

# Reaktywność alkaliczna kruszyw łamanych z wybranych krajowych zakładów produkcji

mgr inż. Kinga Dziedzic  
dr hab. inż. Darla Niedźwiedzka

# Spis treści

1. Cel i zakres
2. Materiały do badań
3. Metody badawcze
  - a. Badanie reaktywności kruszyw w 1 N roztworze NaOH w temp. 80°C
  - b. Badanie reaktywności kruszyw w temperaturze 38°C
4. Wyniki analizy petrograficznej
5. Wyniki ekspansji próbek zaprawy i betonu
6. Wyniki analizy mikrostruktury
7. Kryteria oceny reaktywności kruszyw
8. Wnioski

# Cel i zakres

Celem podjętych badań było rozpoznanie reaktywności krajowych kruszyw z kilku zakładów produkcji przy wykorzystaniu wdrożonych w dokumentach GDDKiA metod badawczych.

Zakres badań obejmuje kruszywa grube łamane o potencjalnej przydatności do wykonania wytrzymałego i trwałego betonu przeznaczonego na nawierzchnie i obiekty infrastruktury drogowej.

*Badania przeprowadzono na pojedynczych próbach kruszywa. Kruszywa zostały pobrane zgodnie z normą z kopalni przez naszych partnerów oraz przez laboratoria GDDKiA.*

# Materiały do badań - kruszywo

Podstawowe właściwości fizyczne kruszyw oznaczone zgodnie z procedurami normowymi PN-EN 12620

Rodzaj skały	Oznaczenie	Gęstość objętościowa [Mg/m <sup>3</sup> ]	Nasiąkliwość [%]	Kategoria odporności na rozdrabnianie	Stopień mrozoodporności
Bazalt	B	3,07	0,2	LA <sub>15</sub>	F <sub>1</sub>
Gabro	Ga	2,94	0,3	LA <sub>25</sub>	F <sub>1</sub>
Kruszywo łamane ze złóż polodowcowych	Z1	2,69	0,8	LA <sub>25</sub>	F <sub>1</sub>
	Z2	2,65	0,7	LA <sub>30</sub>	F <sub>1</sub>
	Z3	2,67	0,6	LA <sub>30</sub>	F <sub>1</sub>
	Z4	2,69	0,7	LA <sub>25</sub>	F <sub>1</sub>
Piaskowiec	P1	2,70	1,2	LA <sub>30</sub>	F <sub>4</sub>
Szarogłaz	Sz1	2,77	0,4	LA <sub>20</sub>	F <sub>1</sub>
	Sz2	2,69	0,9	LA <sub>20</sub>	F <sub>1</sub>



# Materiały do badań - cement

Cement CEM I 52,5 R

- mianość: 525 m<sup>2</sup>/kg (PN-EN 196-6)
- stałość objętości: < 1 mm (metoda Le Chateliera)
- skład chemiczny cementu oznaczony metodą XRF

Składnik	Zawartość [%]
SiO <sub>2</sub>	19,42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,94
CaO	64,10
MgO	1,75
SO <sub>3</sub>	3,50
Na <sub>2</sub> O	0,24
K <sub>2</sub> O	0,97
Na <sub>2</sub> O <sub>eq</sub>	0,88

# Metody badawcze

- Analiza petrograficzna na cienkich szlifach
- Badanie reaktywności kruszyw metodą przyśpieszoną w 1 N roztworze NaOH w temperaturze 80°C  
(GDDKiA Ogólna Specyfikacja Techniczna D-05.03.04 Załącznik 1)
- Badanie reaktywności kruszyw w temperaturze 38°C według ASTM C1293/RILEM AAR-3  
(GDDKiA Ogólna Specyfikacja Techniczna D-05.03.04 Załącznik 2)
- Analiza mikrostruktury (SEM) – rozpoznanie produktów reakcji

# Analiza petrograficzna

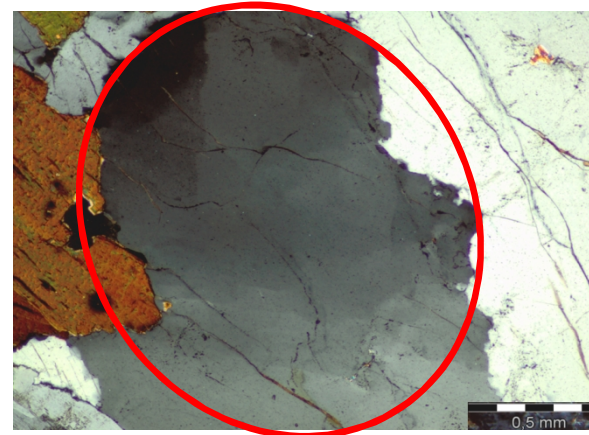
- Ocena składu mineralnego z uwagi na obecność reaktywnych składników (RILEM AAR-1.1 oraz ASTM C295), tj.:

- opal
- chalcedon
- krystobalit
- trydymit
- kwarc w stanie naprężeń
- kryptokrystaliczny kwarc (poniżej 10  $\mu\text{m}$ )
- mikrokrystaliczny kwarc (10÷100  $\mu\text{m}$ )

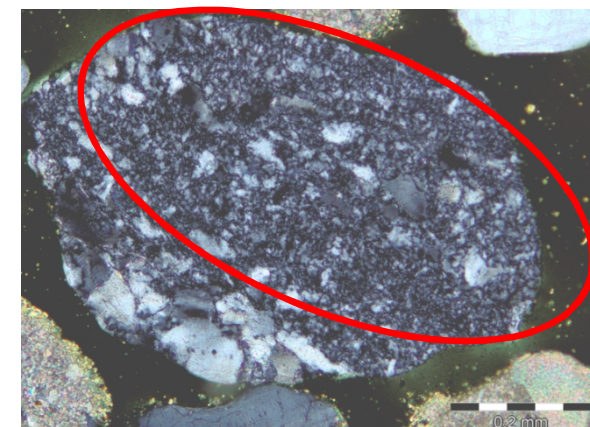


wachlarzowate skupiska chalcedonu

kwarc w stanie naprężeń



krypto- i mikrokrystaliczny kwarc



- Do badań użyto mikroskopu polaryzacyjnego z kolorową kamerą cyfrową i automatycznym stolikiem skaningowym

# Badania reaktywności kruszywa

- Metody według GDDKiA OST D-05.03.04 Załącznik 1 i 2
  - umożliwiają stwierdzenie wystąpienia szkodliwej reakcji alkalia-kruszywo na podstawie oznaczenia zmiany długości próbek z badanym kruszywem

	Załącznik 1	Załącznik 2
warunki badania	80°C, 1 N NaOH	38°C, RH ≥ 95%
wielkość próbek	25x25x285 mm	75x75x285 mm
rodzaj próbek	zaprawa	beton
czas badania	14 dni	1 rok

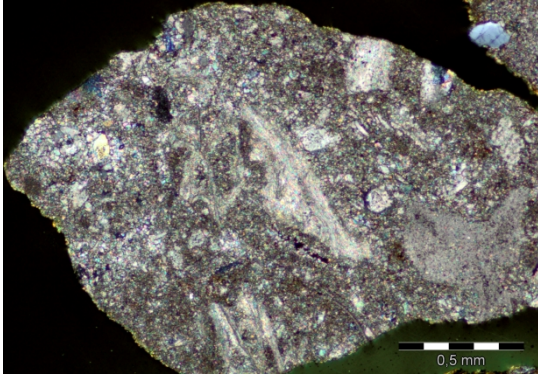




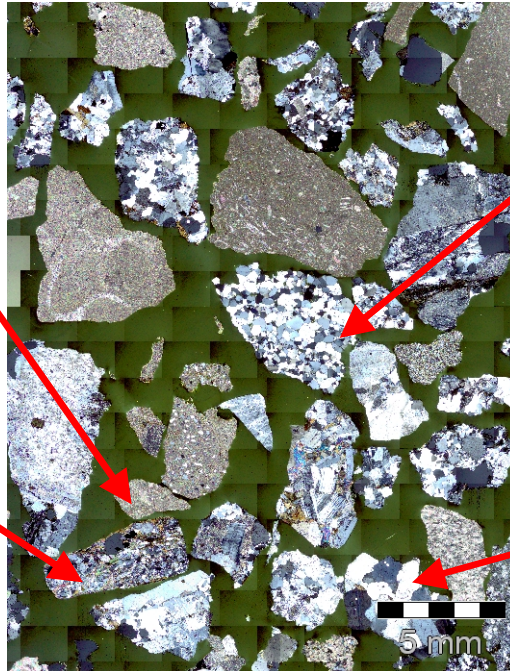
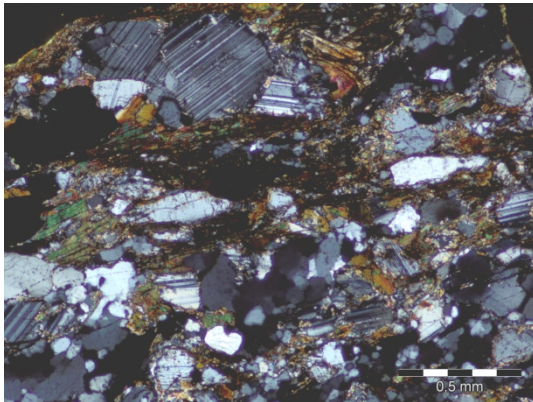
# Wyniki analizy petrograficznej

Kruszywo łamane ze złoża polodowcowego

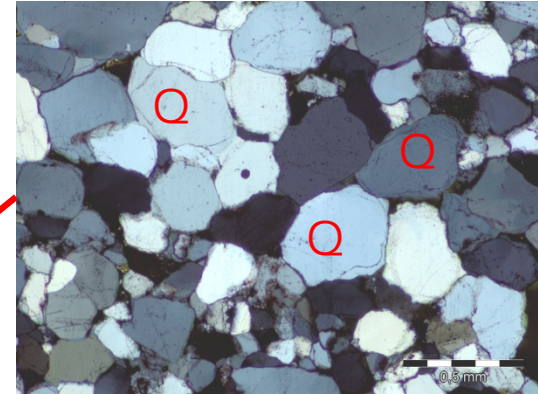
wapień



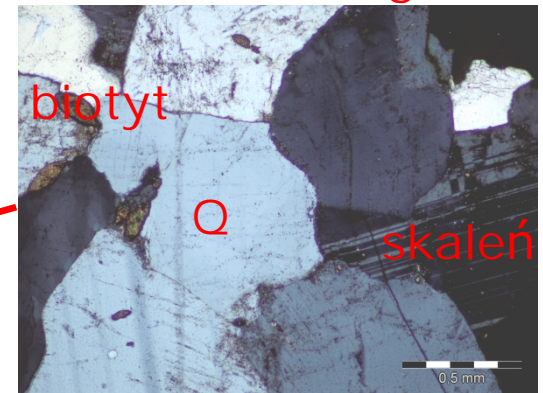
granodioryt



kwarcyt



granit

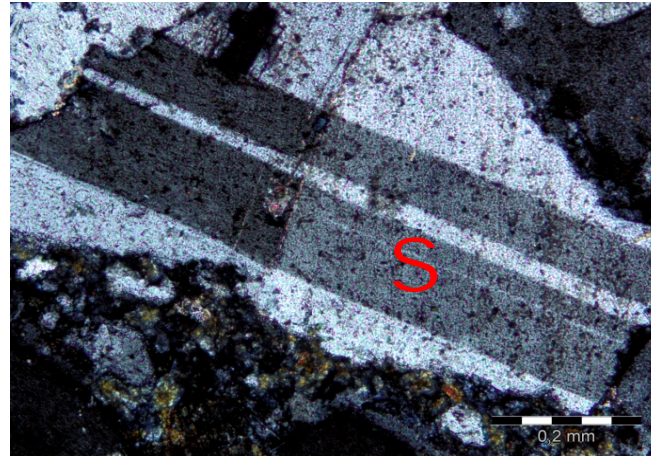
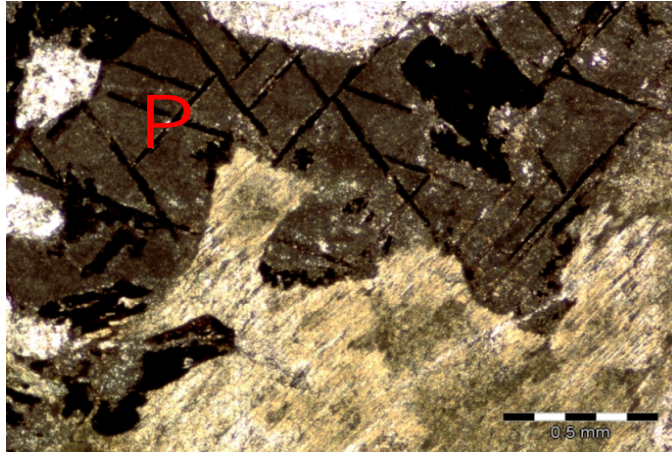


Cienki szlif – ziarna kruszywa polodowcowego polaryzatory skrzyżowane



# Wyniki oceny petrograficznej

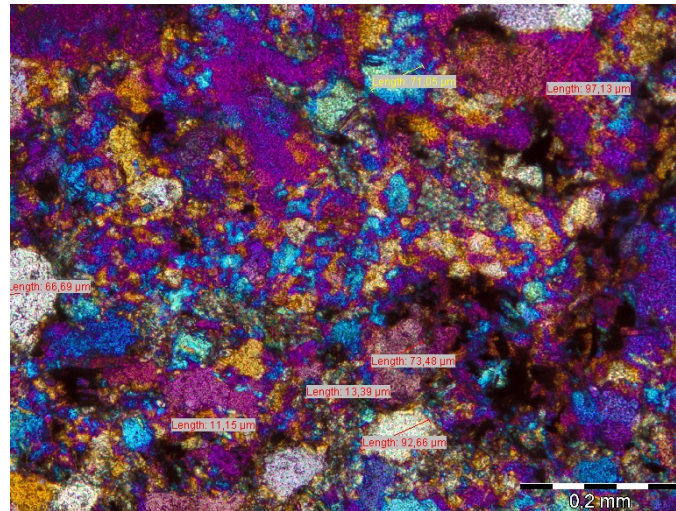
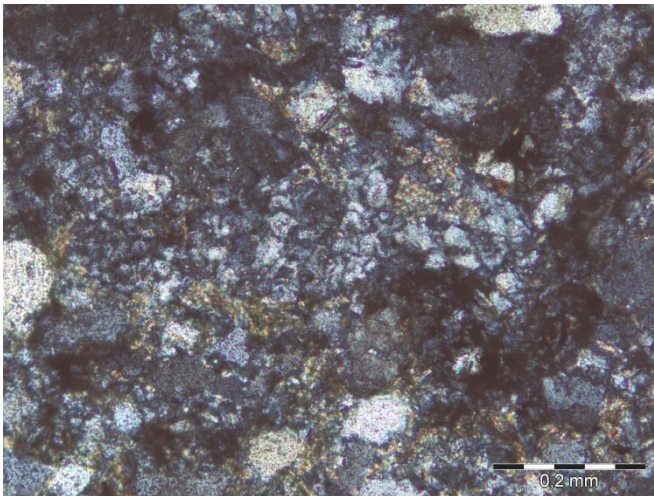
## Gabro



- Piroksen **P**
- Skaleń **S**  
(plagioklazy -  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ )

0,2 mm

## Szarogłaz Sz2



- Mikro-  
i kryptokrystaliczny  
kwarc

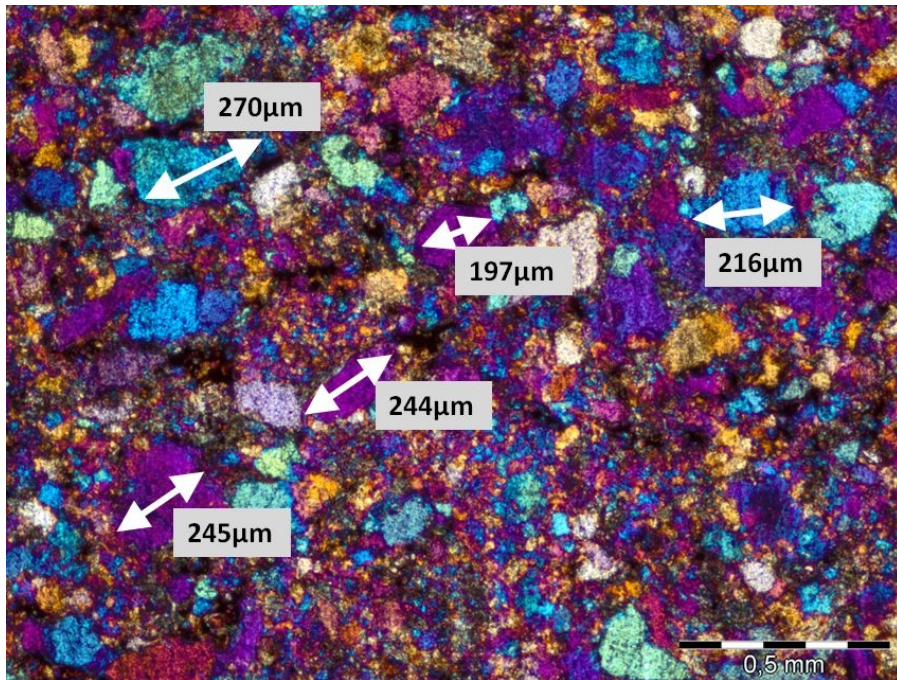
0,2 mm



# Wyniki oceny petrograficznej

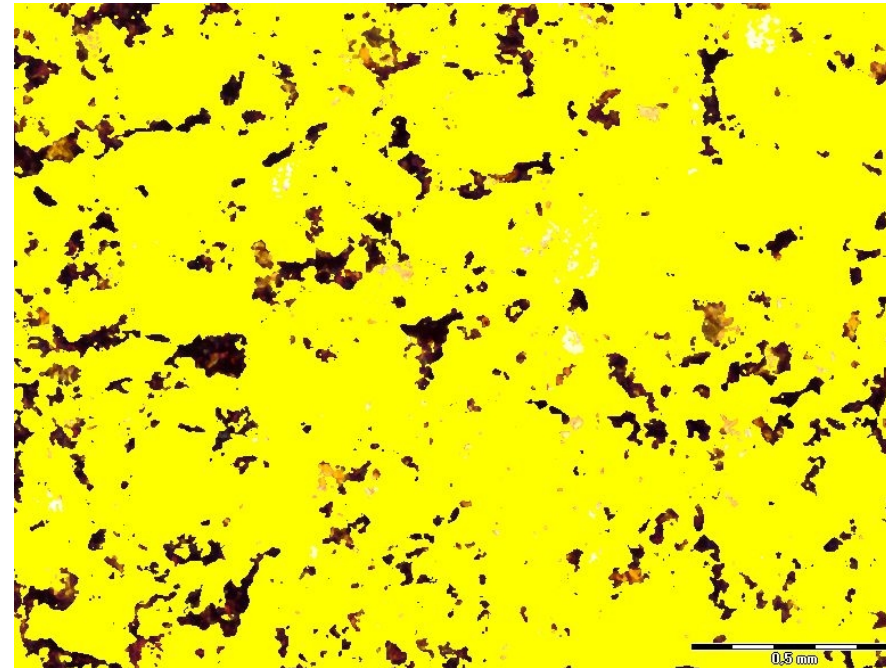
Ilościowa ocena zawartości reaktywnej krzemionki – szarogłaz

nieliczne ziarna  $\text{SiO}_2$   
powyżej  $200 \mu\text{m}$



skrzyżowane nikole, płytka gipsowa

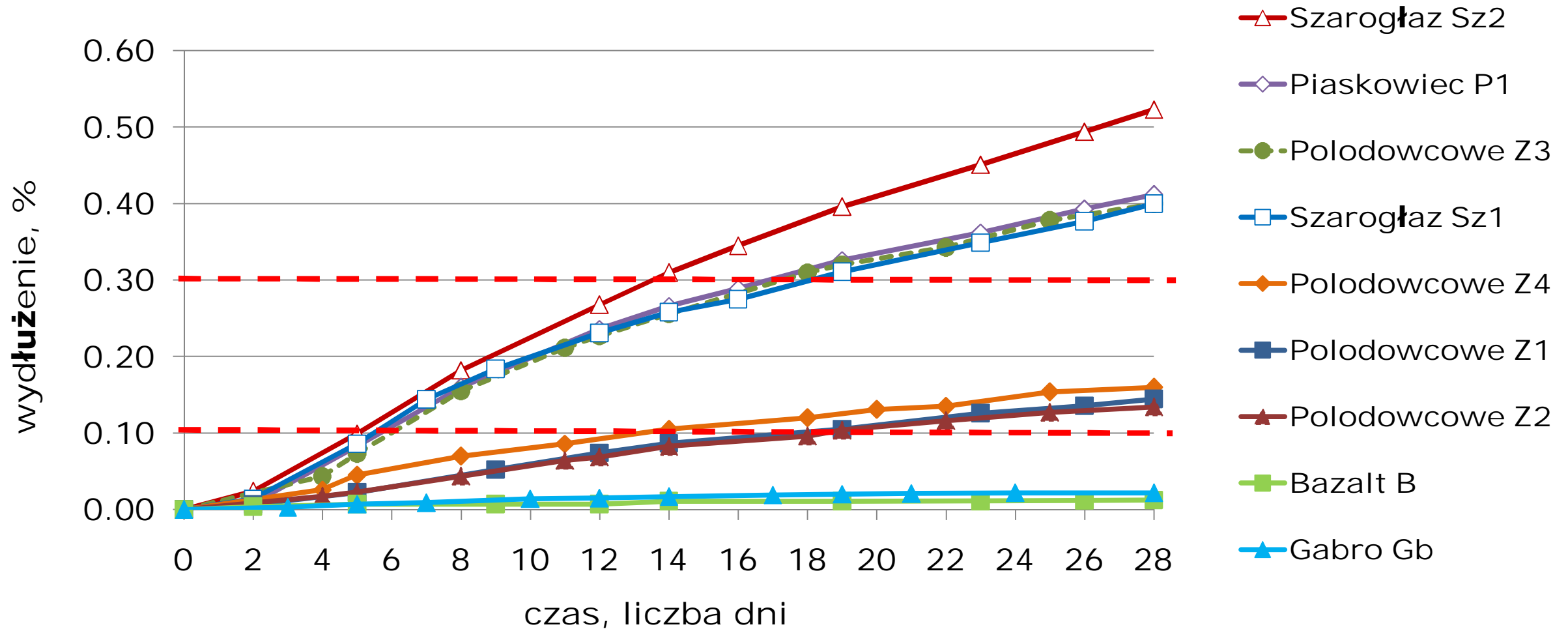
kryptokrystaliczny kwarc,  
ziarna  $< 10 \mu\text{m}$



oszacowana  
zawartość ziaren  
 $\text{SiO}_2 < 10 \mu\text{m}$   
ok.  $18 \div 27\%$

# Ekspansja próbek zapraw

Wydłużenie próbek zapraw z badanymi kruszywami w funkcji czasu ekspozycji na roztwór 1 N NaOH i temperaturę 80°C





# Rozdzielenie ziaren kruszywa polodowcowego

BIAŁE (30%)



głównie fragmenty skał wapiennych (wapień, dolomit), pojedyncze ziarna skał osadowych krzemionkowych (piaskowca)

CZERWONE (50%)



głównie skały pochodzenia wulkanicznego głębinowego (granitoidy)

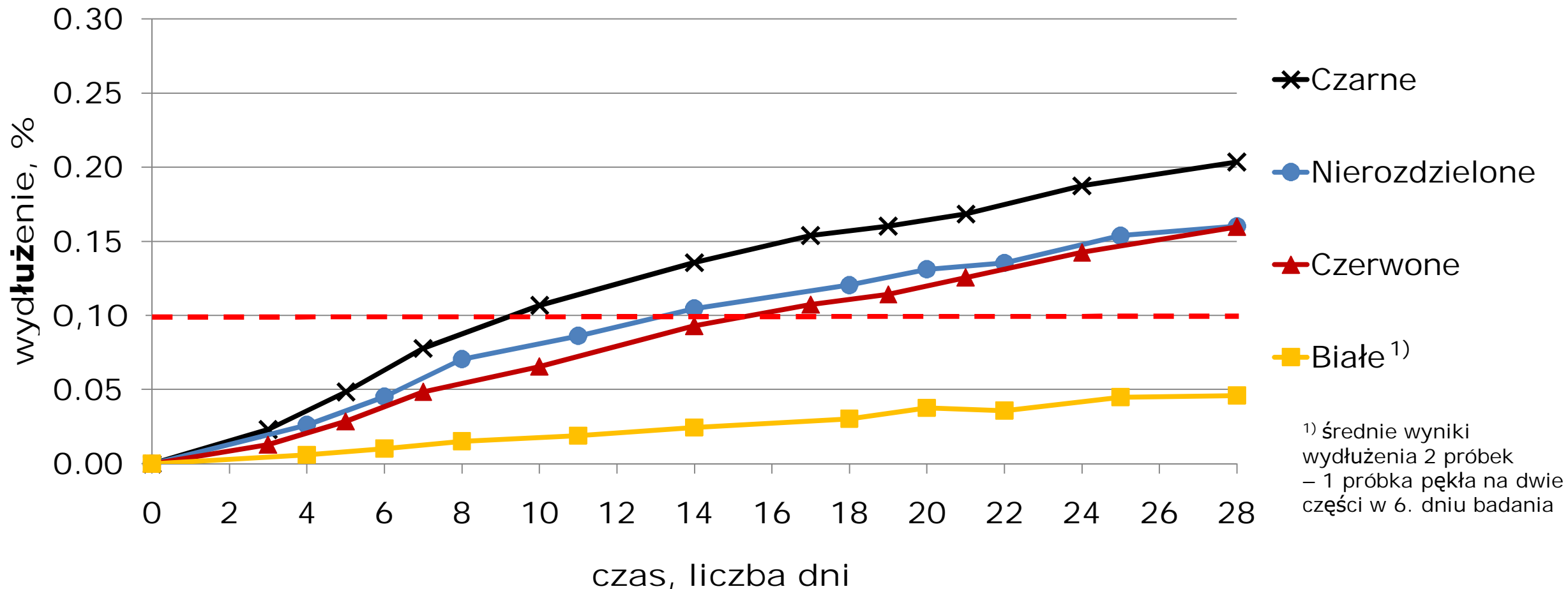
CZARNE (20%)



głównie skały pochodzenia wulkanicznego, głębinowe (granitoidy) i wylewne (bazałty, melafiry)

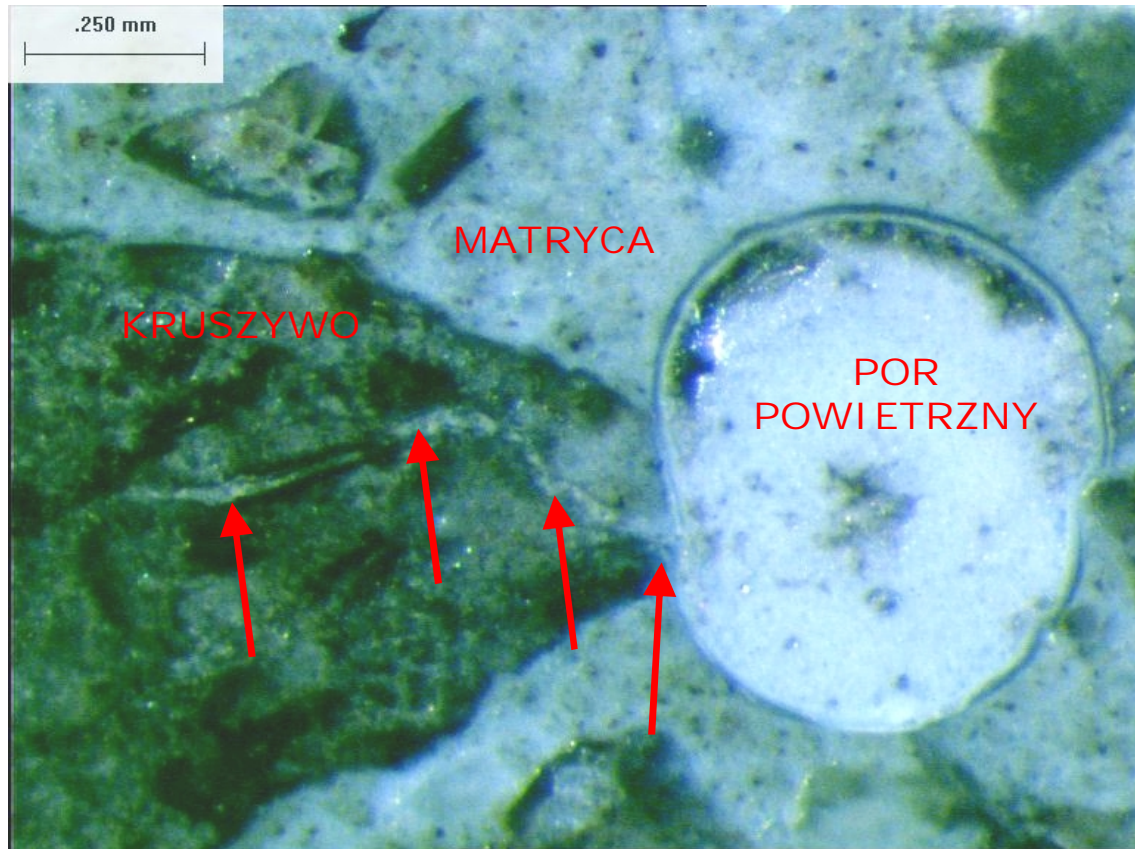
# Ekspansja próbek

Wydłużenie próbek zaprawy z kruszywem polodowcowym rozdzielonym na grupy w funkcji czasu ekspozycji na roztwór 1 N NaOH i temperaturę 80°C

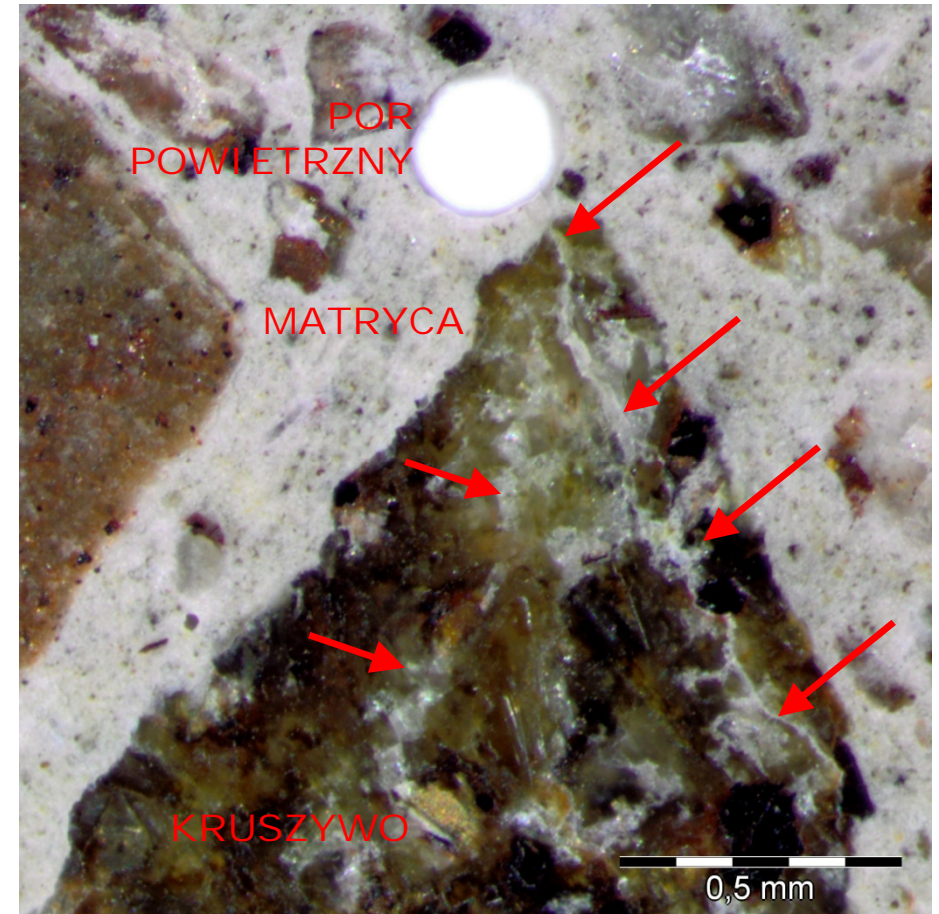




# Wyniki analizy mikrostruktury



Szarogłaz

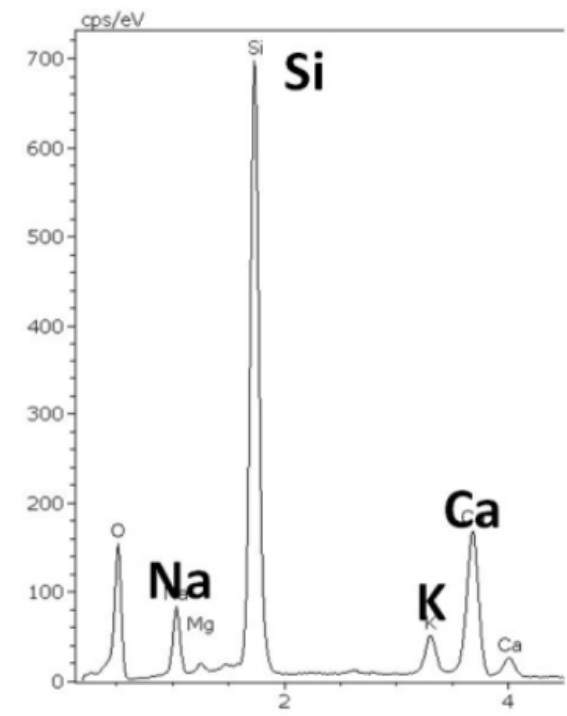
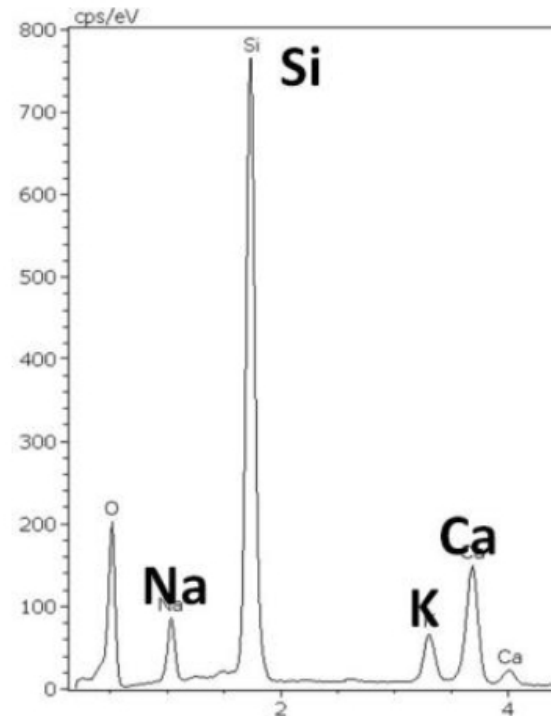
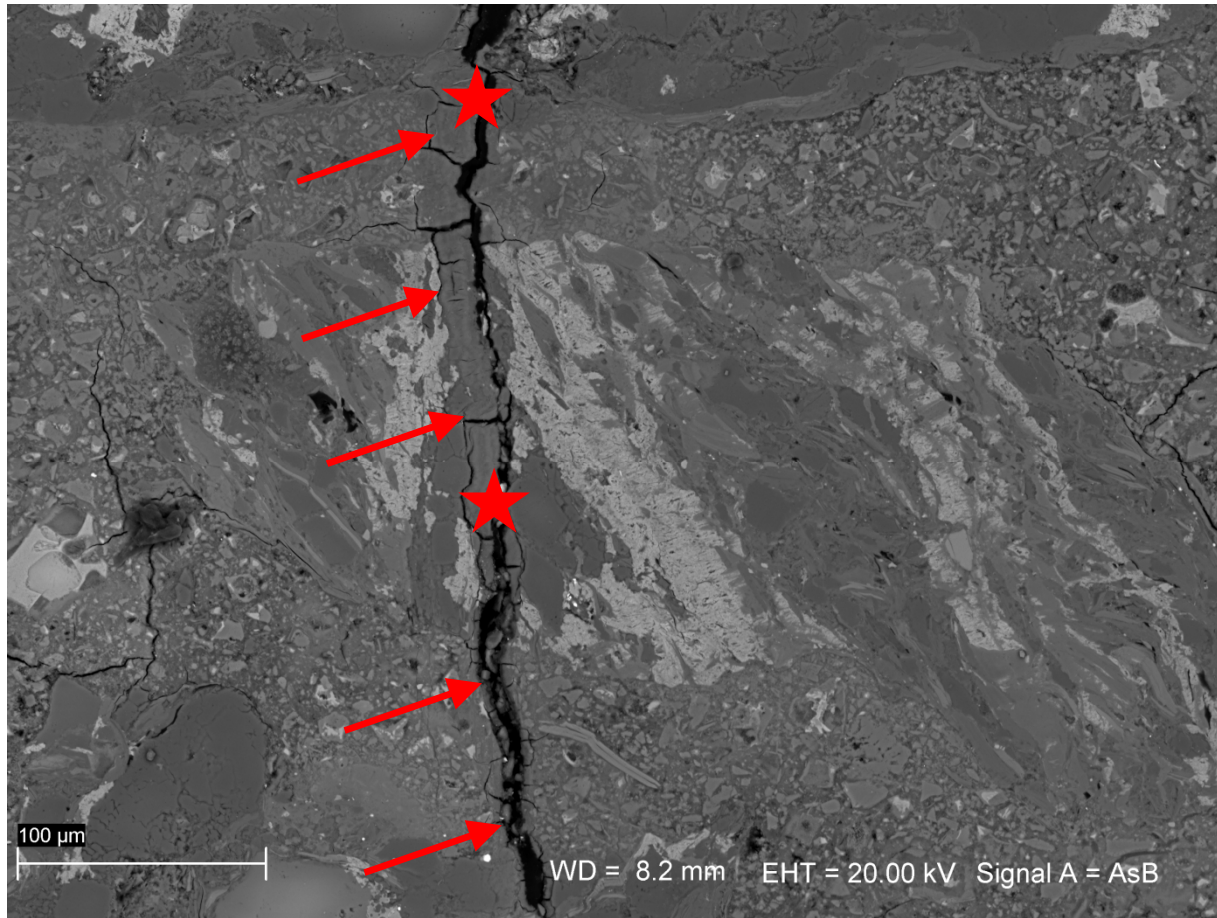


Melafir (ziarno kruszywa polodowcowego)

Żel ASR w spękanym ziarnach kruszywa

światło odbite

# Wyniki analizy mikrostruktury

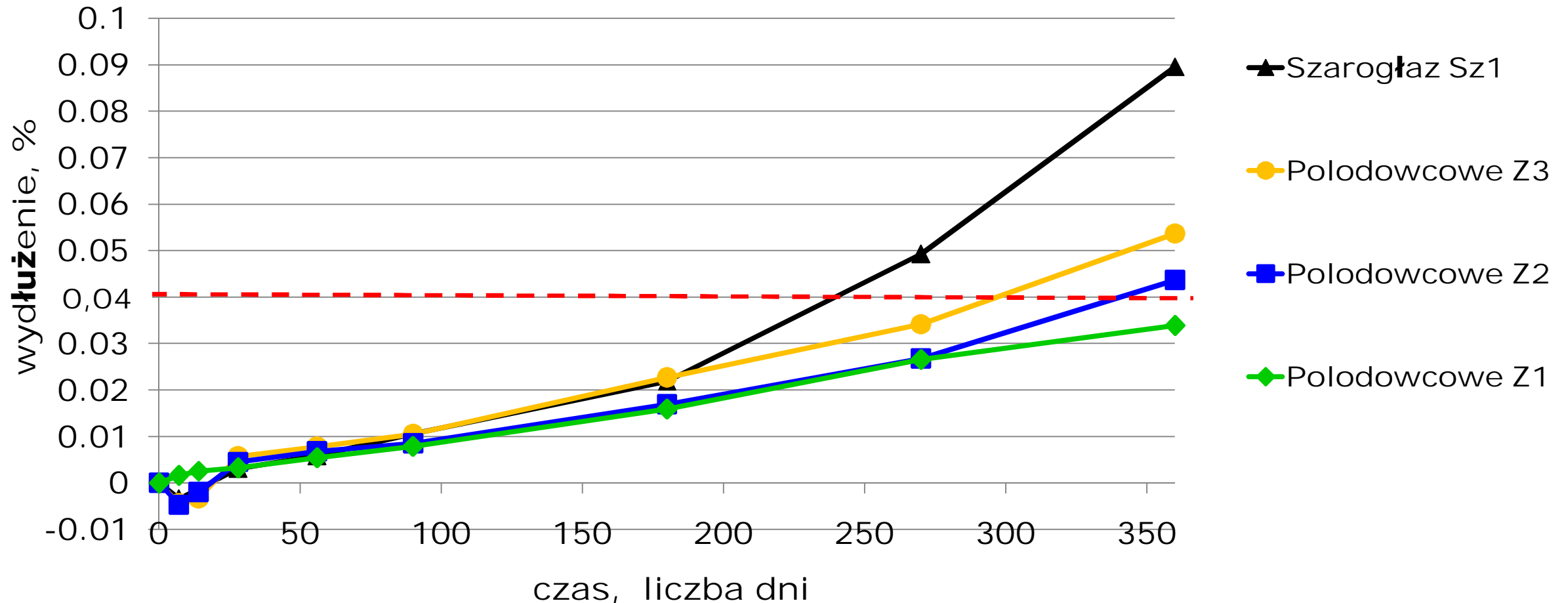


**Żel Si-Ca-Na-K w spękanym ziarnie szarogłazu Sz2 wraz z wynikiem analizy składu w oznaczonych obszarach**



# Ekspansja próbek betonu

Wydłużenie próbek betonu z badanymi kruszywami w funkcji czasu przechowywania w 38°C i wilgotności względnej  $\geq 95\%$



# Ocena reaktywności kruszyw

- Kategorie reaktywności kruszywa grubego według GDDKiA OST D-05.03.04

Kategoria reaktywności kruszywa	Opisowe określenie reaktywności	14-dniowa zmiana długości próbek [%]	365-dniowa zmiana długości próbek [%]
R0	niereaktywne	$\leq 0,10$	$\leq 0,04$
R1	umiarkowanie reaktywne	$> 0,10; \leq 0,30$	$> 0,04; \leq 0,12$
R2	silnie reaktywne	$> 0,30; \leq 0,45$	$> 0,12; \leq 0,24$
R3	bardzo silnie reaktywne	$> 0,45$	$> 0,24$

- W przypadku nawierzchni dróg na strategicznie ważnych odcinkach sieci transportowej (obiekty klasy S4) wymagane są kruszywa kategorii R0

# Wnioski

- Opracowany zestaw komplementarnych metod badawczych:
  - analiza petrograficzna,
  - ekspansja zapraw,
  - ekspansja betonu,
  - identyfikacja żelu,został wykorzystany do oceny reaktywności krajowych kruszyw.

- Analiza petrograficzna nie wykazała występowania składników reaktywnych w kruszywie bazaltowym i gabro.

W składzie mineralnym kruszyw łamanych ze złóż polodowcowych oraz szarogłazów i piaskowca występowała reaktywna odmiana krzemionki (chalcedon) oraz krypto- i mikrokrystaliczny kwarc.

# Wnioski c.d.

- Ekspansja próbek zaprawy i betonu potwierdziła niereaktywność kruszywa bazaltowego i gabra.

Pozostałe kruszywa wykazały umiarkowaną (kruszywo polodowcowe) i silną reaktywność (szarogłaz, piaskowiec).

- W próbkach wykazujących ekspansję powyżej 0,10% stwierdzono występowanie żelu krzemianu wapniowo-sodowo-potasowego o składzie charakterystycznym dla produktów reakcji alkalia-kruszywo.

Występowanie żelu zaobserwowano w spękanych ziarnach kruszywa, w matrycy cementowej oraz w porach powietrznych.



# Dziękuję za uwagę

mgr inż. Kinga Dzedzic

[kdzie@ippt.pan.pl](mailto:kdzie@ippt.pan.pl)

Opracowano w ramach projektu REAKTYWNOŚĆ ALKALICZNA KRAJOWYCH KRUSZYW

Akronim Projektu: OT1-1C/ICMB-IPPT

Numer umowy: DZP/RID-I-37/6/NCBR/2016

# Publikacje

- Józwiak-Niedźwiedzka D., Gibas K., Glinicki M.A., *Petrographic identification of reactive minerals in domestic aggregates and their classification according to RILEM and ASTM*, Roads and Bridges - Drogi i Mosty, ISSN: 1643-1618, Vol. 16, pp. 223-239, 2017; doi: 10.7409/rabdim.017.015
- Glinicki M.A., Józwiak-Niedźwiedzka D., Antolik A., Dziedzic K., Gibas K., Susceptibility of selected aggregates from sedimentary rocks to alkali-aggregate reaction, Roads and Bridges - Drogi i Mosty, Vol. 18, 1, 2019, 5-24; doi: 10.7409/rabdim.019.001
- Józwiak-Niedźwiedzka D., Antolik A., Dziedzic K., Glinicki M.A., Gibas K., Weryfikacja odporności wybranych kruszyw ze skał magmowych na reakcję z alkaliami, Roads and Bridges - Drogi i Mosty, Vol. 18, 1, 2019; doi: 10.7409/rabdim.019.005