



PKZLAB SC

**WYNIKI BADAŃ PRÓBEK ZAPRAW I CEGIEŁ
POBRANYCH Z MURÓW ZAMKU
W SZCZECINIE**

Badania wykonały:

mgr Dorota Sobkowiak

mgr Elżbieta Orłowska

Toruń 2019

1. Miejsca pobrania próbek

Do badań otrzymano następujące próbki:

Próbka 1: zaprawa, otwór 11, głębokość 11,8 m

Próbka 2: zaprawa i cegła z otworu 14, głębokość 11,3 m

Próbka 3: cegła, otwór 11. głębokość 11,6 m

2. Metodyka badań

Analizę zapraw wykonano metodą wytrawiania w roztworze kwasu solnego. Po zakończeniu reakcji oddzielono i ilościowo oznaczono część nierozpuszczalną w kwasie oraz określono masę frakcji przechodzącej przez sito o boku oczka 0,1 mm. Wypełniacz zapraw poddano badaniom w świetle odbitym mikroskopu stereoskopowego.

Dla fragmentów cegły określono nasiąkliwość w wodzie.

3. Wyniki badań

3.1. Badania składu zapraw

3.1.1. Badania chemiczne

Opis makroskopowy zapraw, przebieg reakcji z HCl, stan materiału po zakończeniu reakcji przedstawia tabela 1, przybliżony, masowy skład zapraw podano w tabeli 2.

Tabela 1. Opis makroskopowy zapraw

numer próbki	opis makroskopowy	reakcja z 2M HCl		nasiąkliwość w wodzie w %
		intensywność	stan zaprawy	
1	zaprawa barwy szarej, niezbyt mocna	bardzo intensywna z wydzieleniem CO ₂	częściowo zachowuje kształt	10,7
2	zaprawa barwy szarej, mocna	bardzo intensywna z wydzieleniem CO ₂	częściowo zachowuje kształt	8,2

Tabela 2. Analiza składu masowego zapraw

nr próbki	spoiwo	% ilość części nie-rozpuszczalnych w HCl			% ilość węglanów	stosunek spoiwa do wypełniacza	główny składnik wypełniacza	inne składniki
		razem	w tym					
			frakcja pelitowa	kruszywo kwarcowe				
1	wapienne	62,0	9,0	53,0	38,0	1:1,5	kwarc o bardzo zróżnicowanej wielkości ziaren, średnio obtoczony	skalenie, niezidentyfikowane minerały ciemne, muskowit, materiały ilaste
2	wapienne	71,5	6,5	65,0	28,5	1:2	kwarc o bardzo zróżnicowanej wielkości ziaren, średnio obtoczony	skalenie, niezidentyfikowane minerały ciemne, muskowit, materiały ilaste

Obie próbki zaprawy wykonano na spoiwie wapiennym z nieodsiewanym piaskiem rzecznym (kwarc wraz z minerałami – produktami wietrzenia skał głębinowych). Kruszywo obu zapraw jest bardzo podobne, wielkość ziaren kwarcu dochodzi do 3-4 mm. Spoiwo zapraw wykazuje słaby efekt hydrauliczny (potwierdzony w badaniach petrograficznych!) powstały zapewne wskutek wypału wapna ze skał węglanowych zawierających akcesoryczne składniki krzemianowe (tzw. aktywna krzemionka). Zaprawy różnią się proporcją spoiwa do kruszywa: próbka 1 jest obfitsza w spoiwo (masowa proporcja spoiwa do wypełniacza wynosi około 1:1,5), cechuje ją wyższa nasiąkliwość w wodzie (10,7%). Próbka 2 zawiera nieco mniej spoiwa, stosunek s:k wynosi masowo 1:2, zaś wodochłonność 8,2%.

3.1.2. Badania petrograficzne

Badaniom poddano próbkę zaprawy nr 1.

Badania przeprowadzono na płytkach cienkich o grubości 30-35 µm. Badano je w mikroskopie polaryzacyjnym Zeiss Axiolab z aparatem cyfrowym Canon G-2. Stosunki objętościowe oszacowano metodą punktową za pomocą programu JMicroVision v 1.2.7.

Próbka 1 - Zamek, Szczecin, otwór 11, głęb. 11.8 m	2. Rodzaj skały: zaprawa	
3. Barwa próbki: jasnoszara	4. Zwięzłość próbki: zwięzła	5. Reakcja z HCl: burzliwa
6. Szkielet ziarnowy <u>6a. Typ szkieletu ziarnowego:</u> rozproszony		
<u>6b. Skład mineralny:</u> kwarc, skalenie, fragmenty skał, amfibol, minerały nieprzezroczyste. Kwarc – występuje licznie, stanowi główny składnik szkieletu ziarnowego. Wykształcony jest jako detrytyczne ziarna, głównie w postaci monokryształów, zrosty polikrystaliczne również występują, jednak rzadko. Wielkość ziaren kwarcu zazwyczaj nie przekracza około 1,0 mm, przy znacznym udziale osobników drobnych, o rozmiarach do około 0,5-0,6 mm. Forma ziaren najczęściej zbliżona jest do kształtów izometrycznych, rzadziej występują ziarna wydłużone. Stopień wyoblenia		

średni i dobry, spotyka się rzadkie osobniki półostrokrawędziste i przede wszystkim półobtoczone, czy obtoczone. Przy jednym polaryzatorze ziarna kwarcu są bezbarwne i niepleochroiczne, nie posiadają łupliwości i wykazują niski relief. Przy skrzyżowanych nikolach ziarna kwarcowe wykazują słabą dwójłomność, co w obrazie mikroskopowym daje niskie, szare barwy interferencyjne I rzędu. Z reguły ziarna kwarcu są czyste, nie zawierają wrostków innych minerałów. Niektóre jedynie zamykają w swym wnętrzu liczne banieczki inkluzji ciekło-gazowych o submikroskopowych rozmiarach, które w większych nagromadzeniach powodują silne zmętnienie ziaren.

Skalenie – występują podrzędnie, stanowią składnik uzupełniający. Obecne w składzie szkieletu są odmiany skalenia alkalicznych, reprezentowane przez ziarna pertytów, oraz skalenie sodowo-wapniowe (plagioklasy). Ziarna skalenia mają podobne rozmiary co ziarna kwarcu, rzadko osiągają do około 1,0 mm, zazwyczaj nieco mniejsze, poniżej 0,5-0,6 mm. Tworzą ziarna izometryczne do lekko wydłużonych, podrzędnie wydłużonych, podobnie jak główny składnik szkieletu – kwarc, charakteryzują się dość dobrym stopniem wyoblenia. Skalenie przy jednym nikolu są bardzo podobne do ziaren kwarcu, bezbarwne i niepleochroiczne, posiadają niski, zbliżony do kwarcu relief. Sporadycznie w niektórych ziarnach dostrzec można słabo zarysowaną łupliwość. Przy skrzyżowanych nikolach wykazują niskie i średnie, szare i słomkowe barwy interferencyjne I rzędu. Obecne w składzie ziarna plagioklasów są zbliżniaczone polisyntetycznie obecny jest jeden system równolegle ułożonych lamelek bliźniaczych. Pertyty natomiast nie posiadają zbliźniaczeń, są niejednorodne, składają się z przerostów odmieszanego w postaci żyłek skalenia sodowego w skaleniu potasowym. Ziarna skalenia są czyste, pozbawione wrostków, rzadziej wykazują przemiany wtórne, manifestujące się obecnymi w ich wnętrzach licznymi, submikroskopowymi wrostkami minerałów wtórnych.

Fragmenty skał – występują podrzędnie, reprezentowane są przez skały magmowe głębinowe i skały osadowe - wapienie. Odmiany głębinowe zbudowane są z kwarcu, skalenia oraz pobocznych kryształów mik. Ziarna te zwykle występują w formie osobników izometrycznych lub lekko wydłużonych, są półobtoczone lub obtoczone. Mają skład zbliżony do granitu. Maksymalnie osiągają wielkość do około 2,0 mm. Tka duże są nieliczne, zazwyczaj podobnie jak kwarc nie przekraczają rozmiarów 1,0 mm.

Amfibol – ma charakter składnika akcesorycznego. Mineral ten wykształcony jest jako krótkie słupki, półostrokrawędziste, wielkości nie przekraczającej 0,2 mm. Wykazują one dodatni relief, posiadają dobrą łupliwość, są barwne i pleochroiczne od jasnozielonego do ciemnozielonego. Przy skrzyżowanych nikolach wykazują II rzędu barwy interferencyjne.

Minerały nieprzezroczyste – występują rzadko, jako składnik akcesoryczny. Ich wielkość nie przekracza 0,2-0,3 mm. Są one zabarwione na czarno, całkowicie nieprzezroczyste, nie prześwitują i nie wykazują oznak wietrzenia. Część jest wyobloną i reprezentuje składnik mineralny, część jest ostrokrawędzista, te prawdopodobnie związana genetycznie z spoiwem.

6c. Wielkość ziaren szkieletu ziarnowego:

Nieliczne ziarna osiągają do 2,0 mm, większość to osobniki o wielkości poniżej około 1,0 mm.

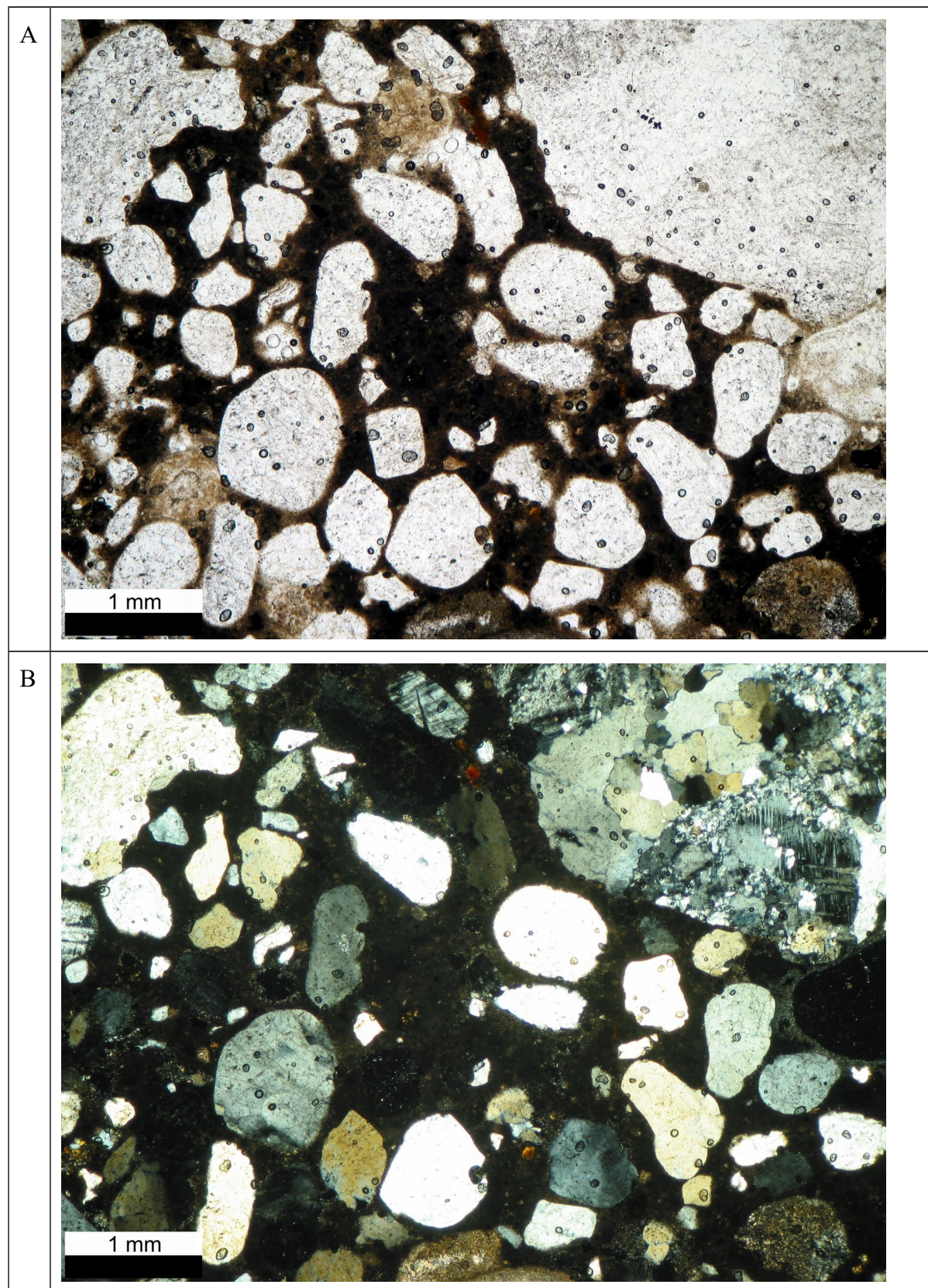
6d. Morfologia ziarn:

Ziarna są izometryczne, lekko wydłużone, rzadko wydłużone. Wyoblenie ziaren średnie lub dobre, ziarna są półostrokrawędziste do głównie półobtoczonych, obtoczonych.

7. Spoiwo – mikrokrystaliczne, składa się z submikroskopowych kryształków tworzących szaro-brunatną i słabo przezroczystą masę, wykazującą te cechy przy jednym nikolu. Przy skrzyżowanych nikolach masa spajającą wykazuje barwy interferencyjne od barw wysokich rzędów po barwy odpowiadające słabej dwójłomności, I rzędu. Składa się z wzajemnie poprzerastanej masy mikrokrystalicznych węglanów wapnia oraz mikrokrystalicznych krzemianów. W masie spajającej często widoczne są niewielkie, o rozmiarach do 0,1 mm zrosty drobnych bezbarwnych lub żółtawych kryształków, reprezentujących krzemiany wapnia, otoczonych brunatnym i ksenomorficznym glinożelazianem czterowapniowym. Wspólnie razem tworzą zrosty faz hydraulicznych.

8. Stosunki procentowe (objętościowe) w próbce:

Kwarc	Skalenie	Fr. skał	Tłó	Inne
~44,5%	~4,0%	~9,0%	~41,5%	~1,0%



Obraz mikroskopowy próbki 1, obserwowany przy jednym polaryzatorze (A) i dwóch, skrzyżowanych polaryzatorach (B).

3.2. Badania cegieł

3.2.1. Badania nasiąkliwości cegieł

Dla prób 2 i 3 wykonano określenie nasiąkliwości cegieł, wynik podano w tabeli 3

Tabela 3. Nasiąkliwość w wodzie cegieł

numer próbki	miejsce pobrania	cechy	nasiąkliwość w wodzie w %
2	otwór 14, głęb. 11,3 m	brunatna, ścisła	2,8
3	otwór 11, głęb. 11,6 m	pomarańczowa, porowata	14.6*

* część próbek rozpada się w wodzie

Z zestawienia wynika, że cegły charakteryzują się zróżnicowanymi właściwościami: cegła 2 jest dobrze wypalona, ścisła, mocna, o bardzo niskiej wodochłonności. Cegła 3 to materiał porowaty, słaby, nasiąkliwy, w wodzie ulega rozpadowi.

3.2.2. Badania petrograficzne

Badania wykonano dla próbki nr 3.

Próbka 3 - Zamek, Szczecin, otwór 11, głęb. 11.6	2. Rodzaj skały: cegła	
3. Barwa próbki: pomarańczowo-czerwona	4. Zwięzłość próbki: zwięzła	5. Reakcja z HCl: brak
6. Szkielet ziarnowy <u>6a. Typ szkieletu ziarnowego:</u> rozproszony		
<u>6b. Skład mineralny:</u> kwarc, skalenie, glaukonit, fragmenty skał, oksyhornblenda, muskowit, biotyt, minerały nieprzezroczyste. <i>Kwarc</i> – ma charakter detrytycznych ziaren, stanowi podstawowy składnik szkieletu ziarnowego. Wykształcony jest w postaci ziaren monokrystalicznych, zrosty polikrystaliczne obecne, choć ograniczają się do niewielkiej liczby ziaren i tych o największych rozmiarach. Osobniki duże osiągają rozmiary maksymalnie do około 0,5 mm, są one bardzo nieliczne. Główna część kwarcu to osobniki drobne, wielkości poniżej 0,1-0,2 mm. W składzie szkieletu spotyka się zarówno ziarna wydłużone, lekko wydłużone jak i ziarna izometryczne. Wyoblenie ziaren zróżnicowane, formy ostrokrawędziste i półostrokrawędziste charakteryzują ziarna drobne, natomiast ziarna największe wykazują lepsze wyoblenie, są półobtoczone do półostrokrawędzistych. Przy jednym nikolu ziarna kwarcowe są bezbarwne i niepleochroiczne, wykazują niski relief, nie posiadają łupliwości. Przy skrzyżowanych nikolach obserwuje się niskie lub średnie, szare i słomowe barwy interferencyjne I rzędu. <i>Skalenie</i> – ziarna skalenia występują znacznie rzadziej co kwarc, stanowiąc składnik podrzędny. Mają podobną wielkość i morfologię, maksymalnie osiągają do około 0,5 mm, te są rzadkie, dominują ziarna mniejsze, o rozmiarach poniżej 0,2 mm. Skalenie tworzą ziarna izometryczne lub lekko wydłużone, są średnio i słabo wyoblone. Przy jednym nikolu upodabniają się do ziaren kwarcu, są bezbarwne i niepleochroiczne, bardzo rzadko wykazują widoczną łupliwość, obserwowaną w największych osobnikach. Przy skrzyżowanych nikolach wykazują niskie i średnie, I rzędu barwy interferencyjne. Niewielka część ziaren posiada jeden system zbliźniczenia polisyntetycznego, składającego się z szeregu równoległe ułożonych lametek bliźniaczych, o równiej grubości, kontynuujących się poprzez całe ziarno. Są to ziarna plagioklazów. W składzie szkieletu obecne są		

przede wszystkim ziarna o dwóch krzyżujących się systemach bliźniaków polisyntetycznych, będących kryształami skalenia alkalicznego – mikroklinu. Tu lamelki wyklinowują się, nie kontynuują do granic kryształu. Część skaleń to przerosty pertytowe, zbudowane z żyłkowych form z odmieszania skalenia sodowego w skaleniu potasowym. Skalenie są dość dobrze zachowane, rzadko zawierają większe ilości submikroskopowych minerałów wtórnych. Obok takich ziaren, stosunkowo rzadko spotyka się osobniki silnie zwiertzałe, poprzerastane drobnoblaszkowymi minerałami wtórnymi.

Glaukonit – w składzie szkieletu bardzo rzadko spotyka się owalnego kształtu i wielkości do 0,2-0,3 mm skupienia, zbudowane z mikrołuseczek, o czerwono-krwistej barwie, przypuszczalnie terminie przeobrażonego glaukonitu.

Fragmenty skał – podobnie rzadkie jak największe ziarna kwarcu czy skaleń. Reprezentowane są przez fragmenty kwaśnych skał głębinowych - granitoidów. Składają się one z zrostów kwarcu, skaleń oraz tkwiących między nimi mik. Wielkość ziaren skał nie przekracza 0,5 mm, są one izometryczne lub lekko wydłużone, średnio a niekiedy wręcz słabo obtoczone.

Oksyhornblenda – ma charakter akcesoryczny. Mineral ten wykształcony jest w postaci słupków, zwykle nie wykazujących większego stopnia wyoblenia. Wielkość ich nie przekracza 0,4 mm. Posiadają one dodatni relief, są barwne i silnie pleochroiczne, od barwy żółto-brunatnej przez czerwono-brunatną do brunatnej, brunatno-zielonej. Przy skrzyżowanych nikolach obserwuje się barwy interferencyjne III rzędu.

Muskowit – ma charakter akcesoryczny, jest równomiernie rozmieszczony pomiędzy ziarnami dominującego w składzie szkieletu kwarcu. Wykształcony jako drobne blaszki, mające wielkość do około 0,2 mm, rzadko osiągające do 0,5 mm. Są one bezbarwne i niepleochroiczne, o dodatnim reliefie, posiadają jeden system doskonałej łupliwości. Przy skrzyżowanych nikolach wykazują barwy interferencyjne II rzędu.

Biotyt – sporadycznie w składzie szkieletu obserwuje się pojedyncze, wydłużone kryształy, lokujące się pomiędzy dominującymi ziarnami kwarcu. Blaszkki biotytu mają charakter wybitnie akcesoryczny, mają wielkość maksymalnie do około 0,4 mm. Charakteryzują się dodatnim reliefem, są pleochroiczne, słomkowe do brunatnych, choć niektóre bardzo delikatnie zabarwione na żółtawo mogą reprezentować podbarwione kryształy jasnej miki - muskowitu. Przy skrzyżowanych nikolach widoczne są barwy interferencyjne II rzędu, maskowane przez naturalne zabarwienie tego mineralu.

Minerały nieprzezroczyste – występują licznie, jako składnik poboczny. Znaczna część tego mineralu to drobne ziarenka o submikroskopowej wielkości, rozproszone w obrębie spoiwa ceramiki, nadając mu charakterystyczne czerwone zabarwienie. Ziarna widoczne mikroskopowo są rzadsze, dochodzą do około 0,3-0,4 mm wielkości. Mają one ksenomorficzne formy, zwykle są izometryczne lub lekko wydłużone, zabarwione na czarno, całkowicie nieprzezroczyste.

6c. Wielkość ziaren szkieletu ziarnowego:

Ziarna szkieletu mają wielkość do około 0,5 mm, zazwyczaj mniejsze, poniżej 0,1-0,2 mm.

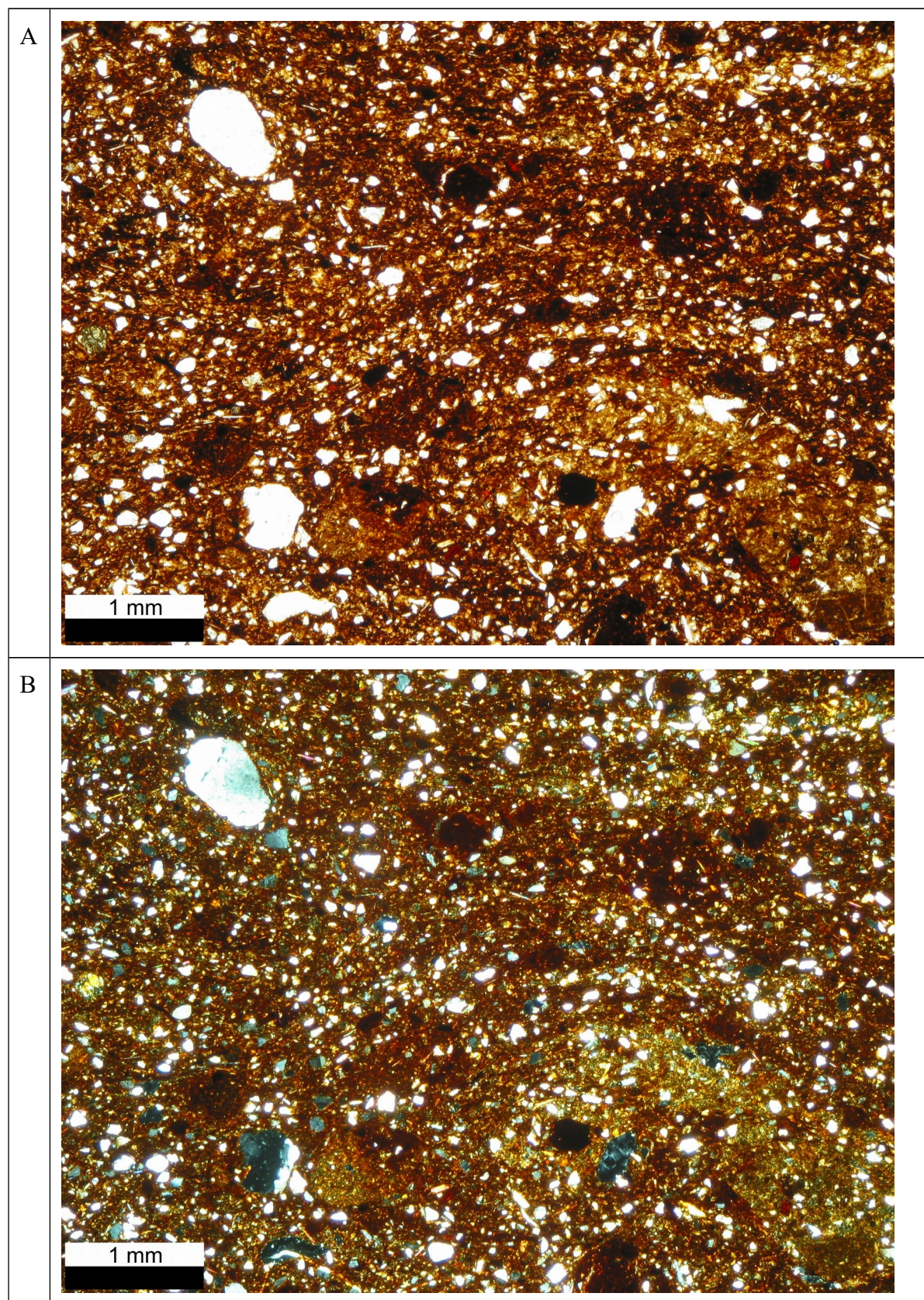
6d. Morfologia ziarn:

Ziarna są izometryczne, lekko wydłużone, część jest wydłużona. Obtoczenie ziaren zmienne, w części ziaren (większych) dobre, natomiast część ziaren jest słabo wyoblona do ostrokrawędzistych (głównie najmniejsze).

7. Spoiwo – zbudowane z skrytokrystalicznej, całkowicie afanitowej masy metalastej, zabarwionej na brunatno-pomarańczowo. Jest ona słabo przezroczysta, jednocześnie słabo reaguje na światło spolaryzowane, w jej obrębie nie obserwuje się relików minerałów blaszkowych, jest silnie spieczona. Ziarna budujące szkielet ziarnowy są w masie spoiwa rozmieszczone bardzo równomiernie. Sporadycznie dostrzec można lokalnie występujące owalnego kształtu skupienia, o rozmiarach do 2-3 mm, o jaśniejszym zabarwieniu masy metalastej, a jednocześnie zawierające podwyższoną ilość najdrobniejszych ziaren.

8. Stosunki procentowe (objętościowe) w próbce:

Spoiwo	Kwarc	Skalenie	Fr. skał	Inne
~58,5%	~29,5%	~2,0%	~4,5%	~5,5%



Obraz mikroskopowy próbki 3, obserwowany przy jednym polaryzatorze (A) i dwóch, skrzyżowanych polaryzatorach (B).

PKZLAB s.c.
Elżbieta Orłowska
Dorota Sobkowiak
 87-100 Toruń, ul. Mickiewicza 49a/4
 NIP 9562316316

Toruń, 2019.05.31