



**BEZPIECZNA, PROEKOLOGICZNA
POROELASTYCZNA NAWIERZCHNIA DROGOWA (SEPOR)**

**Piotr JASKUŁA
Marcin STIENSS**



ZAKRES PREZENTACJI

Nawierzchnia poroelastyczna SEPOR

- Wprowadzenie
- Badania laboratoryjne (składy, właściwości, produkcja)
- Badania terenowe (próby technologiczne i odcinki doświadczalne, hałas, palność rozlanego paliwa)
- Podsumowanie



POLITECHNIKA
GDAŃSKA



POLITECHNIKA
GDAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



PROJEKT – NCBiR (2018-2021)

Bezpieczna, proekologiczna poroelastyczna nawierzchnia drogowa (SEPOR)

*Safe, eco-friendly **poroelastic** road surface (**SEPOR**)*



Projekt badawczy finansowany przez NCNBiR
TECHMATSTRATEG 1/347040/17/NCBR/2018



POLITECHNIKA
GDAŃSKA



POLITECHNIKA
GDAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



ZESPÓŁ

❑ Politechnika Gdańska – Wydział Mechaniczny (Lider)

prof. dr hab. inż. **Jerzy Ejsmont i zespół**

❑ Politechnika Gdańska – Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

dr hab. inż. **Piotr Jaskuła**, prof. PG i **zespół**

❑ Politechnika Białostocka – Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

prof. dr hab. inż. **Władysław Gardziejczyk i zespół**

❑ MTM Firma Budowlano-Drogowa S.A.

Prezes - **Władysław Grzech** / Główny Technolog – **Maciej Zawadzki**



POLITECHNIKA
GDAŃSKA



UCZELNIA
BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI



POLITECHNIKA
GDAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA

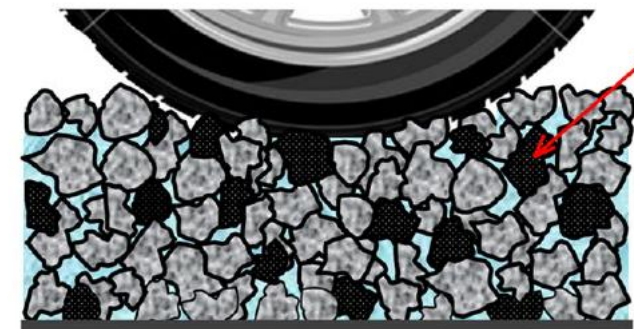


NAWIERZCHNIA POROELASTYCZNA - SEPOR

Cel: opracowanie nawierzchni poroelastycznych, wykorzystujących **granulat gumowy** jako szkielet i **asfalt** jako lepiszcze

Nawierzchnia poroelastyczna:

- ekologiczna
- redukuje hałas drogowy (10-12 dB) i
- poprawia bezpieczeństwo ruchu poprzez zwiększoną wodoprzepuszczalność
- korzystne właściwości przeciwpślizgowe oraz
- zdolność do opóźnienia pożarów rozlewisk paliwa.





POLITECHNIKA
GDAŃSKA



UCZELNIA
BADAWCZA

INICJATYWA DOSKONALOŚCI



POLITECHNIKA
GDAŃSKA

WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



HISTORIA

- 1985 – PEAC (3-5 dB): von Meier and Heerkens
- 1993 – PERS (10 dB): Meiarashi
- 2004 – PERS (10 dB): Sandberg & Ejsmont
- 2005 – PERS QCITY (7 dB): Ulmgren & Nilson
- 2009 – PERSUADE (11 dB): Sandberg & Goubert
 - 2015 – zakończenie PERSUADE (brak trwałości i brak szczepności)
- 2018 – **SEPOR** (12 dB): Ejsmont & Jaskula & Gardziejczyk
 - 2021 – zakończenie SEPOR (brak trwałości)



POLITECHNIKA
GDAŃSKA



UCZELNIA
BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONALOŚCI



POLITECHNIKA
GDAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



Jaka powinna być trwałość SEPOR?

Mieszanki do warstwy ścieralnej

(przy zachowaniu właściwości eksploatacyjnych, do pierwszego zabiegu utrzymaniowego)

- | | |
|--|----------------------------------|
| ☐ Klasyczna mieszanka – AC, SMA | - 11-15 lat |
| ☐ Porowata mieszanka – PA | - 6-8 lat (4 lata) |
| ☐ Porowata mieszanka – doublePA | - 7-9 lat (11-17 lat) |
| ☐ Poroelastyczna mieszanka – PERS | - 0,3-2 lat |
| ☐ Poroelastyczna mieszanka – SEPOR | - ???
2-4 lata, może 6 lat... |

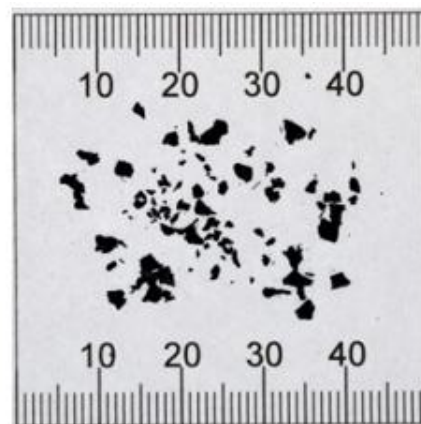
Sztywność SEPOR 20-30x niższa niż SMA / AC

SKŁAD

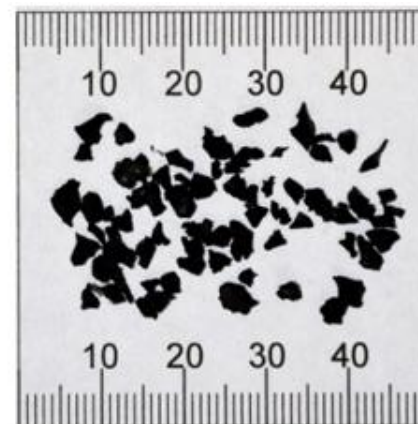
Materiały - Szkielet



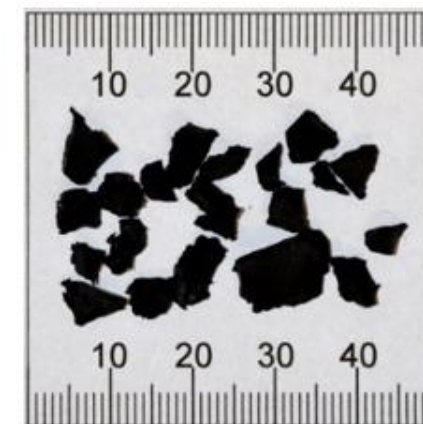
a



b



c



d

(a) kruszywo mineralne (gnejs);

(b) kruszywo gumowe 0.5/2;

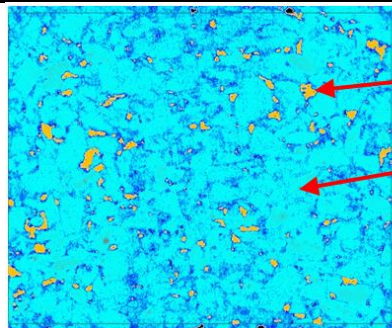
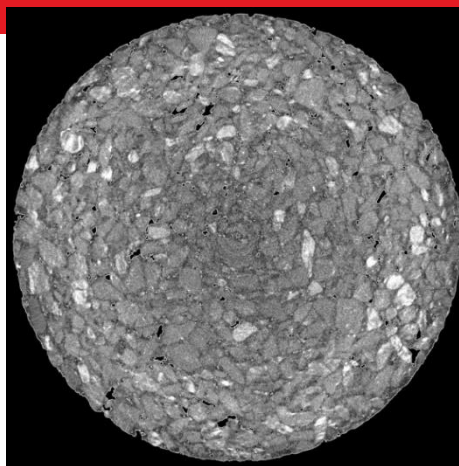
(c) kruszywo gumowe 1/4;

(d) kruszywo gumowe 4/7

RECYKL Śrem

HiMA – 45/80-80 Orlen Asphalt

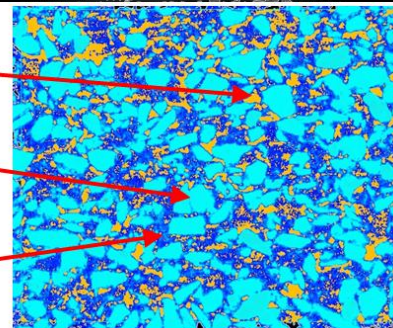
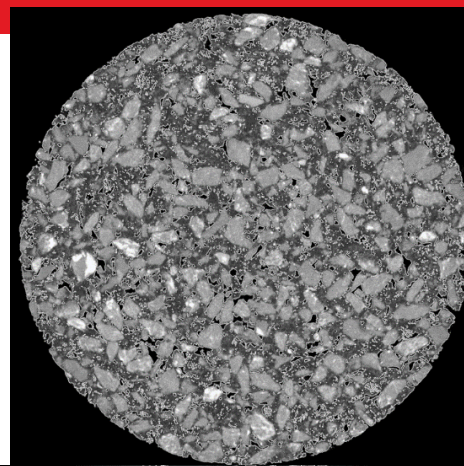
ROZKŁAD GRYSU GUMOWEGO



SMA 5 w 2/1

CR=0%

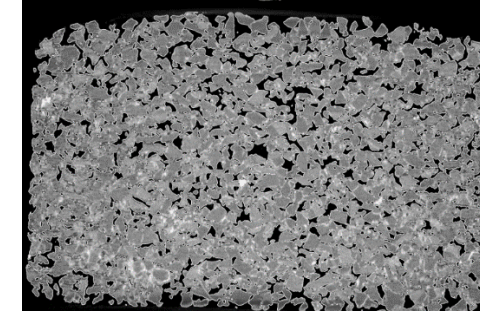
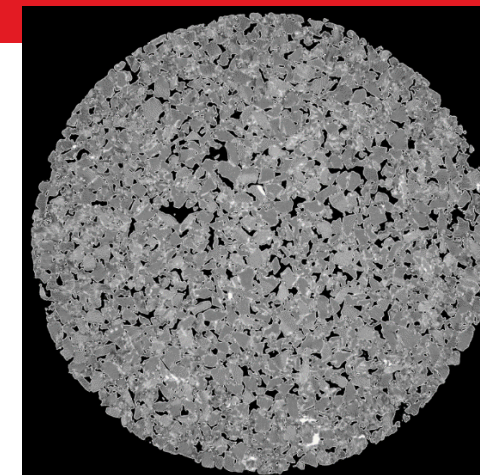
v=3,7%; b=7,1% m/m



SMA 5 w 2/1

CR=33% v/v

v=16,6%; b=10% m/m



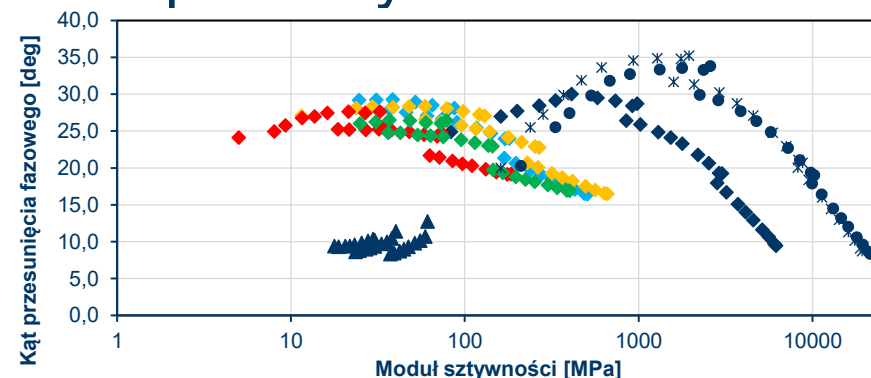
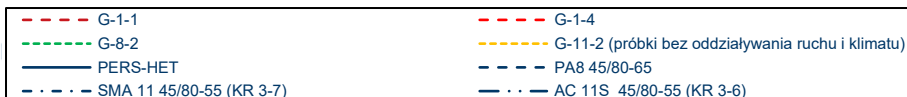
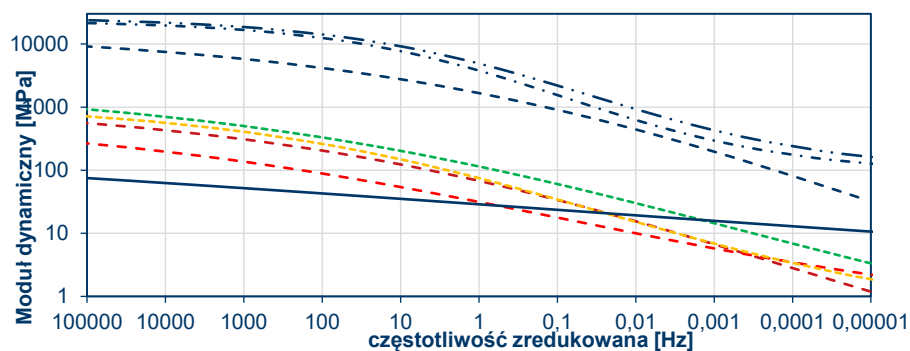
SMA 4

CR=93% v/v

v=31,3%; b=22% m/m

WŁAŚCIWOŚCI MIESZANKI SEPOR

1. Moduł sztywności@20°C 200÷300 MPa (20% SMA)
2. Wytrzymałość na pośrednie rozciąganie 200÷250 kPa (25%)
3. Wytrzymałość na ściskanie proste – brak zniszczenia
4. Cantabro – nie uległy zniszczeniu, odbijają się od bębna
5. Ścinanie wewnątrz warstwy - 0,5÷1,0 MPa (30-90%)
6. Koleinowanie – odporność, ale nieporównywalna do MMA





POLITECHNIKA
GDAŃSKA



UCZELNIA
BADAWCZA

INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

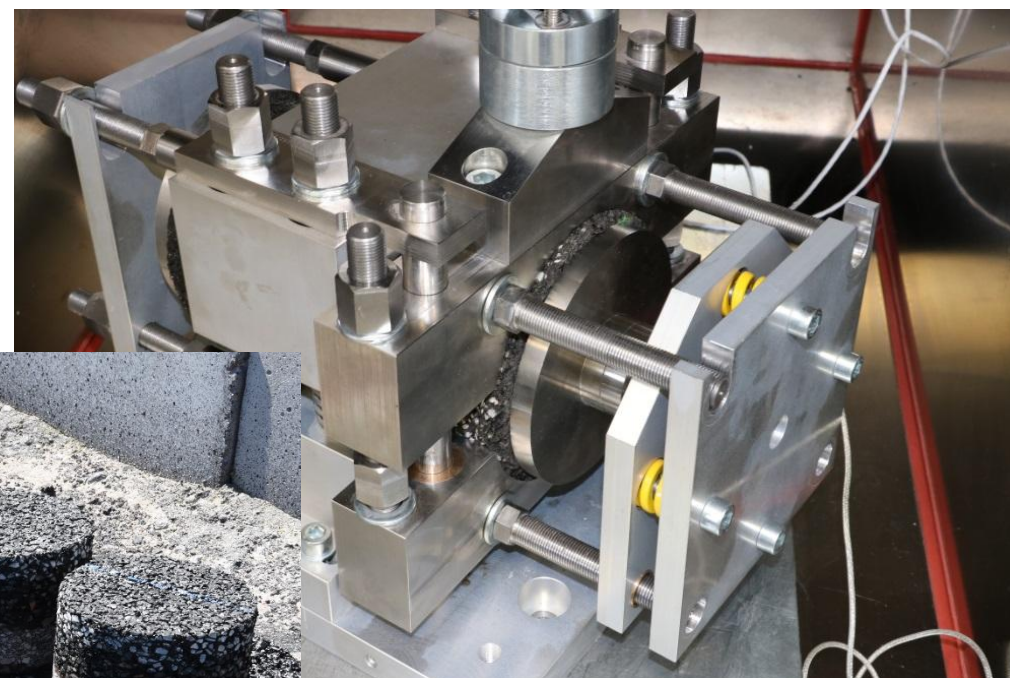
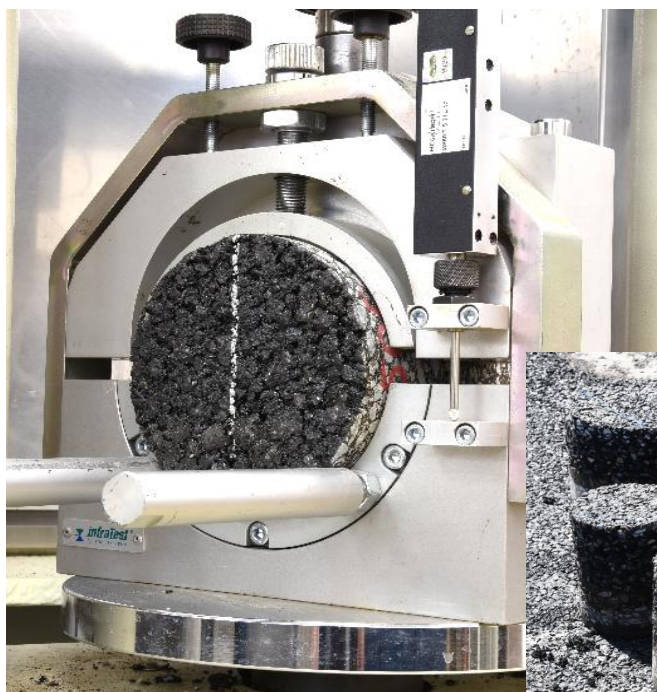


POLITECHNIKA
GDAŃSKA

WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



SCZEPNOŚĆ MIĘDZYWARSTWOWA





POLITECHNIKA
GDAŃSKA



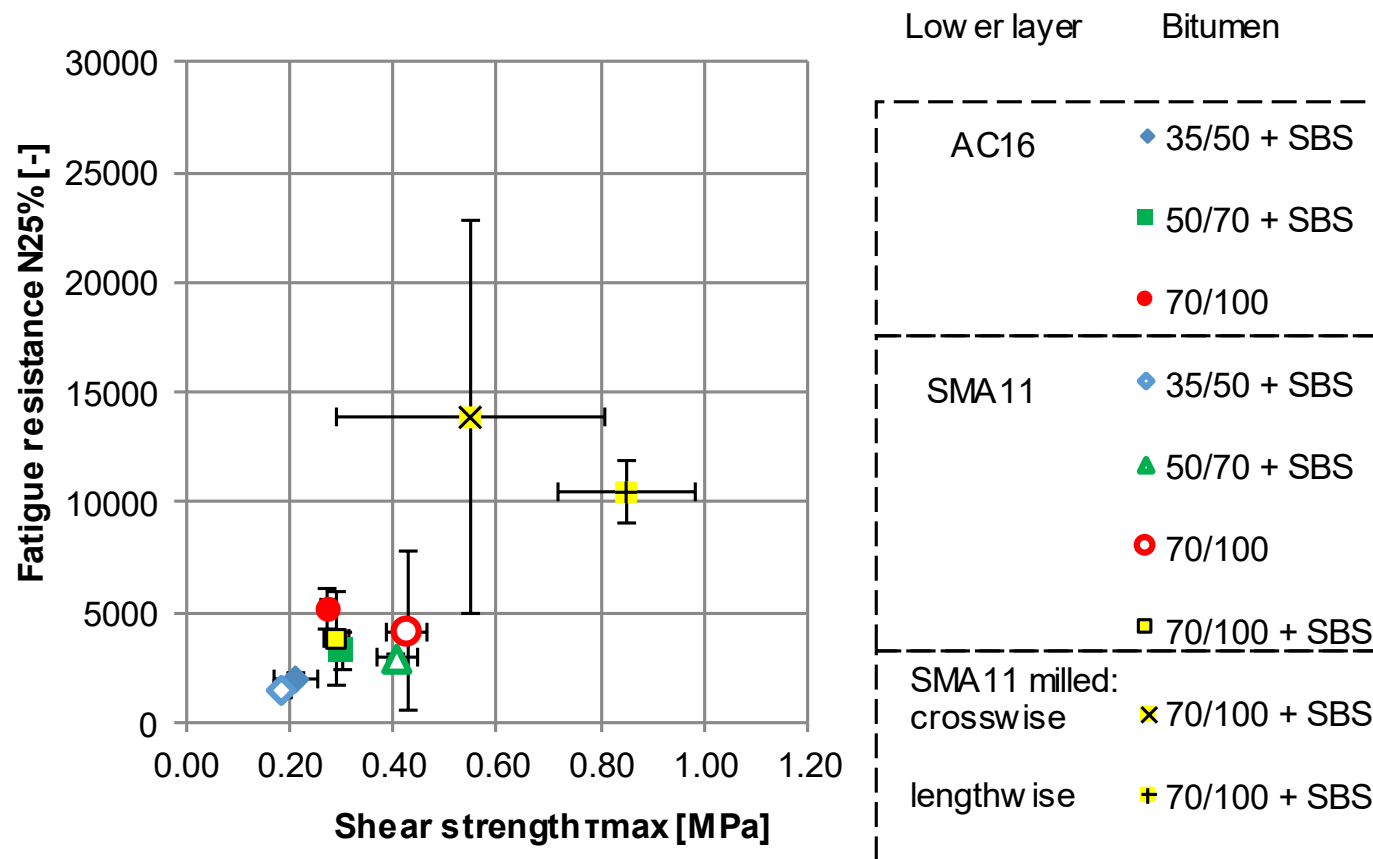
UCZELNIA
BADAWCZA



POLITECHNIKA
GDAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



SCZEPNOŚĆ MIĘDZYWARSTWOWA – WYNIKI





POLITECHNIKA
GDAŃSKA



UCZELNIA
BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONALOŚCI



POLITECHNIKA
GDAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



PRODUKCJA I PRÓBA TECHNOLOGICZNA





POLITECHNIKA
GDAŃSKA



POLITECHNIKA
GDAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



PRODUKCJA I PIERWSZA PRÓBA TECHNOLOGICZNA





POLITECHNIKA
GDAŃSKA



UCZELNIA
BADAWCZA

INICJATYWA ODSKONALISZA



POLITECHNIKA
GDAŃSKA

WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



PRODUKCJA I PIERWSZA PRÓBA TECHNOLOGICZNA





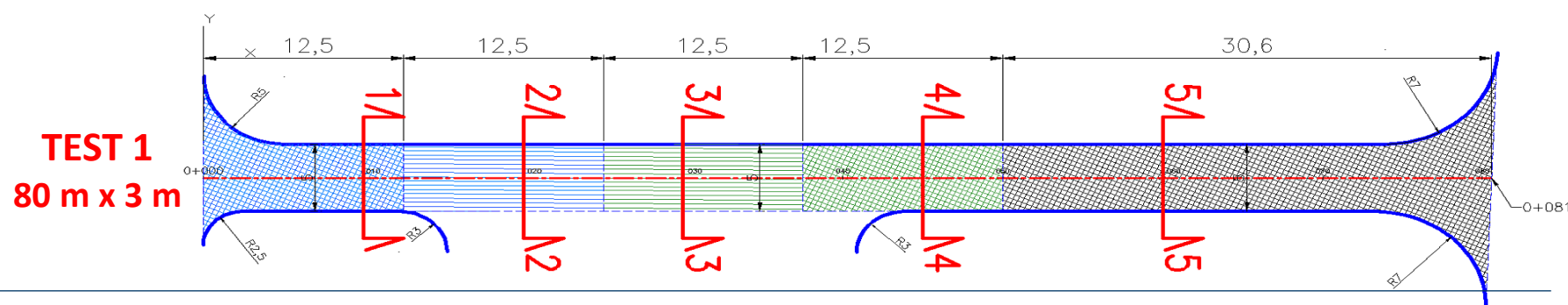
POLITECHNIKA
GDAŃSKA



POLITECHNIKA
GDAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



ODCINKI DOŚWIADCZALNE (1)



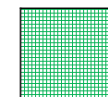
Sekcja 8 20m	Sekcja 7 20m	Sekcja 6 20m	Sekcja 5 20m	Sekcja 4 20m	Sekcja 3 20m	Sekcja 2 20m	Sekcja 1 20m
PSMA 5 w 4/1, CR15, A13				PSMA 5 w 4/1, CR15, A11			

TEST 2
160 m x 3 m

Skropienie emulsją asfaltową C60 BP3 ZM							
Kierunek ruchu							
AC 16 W 35/50							AC 16 W 35/50



Frezowanie podłużne



Frezowanie podłużne +
siatka szklana S&P



POLITECHNIKA
GDAŃSKA



UCZELNIA
BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONALOŚCI



POLITECHNIKA
GDAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



TECHNOLOGIA WBUDOWANIA

Podłużne rakowiny
w miejscu
poszerzenia stołu

Krótkie sekcje testowe
Dąbrówka





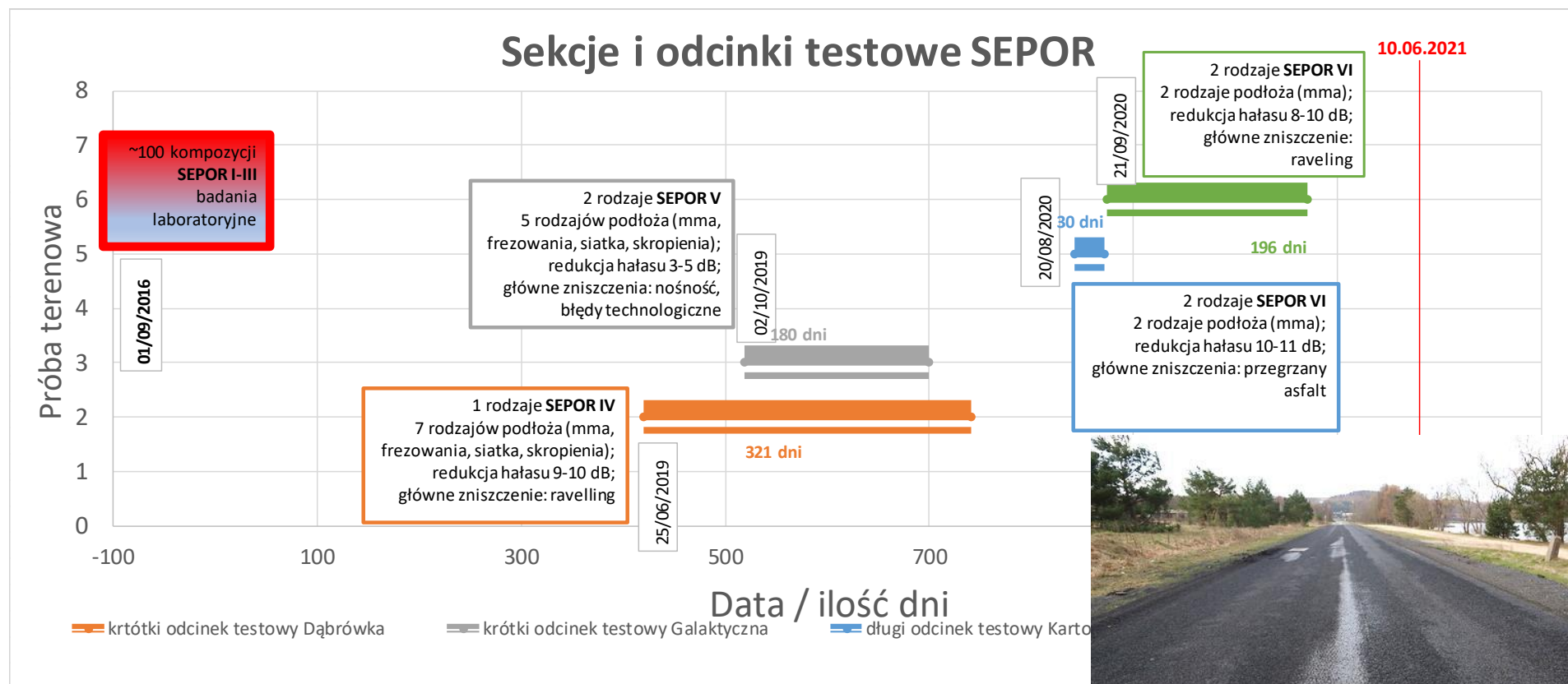
POLITECHNIKA
GDAŃSKA



POLITECHNIKA
GDAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



ODCINKI DOŚWIADCZALNE (2)





POLITECHNIKA
GDAŃSKA



POLITECHNIKA
GDAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



ODCINKI DOŚWIADCZALNE (3)



Krótkie sekcje testowe
ul. Galaktyczna w Gdańsku





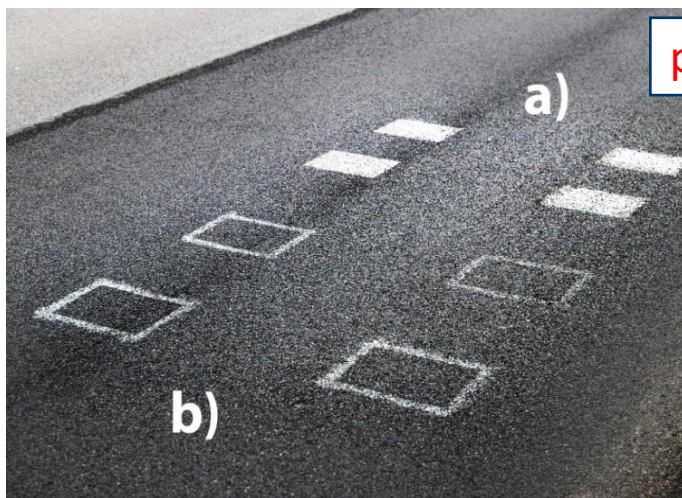
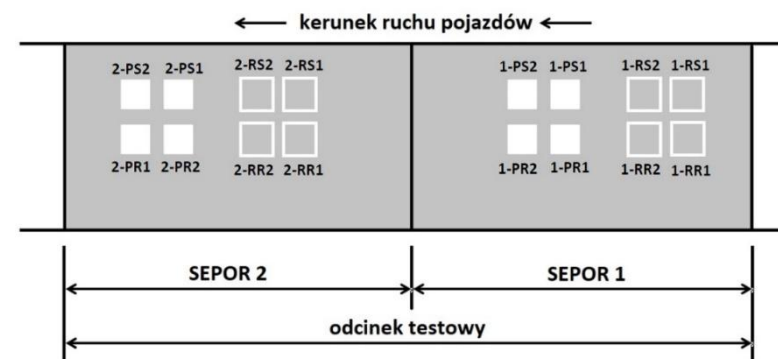
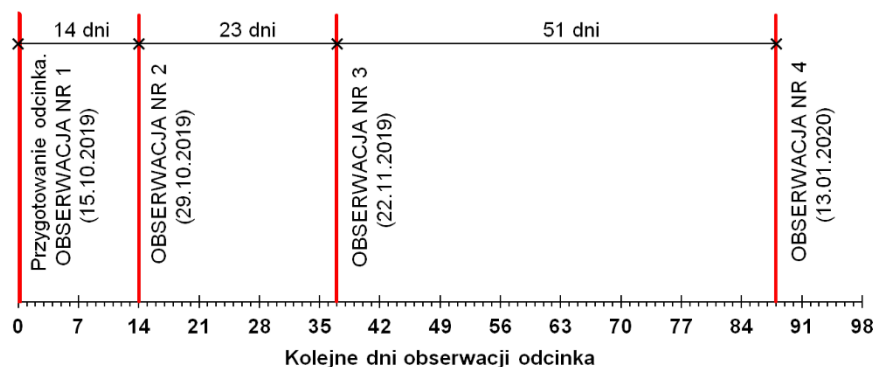
POLITECHNIKA
GDAŃSKA



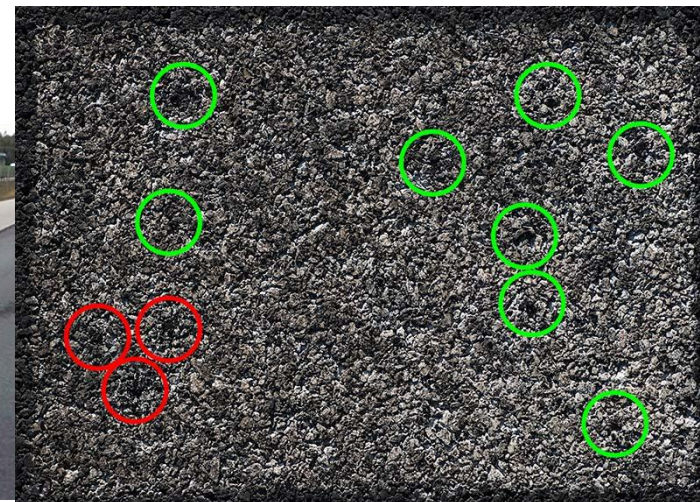
POLITECHNIKA
GDAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



ODCINKI DOŚWIADCZALNE (4)

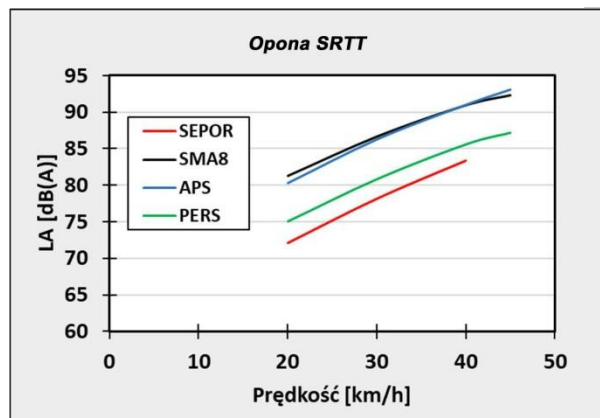


po 4 miesiącach



WYNIKI POMIARÓW EMISJI HAŁASU

SEPOR -8 dB do SMA11



LAB - BĘBEN



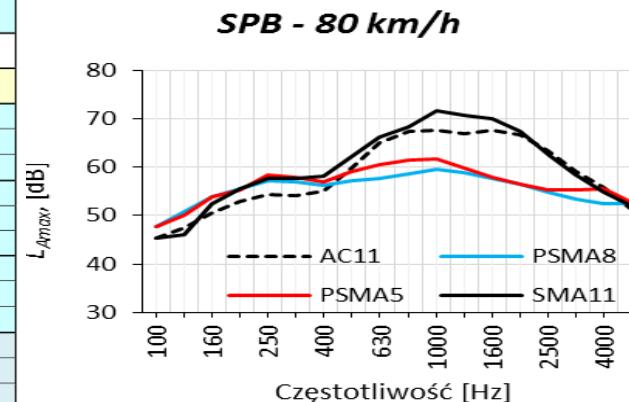
SEPOR -10-14 dB do SMA11

Nawierzchnia:		SEPOR-K-PSMA5 W6		SEPOR-K-PSMA8 W2	
Opony:	Prędkość:	50 km/h	80 km/h	50 km/h	80 km/h
	Redukcja hałasowości [dB(A)]				
OL - opony letnie	średnio:	9,2	10,9	6,1	6,5
	minimum:	8,5	10,4	5,8	6,2
	maksimum:	10,5	11,3	6,5	6,7
OZ - opony zimowe	średnio:	9,7	10,2	6,6	5,9
	minimum:	9,6	9,1	6,4	5,5
	maksimum:	9,8	10,9	6,9	6,1
DK - opony kolcowane	średnio:	13,0	14,2	9,4	9,6
	minimum:	12,6	13,9	8,6	9,1
	maksimum:	13,3	14,6	10,2	10,1
Wszystkie opony	średnio:	10,6	11,8	7,8	7,2
	minimum:	8,5	9,1	5,8	5,5
	maksimum:	13,3	14,6	10,2	10,1

CPX



SEPOR -10 dB do SMA11



CPB/SPB/modCPB





POLITECHNIKA
GDAŃSKA



UCZELNIA
BADAWCZA

INICJATYWA DOSKONALOSCI



POLITECHNIKA
GDAŃSKA

WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



PRÓBY OGNIOWE (1)

I: 0.3 litra; 5 i 10 sek



II: 15 litrów; 2 minuty



NAWIERZCHNIA DRENAŻOWA



NAWIERZCHNIA SMA



NAWIERZCHNIA PERS HET



NAWIERZCHNIA SEPOR

02:00



POLITECHNIKA
GDAŃSKA



UCZELNIA
BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI



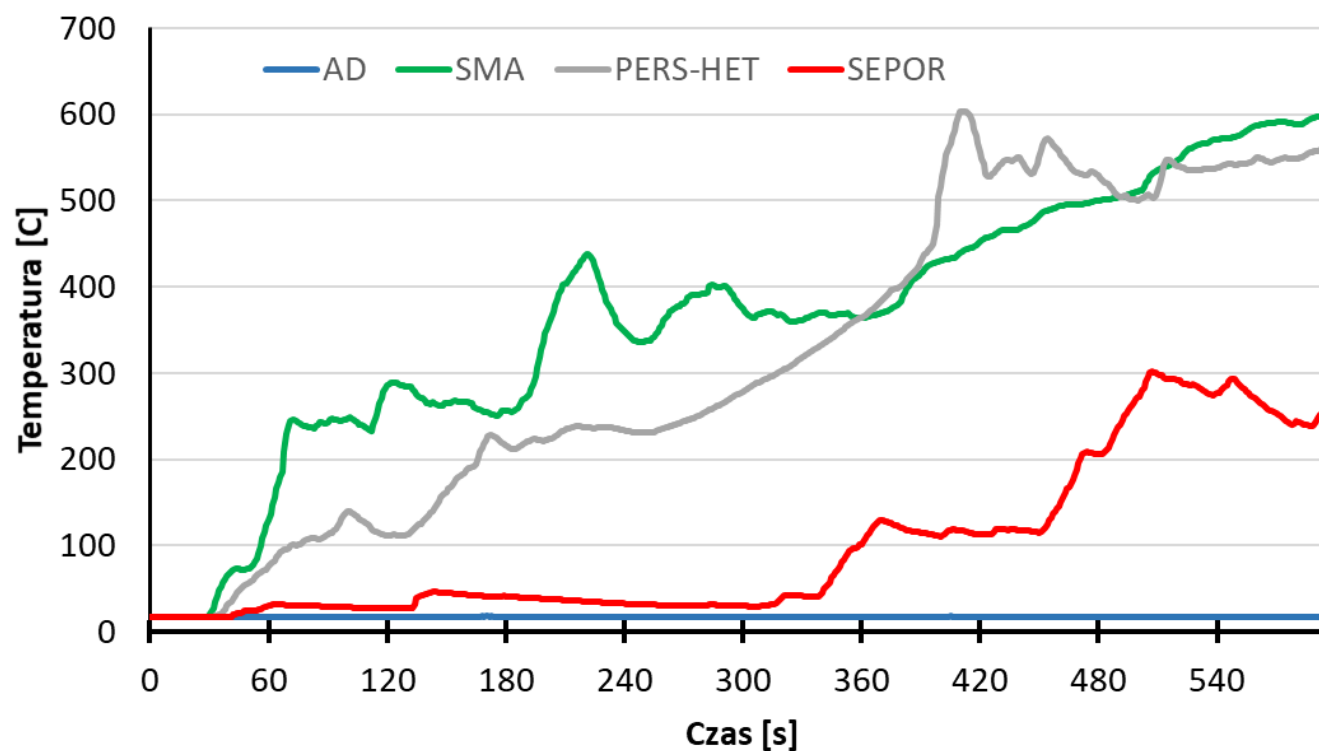
POLITECHNIKA
GDAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



PRÓBY OGNIOWE (2)

II: 15 litrów

Temperatura w przedziale silnikowym





POLITECHNIKA
GDAŃSKA



UCZELNIA
BADAWCZA

INICJATYWA DOSKONALOŚCI



POLITECHNIKA
GDAŃSKA

WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA



PODSUMOWANIE (1)

1. WMB i tradycyjny sprzęt – wystarczający
2. Mieszanka poroelastyczna jest bardzo wrażliwa na ręczne wbudowanie (dosypywanie)
3. Połączenie międzywarstwowe przy zastosowanych zabiegach – dobre
4. Redukcja hałasu – bardzo dobra
5. Niepalność – dobra
6. Trwałość niewystarczająca – brak odporności na utratę ziaren
7. Niezbędna korekta składu MM-G-A: $v \nearrow$; $a \uparrow$



PODSUMOWANIE (2)

	Czas trwania	Koszt projektu [EURO]	Technologia	Hałas	Bezp. Pożarowe	Opór toczenia	Przyczepność
Naw. Klasyczna	Od 1816 (Macadam)	?	kruszywo mineralne + lepiszcze (asfalt lub cement)	☹️	☹️	😊	😊
PERSUADE	5 + lat	4.65 mln	kruszywo mineralne + kruszywo gumowe + poliuretan	😊	😊	☹️	😐
SEPOR	3.5 roku	1.65 mln	kruszywo mineralne + kruszywo gumowe + asfalt wysokomodyfikowany + dodatki	😊	😊	😐	😊
	Proces technologiczny	Koszt nawierzchni	Trwałość połączenia z podłożem	Koleinowanie	Bezpieczeństwo na mokrej nawierzchni	Bezpieczeństwo na oblodzonej nawierzchni	Szkodliwość produktów scierania
Naw. klasyczna	😊	😊	😊	😊	☹️	☹️	😊
PERSUADE	☹️	☹️	☹️	☹️	😊	😐	☹️
SEPOR	😐	😊	😊	☹️	😊	😊	😊



piotr.jaskula@pg.edu.pl

marcin.stienss@pg.edu.pl