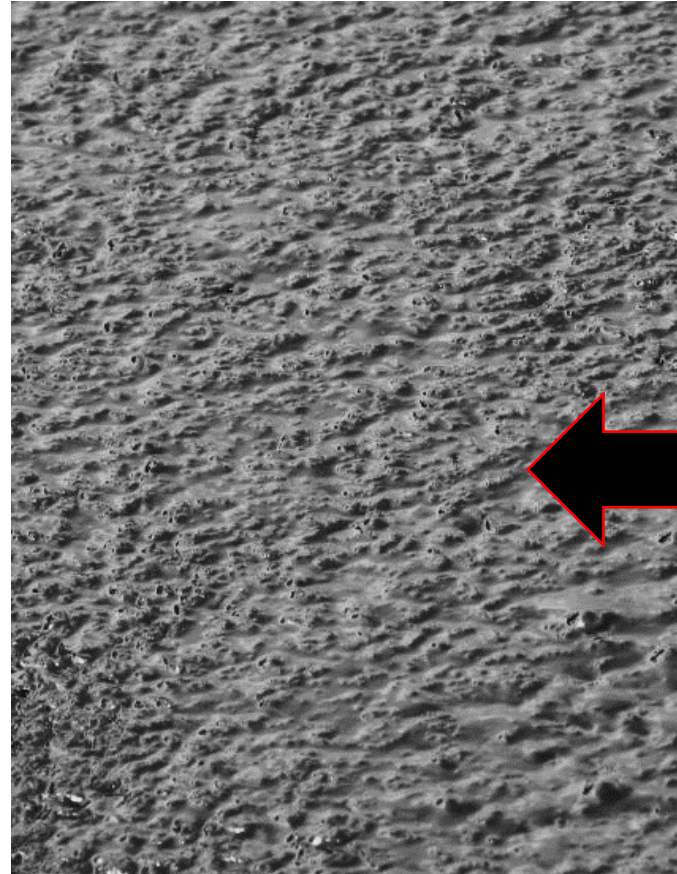
Penetracja statyczna trzpieniem



Zasady wbudowania mieszanki SMA-MA

Układanie:

- listwa:
 - temperatura min. 160°C;
 - wibracja listwy;
- Zapewnienie szczepności z górną warstwą:
 - brak skropienia emulsją
 - mieszanka bogata w lepiszcze
 - dopuszczalne posypanie gorącej powierzchni mastyksu grysem lakierowanym 2/4 mm



Zasady wbudowania mieszanki SMA-MA

- Zagęszczanie:
 - walec 8 t
 - 1-2 przejazdy - duża podatność na zagęszczanie
 - prędkość: 2-3 km/h
 - bez wibracji lub wibracja z amplitudą poziomą
 - bezpośrednio za rozkładarką
 - **efekt wyciśnięcia mastyksu** – optymalne zagęszczenie



Zagęszczanie SMA-MA

**Pas przed
zagęszczeniem**



Szczelna struktura



Szkielet grysowy

Pas zagęszczony

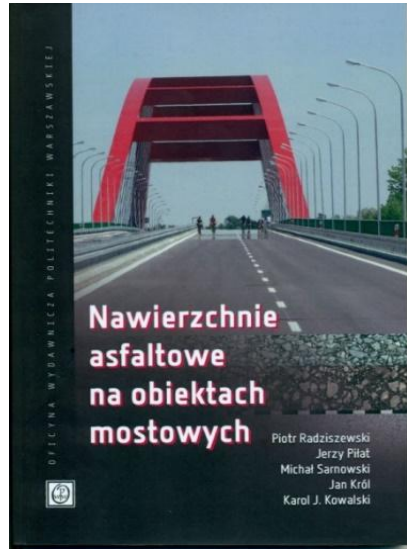
Przykładowe konstrukcja nawierzchni mostowej z warstwą SMA-MA

Wybrane konstrukcje nawierzchni podatnych na obiektach mostowych z pomostem stalowym lub betonowym

Wybrane konstrukcje nawierzchni podatnych na obiektach mostowych z izolacją z mieszanki SMA/MA			
Kategoria ruchu	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	Do 0,50	0,50-7,30	>7,30
	<p>AC 11 – 5 cm w. ścieralna</p> <p>SMA-MA 5 – 2 cm izolacja</p> <p>Asfalt upłynniony lub lepiszcze asfaltowe w. gruntująca</p> <p>plyta pomostu</p> <p>7 cm</p>	<p>SMA 8 – 3 cm w. ścieralna</p> <p>SMA 8 – 3 cm w. ochronna</p> <p>SMA-MA 5 – 2 cm izolacja</p> <p>Asfalt upłynniony lub lepiszcze asfaltowe lub żywica w. gruntująca</p> <p>plyta pomostu</p> <p>8 cm</p>	<p>SMA 11 – 4 cm w. ścieralna</p> <p>SMA 11 – 4 cm w. ochronna</p> <p>SMA-MA 8 – 3 cm izolacja</p> <p>Asfalt upłynniony lub lepiszcze asfaltowe lub żywica w. gruntująca</p> <p>plyta pomostu</p> <p>11 cm</p>

Wybrane konstrukcje nawierzchni podatnych na obiektach mostowych z pomostem ortotropowym

Wybrane konstrukcje nawierzchni podatnych na obiektach mostowych z pomostem ortotropowym			
Kategoria ruchu	KR1-KR7		
	<p>SMA 11 – 4 cm w. ścieralna</p> <p>SMA 5 – 2 cm w. ochronna</p> <p>Papa – 0,5 cm lub Żywica izolacja + w. gruntująca</p> <p>plyta pomostu</p> <p>6 cm</p>	<p>AC 11 – 4 cm w. ścieralna</p> <p>SMA-MA 5 – 2cm w. ochronna</p> <p>Papa – 0,5 cm lub Żywica izolacja + w. gruntująca</p> <p>plyta pomostu</p> <p>6 cm</p>	<p>MA 11 – 4 cm w. ścieralna</p> <p>MA 16 – 5 cm w. ochronna</p> <p>Metakrylan metylu izolacja + w. gruntująca</p> <p>plyta pomostu</p> <p>9 cm</p>



Propozycja konstrukcji nawierzchni mostowej

- **warstwa ścierna**: 3 cm SMA 8
z PMB 45/80-65 lub z lepiszczem gumowo-asfaltowym o zawartości gumy min. 15% (m/m) lub z lepiszczem wysokomodyfikowanym PMB 45/80-80
- **warstwa ochronna/wyrównawcza**: 3-5 cm SMA 11
z PMB 45/80-65
- **warstwa ochronna/wyrównawcza/izolacyjna**: 2-4 cm SMA-MA 8
z PMB 45/80-55
- **izolacja**: 3 mm powłokowa z metakrylanu metylu



Realizacje z zastosowaniem warstwy SMA-MA

a) sprzed 15 lat:

- ✓ most stalowy, zwodzony w Dziwnowie – realizacja 1995 r.,
- ✓ most Cłowy w Szczecinie – realizacja 1998 r.,
- ✓ wiadukt drogowy w ciągu ul. Mickiewicza w Szczecinie – realizacja 2000 r.,
- ✓ most Długi w Szczecinie – realizacja 2000 r.,

b) z obecnego okresu:

- ✓ wiadukt drogowy w Policach – 2013 r.,
- ✓ wiadukt drogowy nad autostradą A6 (węzeł Tczewska) – realizacja 2014 r.,
- ✓ most na rzekę Dzierżęcinka w Koszalinie – realizacja 2014 r.



Wbudowanie warstw na mostach

- Technologia rozkładania „gorące przy gorącym” warstwy ochronnej i ścieralnej



- Technologia rozkładania całą szerokością warstwy



Wnioski

1. Bardzo ważnym czynnikiem kształtującym trwałość obiektów mostowych jest właściwy dobór materiałów do nawierzchni oraz odpowiedniej technologii wbudowania, w tym przestrzeganie **temperatur technologicznych**.
2. Do budowy nawierzchni mostowych wskazane jest stosowanie nowych rozwiązań materiałowo-technologicznych zapewniających trwałość obiektów inżynierskich.
3. Technologia **asfaltu lanego**, przy odpowiednim doborze materiałów i metod wbudowania, może zapewnić wykonywanie najbardziej trwałych warstw mostowych i ma potencjał do wprowadzania nowych rozwiązań materiałowo-technologicznych.
4. Rozwiązanie w postaci cienkiej warstwy ścieralnej **BBTM** ułożonej na warstwie ochronnej z **asfaltu lanego** pozwoli na otrzymanie lżejszych mostowych układów nawierzchniowych, z zachowaniem ich dużej szczelności, o zdolnościach redukujących hałas.
5. Rozwiązanie systemu nawierzchniowego z zastosowaniem warstwy **SMA-MA** umożliwia wbudowanie wszystkich warstw w temperaturze do 180°C i zapewnia wysoką trwałość zmęczeniową nawierzchni.
6. **Badanie w pakiecie warstw** lepiej oddaje rzeczywistą odporność na koleinowanie specjalnych mieszanek mineralno-asfaltowych do warstw ochronnych i izolacyjnych.





Dziękuję za uwagę

m.sarnowski@il.pw.edu.pl

Wydział
Inżynierii Lądowej

