

Międzynarodowa Konferencja i Wystawa, Suwałki 10 – 12 kwietnia 2019 r.



**Beton**  
w drogownictwie

## Tekstura nawierzchni betonowych a bezpieczeństwo ruchu i ochrona środowiska

*dr hab. inż. Władysław Gardziejczyk, prof. PB*

*dr inż. Marta Wasilewska*

*dr inż. Paweł Gierasimiuk*



POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA, WYDZIAŁ BUDOWNICTWA I INŻYNIERII ŚRODOWISKA

Białystok University of Technology, Faculty of Civil and Environmental Engineering

15-351 Białystok, ul. Wiejska 45e, tel. +48 85 746 95 60, fax +48 85 746 95 59, [www.wb.pb.edu.pl](http://www.wb.pb.edu.pl)

## Plan prezentacji

- *Metody i problemy teksturowania nawierzchni z betonu cementowego*
- *Hałaśliwość nawierzchni z betonu cementowego*
- *Ocena właściwości przeciwpoślizgowych nowych nawierzchni betonowych*
- *Ocena właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni betonowych w okresie eksploatacji*
- *Podsumowanie*

# Metody i problemy teksturowania nawierzchni z betonu cementowego

## Metody stosowane na świeżo ułożonej mieszance betonowej

### Metoda przecierania szczotką



Nierówności o średniej  
głębokości  $1,5 \div 3$  mm

### Metoda przeciągania tkaniną jutową



Nierówności o średniej  
głębokości  $1,5 \div 3$  mm

### Metoda przecierania sztuczną trawą



Nierówności o średniej  
głębokości  $1,5 \div 3$  mm

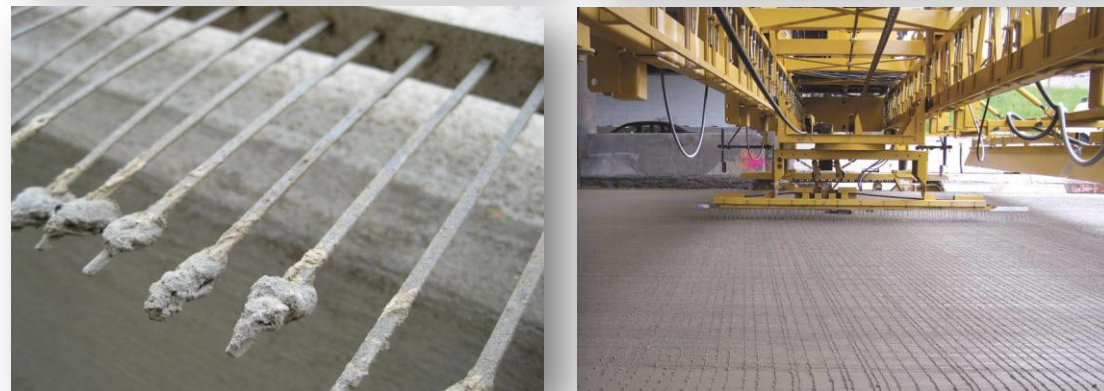
# Metody i problemy teksturowania nawierzchni z betonu cementowego

## Metody stosowane na świeżo ułożonej mieszance betonowej

### Rowkowanie poprzeczne i podłużne



Głębokość rowków **3,0mm**  $\pm$  0,50mm,  
Rozstaw widełek: rowkowanie poprzeczne  
**12,7mm**  $\pm$  3,18mm,  
rowkowanie podłużne **19,15mm**  $\pm$  3,18 mm



Rowkowanie poprzeczne – zalecany  
**losowy** rozstaw rowków o średniej  
wartości 13mm lub 26mm

Rowkowanie podłużne – zalecany  
**jednorodny** rozstaw rowków



# Metody i problemy teksturowania nawierzchni z betonu cementowego

## Metody stosowane na świeżo ułożonej mieszance betonowej

### Metoda odkrytego kruszywa



- maksymalny wymiar kruszywa od **8 do 16 mm**,
- zalecana wartość **MPD=0,9 mm**,
- zalecenia w Polsce **MTD=0,8÷1,3 mm** (wg OST2018)



# Metody i problemy teksturowania nawierzchni z betonu cementowego

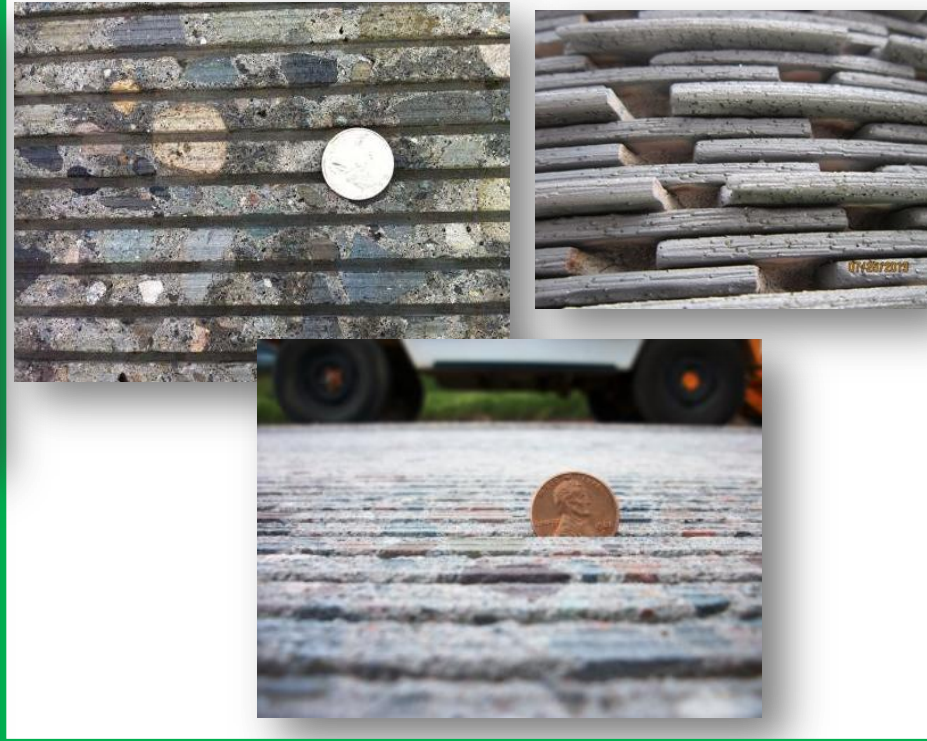
## Metody stosowane w stwardniałej nawierzchni betonowej

### Conventional Diamond Grinding



- rowki o głębokości od **3 mm** do **20 mm**,
- ilość tarcz diamentowych na szerokości 1 m od **164** do **197**

### Next Generation Concrete Surface



- rowki w odstępie 12,7mm do 15,9mm,
- głębokość rowków od **3,2mm** do **4,8mm**,
- dwie fazy: I szlifowanie i nadawanie mikrotekstury, II wykonywanie rowków i nadawanie makrotekstury
- zalecenia w Polsce: głębokość rowków 5÷8mm, rozstaw co 10÷30mm

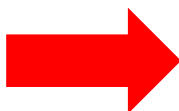
Źródła: <https://www.wsdot.wa.gov>,  
<https://www.diamondsurfaceinc.com>,

Scofield L.: Development of the Next Generation Low Maintenance Concrete Surface, 2009

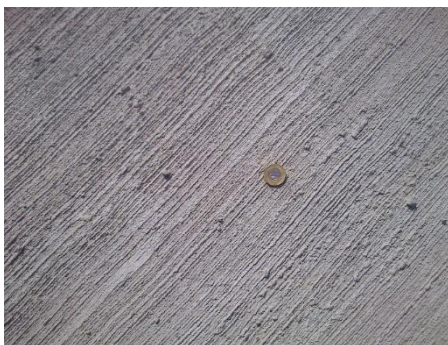
Rasmussen R.O. i inni: How to Reduce Tire-Pavement Noise: Better Practices for Constructing and Texturing Concrete Pavement Surfaces, 2012

## Praktyczne problemy przy wykonywaniu tekstury nawierzchni betonowej

- zbyt wysoka temperatura podczas układania mieszanki betonowej,
- nieodpowiednia konsystencja mieszanki betonowej
- źle dobrane kruszywo do GWB,
- brudna szczotka wykorzystywana przy szczotkowaniu nawierzchni,
- źle określony czas rozpoczęcia procesu odkrywania kruszywa



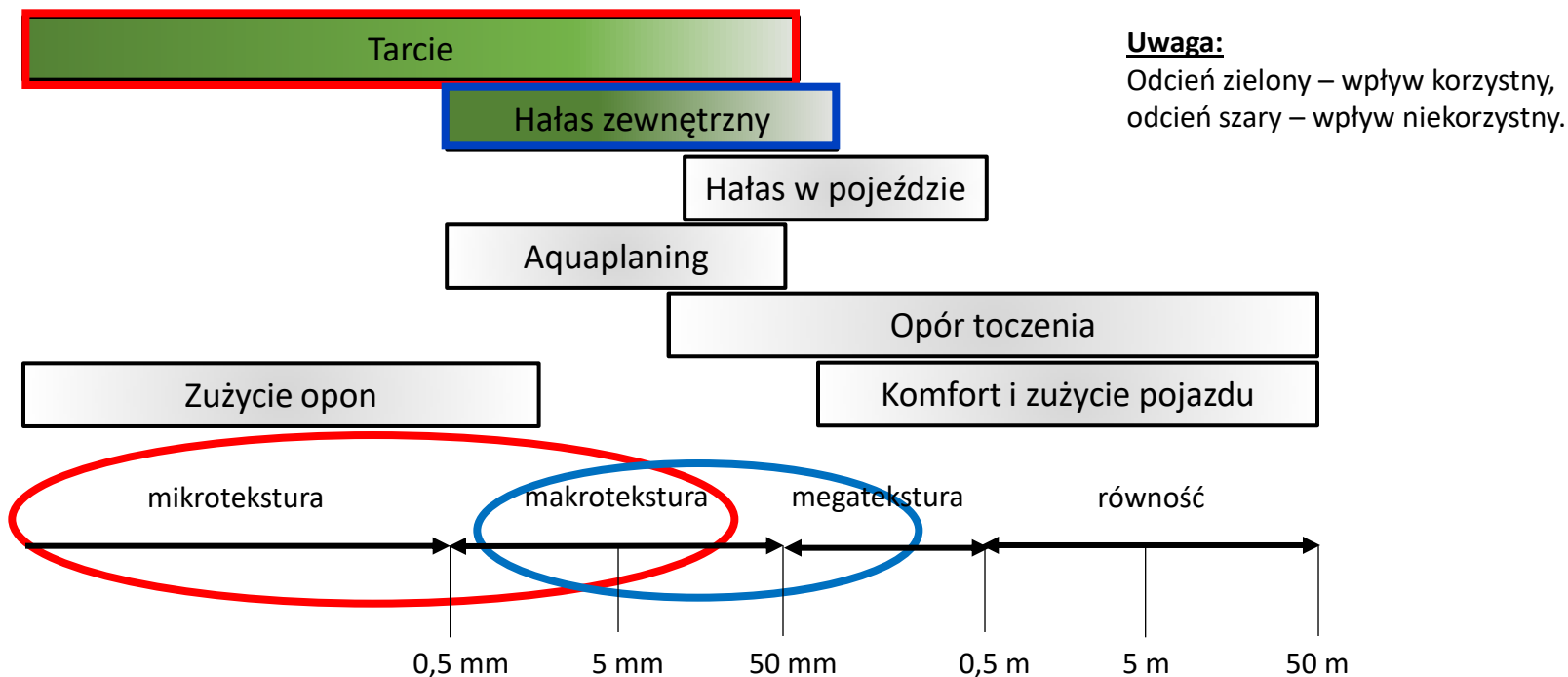
ubytki ziaren kruszywa,  
nierównomiernie odkryte  
kruszywo,



„garby” i „bruzdy” powstałe w wyniku szczotkowania,  
zbyt płytkie szczotkowanie i niedostateczna tekstura



## TEKSTURA – geometryczny opis nierówności warstwy ścieralnej

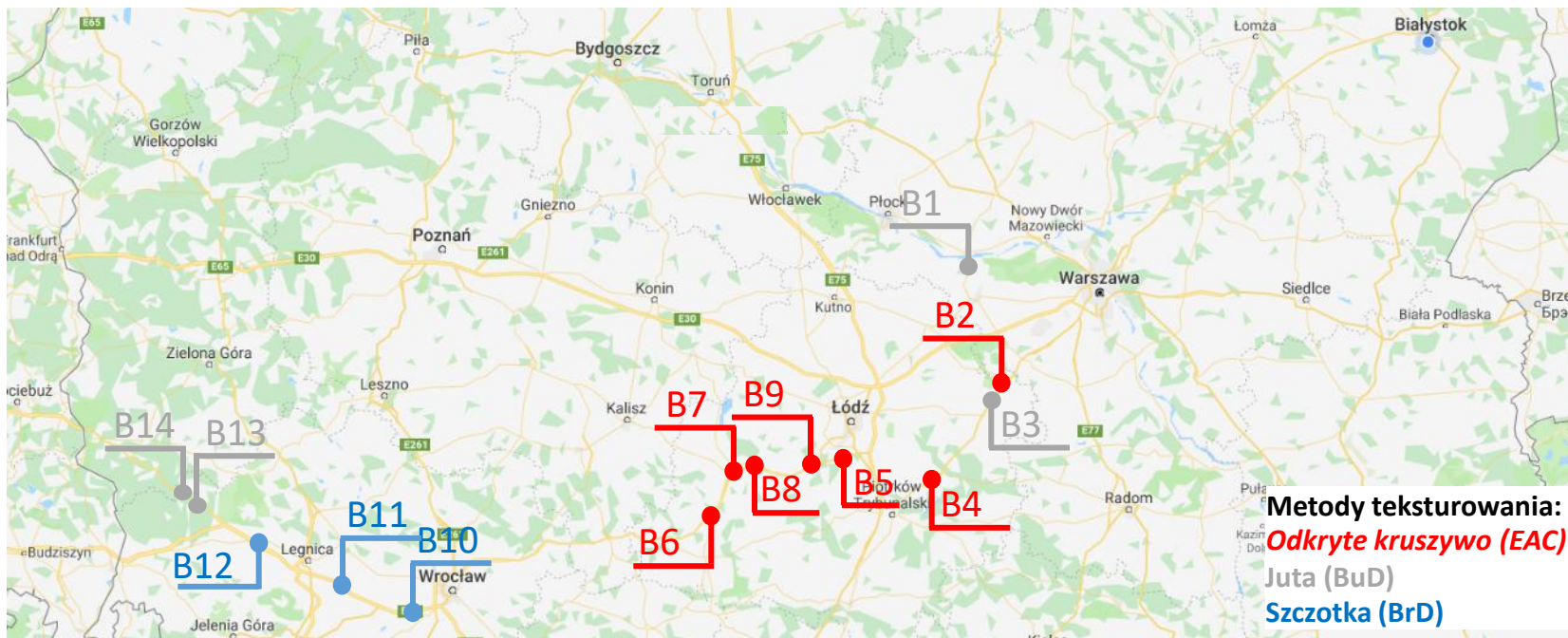


**Hałaśliwość nawierzchni** – generowanie dźwięku od przejeżdżającego pojazdu na styku opony z nawierzchnią.

**Właściwości przeciwpślizgowe** – zdolność do wytworzenia siły tarcia pomiędzy oponą a nawierzchnią w warunkach wzajemnego poślizgu.



# Hałaśliwość nawierzchni z betonu cementowego



Przekrój pomiarowy	Nr drogi	Pikietaż	Metoda teksturowania	Przekrój pomiarowy	Nr drogi	Pikietaż	Metoda teksturowania
<b>B2</b>	<b>S8</b>	km401+400L	odkryte kruszywo 8 mm (EAC)	<b>B1</b>	<b>DK50</b>	km74+410P	przeciąganie juty (BuD)
<b>B4</b>	<b>S8</b>	km334+220L	odkryte kruszywo 8 mm (EAC)	<b>B3</b>	<b>S8</b>	km345+970L	przeciąganie juty (BuD)
<b>B5</b>	<b>S8</b>	km222+150P	odkryte kruszywo 8 mm (EAC)	<b>B13</b>	<b>DK18</b>	km56+650L	przeciąganie juty (BuD)
<b>B6</b>	<b>S8</b>	km142+600P	odkryte kruszywo 8 mm (EAC)	<b>B14</b>	<b>DK18</b>	km66+620L	przeciąganie juty (BuD)
<b>B7</b>	<b>S8</b>	km158+190P	odkryte kruszywo 8 mm (EAC)	<b>B10</b>	<b>A4</b>	km56+700L	przecieranie szczotką (BrD)
<b>B8</b>	<b>S8</b>	km162+200L	odkryte kruszywo 8 mm (EAC)	<b>B11</b>	<b>A4</b>	km100+250L	przecieranie szczotką (BrD)
<b>B9</b>	<b>S8</b>	km170+100P	odkryte kruszywo 8 mm (EAC)	<b>B12</b>	<b>A4</b>	km148+450L	przecieranie szczotką (BrD)

# Hałaśliwość nawierzchni z betonu cementowego

## Metoda Statistical Pass-By method - SPB



$L_{max}$  – maksymalny poziom dźwięku, [dB(A)]

$V_{chwilowa}$  – prędkość chwilowa, [km/h]

**Kat. 1** – samochody osobowe

**Kat 2b** – samochody ciężarowe wielocłonowe

$$L_{max} = A + B \cdot \log V$$



# Hałaśliwość nawierzchni z betonu cementowego

Przekrój pomiarowy	Nr drogi	Rok pomiarów	Samochody osobowe, L <sub>1</sub> max, dB(A)			Samochody ciężarowe, L <sub>2b</sub> max, dB(A)		
			90	110	130	80	85	90
B2	S8	2014	80,8	83,0	84,9	86,4	87,3	88,1
B4	S8	2014	82,8	85,3	87,4	87,2	88,1	88,9
B5	S8	2014	80,7	82,4	84,6	85,7	86,6	87,4
B6	S8	2015	<b>Różnica 3,4 dB(A)</b>	83,3	85,8	<b>Różnica 1,5 dB(A)</b>	86,8	88,1
B7	S8	2015		83,5	86,0		87,3	87,9
B8	S8	2015		81,3	84,4		87,0	86,8
B9	S8	2015	78,9	81,9	84,5	86,7	87,6	88,6
B1	DK50	2014	80,5	83,6	86,1	88,4	89,2	89,9
B3	S8	2014	80,3	82,5	84,3	88,4	90,0	91,5
B13	DK18	2015	79,8	82,6	84,9	87,5	88,9	90,2
B14	DK18	2015	78,8	81,5	83,7	87,9	89,1	90,2
B10	A4	2015	80,2	83,0	85,3	88,9	89,8	90,7
B11	A4	2015	81,5	84,1	86,2	89,2	91,1	92,9
B12	A4	2015	81,3	83,4	85,1	87,2	90,6	93,8
S3	S8	2014	80,7	83,2	85,3	87,1	88,1	89,1
S4	S8	2014	81,1	83,7	85,9	87,3	88,5	89,5

**Odkryte kruszywo**

Juta

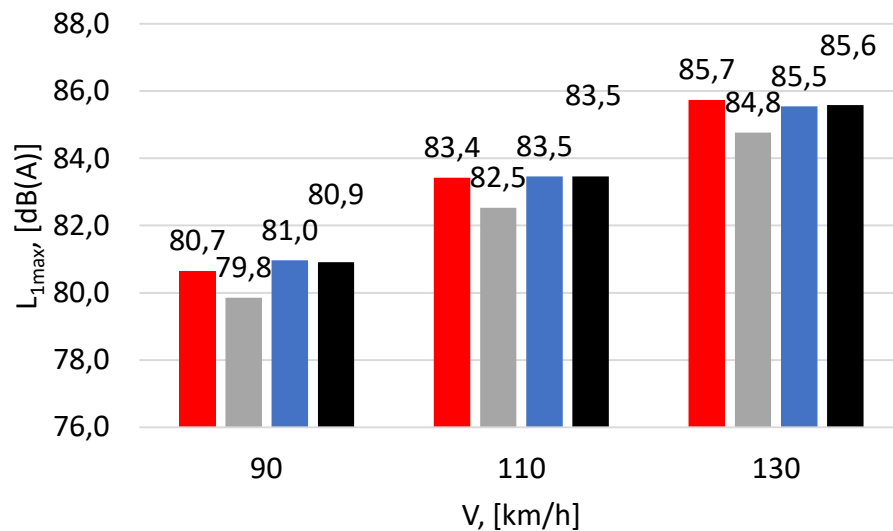
Szczotka

SMA11



# Hałaśliwość nawierzchni z betonu cementowego

## Pojazdy osobowe – kat. 1



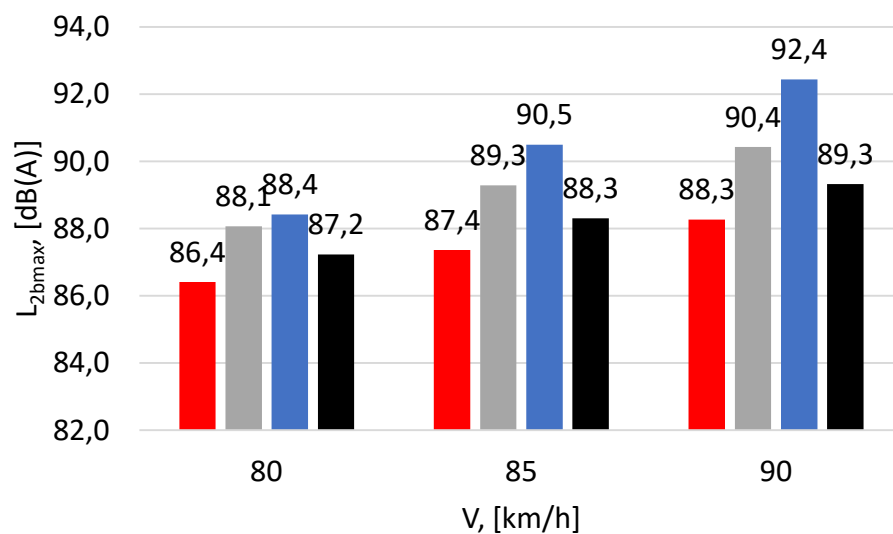
Odkryte kruszywo

Juta

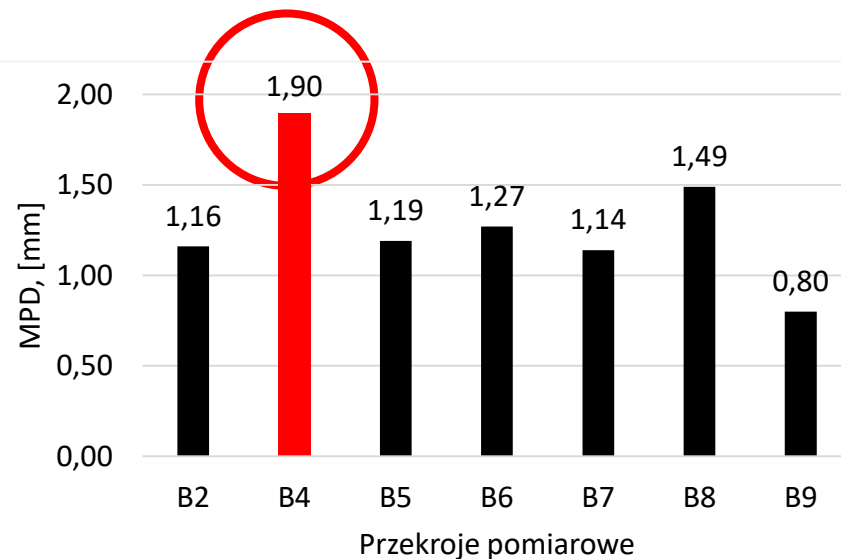
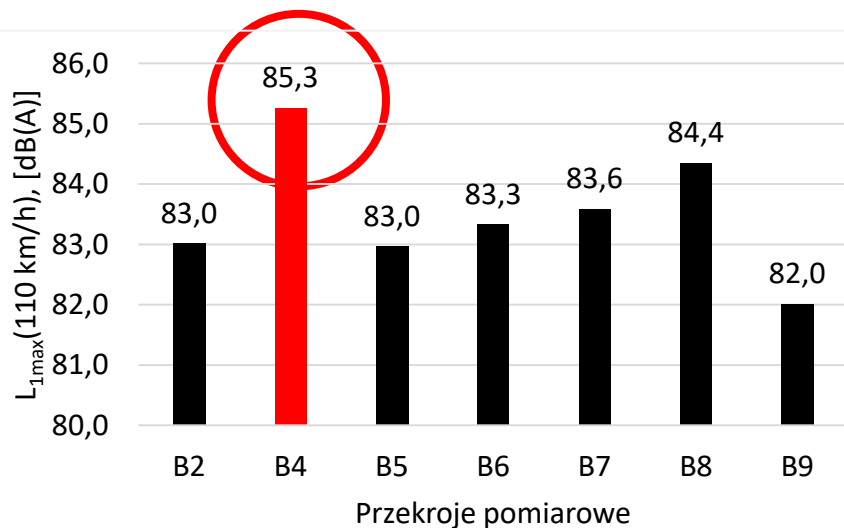
Szczotka

SMA11

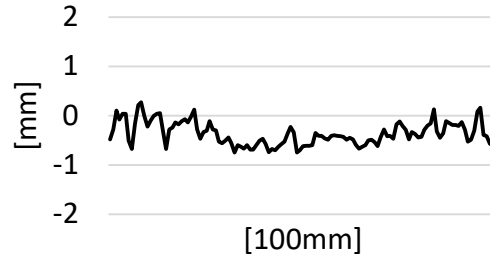
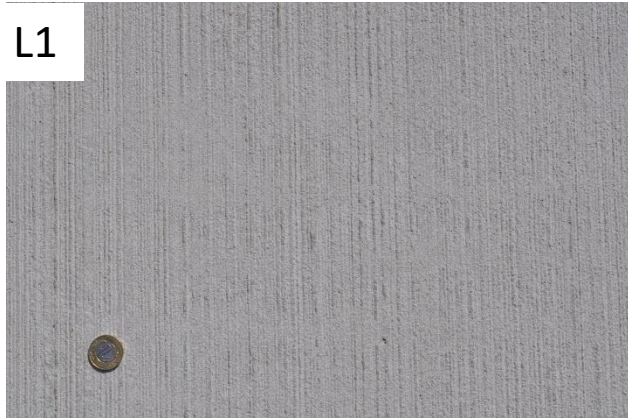
## Pojazdy ciężarowe wielocznionowe – kat. 2b



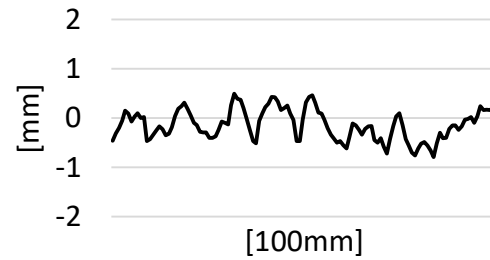
# Hałaśliwość nawierzchni z betonu cementowego



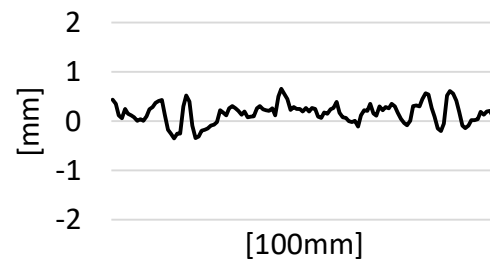
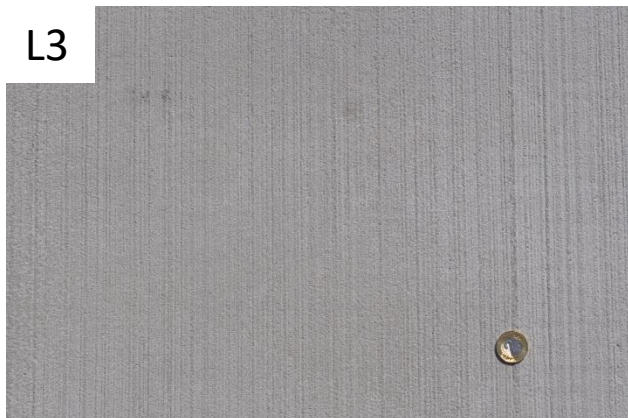
# Hałaśliwość nawierzchni z betonu cementowego



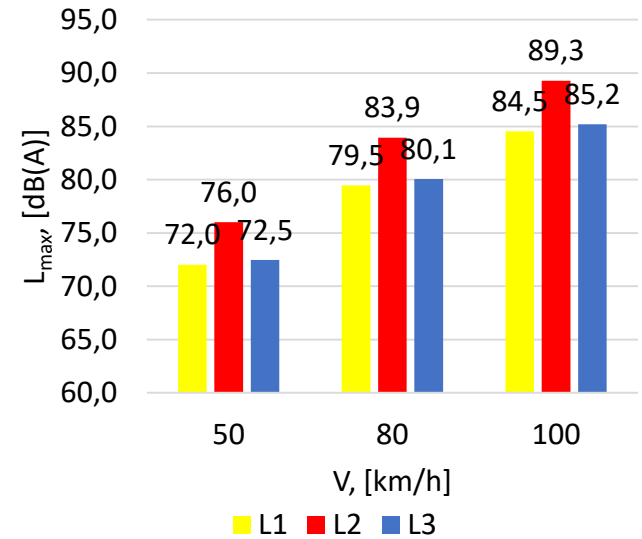
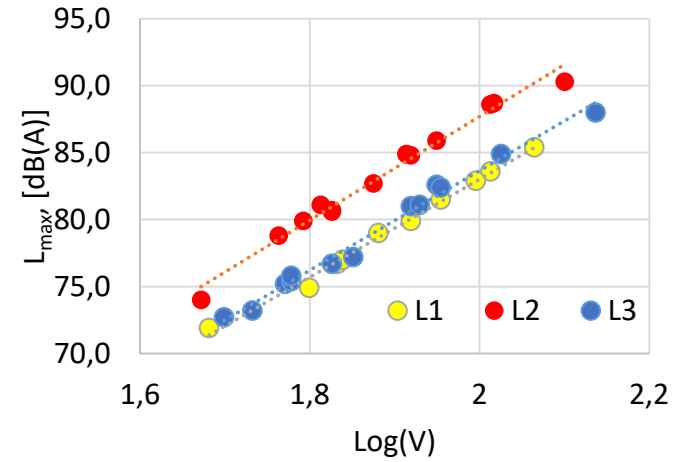
$$\overline{MPD} = 0,57 \text{ mm}$$



$$\overline{MPD} = 0,66 \text{ mm}$$



$$\overline{MPD} = 0,49 \text{ mm}$$



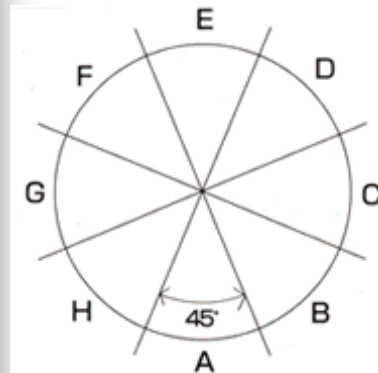
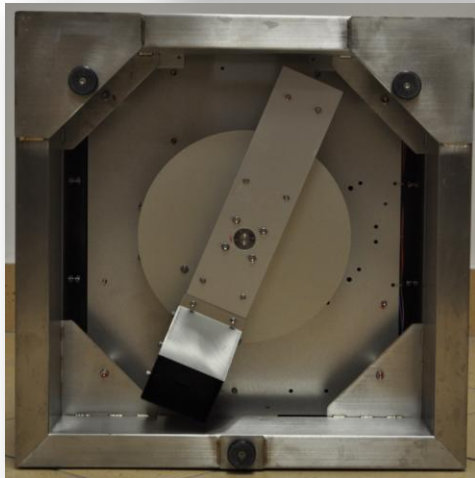


# Ocena właściwości przeciwpoślizgowych nowych nawierzchni betonowych



# Ocena właściwości przeciwpoślizgowych nowych nawierzchni betonowych

## Pomiar makrotekstury - MPD Circular Texture Meter (CTM)



## Pomiar współczynnika tarcia - DFT20 Dynamic Friction Tester (DFT)

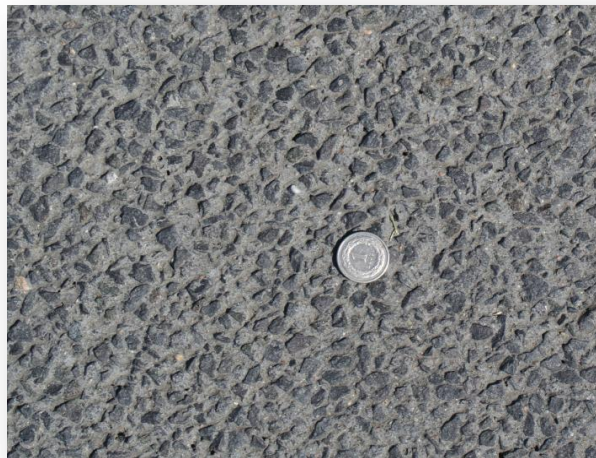


### Pomiary wykonywano:

- Odcinek A – po **2 i 6 tygodniach** od wbudowania nawierzchni, po **3 i 16 miesięcy** od oddania drogi do ruchu;
- Odcinek B – po **3 i 16 miesięcy** od oddania drogi do ruchu.

# Ocena właściwości przeciwpoślizgowych nowych nawierzchni betonowych - I

**Odcinek A**



**Odcinek B**

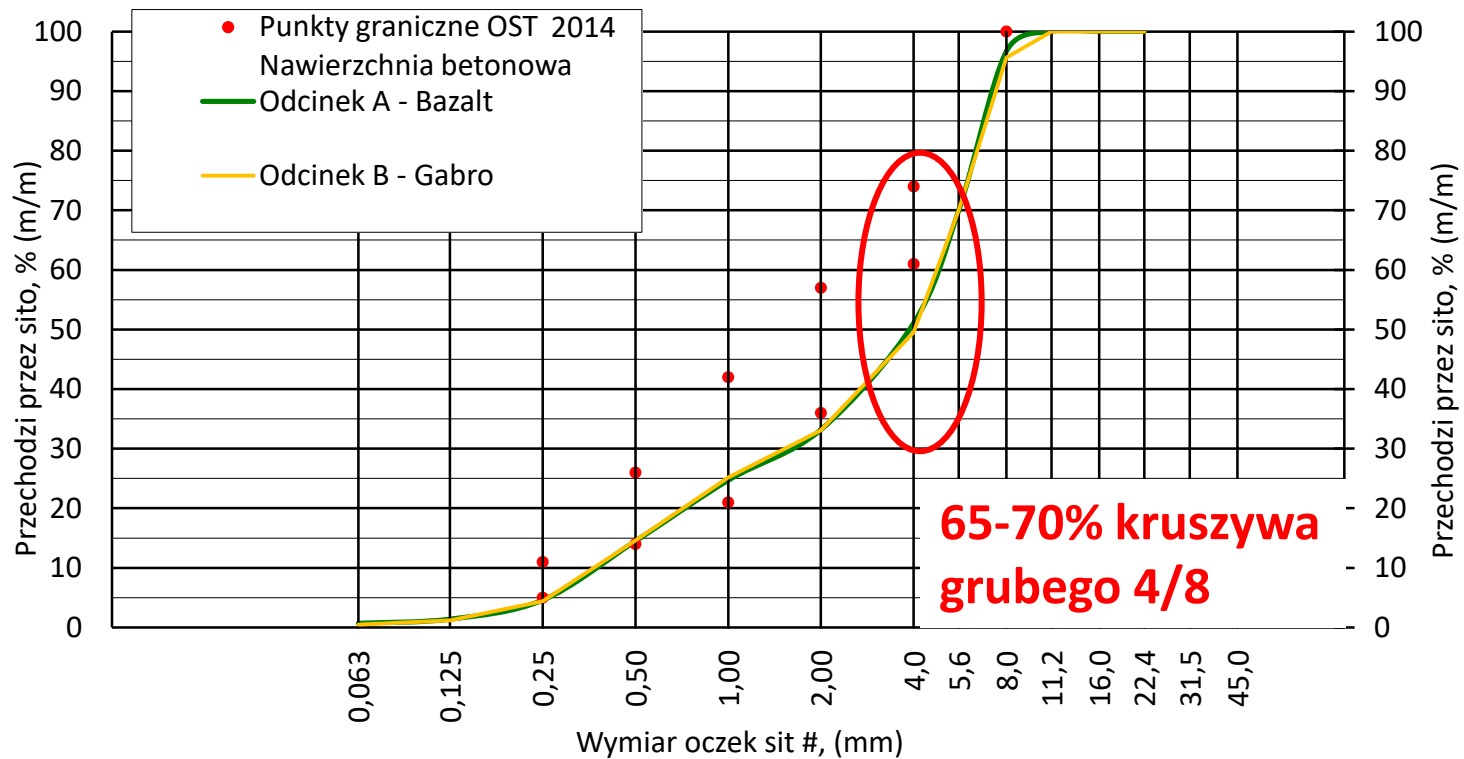


Odcinek	Maks. wymiar kruszywa[mm]	Rodzaj cementu	Ilość cementu [kg/m <sup>3</sup> ]	w/c	Rodzaj kruszywa	PSV [-]
A	8	CEM I 42,5N-HSR/NA	400	0,34	<b>bazalt</b>	53
B	8	CEM I 42,5N - HSR/NA	420	0,33	<b>gabro</b>	54

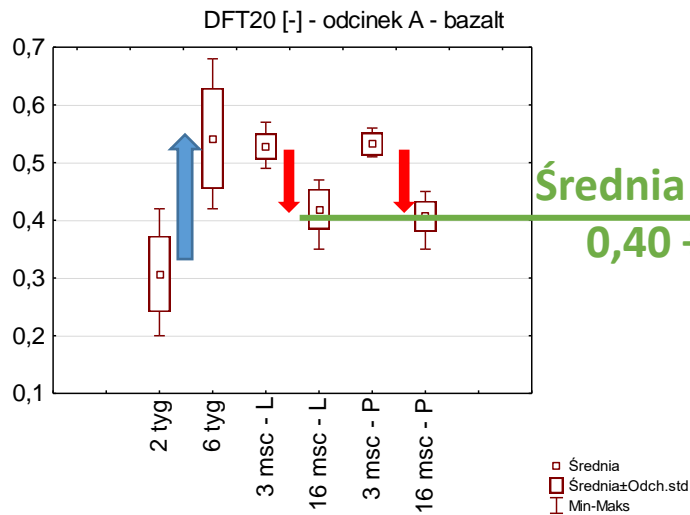
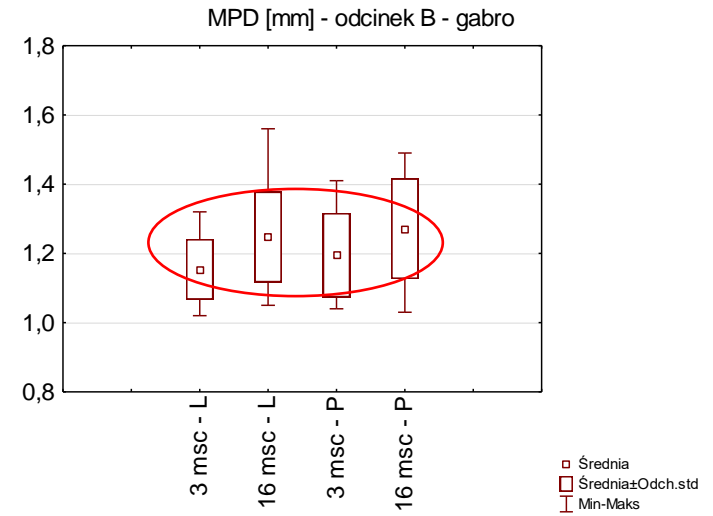
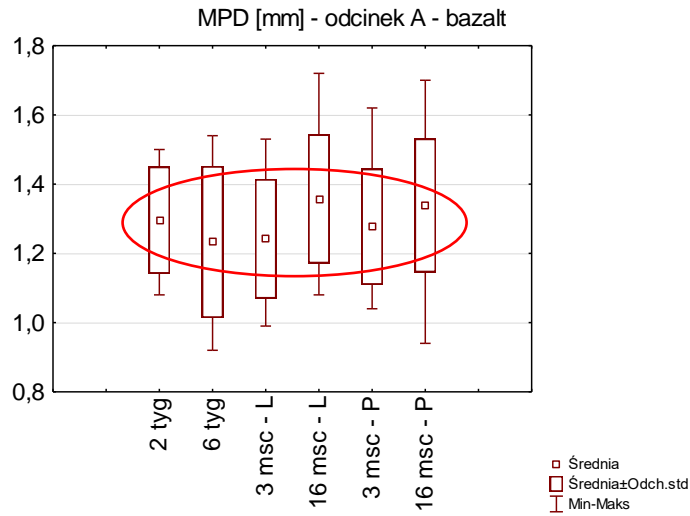


# Ocena właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni betonowych

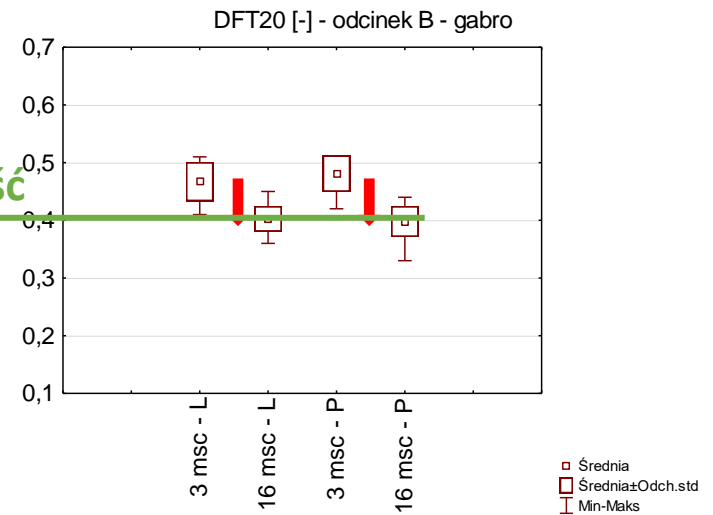
Odcinek	Sito [mm]	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
A	Przesiew	0,7	1,4	4,6	14,5	24,7	33,2	<b>51,1</b>	96,7	100
B	[%]	0,5	1,2	4,4	14,6	25,2	33,1	<b>49,5</b>	95,6	100



## Charakterystyka MPD i DFT20 dla odcinków A i B

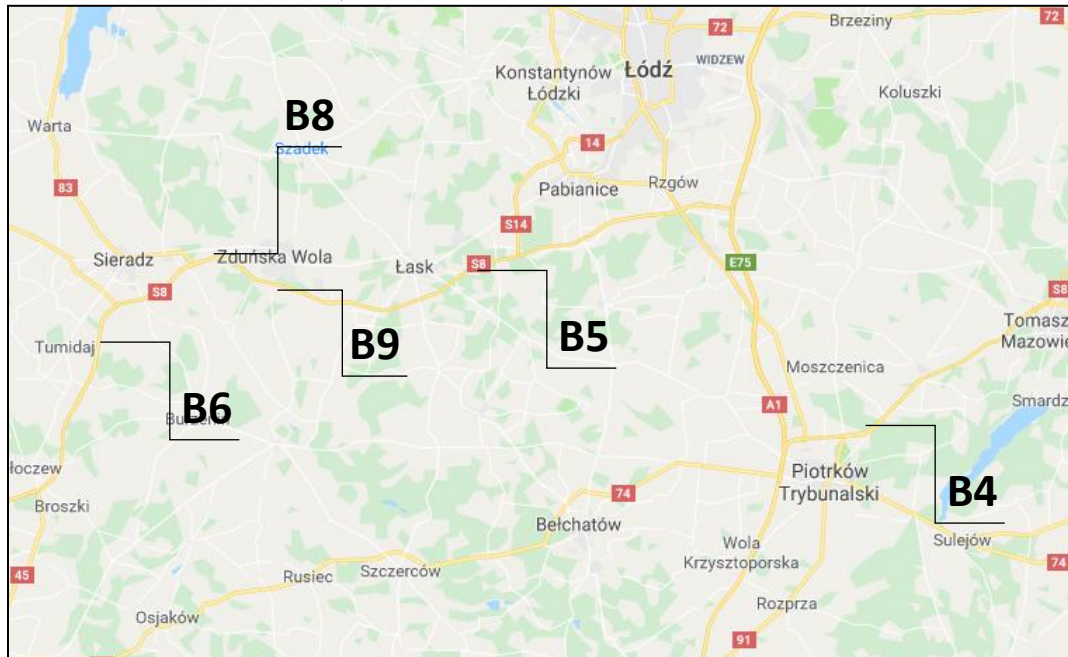


Średnia wartość  
0,40 ÷ 0,41



# Ocena właściwości przeciwpółzglizgowych nawierzchni betonowych w okresie eksploatacji

## Lokalizacja odcinków pomiarowych



**B4 – MPD = 1,90 mm**



**B5 – MPD = 1,19 mm**



**B6 – MPD = 1,27 mm**



**B8 – MPD = 1,49 mm**

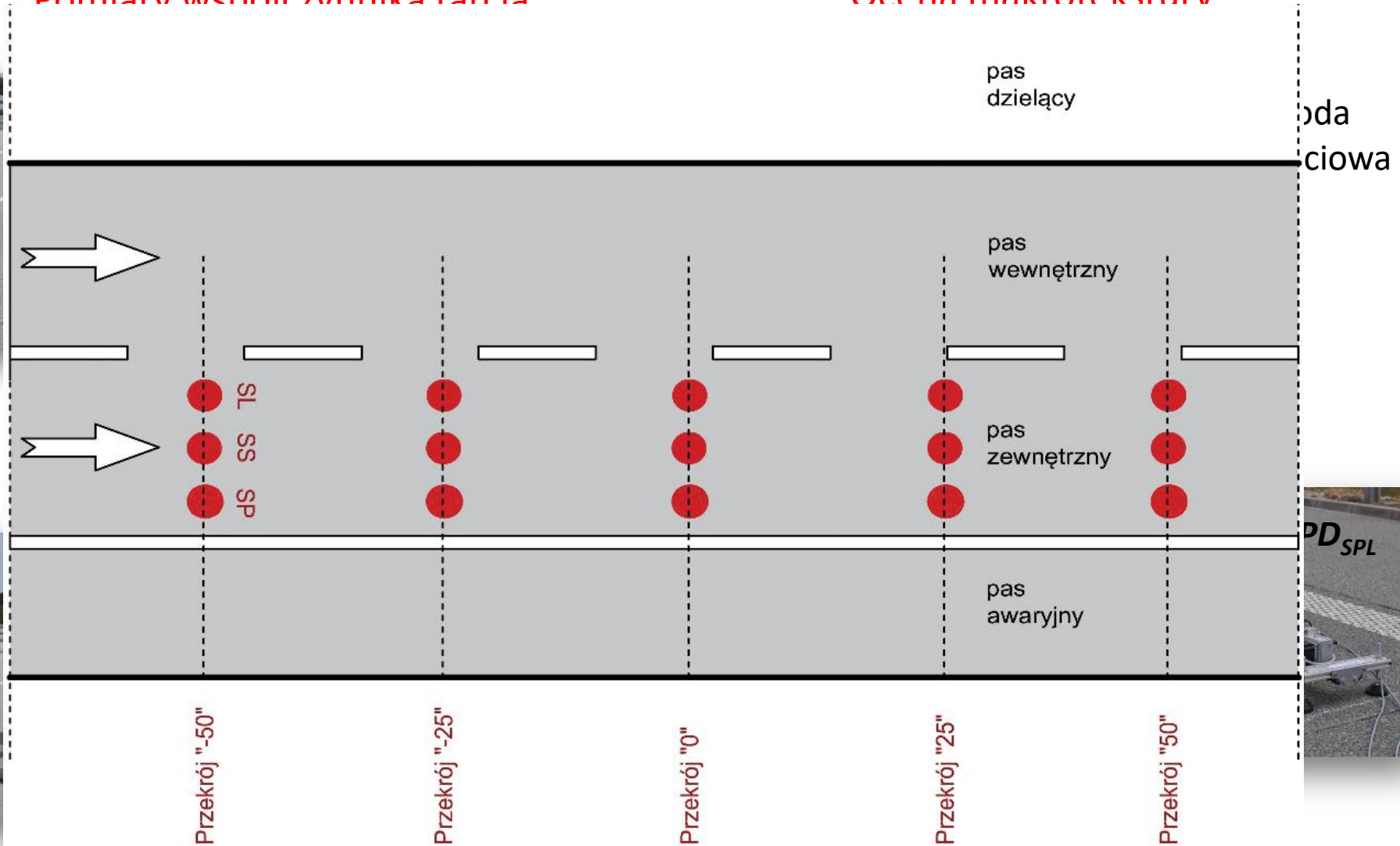


**B9 – MPD = 0,80 mm**



## Pomiary wsłóczownika tarcia

## Ocena makrotekstur



**Wyniki pomiarów mikrotekstury nawierzchni EAC – statystyki opisowe**

Miara statystyczna	B4			B5			B6			B8			B9		
	SP	SS	SL	SP	SS	SL	SP	SS	SL	SP	SS	SL	SP	SS	SL
$\overline{DFT20}$ , [-]	0,32	0,37	0,32	0,37	0,39	0,35	0,42	0,43	0,42	0,40	0,40	0,38	0,33	0,37	0,33
STD, [-]	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02
V, [%]	11,8	5,1	5,1	5,2	8,2	4,9	5,3	5,3	4,1	5,4	5,0	6,9	6,8	7,7	5,4
$\overline{BPN}$ , [-]	50	55	46 ↓	56	58	55	58	61	54 ↓	54	57	51 ↓	51	54	48 ↓
STD, [-]	1,73	2,64	2,31	1,39	2,15	2,81	2,60	2,67	2,04	2,23	2,76	2,78	1,29	2,89	1,82
V, [%]	3,5	4,8	5,0	2,5	3,7	5,1	4,5	4,3	3,7	4,1	4,8	5,4	2,6	5,3	3,8

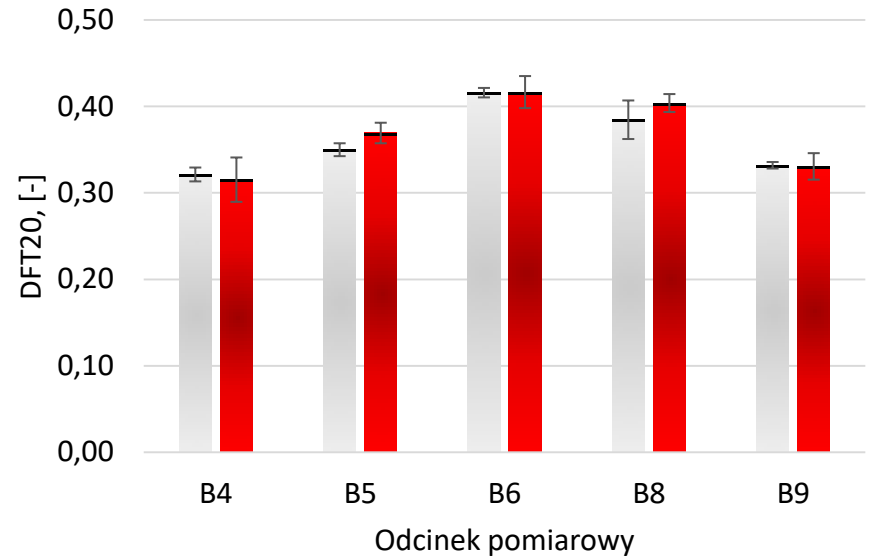
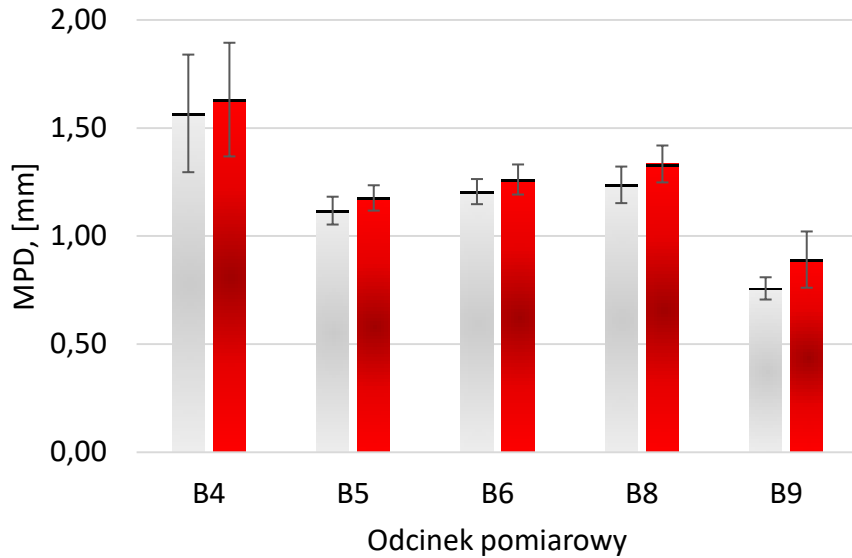
**Wyniki pomiarów makrotekstury nawierzchni EAC – statystyki opisowe**

Miara statystyczna	B4			B5			B6			B8			B9		
	SP	SS	SL	SP	SS	SL	SP	SS	SL	SP	SS	SL	SP	SS	SL
$\overline{MTD}$ , [mm]	1,25	1,29	1,28	0,91	0,81	0,86	0,99	1,05	0,99	1,04	1,12	1,03	0,67	0,66	0,54
STD, [mm]	0,27	0											0,07	0,04	0,09
V, [%]	21,3	2											11,1	6,2	15,9
$\overline{MPD}_{CTM}$ , [mm]	1,63	1											0,89	0,83	0,76
STD, [mm]	0,26	0											0,13	0,10	0,06
V, [%]	16,0	2											14,7	11,6	7,3
$\overline{MPD}_{SPL}$ , [mm]	1,69	1											0,90	0,91	0,77
STD, [mm]	0,32	0											0,10	0,10	0,11
V, [%]	19,1	25,0	22,6	6,2	7,7	7,7	5,4	5,8	4,8	11,8	4,9	8,0	11,7	11,1	14,3





# Ocena właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni betonowych w okresie eksploatacji



## Ocena właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni betonowych z odkrytym kruszywem na podstawie **wskaźnika IFI**

**IFI ( $S_p$ ,  $F60$ )** – Międzynarodowy Wskaźnik Tarcia

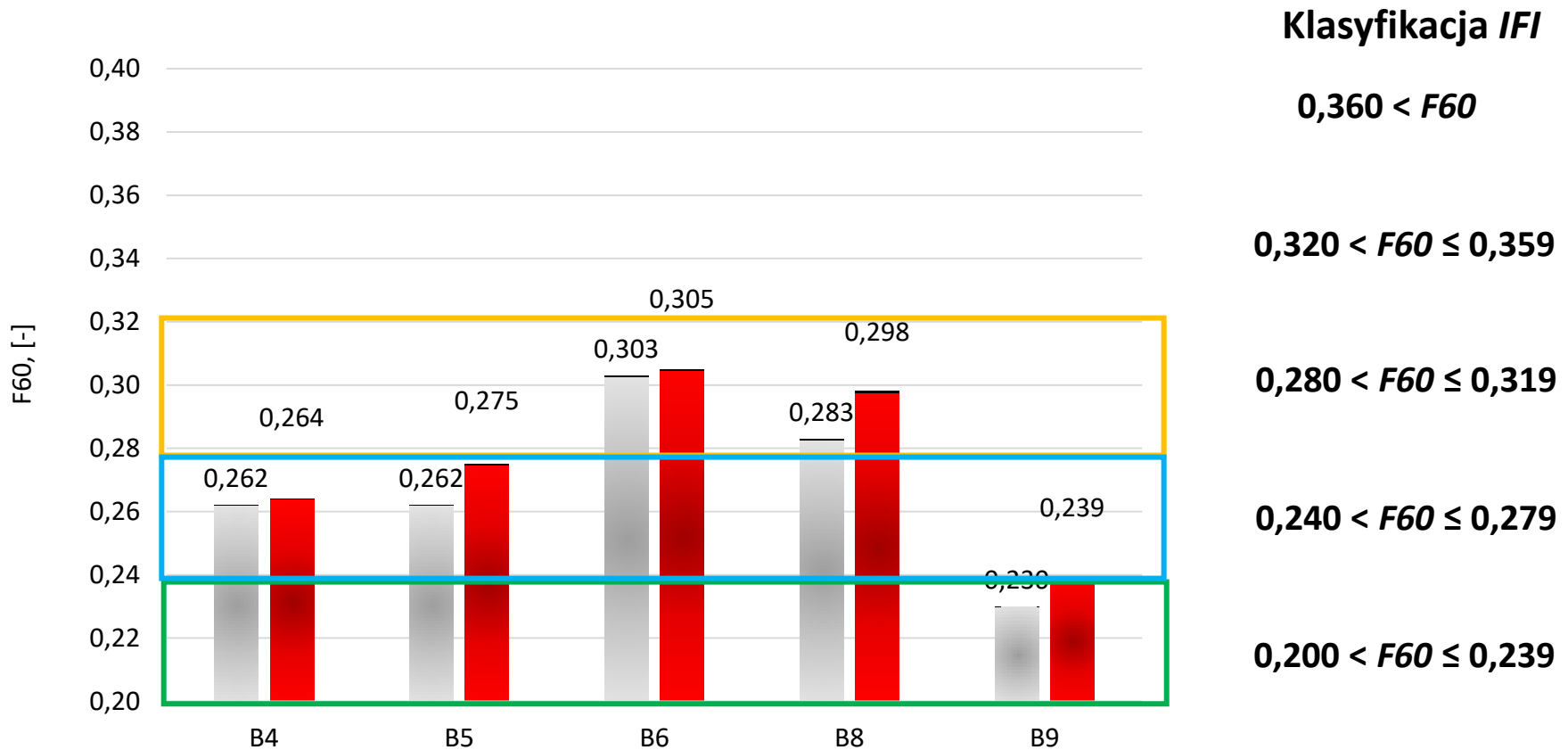
$$S_p = a + b \cdot Tx$$

$S_p$  – referencyjna liczba prędkości,

$$F60 = A + B \cdot FR60$$

$F60$  – referencyjny współczynnik tarcia,

# Ocena właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni betonowych w okresie eksploatacji



SL

SP

Hall, J.W., Smith K.L., Littleton P.:  
Texturing of Concrete Pavements NCHRP  
REPORT 634, 2009

## Podsumowanie

1. Prawidłowo zaprojektowane, wykonane i utrzymywane nawierzchnie betonowe teksturowane metodą odkrytego kruszywa są porównywalne pod względem hałaśliwości do nawierzchni asfaltowych typu SMA11.
2. Istotny wpływ na hałaśliwość nawierzchni betonowych z odkrytym kruszywem oraz teksturowanych poprzez przeciąganie szczotką ma jednorodność tekstury.
3. Wzrost wartości współczynnika tarcia DFT20 w początkowym okresie po wykonaniu nawierzchni, spowodowany jest usunięciem środka zabezpieczającego na skutek warunków atmosferycznych i ruchu budowlanego.
4. W ciągu pierwszych 16 miesięcy eksploatacji nawierzchni EAC nie nastąpiły istotne zmiany w makroteksturze.
5. Nawierzchnie betonowe z odkrytym kruszywem na rzeczywistych odcinkach drogowych mogą charakteryzować się dużą niejednorodnością. Główną tego przyczyną są różnice w ich makroteksturze powierzchni spowodowane rozbieżnościami podczas przeprowadzania procesu odślaniania kruszywa oraz nieprawidłowym zaprojektowaniem mieszanki betonowej.
6. Zastosowanie wskaźnika *IFI* umożliwia ocenę właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni betonowych z odkrytym kruszywem.



**Międzynarodowa Konferencja i Wystawa, Suwałki 10 – 12 kwietnia 2019 r.**



**Beton**  
w drogownictwie

***Dziękuję za uwagę***

***Kontakt:***

***w.gardziejczyk@pb.edu.pl***

***marta.wasilewska@pb.edu.pl***

***p.gierasimiuk@pb.edu.pl***



POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA, WYDZIAŁ BUDOWNICTWA I INŻYNIERII ŚRODOWISKA

Białystok University of Technology, Faculty of Civil and Environmental Engineering

15-351 Białystok, ul. Wiejska 45e, tel. +48 85 746 95 60, fax +48 85 746 95 59, www.wb.pb.edu.pl