

# Reaktywność kruszyw wapiennych

Artur Łagosz  
Dominika Ulanowska  
Rzepa Karol



# Geneza

1. Ograniczona dostępność kruszyw do betonów dla infrastruktury drogowej
2. Wciąż obecne przeświadczenie o ograniczonej przydatności kruszyw ze skał węglanowych jako surowca do betonów dla infrastruktury drogowej
3. Wprowadzenie do użytku „*Wytycznych technicznych klasyfikacji kruszyw krajowych i zapobiegania reakcji alkalicznej w betonie stosowanym w nawierzchniach dróg i drogowych obiektach inżynierskich*”, GDDKiA, 2019

## Warunki wykonania i odbioru robót budowlanych M-13.02.00 v2; (2019)

### BETON KONSTRUKCYJNY W DROGOWYCH OBIEKTACH INŻYNIERSKICH

Do wykonania betonów nie dopuszcza się stosowania kruszyw:

- ...
- **węglanowych** (nie dotyczy kruszyw węglanowych pochodzenia **dewońskiego i starszych**, głębokomorskich) – do obiektów klasy S4

# Geneza

**Wybrane zagrożenia trwałości betonów ze strony kruszyw, w tym wykonanych w oparciu o kruszywa węglanowe:**

- Zmienność składu i właściwości skał węglanowych
- Możliwość wystąpienia reakcji alkalia-krzemionka (ASR)
- Możliwość wystąpienia reakcji alkalia-węglany (ACR)

# Warunki wykonania i odbioru robót budowlanych M-13.02.00 v2; (2019)

## BETON KONSTRUKCYJNY W DROGOWYCH OBIEKTACH INŻYNIERSKICH

### Wybrane wymagania dla kruszyw grubych:

- Zawartość pyłów – kategoria nie wyższa niż  $f_{1,5}$  (**max. 1%**)
- Nasiąkliwość –  **$WA_{24}$  (max. 1,2%)**
- Mrozoodporność w 1% NaCl:

**$F_{NaCl\ 6}$  dla LA25**

**$F_{NaCl\ 2}$  dla LA35**

- **Reaktywność alkaliczna wg procedur badawczych GDDKiA:**

**R0 – w przypadku klasy obiektu S4**

**R0, R1 – w przypadku klasy obiektu S3**

# Warunki wykonania i odbioru robót budowlanych M-13.02.00 v2; (2019)

## BETON KONSTRUKCYJNY W DROGOWYCH OBIEKTACH INŻYNIERSKICH

Tablica 1. Kategoryzacja reaktywności kruszyw do betonu

| Metoda badawcza                                                    | Kategoria reaktywności kruszywa           |                   |                                 |                          |                                       |                                       |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                                    | Niereaktywne<br>R0                        |                   | Umiarkowanie<br>reaktywne<br>R1 |                          | Silnie<br>reaktywne<br>R2             | Bardzo silnie<br>reaktywne<br>R3      |
|                                                                    | kruszywo<br>drobne                        | kruszywo<br>grube | kruszywo<br>drobne              | kruszywo<br>grube        | kruszywo<br>drobne;<br>kruszywo grube | kruszywo<br>drobne;<br>kruszywo grube |
| Procedura badawcza<br>GDDKiA PB/1/18<br>(metoda<br>przyspieszona)  | Wydłużenie próbek zaprawy po 14 dniach, % |                   |                                 |                          |                                       |                                       |
|                                                                    | $\leq 0,15$                               | $\leq 0,10$       | $> 0,15;$<br>$\leq 0,30$        | $> 0,10;$<br>$\leq 0,30$ | $> 0,30;$<br>$\leq 0,45$              | $> 0,45$                              |
| Procedura badawcza<br>GDDKiA PB/2/18<br>(metoda<br>długoterminowa) | Wydłużenie próbek betonu po 365 dniach, % |                   |                                 |                          |                                       |                                       |
|                                                                    | $\leq 0,04$                               |                   | $> 0,04;$<br>$\leq 0,12$        |                          | $> 0,12;$<br>$\leq 0,24$              | $> 0,24$                              |

# Przedmiot badań

**Kruszywa wapienne** frakcji **8/16 mm** produkowane przez:

- **Trzuskawica S. A.** (grupa CRH) – zakład Trzuskawica (z przeróbki skał pochodzących ze złoża dewońskiego)
- **Nordkalk** – zakład Miedzianka (z przeróbki skał pochodzących ze złoża dewońskiego)
- **Lhoist** – zakład Wojcieszów (z przeróbki skał pochodzących ze złoża kambryjskiego)

# Zakres badań kruszyw wapiennych

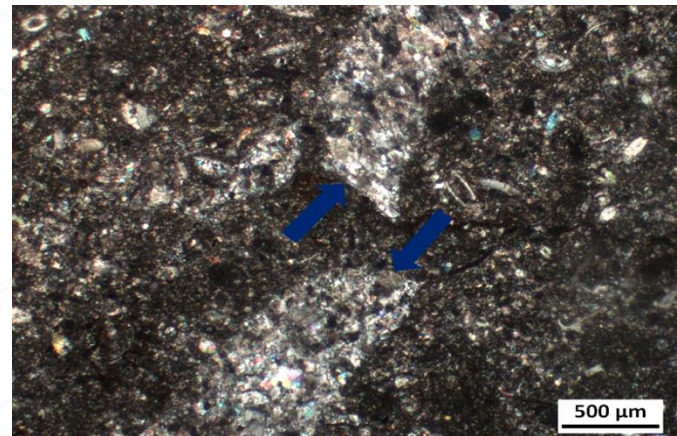
- opis petrograficzny
- analiza chemiczna
- reaktywność ASR metodą przyspieszoną **z wykorzystaniem PB/1/18 (PB GDDKiA)** - potencjalna reaktywność alkalia-krzemionka (ASR)
- reaktywność ACR metodą przyspieszoną **z wykorzystaniem procedur RILEM AAR-2.2 i AAR-5** – potencjalna reaktywność alkalia-węglany (ACR)
- reaktywność kruszyw z alkaliami typu ASR i ACR metodami długoterminowymi **z wykorzystaniem PB/2/18 (PB GDDKiA)**
- ocena mikrostruktury kruszyw w betonach poddanych rocznym badaniom reaktywności alkalicznej (krzemionkowej i węglanowej) **z wykorzystaniem PB/2/18 (PB GDDKiA)**



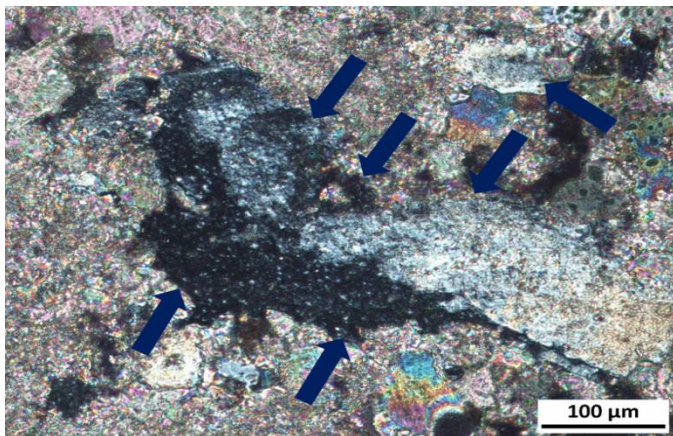


wapień  
organogeniczno-  
mikrytowy czarny

wtórny  
dolomit



## Wapień Trzuskawica TRWAŁOŚĆ



chalcedon



wapień organogeniczno-  
sparytowy, szaro-brązowy



## Skład chemiczny skał wchodzących w skład kruszywa Trzuskawica

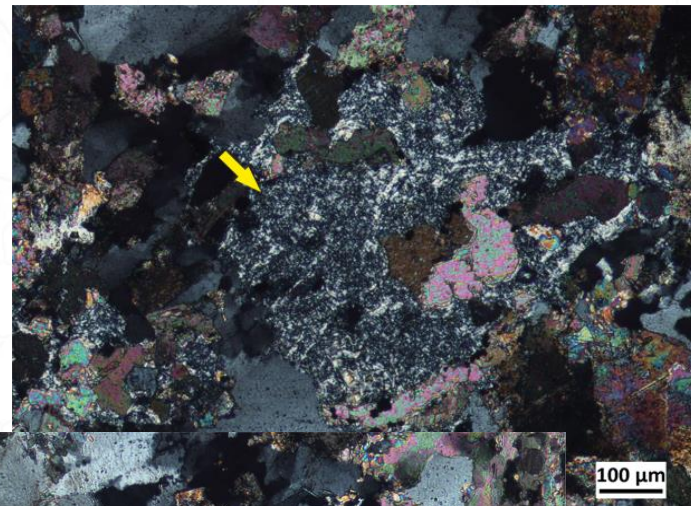
| Oznaczony składnik             | Zawartość procentowa składnika, % masy |      |      |      |      | Kryteria oceny reakcji alkalia-węglany (kruszywo) wg GDDKiA PB/3/18 [8] |
|--------------------------------|----------------------------------------|------|------|------|------|-------------------------------------------------------------------------|
|                                | 1                                      | 2    | 3    | 4    | 5    |                                                                         |
| CaO                            | 52,9                                   | 53,0 | 48,4 | 54,8 | 52,2 | -                                                                       |
| MgO                            | 0,5                                    | 0,5  | 2,4  | 0,3  | 0,8  | < 1,0%                                                                  |
| SiO <sub>2</sub>               | 1,2                                    | 1,4  | 3,1  | 0,4  | 1,6  | < 3,0%                                                                  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,4                                    | 0,5  | 0,9  | 0,2  | 0,7  | < 1,2%                                                                  |

wapień  
krystaliczny biały

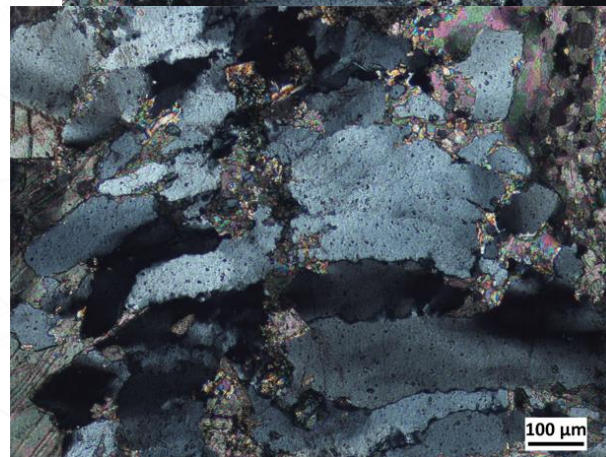
## Wapień Wojcieszów TRWAŁOŚĆ



kwarc mikrokrystaliczny



kwarc w stanie  
naprężeń



|                           |         |
|---------------------------|---------|
| Kalcyt                    | 73,80 % |
| Dolomit                   | 5,4 %   |
| Kwarc, w tym:             | 20,6 %  |
| - kwarc I generacji       | 4,8 %   |
| - kwarc II generacji      | 15,1 %  |
| - kwarc mikrokrystaliczny | 0,7 %   |
| Minerały rudne            | 0,2 %   |



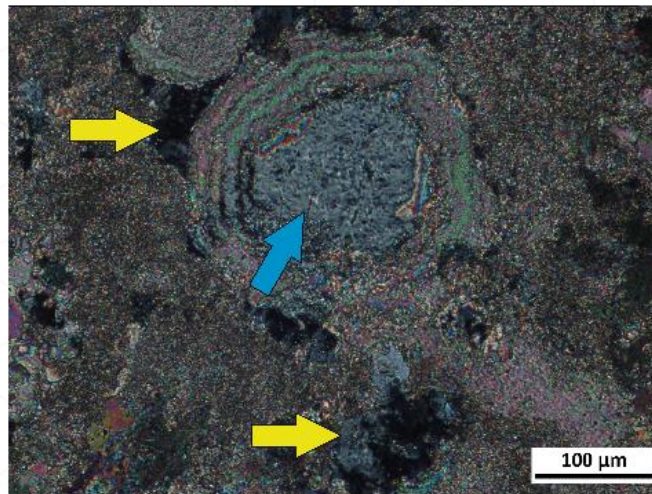
## Skład chemiczny skał wchodzących w skład kruszywa Wojcieszów

| Oznaczony składnik             | Zawartość procentowa składnika,<br>% masy |      |      | Kryteria oceny reakcji<br>alkalia-węglany (kruszywo)<br>wg GDDKiA PB/3/18 |
|--------------------------------|-------------------------------------------|------|------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                | A                                         | B    | C    |                                                                           |
| CaO                            | 34,5                                      | 44,7 | 50,8 | -                                                                         |
| MgO                            | 6,4                                       | 6,7  | 2,1  | < 1,0%                                                                    |
| SiO <sub>2</sub>               | 20,1                                      | 5,9  | 5,3  | < 3,0%                                                                    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,5                                       | 1,0  | 0,9  | < 1,2%                                                                    |

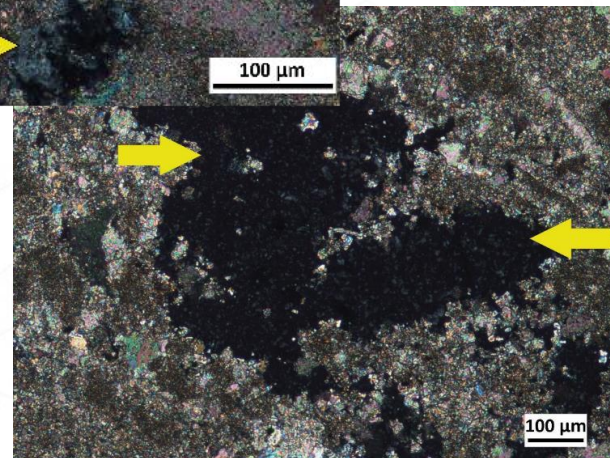
# Wapień Miedzianka TRWAŁOŚĆ

wapień  
organogeniczno-  
mikrytowy  
ciemnoszaro-  
fioletowy

dolomit  
i chalcedon



opal



## Skład chemiczny skał wchodzących w skład kruszywa Miedzianka

| Oznaczony składnik             | Zawartość procentowa składnika, % masy |      |      | Kryteria oceny reakcji alkalia-węglany (kruszywo) wg GDDKiA PB/3/18 |
|--------------------------------|----------------------------------------|------|------|---------------------------------------------------------------------|
|                                | A                                      | B    | C    |                                                                     |
| CaO                            | 53,4                                   | 54,9 | 54,9 | -                                                                   |
| MgO                            | 1,1                                    | 0,4  | 0,4  | < 1,0%                                                              |
| SiO <sub>2</sub>               | 2,2                                    | 1,2  | 1,9  | < 3,0%                                                              |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,4                                    | 0,3  | 0,3  | < 1,2%                                                              |

# Reaktywność kruszywa Truskawica w zakresie ASR oraz ACR metodami przyśpieszonymi (reaktywności potencjalne)

| Czas ekspozycji<br>w 1M NaOH, 80°C,<br>dni | Potencjalna reaktywność<br>ASR wg GDDKiA PB/1/18<br>(ASTM C1260) |                                    | Potencjalna reaktywność ACR                                                            |                                    |                                  |                                    |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
|                                            |                                                                  |                                    | Badanie zaprawy wg RILEM<br>AAR-2.2                                                    |                                    | Badanie betonu wg<br>RILEM AAR-5 |                                    |
|                                            | wygląd<br>powierzchni<br>próbek                                  | zmiany<br>liniowe,<br>$r_{a,śr}$ % | wygląd<br>powierzchni<br>próbek                                                        | zmiany<br>liniowe,<br>$r_{a,śr}$ % | wygląd<br>powierzchni<br>próbek  | zmiany<br>liniowe,<br>$r_{a,śr}$ % |
| 1                                          | brak zmian                                                       | -0,006                             | brak zmian                                                                             | -0,002                             | brak zmian                       | 0,003                              |
| 2                                          | brak zmian                                                       | -0,015                             | brak zmian                                                                             | 0,002                              | brak zmian                       | 0,004                              |
| 5                                          | brak zmian                                                       | -0,017                             | brak zmian                                                                             | -0,001                             | brak zmian                       | 0,018                              |
| 7                                          | brak zmian                                                       | -0,024                             | brak zmian                                                                             | -0,003                             | brak zmian                       | 0,017                              |
| 14                                         | brak zmian                                                       | -0,025 =<br><b>-0,03</b>           | brak zmian                                                                             | 0,003 = <b>0,00</b>                | biały osad                       | 0,023 =<br><b>0,02</b>             |
| Kryterium dla<br>kruszyw<br>niereaktywnych |                                                                  | $\leq 0,10$<br>(spełnione)         | $r_{a,śr}$ wg AAR-2.2 - $r_{a,śr}$ wg AAR-5 > 0,01%<br>(wymaga badań długoterminowych) |                                    |                                  |                                    |

**kat. R0**

# Reaktywność kruszywa Wojcieszów w zakresie ASR oraz ACR metodami przyspieszonymi (reaktywności potencjalne)

| Czas ekspozycji<br>w 1M NaOH, 80°C,<br>dni | Potencjalna reaktywność<br>ASR wg GDDKiA PB/1/18<br>(ASTM C1260) |                                    | Potencjalna reaktywność ACR                                        |                                    |                                  |                                    |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
|                                            |                                                                  |                                    | Badanie zaprawy wg RILEM<br>AAR-2.2                                |                                    | Badanie betonu wg<br>RILEM AAR-5 |                                    |
|                                            | wygląd<br>powierzchni<br>próbek                                  | zmiany<br>liniowe,<br>$r_{a,śr}$ % | wygląd<br>powierzchni<br>próbek                                    | zmiany<br>liniowe,<br>$r_{a,śr}$ % | wygląd<br>powierzchni<br>próbek  | zmiany<br>liniowe,<br>$r_{a,śr}$ % |
| 1                                          | brak zmian                                                       | 0,001                              | brak zmian                                                         | 0,005                              | brak zmian                       | 0,005                              |
| 2                                          | brak zmian                                                       | 0,000                              | brak zmian                                                         | 0,003                              | brak zmian                       | 0,008                              |
| 5                                          | brak zmian                                                       | 0,004                              | brak zmian                                                         | 0,018                              | brak zmian                       | 0,020                              |
| 7                                          | brak zmian                                                       | 0,011                              | brak zmian                                                         | 0,025                              | brak zmian                       | 0,022                              |
| 14                                         | brak zmian                                                       | 0,020 = <b>0,02</b>                | biały osad                                                         | 0,058 = <b>0,06</b>                | biały osad                       | 0,040 =<br><b>0,04</b>             |
| Kryterium dla<br>kruszyw<br>niereaktywnych |                                                                  | $\leq 0,10$<br>(spełnione)         | $r_{a,śr}$ wg AAR-2.2 - $r_{a,śr}$ wg AAR-5 > 0,01%<br>(spełnione) |                                    |                                  |                                    |

**kat. R0**

**brak podatności na reakcję ACR**



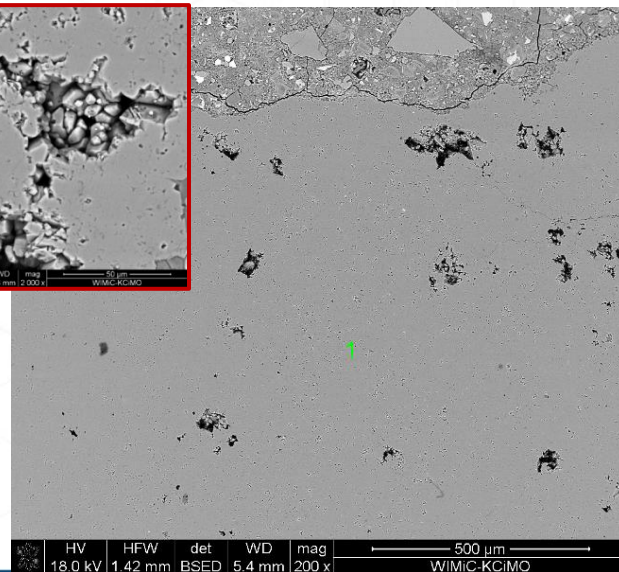
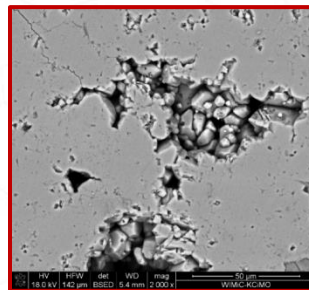
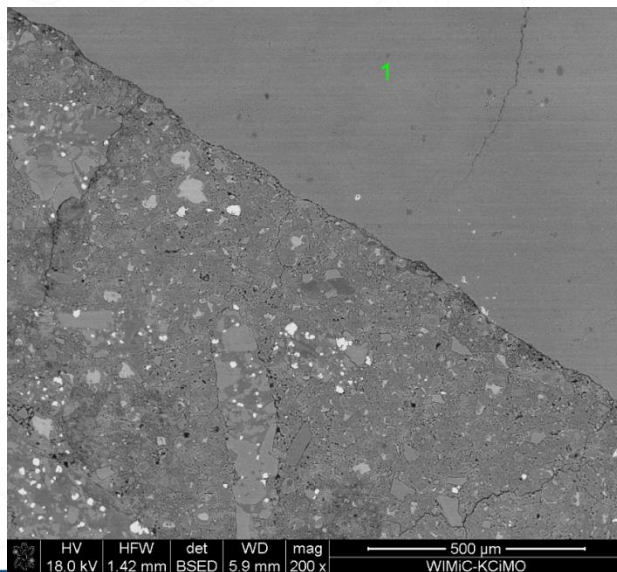
# Reaktywność kruszywa Miedzianka w zakresie ASR oraz ACR metodami przyspieszonymi (reaktywności potencjalne)

| Czas ekspozycji w 1M NaOH, 80°C, dni | Potencjalna reaktywność ASR wg GDDKiA PB/1/18 (ASTM C1260) |                              | Potencjalna reaktywność ACR                                                         |                              |                               |                              |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|                                      |                                                            |                              | Badanie zaprawy wg RILEM AAR-2.2                                                    |                              | Badanie betonu wg RILEM AAR-5 |                              |
|                                      | wygląd powierzchni próbek                                  | zmiany liniowe, $r_{a,śr}$ % | wygląd powierzchni próbek                                                           | zmiany liniowe, $r_{a,śr}$ % | wygląd powierzchni próbek     | zmiany liniowe, $r_{a,śr}$ % |
| 1                                    | brak zmian                                                 | -0,002                       | brak zmian                                                                          | 0,002                        | brak zmian                    | 0,007                        |
| 2                                    | brak zmian                                                 | -0,003                       | brak zmian                                                                          | 0,005                        | brak zmian                    | 0,008                        |
| 5                                    | brak zmian                                                 | -0,004                       | brak zmian                                                                          | 0,004                        | brak zmian                    | 0,022                        |
| 7                                    | brak zmian                                                 | -0,002                       | brak zmian                                                                          | 0,006                        | brak zmian                    | 0,026                        |
| 14                                   | brak zmian                                                 | 0,026 = <b>0,03</b>          | brak zmian                                                                          | 0,017 = <b>0,02</b>          | biały osad                    | 0,044 = <b>0,04</b>          |
| Kryterium dla kruszyw niereaktywnych |                                                            | $\leq 0,10$ (spełnione)      | $r_{a,śr}$ wg AAR-2.2 - $r_{a,śr}$ wg AAR-5 > 0,01% (wymaga badań długoterminowych) |                              |                               |                              |

**kat. R0**

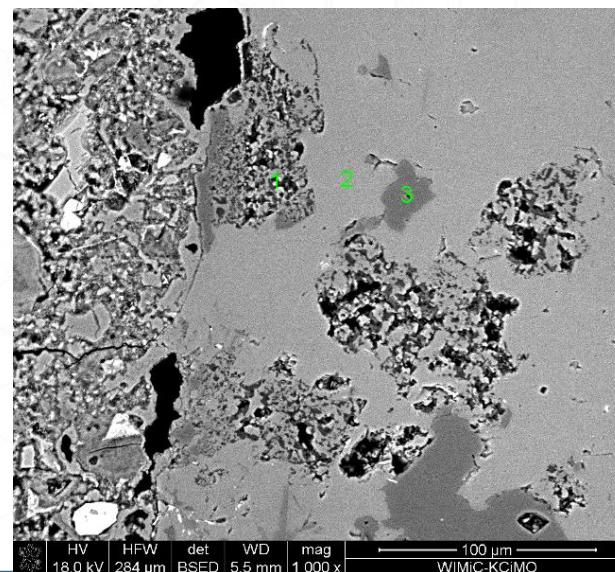
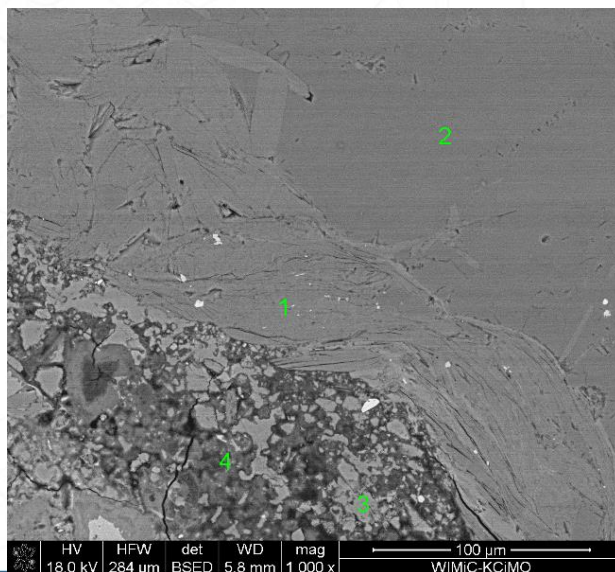
# Reaktywność kruszywa Trzuskawica w zakresie reakcji ASR (365 dni)

| Pochodzenie kruszywa | Nr próbki | Zmiany długości w czasie, % |                 |                 |                 |                  |                  | Kategoria reaktywności kruszywa    |
|----------------------|-----------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------------------------|
|                      |           | L <sub>7</sub>              | L <sub>14</sub> | L <sub>28</sub> | L <sub>91</sub> | L <sub>182</sub> | L <sub>365</sub> |                                    |
| Trzuskawica          | 1.        | -0,002                      | -0,009          | -0,005          | -0,006          | 0,009            | -0,002           | R0,<br>Niereaktywne,<br>(≤ 0,04 %) |
|                      | 2.        | -0,013                      | -0,014          | -0,010          | -0,005          | -0,002           | 0,000            |                                    |
|                      | 3.        | -0,010                      | -0,009          | -0,008          | -0,005          | 0,001            | 0,002            |                                    |
|                      | Średnia   | -0,008                      | -0,011          | -0,008          | -0,001          | 0,002            | 0,000            |                                    |



# Reaktywność kruszywa Wojcieszów w zakresie reakcji ASR (365 dni)

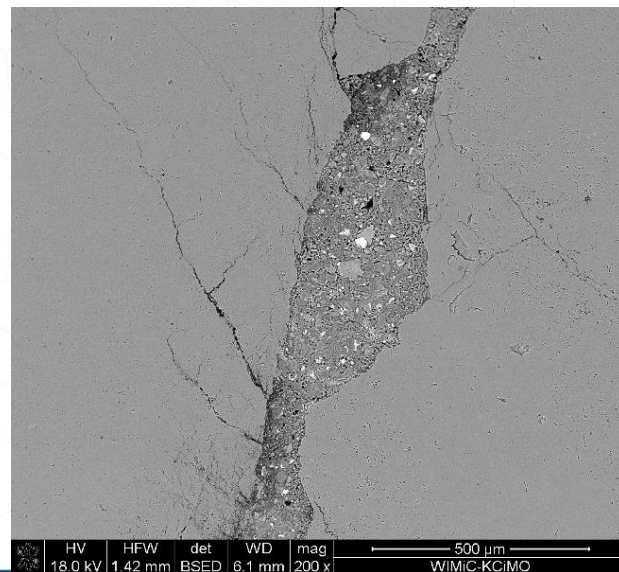
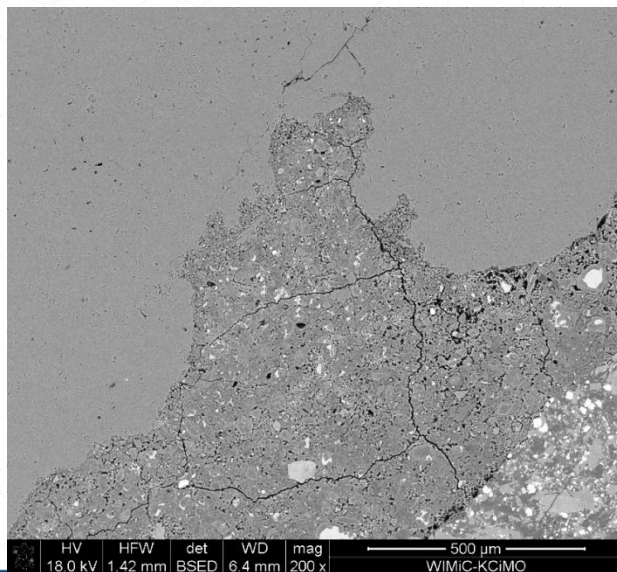
| Pochodzenie kruszywa | Nr próbki | Zmiany długości w czasie, % |                 |                 |                 |                  |                  | Kategoria reaktywności kruszywa    |
|----------------------|-----------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------------------------|
|                      |           | L <sub>7</sub>              | L <sub>14</sub> | L <sub>28</sub> | L <sub>91</sub> | L <sub>182</sub> | L <sub>365</sub> |                                    |
| Wojcieszów           | 1.        | -0,006                      | -0,004          | -0,002          | 0,000           | 0,003            | 0,006            | R0,<br>Niereaktywne,<br>(≤ 0,04 %) |
|                      | 2.        | -0,006                      | -0,003          | -0,001          | 0,001           | 0,002            | 0,006            |                                    |
|                      | 3.        | -0,004                      | -0,001          | -0,001          | 0,002           | 0,005            | 0,009            |                                    |
|                      | Średnia   | -0,005                      | -0,002          | -0,001          | 0,001           | 0,003            | 0,007            |                                    |





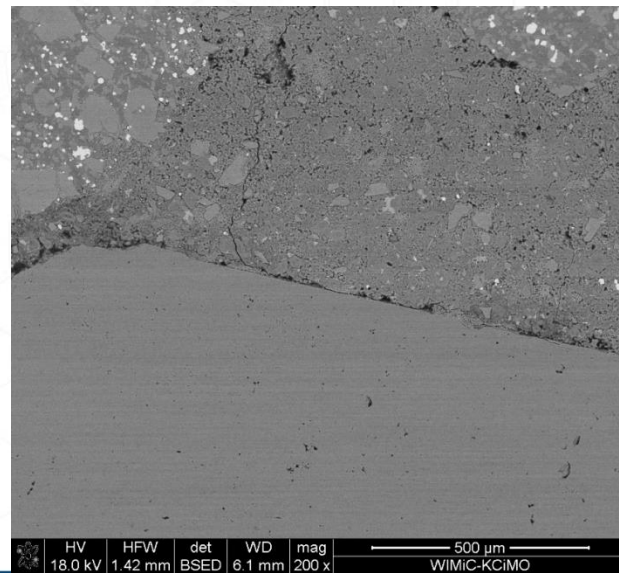
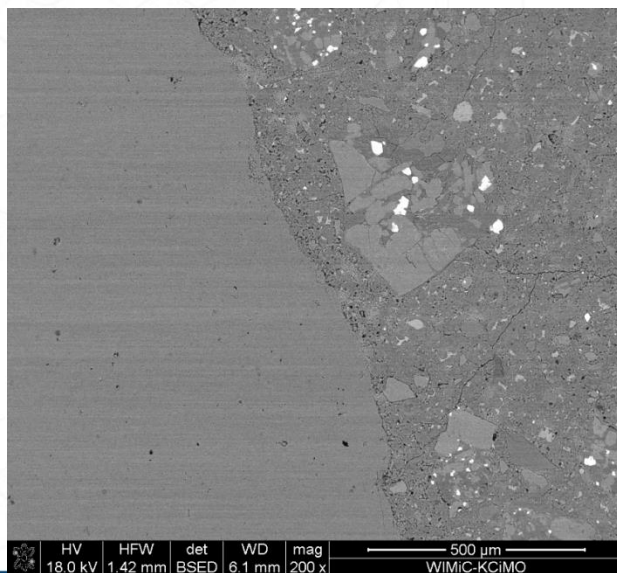
# Reaktywność kruszywa Miedzianka w zakresie reakcji ASR (365 dni)

| Pochodzenie kruszywa | Nr próbki | Zmiany długości w czasie, % |                 |                 |                 |                  |                  | Kategoria reaktywności kruszywa    |
|----------------------|-----------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------------------------|
|                      |           | L <sub>7</sub>              | L <sub>14</sub> | L <sub>28</sub> | L <sub>91</sub> | L <sub>182</sub> | L <sub>365</sub> |                                    |
| Miedzianka           | 1.        | 0,000                       | -0,010          | -0,004          | -0,004          | 0,000            | 0,001            | R0,<br>Niereaktywne,<br>(≤ 0,04 %) |
|                      | 2.        | -0,013                      | -0,014          | -0,005          | -0,004          | 0,000            | 0,000            |                                    |
|                      | 3.        | -0,009                      | -0,008          | -0,003          | -0,002          | 0,005            | -0,002           |                                    |
|                      | Średnia   | -0,008                      | -0,011          | -0,004          | -0,003          | 0,002            | 0,000            |                                    |



# Reaktywność kruszywa Trzuskawica w zakresie reakcji ACR (365 dni)

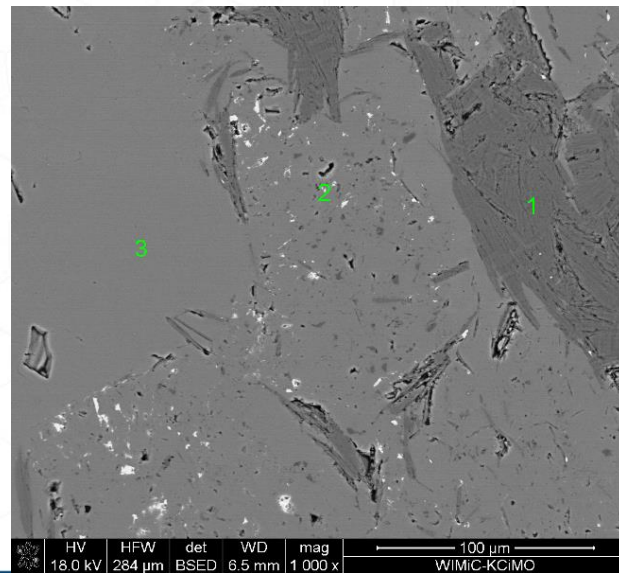
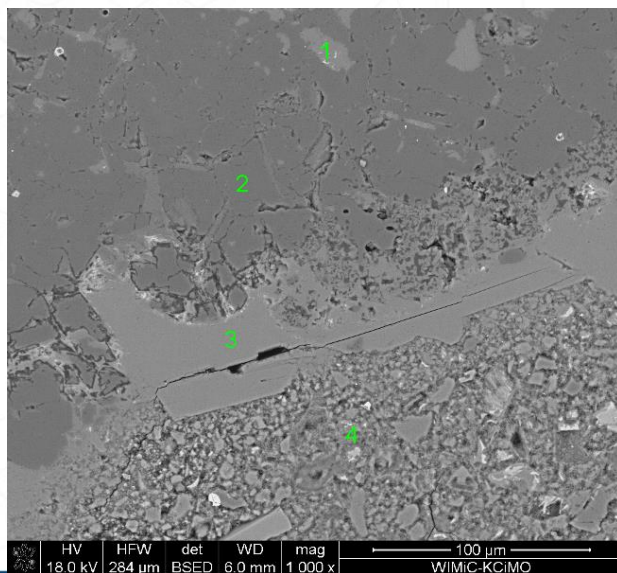
| Pochodzenie kruszywa | Nr próbki | Zmiany długości w czasie, % |                 |                 |                 |                  |                  | Kategoria reaktywności kruszywa                   |
|----------------------|-----------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------------------------------------|
|                      |           | L <sub>7</sub>              | L <sub>14</sub> | L <sub>28</sub> | L <sub>91</sub> | L <sub>182</sub> | L <sub>365</sub> |                                                   |
| Trzuskawica          | 1.        | -0,002                      | -0,001          | 0,002           | 0,002           | 0,007            | 0,013            | Niepodatne na reakcję alkalia-węglany, (< 0,03 %) |
|                      | 2.        | 0,000                       | 0,000           | 0,003           | 0,004           | 0,007            | 0,003            |                                                   |
|                      | 3.        | -0,002                      | -0,003          | 0,005           | -0,003          | 0,001            | 0,001            |                                                   |
|                      | 4.        | -0,002                      | -0,002          | 0,001           | 0,002           | 0,005            | 0,004            |                                                   |
|                      | 5.        | -0,001                      | -0,002          | -0,002          | -0,001          | 0,003            | 0,005            |                                                   |
|                      | 6.        | -0,001                      | -0,001          | 0,000           | 0,000           | 0,005            | 0,009            |                                                   |
|                      | Średnia   | -0,001                      | -0,001          | 0,002           | 0,001           | 0,005            | 0,006            |                                                   |





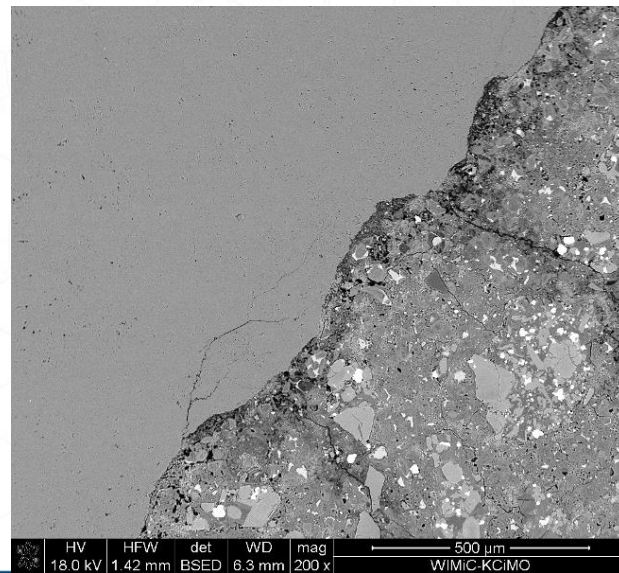
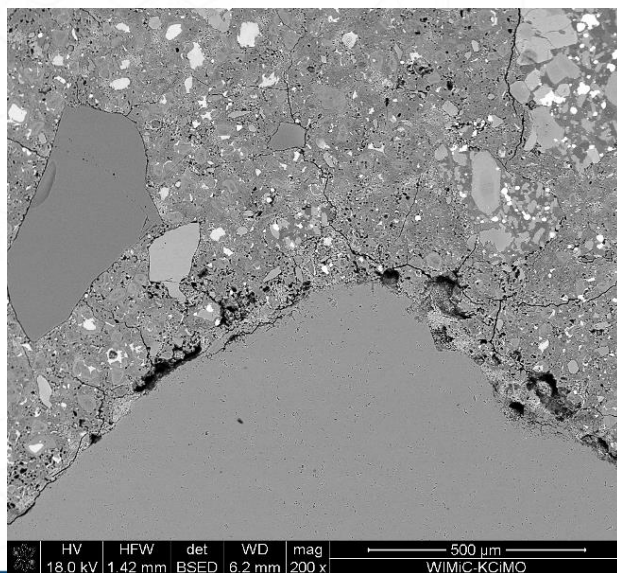
# Reaktywność kruszywa Wojcieszów w zakresie reakcji ACR (365 dni)

| Pochodzenie kruszywa | Nr próbki | Zmiany długości w czasie, % |                 |                 |                 |                  |                  | Kategoria reaktywności kruszywa                   |
|----------------------|-----------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------------------------------------|
|                      |           | L <sub>7</sub>              | L <sub>14</sub> | L <sub>28</sub> | L <sub>91</sub> | L <sub>182</sub> | L <sub>365</sub> |                                                   |
| Wojcieszów           | 1.        | -0,002                      | -0,003          | -0,003          | -0,002          | 0,000            | 0,003            | Niepodatne na reakcję alkalia-węglany, (< 0,03 %) |
|                      | 2.        | -0,003                      | -0,003          | -0,003          | -0,002          | 0,000            | 0,006            |                                                   |
|                      | 3.        | -0,004                      | -0,003          | -0,002          | -0,001          | 0,000            | 0,004            |                                                   |
|                      | 4.        | -0,004                      | -0,002          | 0,001           | 0,002           | 0,002            | 0,004            |                                                   |
|                      | 5.        | -0,004                      | -0,004          | -0,004          | -0,002          | 0,000            | 0,004            |                                                   |
|                      | 6.        | -0,001                      | -0,001          | -0,002          | -0,001          | 0,000            | 0,003            |                                                   |
|                      | Średnia   | -0,003                      | -0,003          | -0,002          | 0,001           | 0,001            | 0,004            |                                                   |



# Reaktywność kruszywa Miedzianka w zakresie reakcji ACR (365 dni)

| Pochodzenie kruszywa | Nr próbki | Zmiany długości w czasie, % |                 |                 |                 |                  |                  | Kategoria reaktywności kruszywa                   |
|----------------------|-----------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------------------------------------|
|                      |           | L <sub>7</sub>              | L <sub>14</sub> | L <sub>28</sub> | L <sub>91</sub> | L <sub>182</sub> | L <sub>365</sub> |                                                   |
| Miedzianka           | 1.        | 0,010                       | -0,010          | -0,004          | -0,004          | -0,001           | -0,001           | Niepodatne na reakcję alkalia-węglany, (< 0,03 %) |
|                      | 2.        | -0,006                      | -0,003          | 0,000           | 0,001           | 0,004            | 0,001            |                                                   |
|                      | 3.        | -0,010                      | -0,023          | -0,004          | -0,002          | 0,000            | 0,000            |                                                   |
|                      | 4.        | -0,008                      | -0,006          | 0,000           | 0,000           | 0,003            | 0,005            |                                                   |
|                      | 5.        | -0,005                      | -0,004          | 0,000           | 0,001           | 0,000            | 0,003            |                                                   |
|                      | 6.        | -0,011                      | -0,009          | -0,003          | -0,002          | 0,001            | 0,002            |                                                   |
|                      | Średnia   | -0,008                      | -0,009          | -0,002          | -0,001          | 0,001            | 0,002            |                                                   |



# Wniosek

Poddane badaniom kruszywa węglanowe frakcji 8/16 mm produkowane w zakładach:

- Wojcieszów,
- Miedzianka,
- Trzuskawica

**spełniają** kryteria w zakresie **reakcji alkalia-kruszywo** dla kruszyw przeznaczonych do produkcji betonów stosowanych w nawierzchniach dróg i drogowych obiektach inżynierskich wg *„Wytycznych technicznych klasyfikacji kruszyw krajowych i zapobiegania reakcji alkalicznej w betonie stosowanym w nawierzchniach dróg i drogowych obiektach inżynierskich”* (GDDKiA,2019)

# Dziękuję za uwagę

