

---

**PRACE**

**Instytutu Ceramiki  
i Materiałów Budowlanych**

---

***Scientific Works***  
of Institute of Ceramics  
and Building Materials

---

**Nr 30**  
(lipiec–wrzesień)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

**Rok X**

**Warszawa–Opole 2017**

---

KAROLINA GIBAS\*

DARIA JÓŹWIAK-NIEDŹWIEDZKA\*\*

MICHAŁ A. GLINICKI\*\*\*

## Petrograficzna identyfikacja kruszyw podatnych na wystąpienie reakcji alkalicznej w betonie

**Słowa kluczowe:** analiza petrograficzna, kruszywo, minerały reaktywne, reakcja alkaliczna kruszywa (AAR).

Przedstawiono wyniki analizy petrograficznej 20 kruszyw łamanych z różnych regionów Polski, przeprowadzonej na cienkich szlifach analizowanych pod mikroskopem w świetle przechodzącym. Próbki kruszyw grubych frakcji do 16 mm pochodziły ze skał litych oraz ze złóż polodowcowych z zakładów produkcji kruszyw, łamanych stosowanych do betonu. Ocenę składu mineralnego kruszyw, mającą na celu rozpoznanie składników szkodliwych, przeprowadzono z uwagi na zawartość reaktywnych minerałów krzemionkowych, m.in. opalu, krystobalitu, trydymitu, chalcedonu, wielkość kryształów (skryto- i mikrokrystaliczny kwarc) oraz kwarcu w stanie naprężeń. Zastosowanie metody petrograficznej na cienkich szlifach pozwoliło na wstępną kwalifikację do kategorii potencjalnie reaktywnej lub reaktywnej. Uzyskane wyniki badań stanowią wstępną informację o przydatności kruszyw jako składników betonu bądź o skierowaniu ich do dalszych szczegółowych badań lub ich odrzucenia.

### 1. Wprowadzenie

Aby zapewnić trwałość betonu w nawierzchniach i konstrukcjach inżynierskich, należy m.in. odpowiednio zminimalizować zagrożenie wystąpieniem szkodliwej reakcji alkalia–kruszywo. Zagadnienie ASR (*Alkali Silica Reaction*) jest przedmiotem studiów od kilku dekad na całym świecie, lecz nie zostało dostatecznie rozpoznane [1–2]. W wyniku reakcji między wodorotlenkami sodu i potasu

---

\* Mgr inż., Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa, kgibas@ippt.pan.pl

\*\* Dr hab. inż., Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa, djozwiak@ippt.pan.pl

\*\*\* Prof. dr hab. inż., Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa, mglinic@ippt.pan.pl

w cieczy porowej betonu i reaktywną krzemionką w ziarnach kruszyw w betonie tworzy się żel alkaliczny zdolny do pęcznienia. Związany z wchłanianiem wody wzrost objętości żelu może prowadzić do powstawania spękań betonu i obniżenia przydatności funkcjonalnej konstrukcji [3–4].

System krajowych norm PN, dotyczących rozpoznania kruszyw podatnych na ASR w betonie, jest przestarzały, nie odpowiada stanowi wiedzy i techniki światowej [5]. Badania przeprowadzone przez Owsiak [4] udowodniły, że krajowe kruszywa klasyfikowane dotąd jako „nieraktywne” – niektóre kruszywa granitowe i dolomitowe, po trzech latach wykazały oznaki szkodliwej reakcji alkalia–kruszywo. Aktualny stan wiedzy w zakresie postępowania przy selekcji kruszyw i innych składników betonu opisują dokumenty ASTM C1778-16 [6], RILEM 2016 [7] oraz wytyczne DAfStb 2013 [8]. Analiza petrograficzna kruszywa odgrywa tu rolę podstawowego narzędzia wstępnej kwalifikacji kruszyw do kategorii reaktywności alkalicznej. W zależności od kategorii reaktywności, wyniki analizy wspomagają podejmowanie decyzji o skierowaniu kruszyw do dalszych szczegółowych badań, do ich odrzucenia lub akceptacji jako składników betonu.

Celem pracy jest identyfikacja reaktywnych składników kruszyw mineralnych przeznaczonych do wykonania betonu. Badania stanowią część szerszego programu badawczo-rozwojowego RID I/37, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Główną Dyрекcją Dróg Krajowych i Autostrad. Zakres badań objął krajowe kruszywa grube, łamane ze skał litych i ze złóż polodowcowych. Do rozpoznania składników szkodliwych w składzie mineralnym kruszyw zastosowano metodę analizy petrograficznej na cienkich szlifach, zalecaną zgodnie z aktualnym stanem wiedzy i techniki w dokumentach normalizacyjnych [6–8].

## 2. Metody petrograficzne

Poniżej przedstawiono podstawowe zasady petrograficznej oceny składu mineralnego kruszyw na podstawie aktualnych norm.

### • PN-EN 932-3

W normie opisana jest procedura i terminologia uproszczonego opisu składu petrograficznego kruszyw stosowanych do betonu [9]. Przedstawiono w niej podstawową procedurę badania składu petrograficznego kruszyw do celów klasyfikacji ogólnej. Norma dotyczy tylko kruszyw naturalnych, piasku i żwiru oraz kruszyw łamanych i ich materiałów wyjściowych. Zastosowanie opisanej metody petrograficznej dostarcza podstawowych informacji o składnikach mineralnych i ich udziale w kruszywie, jednak metoda ta nie jest wystarczająca do oceny kruszyw mających specyficzne zastosowania. Zaleca się potwierdzenie występowania w kruszywie reaktywnych minerałów krzemionkowych wchodzą-

cych w reakcję z wodorotlenkami sodu i potasu przez przeprowadzenie dodatkowych badań laboratoryjnych.

#### • RILEM AAR-1

Komitet Techniczny RILEM TC219 opracował zalecenia [7] obejmujące zestawienie metod badań podatności kruszyw na reakcję alkaliczną, jak również metod zapobiegania tej szkodliwej reakcji. Procedura RILEM AAR-1, przedstawiona w odrębnym rozdziale zaleceń [10], obejmuje analizę petrograficzną jako pierwszy wstępny etap oceny reaktywności kruszyw. Ze względu na rodzaj i zawartość składników potencjalnie reaktywnych kruszywo zalicza się do jednej z trzech kategorii:

- kategoria I: kruszywo niereaktywne,
- kategoria II: kruszywo potencjalnie reaktywne,
- kategoria III: kruszywo reaktywne.

Na tej podstawie dobierany jest dalszy sposób postępowania oceniającego przydatność kruszywa do betonu. Dokładność wyników badań petrograficznych zależy w dużym stopniu od doświadczenia petrografa, co potwierdziły wyniki *round-robin test* [11] przeprowadzone w 13 europejskich laboratoriach, gdzie przebadano 22 rodzaje kruszyw, stosując procedurę RILEM AAR-1. Wykazano duże różnice w wynikach między poszczególnymi ośrodkami badawczymi, szczególnie w klasyfikowaniu reaktywności alkalicznej kruszyw. Zalecane jest wspomaganie rozpoznawania składników szkodliwych za pomocą m.in. analizy mikroskopowej na cienkich szlifach.

#### • ASTM C295

W strategii przeciwdziałania reakcji alkalia–kruszywo w betonie według ASTM C1778 [6] znajduje się metoda identyfikacji składników potencjalnie reaktywnych w kruszywie, przeprowadzana zgodnie z normą ASTM C295 [12]. Analizę petrograficzną wykonuje się na próbkach w postaci ziaren kruszyw lub próbkach wyciętych z odwiertu. Analiza pozwala wykryć obecność minerałów podatnych na reakcję ASR, takich jak opal, chalcedon, krystobalit, trydymit, kwarc w stanie naprężeń, krypto- oraz mikrokryształiczny kwarc, szkło wulkaniczne i syntetyczne szkło krzemowe; dokonać ilościowego oznaczenia składników reaktywnych; porównać kruszywa pochodzące z różnych źródeł. Wśród skał zawierających składniki reaktywne wymieniono: skały od skryto- do kryptokryształicznych, skały wulkaniczne, szarogłazy, gnejsy, łupki, kwarcyty, piaskowce, czerty. Ze względu na dokładność wyników, która zależy od umiejętności petrografa, zaleca się stosowanie uzupełniających metod analizy, takich jak dyfrakcja rentgenowska, różnicowa analiza termiczna, spektroskopia w podczerwieni, skaningowa mikroskopia elektronowa czy mikroanaliza rentgenowska.

### • DAfStb-2013

Wytyczne niemieckie „Działania zapobiegające szkodliwej reaktywności alkalicznej w betonie” [8] wprowadzają pojęcia związane z klasyfikacją kruszyw pod względem ich wrażliwości na alkalia:

- E I: kruszywa, dla których nie potrzeba środków zapobiegawczych,
- E II: kruszywa, dla których mogą okazać się potrzebne środki zapobiegawcze,
- E III: kruszywa, dla których konieczne są środki zapobiegawcze.

Wytyczne wprowadzają systematykę badania i klasyfikacji kruszyw, poprzez petrograficzne badania i geograficzne przyporządkowanie złóż. Wytyczne różnią dwie możliwości klasyfikacji kruszyw w klasach wrażliwości na reakcje alkaliczne. Klasyfikacja odbywa się: w drodze badania petrograficznego według DIN EN 932-3 i przyporządkowania geograficznego złóż bez dalszych badań lub z dalszymi badaniami. Wyróżniono obszar sedymentacji z epoki lodowcowej w północnej części Niemiec i przyjęto odrębny sposób postępowania i badania na tym obszarze, co odróżnia podejście niemieckie od przedstawionego w RILEM AAR-1 czy ASTM C295.

## 3. Badania doświadczalne

### 3.1. Materiały do badań

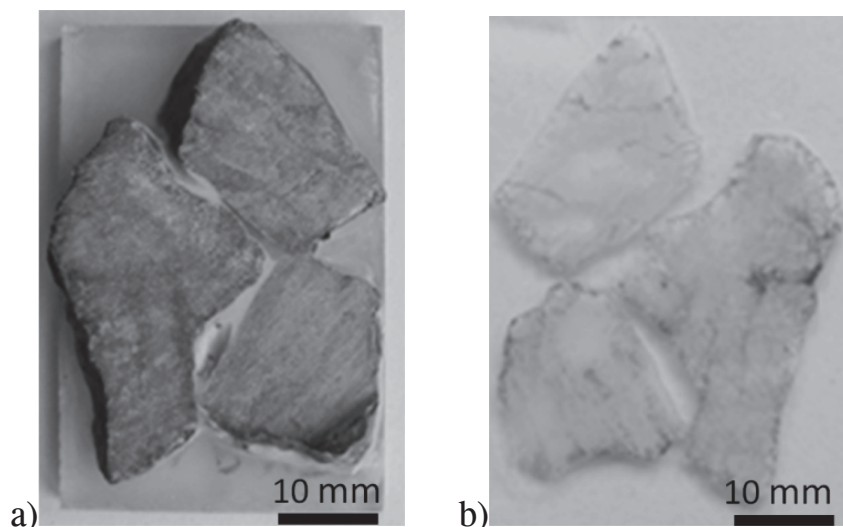
Lokalizacja źródeł kruszyw pobranych do badań została omówiona w pracy [13]. Spośród kruszyw grubych łamanych ze złóż polodowcowych pobranych z 27 zakładów produkcyjnych na terenie Polski wybrano wyłącznie kruszywa o takiej zawartości ziaren przekruszonych, aby spełniały wymagania kategorii C100/0 lub C95/1 według PN-EN 12620:2010 [14]. Kolejny etap selekcji kruszyw dokonano na podstawie ich uziarnienia, gęstości, kształtu, ścieralności, odporności na rozdrabnianie i mrozoodporności w taki sposób, aby badania reaktywności przeprowadzić wyłącznie na kruszywach spełniających wysokie wymagania odnośnie do właściwości fizycznych i mechanicznych [13], właściwe do zastosowań w odpowiedzialnych konstrukcjach drogowych.

Zakres badań objął 20 kruszyw łamanych z różnych regionów Polski. Obejmował:

- 10 rodzajów kruszywa łamanego frakcji od 4 do 16 mm ze złóż polodowcowych,
- 8 próbek wyciętych z otczaków ze złoza polodowcowego, reprezentujących surowiec wyjściowy, z którego poprzez proces kruszenia uzyskiwany jest grys,
- kruszywo łamane ze skały litej (grys) bazaltowe i kwarcytowe frakcji 11,2–16 mm.

### 3.2. Metoda badań

Przygotowanie próbek kruszyw do badań przeprowadzono zgodnie z normą ASTM C856-17 [15]. Wykonano preparaty mikroskopowe w postaci cienkich płytek o grubości  $20 \pm 2 \mu\text{m}$ , pozwalających na prowadzenie obserwacji w mikroskopie polaryzacyjnym w świetle przechodzącym. Sposób przygotowania cienkich szlifów, polegał na odpowiednim naklejeniu ziaren kruszyw na szkiełko podstawowe (ryc. 1) oraz impregnacji żywicą z barwnikiem fluorescencyjnym, szlifowaniu i polerowaniu do otrzymania założonej grubości preparatu.



Źródło: Ryc. 1–4 – opracowanie własne.

Ryc. 1. Schematyczne zdjęcie etapów przygotowań cienkiego szlifu:

- a) przecięte i zaimpregnowane ziarna kruszywa grubego przed polerowaniem;
- b) gotowy cienki szlif

Analiza kruszyw na cienkich szlifach została przeprowadzona przy pomocy mikroskopu stereoskopowego polaryzacyjnego Olympus BX 51 do obserwacji w świetle przechodzącym, również w świetle UV. Do cyfrowej analizy obrazów mikroskopowych zastosowano oprogramowanie analySIS AUTO z modułem do automatycznej detekcji cząstek i systemem zautomatyzowanego stolika współpracującym z mikroskopem badawczym.

W celu identyfikacji potencjalnie reaktywnych minerałów preparaty obserwowano w świetle przechodzącym:

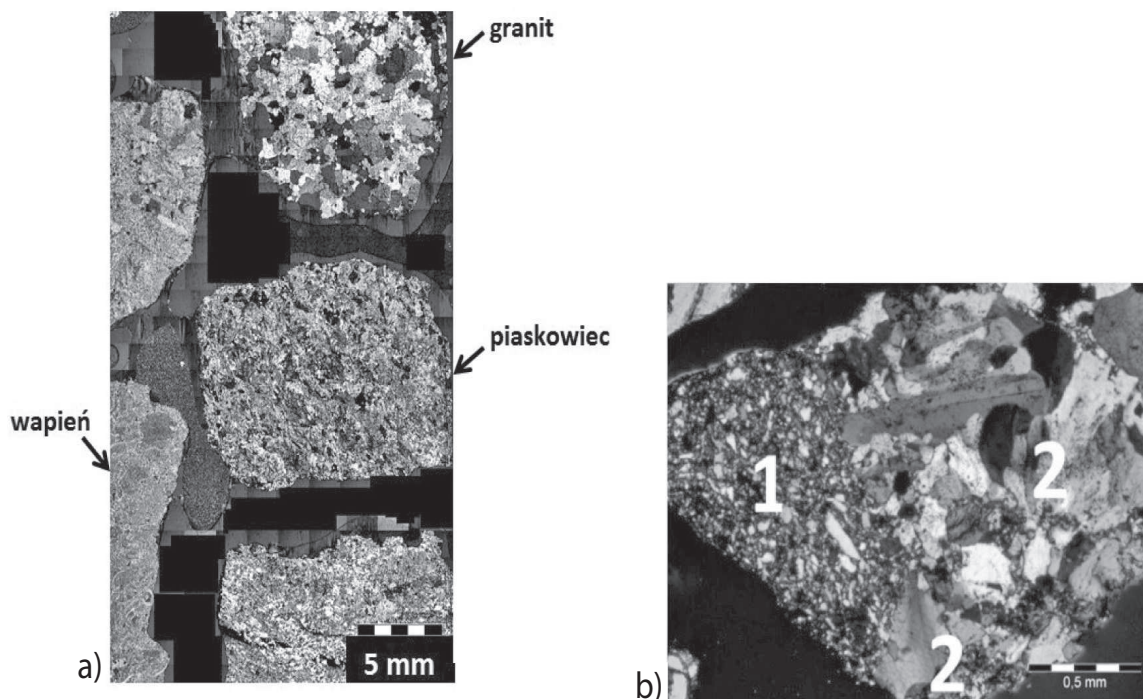
- przy równoległych nikolach,
- przy skrzyżowanych nikolach,
- przy skrzyżowanych nikolach z płytką gipsową.

Zasady prowadzenia analizy i interpretacji wyników odpowiadały zaleceniom ASTM C 295 i RILEM AAR-1.

## 4. Wyniki badań

### • Kruszywo łamane ze złoża polodowcowego frakcji 4–16 mm

Ziarna kruszyw łamanych ze złóż polodowcowych charakteryzowały się dużą różnorodnością składu mineralnego (ryc. 2 a).



Ryc. 2. Obrazy ziaren kruszyw łamanych ze złoża polodowcowego na cienkich szlifach:  
a) różnorodność skał – widoczne ziarna granitu, wapienia, piaskowca; skrzyżowane nikole,  
znacznik długości 5 mm; b) ziarno granitu – widoczny mikrokrystaliczny kwarc (1),  
obok większe kryształy kwarcu w stanie naprężeń (2); polaryzatory skrzyżowane,  
znacznik długości 0,5 mm

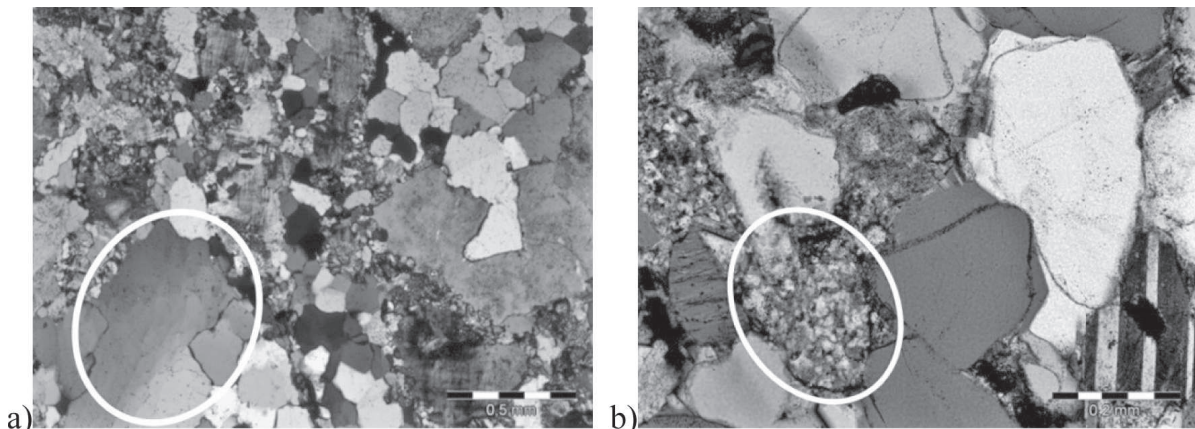
W składzie analizowanych kruszyw łamanych ze złoża polodowcowego widoczne były:

- ziarna wapienia zarówno sparytowe (jawnokrystaliczne), jak i mikrytowe (skrytokrystaliczne);
- ziarna granitu zawierające duże kryształy kwarcu ( $> 500 \mu\text{m}$ ), mikrokrystaliczny kwarc oraz kwarc w stanie naprężeń, przeobrażony biotyt (flogopit), skaień potasowy (ryc. 2 b);
- ziarna drobno- i średnioziarnistego piaskowca o spoiwie ilasto-krzemionkowym typu porowo-kontaktowego zawierające mikrokrystaliczny kwarc oraz kryształy kwarcu w stanie naprężeń;
- ziarna diorytu zawierające kryształy amfiboli (hornblendy zielonej), przeobrażonych plagioklazów i skałeni;
- fragmenty skały krzemionkowej mikrokrystalicznej – chalcedonu, z przewagą chalcedonu.

### • Próbki z dużych otoczków ze złoża polodowcowego

Wśród ośmiu próbek wyciętych z otoczków ze złoża polodowcowego, zidentyfikowano:

- 1) kruszywo granitowe z widocznymi przerostami skalenia potasowego z kwarcem (myrmekit), kwarc, przeobrażony plagioklaz (serycyt), biotyt, wtórny chloryt;
- 2) kruszywo granitowe 2, którego główne składniki stanowiły skalenie alkaliczne, kwarc, kwarc w stanie naprężeń, myrmekit i plagioklaz, a podrzędne biotyt, przeobrażony biotyt (flogopit), epidot, chloryt;
- 3) kruszywo granitowe 3, główne składniki: skalenie alkaliczne (liczne pertyty), mikroclin, kwarc, kwarc w stanie naprężeń (ryc. 3 a), skupiska kwarcu drobnokryształicznego, składniki podrzędne: plagioklaz, biotyt, epidot, chloryt;
- 4) kruszywo granodiorytowe, główne składniki: plagioklaz, amfibole (hornblenda zielona), podrzędne składniki: kwarc, kwarc w stanie naprężeń, kwarc drobnokryształiczny, biotyt, apatyt, cyrkon;
- 5) kwarcyt – skała regionalnie zmetamorfizowana, główne składniki: kryształy kwarcu, kwarc w stanie naprężeń, płaskie i wydłużone minerały biotytu o kierunkowym ułożeniu;
- 6) granitoid o dość wysokim stopniu przeobrażeń, duża ilość kwarcu w stanie naprężeń, kwarcu drobnokryształicznego wśród kryształów przeobrażonych skaleni potasowych i plagioklazów, wtórny chloryt, epidoty;
- 7) średnioziarnisty piaskowiec kwarcowy o spoiwie ilasto-krzemionkowo-żelazistym typu kontaktowo-porowego, składniki: kwarc, kwarc mikrokrystaliczny, skalenie potasowe, plagioklasy, kwarcyty, chalcedonit (ryc. 3 b), mikroclin;
- 8) skrytokryształiczną, przeobrażoną skałę o kwaśnym chemizmie i tle skalnym składającą się głównie z krzemionki (chalcedon) i chlorytów z kryształami tytanitu i kwarcu – prawdopodobnie relikty po wulkanicznej skale magmowej.



Ryc. 3. Obrazy analizowanych cienkich szlifów: a) kruszywo granitowe, zaznaczono kwarc w stanie naprężeń, pomiędzy większymi kryształami kwarcu znajdują się skupienia kwarcu drobnokryształicznego; polaryzatory skrzyżowane, znacznik długości 0,5 mm; b) piaskowiec kwarcowy, zaznaczono chalcedonit; polaryzatory skrzyżowane, znacznik długości 0,2 mm

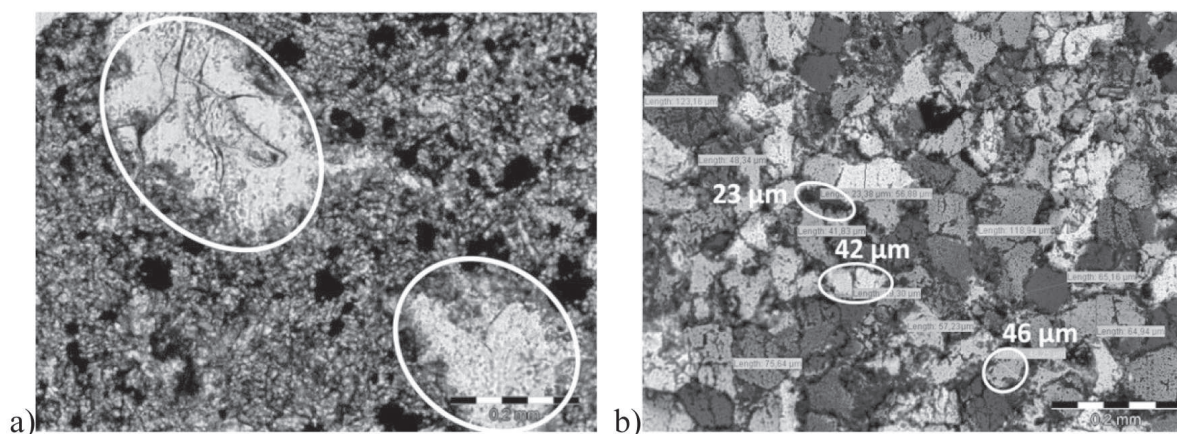


- **Grys bazaltowy frakcji 11,2–16 mm (ze skały litej)**

Obraz kruszywa przedstawia teksturę porfirową z widocznymi fenokryształami oliwinów oraz szklivem wulkanicznym (zasobnym w krzemionkę oraz związki alkaliczne) zaliczanym do składników kruszyw potencjalnie reaktywnych (ryc. 4 a).

- **Grys kwarcytowy frakcji 11,2–16 mm (ze skały litej)**

Poza kwarcem, na obrazach widoczne są nieliczne blaszki muskowitu, epidoty oraz minerały nieprzezroczyste. Zaobserwowano kryształy kwarcu o wymiarach do 60  $\mu\text{m}$  (ryc. 4 b), czyli tzw. kwarc mikrokrystaliczny.



Ryc. 4. Obrazy fragmentów ziaren kruszyw łamanych na cienkich szlifach: a) kruszywo bazaltowe – zaznaczono szklivo wulkaniczne; polaryzatory równoległe, znacznik długości 0,2 mm; b) kruszywo kwarcytowe – pokazano przykładowe ziarna kwarcu i ich wymiar przekroju; polaryzatory skrzyżowane, znacznik długości 0,2 mm

## 5. Dyskusja

Kwarc o zniekształconej strukturze krystalicznej podczas obserwacji na cienkim szlifie w mikroskopie w świetle przechodzącym spolaryzowanym wykazuje charakterystyczne faliste wygaszanie światła. We wszystkich analizowanych kruszywach łamanych, pochodzących ze złoża polodowcowego, zaobserwowano występowanie kwarcu w stanie naprężeń. Również obecność mikrokrystalicznego i drobnokrystalicznego kwarcu została potwierdzona we wszystkich analizowanych kruszywach łamanych z otoczków, a także w niektórych próbkach wyciętych z pojedynczych otoczków ze złoża polodowcowego.

Badania przeprowadzone przez Gogte [16] wykazały, że potencjalna alkaliczność niektórych skał o strukturze krystalicznej była związana z zawartością kwarcu oraz stopniem jego zdeformowania. Według Bucka [17] kruszywa, które zawierają ponad 20% kwarcu, a kąt falistego wygaszania wynosi powyżej  $15^\circ$  powinny być rozpatrywane jako potencjalnie reaktywne.

Kruszywa granitowe powszechnie uważane były za wolno reagujące lub nawet niereagujące z alkaliowymi cieciami porowej betonu. Jednak jak pokazały badania

Ramos i in. [18], w Portugalii uszkodzeniu uległo wiele konstrukcji betonowych z kruszywem granitowym w wyniku reakcji alkaliczno-krzemionkowej. W publikacji [19] analizowano 8 granitów, w których zawartość mikrokrystalicznego kwarcu wahała się od 0,1 do 21,7%: w trzech wynosiła powyżej 2%, czyli klasyfikowała kruszywa do kategorii II (potencjalnie reaktywne kruszywo) według RILEM. Jednak 4 kruszywa granitowe, które przyporządkowano do kategorii I (niereaktywne) w badaniach laboratoryjnych według RILEM AAR4.1 wykazały reaktywność. Dlatego też autorzy [19] sugerują, żeby nie tylko zawartość mikrokrystalicznego kwarcu, ale i kąt falistego wygaszania kwarcu był brany pod uwagę w petrograficznej ocenie potencjalnej reaktywności kruszyw.

Lu i in. [20] przeprowadzili badania mikrostruktury piaskowców i kwarcytów oraz zbadali ich potencjalną reaktywność w analizach laboratoryjnych. Wyniki wskazują, że w przyspieszonych testach nie doszacowano potencjału ekspansyjności tych kruszyw w zaprawach. W grysie kwarcytowym poza kwarcytem widoczne były nieliczne blaszki muskowitu oraz drobne kryształy kwarcu, sklasyfikowane jako mikrokrystaliczne. Natomiast zarówno kruszywa łamane ze złoża polodowcowego, jak i próbki z dużych otoczków zawierały piaskowce, z widocznym kwarcem mikrokrystalicznym, chalcedonitem oraz kwarcem w stanie naprężeń.

Korkanç i Tuğrul [21] analizowali 11 różnych kruszyw bazaltowych z uwagi na możliwość wystąpienia ASR. Bazalty, które scharakteryzowano jako skały magmowe kwaśne, okazały się podatne na reakcję alkaliczną badaną według ASTM C1260. Również Marfil i Maiza [22] wykazali, że skały wulkaniczne, w tym zawierające szkliwo, mogą powodować ekspansję w betonie w wyniku ASR.

Przeprowadzona analiza petrograficzna potwierdziła obecność szkliwa wulkanicznego w badanym grysie bazaltowym, dlatego też kruszywo zostało zakwalifikowane do II kategorii reaktywności alkalicznej.

## 6. Wnioski

Analizie mikroskopowej mającej na celu ocenę składu petrograficznego poddano łącznie 20 kruszyw. Ocenę składu mineralnego kruszyw odnośnie do rozpoznania składników szkodliwych przeprowadzono z uwagi na zawartość reaktywnych minerałów krzemionkowych. Badane kruszywa przyporządkowano do jednej z 3 kategorii reaktywności według klasyfikacji RILEM [10], z uwzględnieniem dominującego składnika kruszywa (kruszywo kwarcowe S – reakcja ASR, kruszywo węglanowe C – reakcja ACR, kruszywo kwarcowo-węglanowe SC – oba typy reakcji):

- kategoria I: kruszywo niereaktywne,
- kategoria II: kruszywo potencjalnie reaktywne,
- kategoria III: kruszywo reaktywne.

Dwa analizowane kruszywa: kwarcytowe oraz z przeobrażonej skały o kwaśnym chemizmie przypisano do kategorii III z uwagi na zawartość skryto- i mikrokryystalicznego kwarcu. Pozostałe kruszywa z uwagi na zawartość kwarcu w stanie naprężeń oraz mikrokryystalicznego kwarcu sklasyfikowano jako grupa II.

Wyniki badań stanowią podstawę do skierowania pobranych kruszyw krajowych do dalszych szczegółowych badań reaktywności alkalicznej przy użyciu metod polegających na badaniu wydłużenia próbek poddanych krótko- i długoterminowemu narażeniu na oddziaływanie alkaliów\*.

## Literatura

- [1] S w a m y R.N. (ed.), *The alkali-silica reaction in concrete*, Blackie, Glasgow-London 1992.
- [2] <https://www.rilem.net/groupe/258-aaa-avoiding-alkali-aggregate-reactions-in-concrete-performance-based-concept-321> (22.08.2017).
- [3] R a j a b i p o u r F., G i a n n i n i E., D u n a n t C., I d e k e r J.H., T h o m a s M.D.A., *Alkali-silica reaction: Current understanding of the reaction mechanisms and the knowledge gaps*, „Cement and Concrete Research” 2015, Vol. 76, s. 130-146.
- [4] O w s i a k Z., *Korozja wewnętrzna betonu*, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2015.
- [5] G ó r a l c z y k S., F i l i p c z y k M., *Aktualne badania reaktywności alkalicznej polskich kruszyw*, [w:] *Kruszywa mineralne*, t. 1, red. nauk. W. Glapa, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2017, s. 31-41.
- [6] ASTM C1778-16 – Standard Guide for Reducing the Risk of Deleterious Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.
- [7] N i x o n P.J., S i m s I. (eds.), *RILEM Recommendations for the Prevention of Damage by Alkali-Aggregate Reactions in New Concrete Structures, State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 219-ACS*, Springer Netherlands, b.m. 2016.
- [8] *DAfStb-Richtlinie Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)*, DAfStb, Berlin 2013, s. 1-43.
- [9] PN-EN 932-3:1999 – Badania podstawowych właściwości kruszyw – Procedura i terminologia uproszczonego opisu petrograficznego.
- [10] N i x o n P.J., S i m s I., *RILEM Recommended Test Method: AAR-1.1 – Detection of Potential Alkali-Reactivity – Part 1: Petrographic Examination Method*, [w:] P.J. N i x o n, I. S i m s (eds.), *RILEM Recommendations for the Prevention of Damage by Alkali-Aggregate Reactions in New Concrete Structures. RILEM State-of-the-Art Reports*, Springer Netherlands, b.m. 2016, s. 35-60.
- [11] W i g u m B.J., P e d e r s e n L.T., L i n g a r d J., *State-of-the art report: Key parameters influencing the alkali aggregate reaction, PARTNER Report 2.1*, SINTEF, Trondheim 2006, s. 1-134.
- [12] ASTM C295/C295M-12 – Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012.
- [13] N a z i e m i e c Z., P a b i ś - M a z g a j E., *Wstępna ocena reaktywności alkalicznej kruszyw łamanych ze złóż polodowcowych rejonu północnej Polski*, „Drogi i Mosty” 2017, nr 3, s. 203-222.

---

\* Artykuł przygotowano w ramach Projektu ASR-RID „Reaktywność alkaliczna krajowych kruszyw” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad w latach 2016-2019.

- [14] PN-EN 12620:2010 – Kruszywa do betonu.
- [15] ASTM C856-17 – Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.
- [16] G o g t e B.S., *An evaluation of some common Indian rocks with special reference to alkali-aggregate reactions*, „Engineering Geology” 1973, Vol. 7, Issue 2, s. 135–153.
- [17] B u c k A.D., *Alkali reactivity of strained quartz as a constituent of concrete aggregate*, „Cement, Concrete and Aggregates” 1983, Vol. 5, s. 131–133.
- [18] R a m o s V., F e r n a n d e s I., S i l v a A.S., S o a r e s D., F o u r n i e r B., L e a l S., N o r o n h a F., *Assessment of the potential reactivity of granitic rocks — Petrography and expansion tests*, „Cement and Concrete Research” 2016, Vol. 86, s. 63–77.
- [19] R a m o s V., F e r n a n d e s I., S i l v a A.S., S o a r e s D., N o r o n h a F., *Potential reactivity of granitic rocks, Petrographic characterization vs accelerated expansion tests*, „IBRACON Structures and Materials Journal” 2016, Vol. 9, No. 1, p. 66–74.
- [20] L u D., F o u r n i e r B., G r a t t a n - B e l l e w P.E., *Effect of aggregate particles size on determining alkali-silica reactivity by accelerated tests*, „Journal of ASTM International” 2006, Vol. 3, Issue 9, s. 1–11.
- [21] K o r k a n ç M., T u ğ r u l A., *Evaluation of selected basalts from the point of alkali-silica reactivity*, „Cement and Concrete Research” 2005, Vol. 35, s. 505–512.
- [22] M a r f i l S.A., M a i z a P.J., *Deteriorated pavements due to the alkali-silica reaction: A petrographic study of three cases in Argentina*, „Cement and Concrete Research” 2001, Vol. 31, No. 7, s. 1017–1021.

KAROLINA GIBAS  
DARIA JÓŹWIAK-NIEDŹWIEDZKA  
MICHAŁ A. GLINICKI

#### PETROGRAPHIC IDENTIFICATION OF AGGREGATES SUSCEPTIBLE TO ALKALI-SILICA REACTION

**Keywords:** petrographic analysis, reactive minerals, alkali-aggregate reaction (AAR).

The paper presents the results of the petrographic analysis of 20 aggregates from different regions of Poland, carried out on thin section analyzed under a microscope in transmitted light. Samples of coarse aggregate fractions up to 16 mm came from the production of crushed aggregates from solid rocks and glacial deposits. Evaluation of the mineral composition of the aggregate regarding to recognition of the harmful component was made due to content of reactive silica minerals: including opal, cristobalite, tridymite, chalcedony, or size of quartz crystals: crypto- or microcrystalline quartz and quartz in stress state. Application of petrographic identification of thin sections allowed for preliminary qualification of aggregate to potentially reactive or reactive category. The results support the decision about suitability of aggregate as components of the concrete or refer them for further detailed research or reject them.