

**POLITECHNIKA GDAŃSKA**  
UCZELNIA BADAWCZA

**Ocena parametrów  
mieszanek mineralno-  
cementowo-  
emulsyjnych po  
10 latach eksploatacji  
odcinków badawczych**

**Dr inż. Bohdan Dołycki**  
**Dr inż. Cezary Szydłowski**  
**Dr inż. Mariusz Jaczewski**

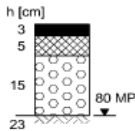
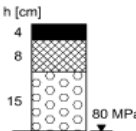
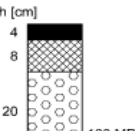
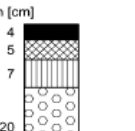


## Mieszanki MCE - wprowadzenie:

- **Technologia recyklingu głębokiego na zimno jest dość popularna w niektórych regionach Polski.**
- **Technologia ta jest dedykowana do dróg o mniejszym obciążeniu ruchem.**
- **Zasadniczo wiemy jak projektować i wbudowywać mieszanki MCE.**
- **Problemem nadal pozostaje jak projektować konstrukcje z mieszankami MCE.**

## Projektowanie nawierzchni z mieszankami MCE (1):

### Nowe nawierzchnie – Katalog TKNPiP (dziś WR-D-61)

| Kategoria ruchu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | KR1                                                                               | KR2                                                                               | KR3                                                                               | KR4                                                                                | KR5             | KR6             | KR7             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Ruch projektowy<br>(mln osi 100 kN)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,03 - 0,09                                                                       | 0,09 - 0,5                                                                        | 0,5 - 2,5                                                                         | 2,5 - 7,4                                                                          | 7,4 - 22,0      | 22,0 - 52,0     | > 52,0          |
| TYP E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |  |  |  | Nie stosuje się | Nie stosuje się | Nie stosuje się |
| <b>LEGENDA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej;</li> <li> warstwa wiążąca z betonu asfaltowego;</li> <li> warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego;</li> <li> warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki wykonanej w technologii recyklingu na zimno;</li> <li> wymagany wtórny moduł odkształcenia <math>E_2</math></li> </ul> |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                 |                 |                 |

- Remonty i przebudowy – projektowanie indywidualne
  - Metody mechanistyczne,
  - Metody empiryczne.



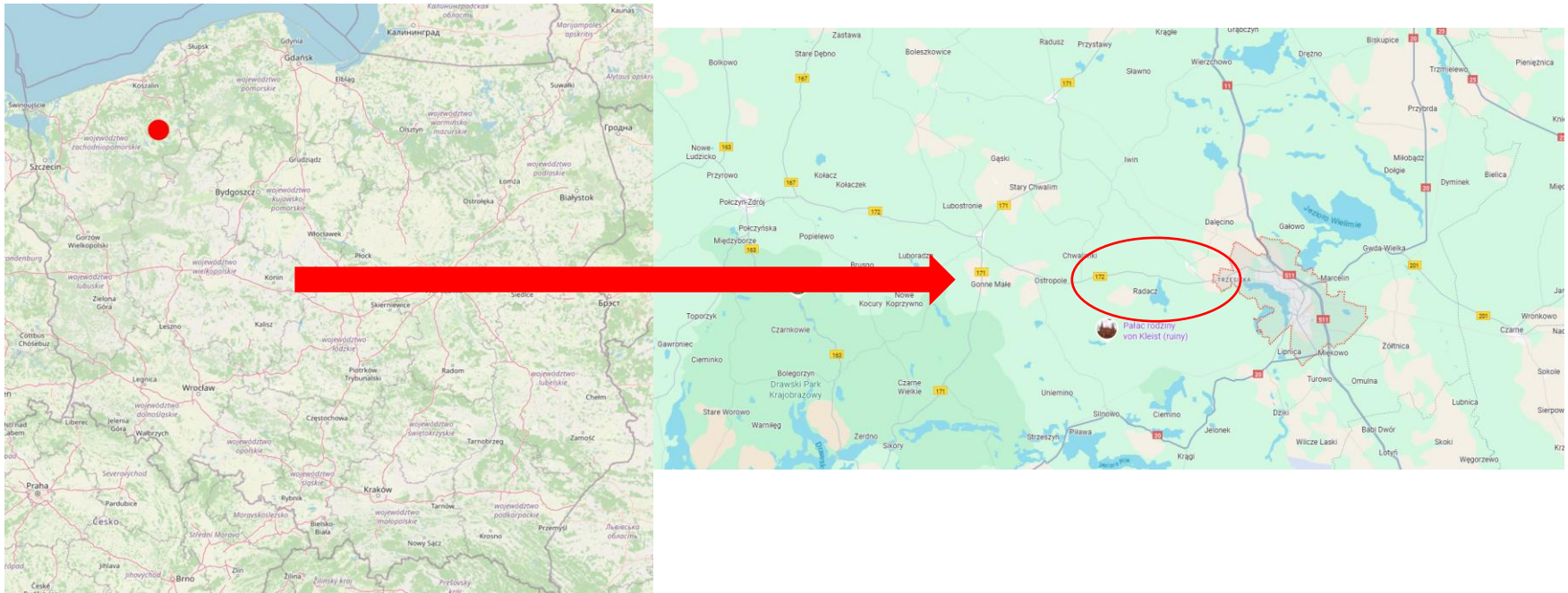
## Projektowanie nawierzchni z mieszankami MCE (2):

- Jeszcze mało wiemy jak zmieniają się parametry mieszanek MCE w czasie eksploatacji nawierzchni.
- Problem → jak przyjmować parametry do projektowania konstrukcji nawierzchni.
- W KTKNPiP podano:  
 $E = 1500 \text{ MPa}$
- Jak jest w drodze - trudno określić.

**Niniejsza praca jest próbą odpowiedzi na pytanie jakie parametry ma warstwa z mieszanki MCE po 10 latach eksploatacji nawierzchni.**

## Odcinek doświadczalny (1):

- **Droga wojewódzka nr 172, odcinek łączący Połczyn Zdrój ze Szczecinkiem**



### Współpraca:

- Zachodniopomorskiego Zarządu Dróg Wojewódzkich
- Wykonawcy robót: firmy COLAS oraz SAT.



## Odcinek doświadczalny (2):

### **Istniejąca nawierzchnia:**

- **Około 10 cm starych zdegradowanych warstw bitumicznych (asfalt + smoła)**
- **Około 15 - 20 cm podbudowy z kruszywa łamanego, lokalnie wymieszanego z tłucznem i zaglinionego.**

### **Przewidziane działanie:**

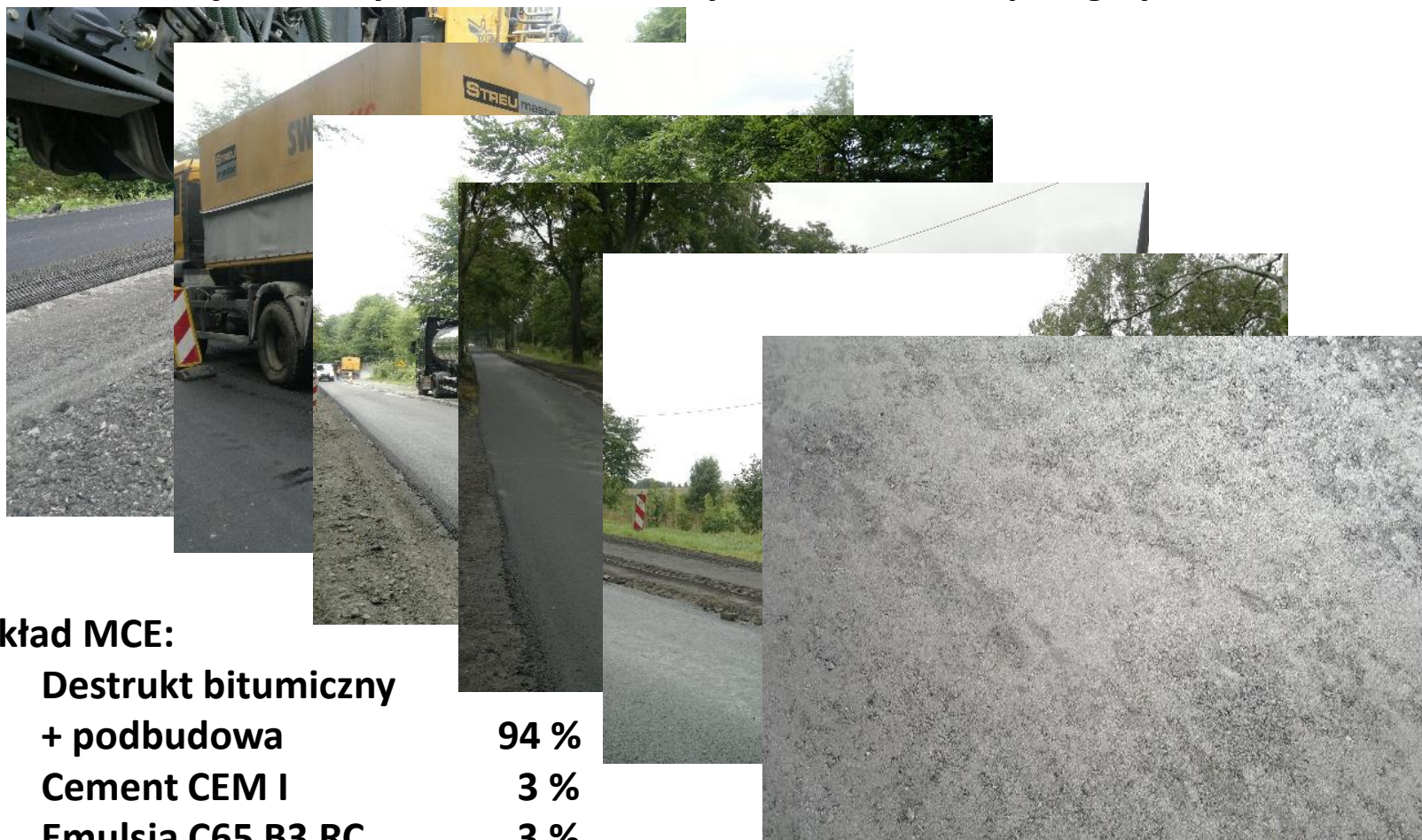
- **Przetworzenie warstw bitumicznych na podbudowę z mieszanki MCE o grubości 15 - 20 cm.**
- **Wbudowanie kompozytu (siatki) na całej szerokości jezdni bezpośrednio na mieszance MCE.**
- **Wykonanie dwóch warstw bitumicznych o łącznej grubości 10 cm (warstwa AC W grubości 6 cm + warstwa SMA grubości 4 cm).**

**Zaproponowany układ warstw był zbliżony do nowej konstrukcji nawierzchni z podbudową z recyklingu na zimno dla ruchu KR1 - KR2.**



## Odcinek doświadczalny (3):

Prace związane z wykonaniem warstwy mieszanki MCE polegały na:



### Skład MCE:

- |                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| • Destrukt bitumiczny<br>+ podbudowa | 94 % |
| • Cement CEM I                       | 3 %  |
| • Emulsja C65 B3 RC                  | 3 %  |



## Odcinek doświadczalny (4):

- Odcinki testowe wykonano w dwóch etapach.
- W 2012 roku wykonano odcinki różniące się w stosunku do recepty zawartością cementu jak i zawartością emulsji, wykonano trzy sekcje:

|            |                                                                     |
|------------|---------------------------------------------------------------------|
| Sekcja 1/1 | 3 % cementu 3 % emulsji – sekcja referencyjna,<br>zgodna z receptą, |
| Sekcja 1/2 | 1 % cementu, 3 % emulsji,                                           |
| Sekcja 1/3 | 1 % cementu, 5 % emulsji,                                           |
- W 2013 roku wykonano odcinki różniące się w stosunku do recepty zawartością cementu, wykonano trzy sekcje:

|            |                                                                      |
|------------|----------------------------------------------------------------------|
| Sekcja 2/1 | 3 % cementu, 3 % emulsji – sekcja referencyjna,<br>zgodna z receptą, |
| Sekcja 2/2 | 5 % cementu, 3 % emulsji,                                            |
| Sekcja 2/3 | 7 % cementu, 3 % emulsji.                                            |

Poszczególne sekcje miały po około 50 m.



## **Badania (1):**

- **Badania materiałów przeprowadzono w trakcie wykonywania podbudowy z mieszanki MCE w 2012 i 2013 roku.**
- **Badania odwiertów wykonano po wykonaniu nawierzchni w 2012 roku. W 2013 roku nie wykonano badań (zabrakło finansowania).**
- **Badania w latach 2012 i 2013 były bardzo ograniczone, ponieważ odbywały się w ramach prac własnych.**
- **Badania w 2023 roku udało się wykonać w programie badawczym finansowanym przez Politechnikę Gdańską (ARGENTUM IDUB PG).**
- **W Polsce jest duży problem z badaniem odcinków wieloletnich (brak długoletniego stabilnego finansowania).**



## Badania (2):

### • Badania w trakcie wykonywania odcinków (2012/2013) :

| Nr<br>sekcji | C/E | IT-CY, [MPa] |       | ITS, [MPa] |       | SM, [kN] |       |       | OM, [mm] |       |       |
|--------------|-----|--------------|-------|------------|-------|----------|-------|-------|----------|-------|-------|
|              |     | +5°C         | +20°C | +5°C       | +20°C | +20°C    | +40°C | +60°C | +20°C    | +40°C | +60°C |
| 1/1          | 3/3 | 14480        | 9832  | 1.043      | 0.826 | 33.8     | 27.5  | 18.4  | 1.3      | 1.8   | 1.7   |
| 1/2          | 1/3 | 7030         | 1374  | 0.557      | 0.286 | 18.1     | 11.5  | 4.7   | 1.8      | 1.5   | 2.3   |
| 1/3          | 1/5 | 5343         | 1830  | 0.602      | 0.395 | 16.9     | 10.0  | 4.6   | 2.4      | 2.6   | 2.3   |
| 2/3          | 7/3 | 4818         | 1850  | 0.680      | 0.243 | 17.8     | 9.0   | 4.7   | 1.7      | 1.5   | 1.5   |
| 2/2          | 5/3 | 4874         | 2493  | 0.687      | 0.281 | 18.7     | 7.9   | 3.1   | 1.9      | 2.1   | 1.3   |
| 2/1          | 3/3 | 5724         | 3354  | 0.733      | 0.314 | 19.5     | 9.8   | 4.8   | 1.6      | 1.5   | 1.1   |

### • Badania z odwiertów po wykonaniu nawierzchni (2012):

| Nr<br>sekcji | C/E | IT-CY, [MPa] |       | ITS, [MPa] |       | SM, [kN] |       |       | OM, [mm] |       |       |
|--------------|-----|--------------|-------|------------|-------|----------|-------|-------|----------|-------|-------|
|              |     | +5°C         | +20°C | +5°C       | +20°C | +20°C    | +40°C | +60°C | +20°C    | +40°C | +60°C |
| 1/1          | 3/3 | 6605         | 6098  | 0.431      | 0.515 | 20.0     | 13.4  | 13.8  | 3.8      | 4.1   | 3.8   |
| 1/2          | 1/3 | 4785         | 1607  | 0.524      | 0.335 | 16.1     | 7.4   | 3.3   | 4.8      | 3.6   | 3.7   |
| 1/3          | 1/5 | 3667         | 1391  | 0.747      | 0.372 | 13.1     | 9.5   | 3.3   | 4.0      | 4.2   | 4.0   |



## Badania (3):

- Badania z odwiertów po 10 latach eksploatacji nawierzchni (2023):

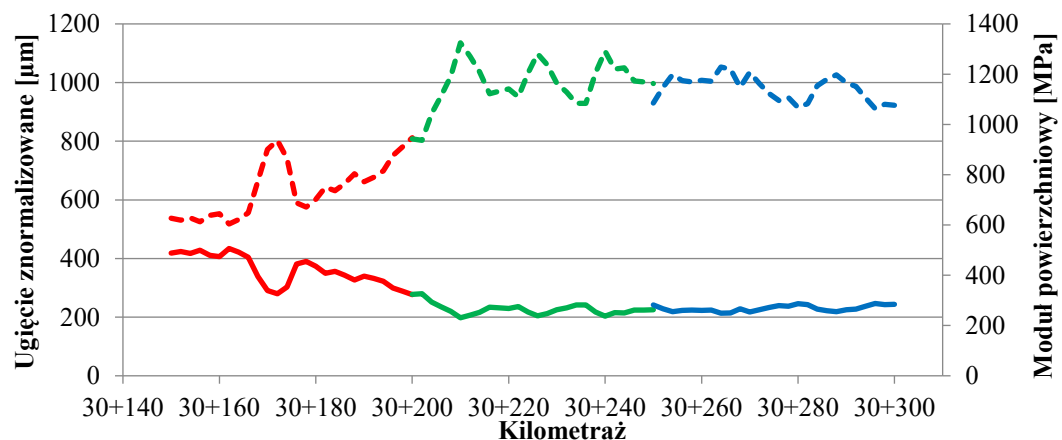
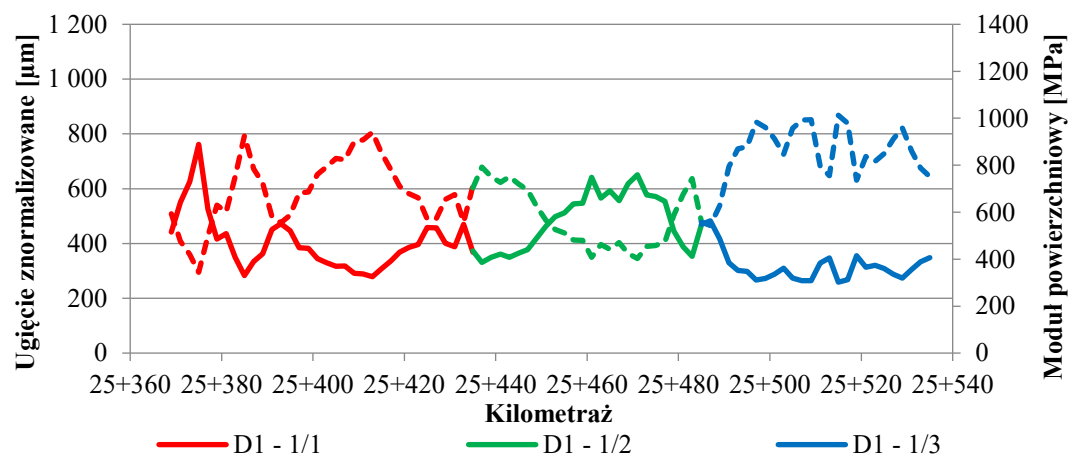
| Nr sekcji | C/E | IT-CY, [MPa] |       | ITS, [MPa] |
|-----------|-----|--------------|-------|------------|
|           |     | +5°C         | +13°C | +5°C       |
| 1/1       | 3/3 | 7550         | 7737  | 0.86       |
| 1/2       | 1/3 | 4731         | 3156  | 1.12       |
| 1/3       | 1/5 | 4064         | 1910  | 0.99       |
| 2/3       | 7/3 | 3804         | 2707  | 0.54       |
| 2/2       | 5/3 | 4324         | 2912  | 0.69       |
| 2/1       | 3/3 | 7909         | 6449  | 0.85       |





## Badania (4):

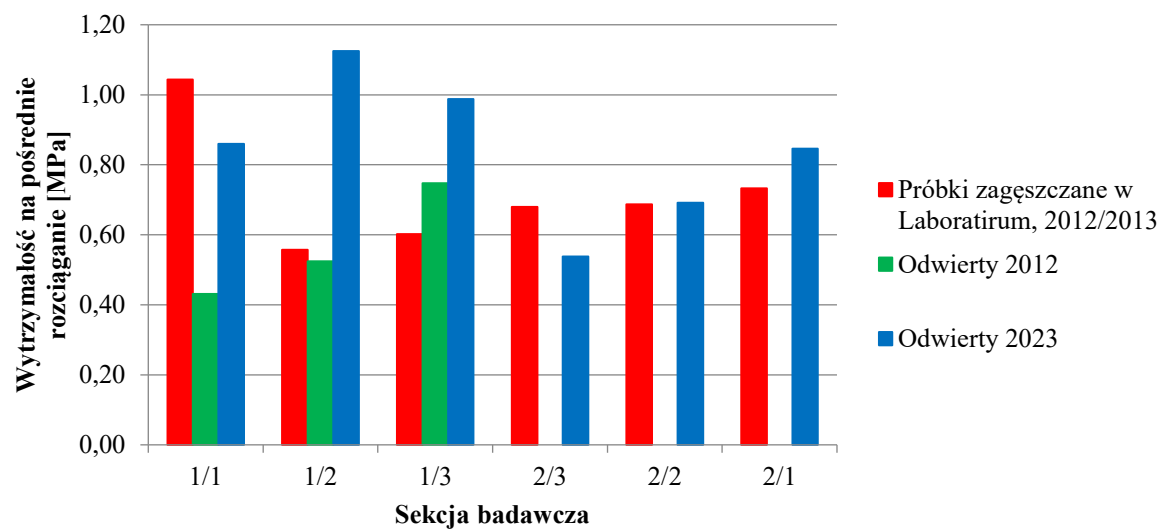
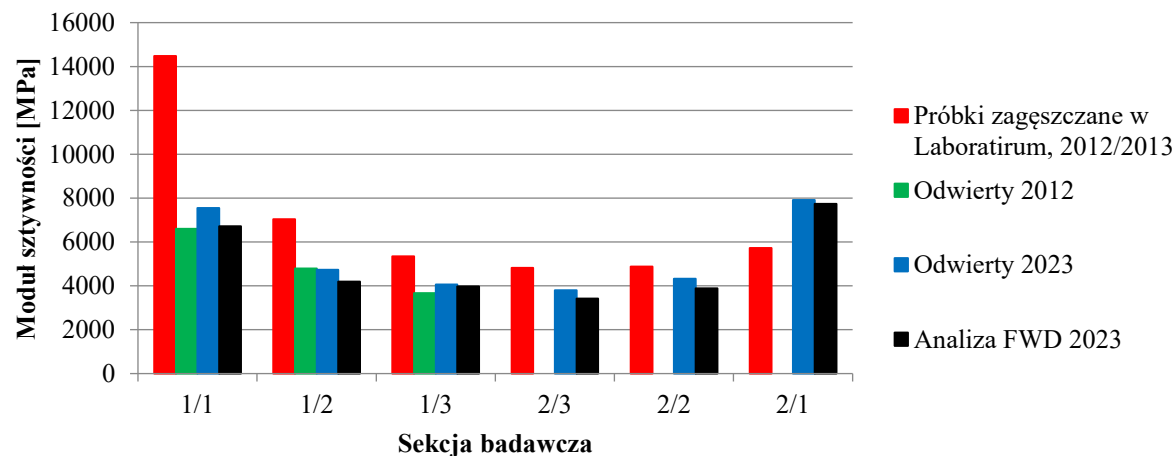
### • Ugięcia nawierzchni po 10 latach eksploatacji nawierzchni (2023):



| Nr sekcji | C/E | E1 [MPa] | E2 [MPa] | E <sub>SUB</sub> [MPa] |
|-----------|-----|----------|----------|------------------------|
| 1/1       | 3/3 | 3278     | 7487     | 196                    |
| 1/2       | 1/3 | 5234     | 4717     | 155                    |
| 1/3       | 1/5 | 14116    | 5070     | 175                    |
| 2/3       | 7/3 | 14304    | 4294     | 207                    |
| 2/2       | 5/3 | 19182    | 4328     | 243                    |
| 2/1       | 3/3 | 15529    | 8490     | 250                    |



## Badania (5):





## Badania (6):

- Nośność odcinka:

| Nr sekcji | Lokalizacja     | C/E | Ugięcie D1<br>[μm] | Klasyfikacja DSN |     |
|-----------|-----------------|-----|--------------------|------------------|-----|
|           |                 |     |                    | KR1÷2            | KR3 |
| 1/1       | 25+369 ÷ 25+433 | 3/3 | 506                | A                | B   |
| 1/2       | 25+433 ÷ 25+482 | 1/3 | 584                | B                | C   |
| 1/3       | 25+482 ÷ 25+535 | 1/5 | 378                | A                | A   |
| 2/3       | 30+150 ÷ 30+200 | 7/3 | 412                | A                | B   |
| 2/2       | 30+200 ÷ 30+250 | 5/3 | 247                | A                | A   |
| 2/1       | 30+250 ÷ 30+300 | 3/3 | 240                | A                | A   |





## **PODSUMOWANIE (1):**

**Przedstawione badania pokazały, że o ile zmiana kombinacji środków wiążących w warunkach laboratoryjnych jest dość łatwa do kontrolowania i zbadania, o tyle bardzo trudno modelować w warunkach rzeczywistych różne zawartości środków wiążących w mieszankach MCE.**

**Przedstawione sekcje różniły się zawartością środków wiążących, ale wyniki badań nie wskazały wyraźnej tendencji potwierdzającej wpływ poszczególnych środków wiążących na cechy mieszanki MCE. Może to być spowodowane różnymi czynnikami, trudnymi do określenia.**

**Przeprowadzone badania pokazały, że niezależnie od zawartości środków wiążących sztywność mieszanki MCE jest wysoka i w ciągu 10 lat nie uległa znaczącemu obniżeniu.**



## **PODSUMOWANIE (2):**

**Przedstawione badania pokazały, że sztywność podbudowy z mieszanki MCE po 10 latach eksploatacji jest większa niż przyjmowana do analiz mechanistycznych. Potwierdzenie takiego zachowania się mieszanek MCE wymaga dalszych analiz i badań terenowych.**

**Obserwacje przeprowadzone na DW 172 potwierdziły, że przyjęte rozwiązanie, jak i jego realizacja pozwoliły na osiągnięcie po 10 latach eksploatacji zadawalającego rezultatu - droga jest nośna i jest w dobrym stanie.**

# Dziękuję za uwagę

POLITECHNIKA GDAŃSKA  
UCZELNIA BADAWCZA