Badania mineralogiczno-petrograficzne kafli z krakowskich pieców

Wykonano badania 10 wybranych kafli pochodzących ze zbiorów Muzeum Historycznego Miasta Krakowa. Próbki przeznaczone do badań reprezentują różnej wielkości fragmenty kafli pozyskanych zarówno podczas prac archeologicznych, jak i od darczyńców. Z ogromnego zbioru kafli do szczegółowych badań wytypowano te, które różniły się makroskopowo charakterem masy ceramicznej oraz były pokryte różnymi barwnymi malowaniami i szkliwem.

Badania miały na celu opracowanie charakterystyki mas ceramicznych wykorzystywanych do produkcji kafli oraz chemiczne i mineralogiczne rozpoznanie barwników i szkliwa.

W badaniach stosowano mikroskopię cyfrową, polaryzacyjną i skaningową oraz analizy chemiczne (metoda EDS).

Masy ceramiczne kafli są zróżnicowane w składzie mineralnym i ziarnowym. Większość z nich jest schudzana, głównie piaskiem kwarcowym, kwarcem tłuczonym lub domieszkami tłuczonych granitów.

Stwierdzono, że wszystkie szkliwa pokrywające badane kafle mają charakter ołowiowy. Szkliwiono bezpośrednio masę ceramiczną lub przed szkliwieniem powierzchnię kafla pokrywano podkładem. Barwę powierzchni szkliwionej osiągano przez bezpośredni dodatek pigmentów do szkliwa ołowiowego bądź jest to warstewka z pigmentem kładziona na podkład przed szkliwieniem.

Charakterystyka kafli na podstawie danych literaturowych

Kafle cieszyły się zainteresowaniem badaczy praktycznie już od momentu, kiedy zaczęto je stosować w budowie pieców, tzn. około pierwszej połowy XIII wieku, na co wskazuje najstarszy zachowany statut garncarzy z roku 1406[1], choć już w XII wieku używano tzw. pieców drążonych, których fragmenty odkryto m.in. we Wrocławiu i Gdańsku[2]. Uważa się, że istotną rolę w rozpowszechnieniu się kominków i pieców odegrały zakony[3].

Badania kafli posiadają bogatą literaturę. Zajmowano się nimi zarówno od strony ich historii i historii sztuki[4], jak i technologii wytwarzania[5], przy czym zagadnienia surowcowe nie posiadają zbyt bogatej literatury i opracowań, zwłaszcza prowadzonych z zastosowaniem najnowocześniejszych technik badawczych[6].

Klasyfikacja kafli z punktu widzenia historii sztuki może zostać przedstawiona, na podstawie danych literaturowych, następująco:

1. kafle o motywach figuralnych
   – z młodym królem,
   – ze starym królem,
   – z popiersiem młodzieńca z arkadą,
   – z halabardnikiem,
   – fryzowy z aniołem-tarczownikiem,
   – narożnikowy z tarczownikiem;

[1] Moskal K.: *Calor amicus czyli o kaflu i piecu*. Kraków 2010, s. 38. Katalog wystawy w Muzeum Historycznym Miasta Krakowa, oddział Kamienica Hipolitów, 29 września – 31 października 2010 r., kurator Katarzyna Moskal.

[2] Buśko C.: Średniowieczne piece typu hypocaustum na Śląsku. W: *Materiały z I sesji naukowej Uniwersyteckiego Centrum Archeologii Średniowiecza i Nowożytności, Toruń, 21–22 listopada 1992 roku*. Red. J. Olczak. Archaeologia Historica Polona, t. 1. Toruń 1995, s. 169–173.

[3] Mączeński Z.: *Elementy i detale architektoniczne w rozwoju historycznym*. Warszawa 1956, s. 439.

[4] Ambrosiani S.: *Zur typologie alteren Kochlem*. Stockholm 1910, s. 1–9; Piątkiewicz-Dereniowa M.: *Kafle wawelskie okresu wczesnego renesansu*. „Studia do Dziejów Wawelu" 1960, t. 2, s. 303–373; Dąbrowska M.: *Kafle i piece kaflowe w Polsce do końca XVIII w.* „Studia i Materiały z Historii Kultury Materialnej" 1987, t. 58, s. 146–160; eadem: O siedemnastowiecznych kaflach i piecach z terenów ziem polskich. W: *Średniowieczne i nowożytne kafle. Regionalizmy, podobieństwa, różnice*. Red. M. Dąbrowska, H. Karwowska. Białystok 2007, s. 143–160.

[5] Dąbrowska M.: 1987 *Kafle i piece*…, s. 152.

[6] Chmiel A.: *Garncarze krakowscy*. Kraków 1907, s. 21; Poświk B.: *Rekonstrukcja warunków procesu pracy jako badania pomocnicze dla historii kaflarstwa*. „Biuletyn Historii Sztuki i Kultury" 1932, t. 1, s. 9; Święchowska A.: *Wykopaliska na zamku średniowiecznym w Wenecji pod Żninem*. „Biuletyn Historii Sztuki" 1949, t. 11, nr 3–4, s. 213–232.

2. kafle o motywach roślinnych
a) kompozycja współśrodkowa:
– rozety wielopłatkowe,
– kwiaty,
– owoce,
– gałązki,
– motywy kandelabrowe o układzie poziomym,
– motywy kandelabrowe o układzie pionowym,
– motywy kandelabrowe o układzie przekątnym;
b) kompozycja jednoosiowa;
c) kafle z motywem rozety:
– odmiana I – rozety złożone z trzech pięciopłatkowych okółków mięsistych płatków,
– odmiana II – rozeta siedmiopłatkowa o trzech okółkach płatków wpisana w okrąg,
– odmiana III – rozeta dziewięciopłatkowa o jednym okółku,
– odmiana IV – osiem ząbkowatych płatków rozety ułożonych symetrycznie we wgłębionej czworobocznej misie,
– odmiana V – okrągła misa podzielona falistym konturem na 12 równych pól,
– odmiana VI – wpisany w kwadratowe pole kafla wypukły pierścień, którego powierzchnię wypełniają koliste wgłębienia;
d) kafle ze stylizowanym motywem roślinnym:
– odmiana I – kwadratowe pole kafla z fantazyjną kompozycją kwiatowo-owocową,
– odmiana II – kafle podobne do odmiany I, różnią się jednak środkową częścią ornamentu, tj. koszyczkiem,
– odmiana III – oś ornamentu leży na przekątnej kafla,
– odmiana IV – połówka ściennego kafla narożnego posiada prostszy ornament,
– odmiana V – kafel fryzowy o kształcie leżącego prostokąta o podniesionych podłużnych bokach z motywem laski oplecionej gałązką,
– odmiana VI – kafel fryzowy, posiada krótsze boki od poprzedniego i są one pozbawione obramowania;
3. kafle architektoniczne
a) kafle o dekoracji architektonicznej;
b) bazy i fiale, tj. kafle o kształcie naśladującym element architektoniczny:
– odmiana I – dolny pas pokrywają owalne wypukłości, środkowy ozdobiony jest ukośną kratką, a górny rzędem listków,
– odmiana II – dolny pas tworzy wstęga, środkowy żłobek nie posiada ornamentu, u góry biegnie łaciński napis,
– odmiana III – nie ma dekoracji reliefowej oraz napisów.

Z punktu widzenia elementów konstrukcyjnych pieca wśród ich elementów obok kafli można wyróżnić zwieńczenia (tzw. koronki):
– odmiana I – trójkątny kwiaton osadzony na łodydze wyrastającej z prostokątnej ścianki,
– odmiana II – trzy ażurowe trójliście osadzone na wspólnej podstawie,
– odmiana III – niemal całkowicie zatraciła związek z formami roślinnymi wskutek stylizacji.

Badania surowcowo-technologiczne mas ceramicznych stosowanych w produkcji kafli dotyczyły w mniejszym stopniu ustalenia ich składu mineralnego, a koncentrowały się głównie na ich składzie ziarnowym[7].

Materiał do badań

Do badań wytypowano 10 fragmentów kafli reprezentujących różne ich odmiany oraz okres historyczny od XV do XIX wieku.

Lista obiektów (kafli) do analizy mineralogiczno-technologicznej

Próbka 1
Nr inw. MHK-76/I
XV w., Kraków (?)
Przekaz Pracowni Konserwacji Zabytków w Krakowie w 1978 r.

Próbka 2
Dział II
Nr inw. MHK-10/II
XVI w., Kraków
Przekaz z Archiwum Aktów Dawnych w 1952 r.

Próbka 3
Nr inw. MHK-1496-2
koniec XVI w., Kraków
Pochodzi z Kamienicy Hetmańskiej przy Rynku Głównym 17, wydobyty podczas prac konserwatorskich w latach 1985–1986

Próbka 4
Nr inw. MHK-168-2
1. poł. XVII w., Kraków
Przekaz z Archiwum Aktów Dawnych w 1952 r.

Próbka 5
Nr inw. MHK-1253-2
ok. 1600–pocz. XVII w., Kraków
Pochodzi z Kamienicy Hetmańskiej przy Rynku Głównym 17, wydobyty podczas prac konserwatorskich w latach 1985–1986

Próbka 6
Nr inw. MHK-46-2
2 ćw. XVII w., Kraków
Pochodzi z pałacu biskupiego z okresu sprawowania urzędu biskupiego przez Marcina Szyszkowskiego (1617–1630), co można stwierdzić na podstawie dużego fragmentu identycznego kafla ze zbiorów Muzeum Narodowego w Krakowie.
Przekaz z Archiwum Aktów Dawnych w 1952 r.

[7] Dąbrowska M.: 1987 *Kafle i piece*…, 143–160.

Próbka 7
Nr inw. MHK-216-2
XVII w., Kraków
Wydobyty w narożniku pl. Estery i ul. Ubogich (obecnie Warszauera) przy wznoszeniu fundamentów pod kamienicę we wrześniu 1908 r.
Przekaz z Archiwum Aktów Dawnych w 1952 r.

Próbka 8
Nr inw. MHK-138-2
XVIII w., Kraków
Przekaz z Archiwum Aktów Dawnych w 1952 r.

Próbka 9
Nr inw. MHK-195-2
2 poł. XVIII w.
Przekaz z Archiwum Aktów Dawnych w 1952 r.

Próbka 10
Kafel z przełomu XIX i XX w.

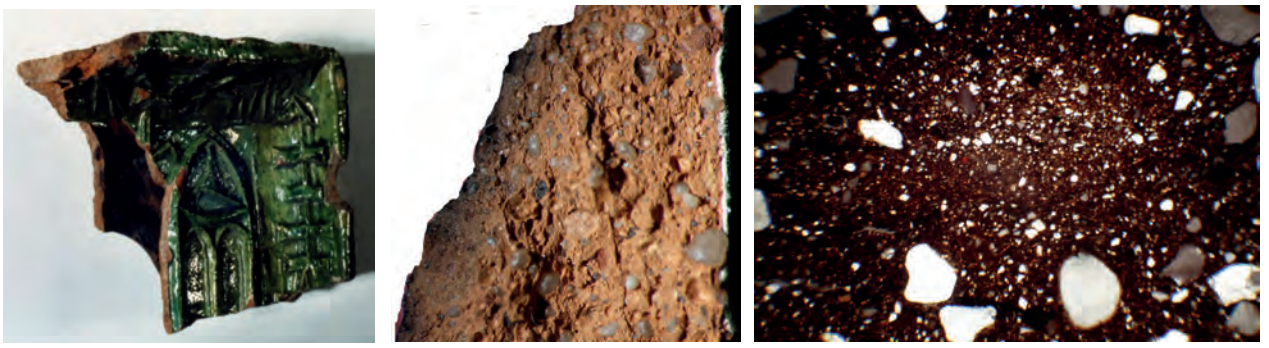
Metody badań

1. Obserwacje za pomocą mikroskopu cyfrowego.
2. Badania mikroskopowe za pomocą mikroskopu do przechodzącego światła spolaryzowanego.
3. Badania za pomocą mikroskopu skaningowego z analizatorem do chemicznych analiz szkliw metodą EDS.

Wyniki badań zestawiono w kolejności badania kafli, tzn. od najstarszych do najmłodszych.

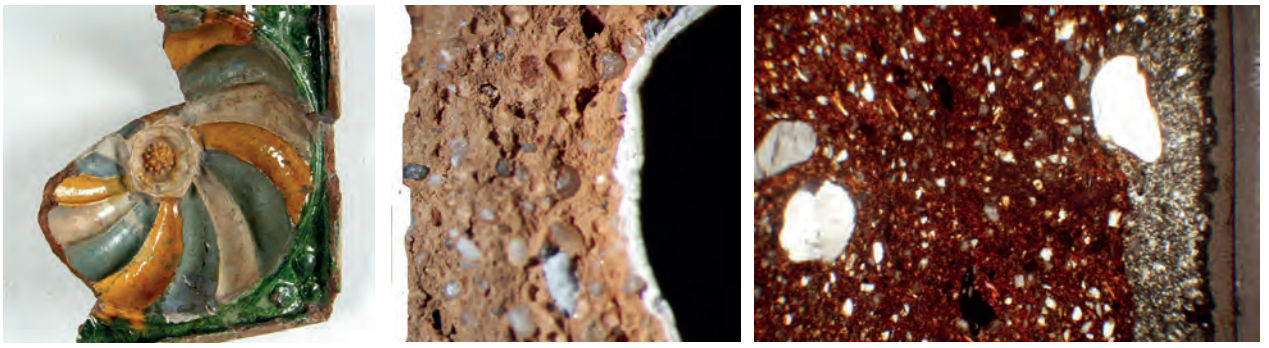
Ogólna charakterystyka kafli

A. B. C.



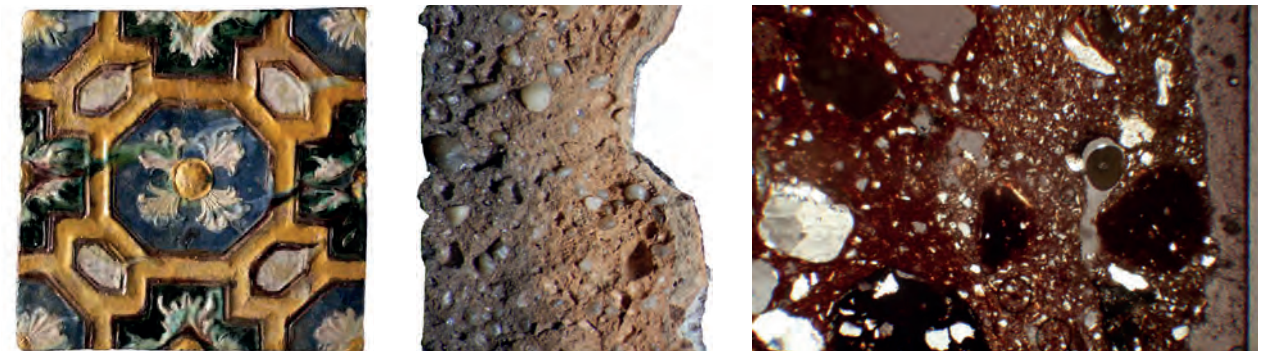
Próbka 1
A. Fragment zdobionego kafla, pokrytego szkliwem zielonym; B. Przełam kafla – widoczna struktura masy ceramicznej oraz z prawej strony warstwa szkliwa na białym podkładzie. Mikroskop cyfrowy, powiększenie pięćipółkrotne; C. Mikroskopowy obraz masy ceramicznej. Brunatne, zmienione termicznie minerały ilaste z drobnym kwarcem oraz dużymi ziarnami kwarcu dodanymi jako materiał schudzający. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X, powiększenie 80-krotne.

A. B. C.



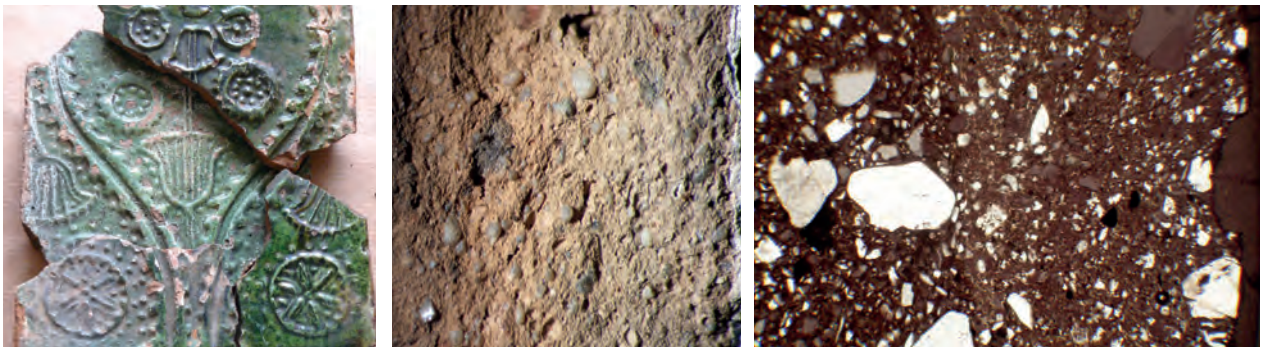
Próbka 2
A. Makroskopowy obraz fragmentu kafla przeznaczonego do badań; B. Fragment masy ceramicznej tuż pod powierzchnią pokrytą warstwą szkliwa. Mikroskop cyfrowy, powiększenie 6,8-krotne; C. Mikroskopowy obraz kafla – z prawej strony widoczna warstwa szkliwa położonego na ciemnej warstwie i jasnym podkładzie. Minerały ilaste zmienione termicznie, z rozproszonymi ziarnami kwarcu. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X, powiększenie 80-krotne.

A. B. C.



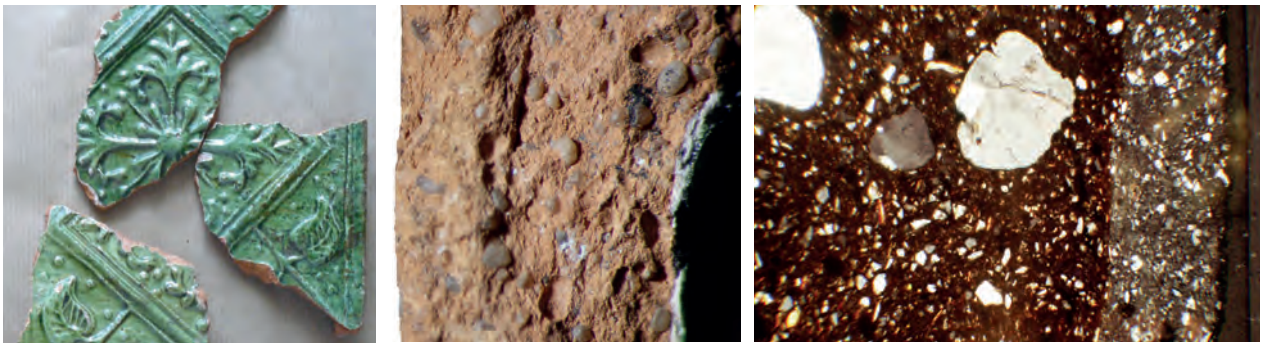
Próbka 3
A. Makroskopowy obraz zdobionej i szkliwionej powierzchni kafla; B. Obraz struktury masy ceramicznej tuż pod powierzchnią szkliwienia. Widać szarą, nieutlenioną partię przełamu, dowodzącą prowadzenia wypału przy słabym dostępie powietrza. Mikroskop cyfrowy, powiększenie pięćipółkrotne; C. Mikroskopowy obraz masy ceramicznej tuż pod szkliwem (prawa strona, szaroróżowa strefa). Struktura masy ceramicznej niejednorodna, miejscami porowata. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X, powiększenie 80-krotne.

A. B. C.



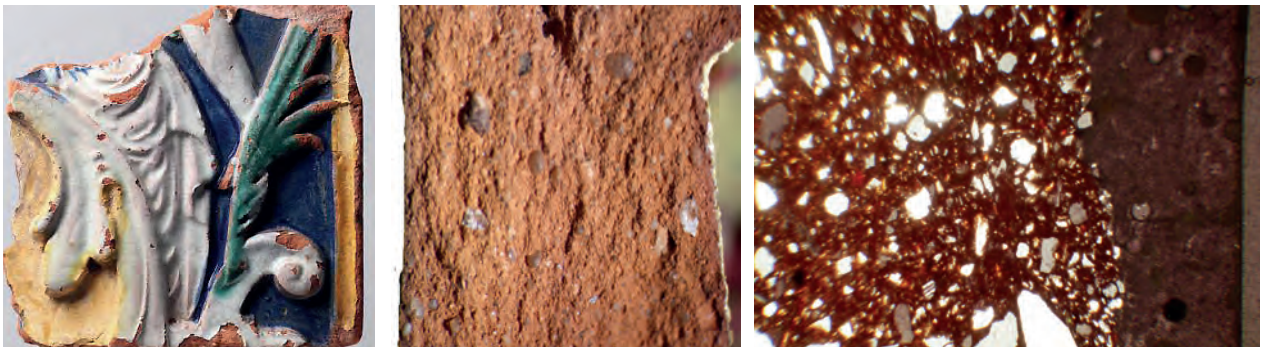
Próbka 4
A. Makroskopowy obraz fragmentów kafla szkliwionego pigmentem zielonym; B. Obraz masy ceramicznej kafla tuż pod zdobioną i szkliwioną powierzchną (cienka, jasna smuga). Mikroskop cyfrowy, powiększenie sześciokrotne; C. Obraz termicznie zmienionej, niejednorodnej masy ceramicznej. Z prawej strony widoczna warstewka szkliwa o niejednorodnej grubości. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy częściowo X, powiększenie 80-krotne.

A. B. C.



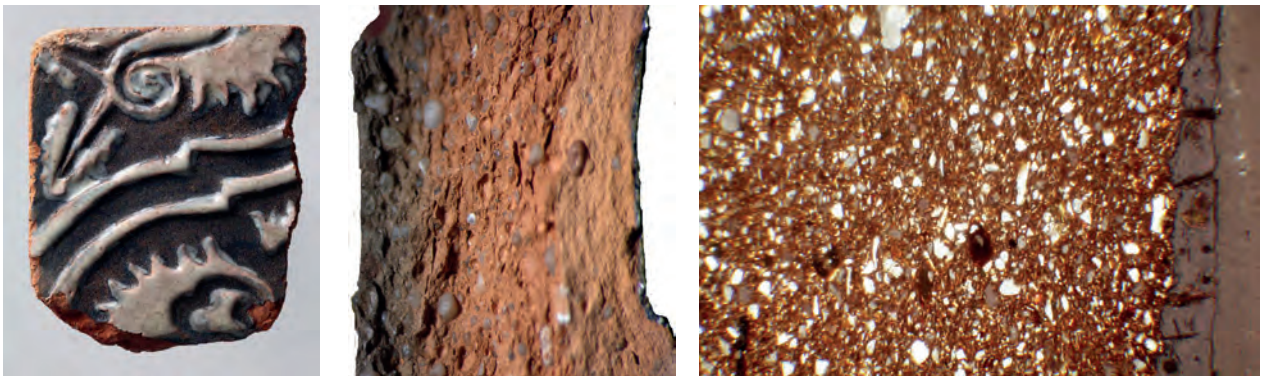
Próbka 5
A. Fragmenty kafla zdobionego wzorem roślinnym i szkliwionego szkliwem zielonym; B. Obraz masy ceramicznej kafla tuż pod szkliwioną powierzchną; C. Warstwy: jasna, podszkliwowa oraz (prawa część) przezroczysta, szkliwa położone na dobrze wypalonej, jednorodnej masie ceramicznej. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy częściowo X, powiększenie 80-krotne.

A. B. C.



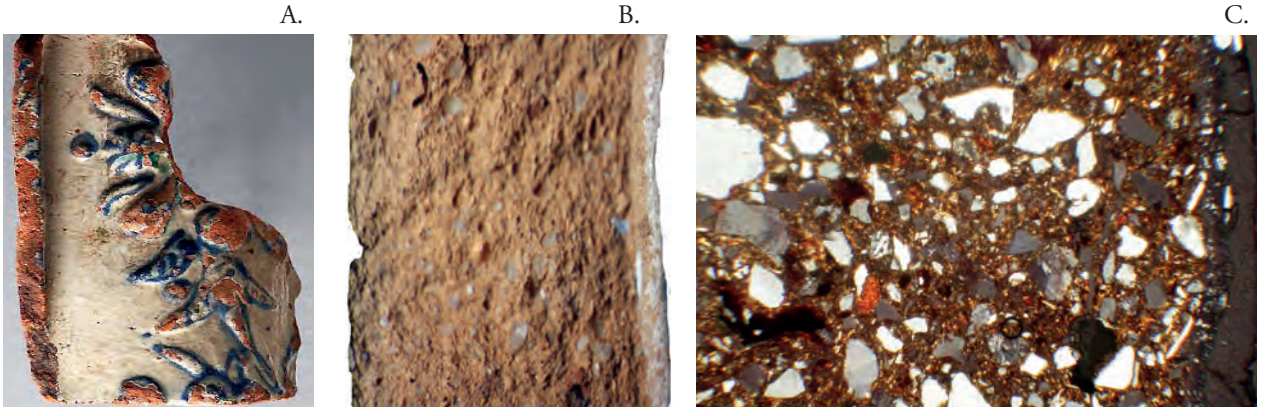
Próbka 6
A. Fragment pięknego kafla o różnokolorowym szkliwieniu; B. Masa ceramiczna kafla w jego przełamie podszkliwiona i z barwioną powierzchnią – z prawej strony widoczna cienka, jasna warstewka. Mikroskop cyfrowy, powiększenie sześciokrotne; C. Mikroskopowy obraz warstwy szkliwa (prawa część) położonego na jednorodnej masie ceramicznej. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy częściowo X, powiększenie 80-krotne.

A. B. C.



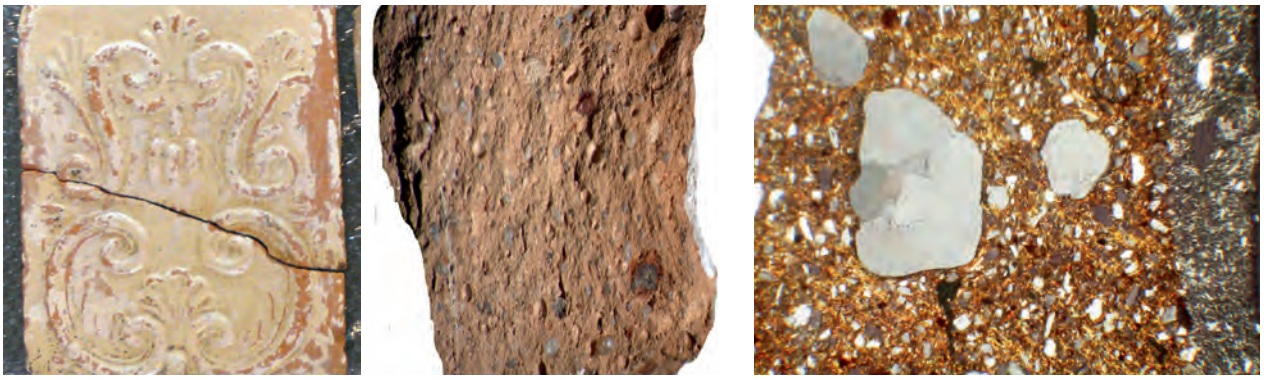
Próbka 7
A. Makroskopowy obraz powierzchni zdobionego fragmentu kafla; B. Niejednorodnie wybarwiony przełam kafla związany z niewielkim dostępem powietrza podczas jego wypału (warstwa szara). Mikroskop cyfrowy, powiększenie sześciokrotne; C. Mikroskopowy obraz jednorodnej, dobrze wypalonej masy ceramicznej kafla z brzegiem pokrytym przezroczystym szkliwem (prawa część). Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy częściowo X, powiększenie 80-krotne.

A. B. C.



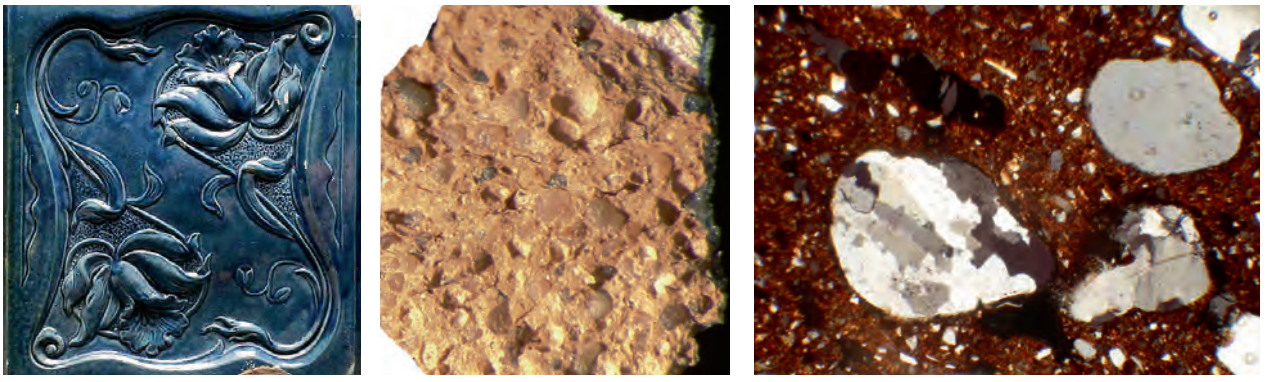
Próbka 8
A. Powierzchnia fragmentu pięknie zdobionego kafla; B. Masa ceramiczna kafla obserwowana w mikroskopie cyfrowym – z prawej strony widoczna cienka warstewka szkliwa. Mikroskop cyfrowy, powiększenie sześciokrotne; C. Charakterystyczna masa ceramiczna o znacznej ilości grubszego, ostrokrawędzistego, kruszonego kwarcu. Z prawej strony widoczna warstewka szkliwa. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy częściowo X, powiększenie 80-krotne.

A. B. C.



Próbka 9
A. Makroskopowy obraz powierzchni badanego kafla; B. Struktura przełamu masy ceramicznej pod szkliwioną powierzchną; C. Obraz drobnoziarnistej masy ceramicznej schudzanej grubym kwarcem – z prawej strony widać warstwę szkliwa położoną na warstewce drobnoziarnistego podkładu. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy częściowo X, powiększenie 80-krotne.

A. B. C.



Próbka 10
A. Pięknie zdobiona powierzchnia kafla; B. Obraz masy ceramicznej kafla – z prawej strony widoczna cienka i nierówna (od spodu) warstewka szkliwa; C. Obraz masy ceramicznej kafla schudzanej dużymi ziarnami kwarcu i kwarcytów. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy częściowo X, powiększenie 80-krotne.

Skład mineralny mas ceramicznych badanych kafli

Próbka 1	
Skład mineralny masy ceramicznej	
Składnik	**Zawartość (% obj.)**
Minerały ilaste	63,8
Kwarc	24,9
Skalenie potasowe	
Plagioklazy	0,4
Okruchy skał osadowych	
Okruchy skał magmowych	6,2
Okruchy skał metamorficznych	
Muskowit	0,1
Biotyt	
Minerały ciężkie	
Okruchy ceramiki	
Węglany – wtórne	
Substancja organiczna	0,1

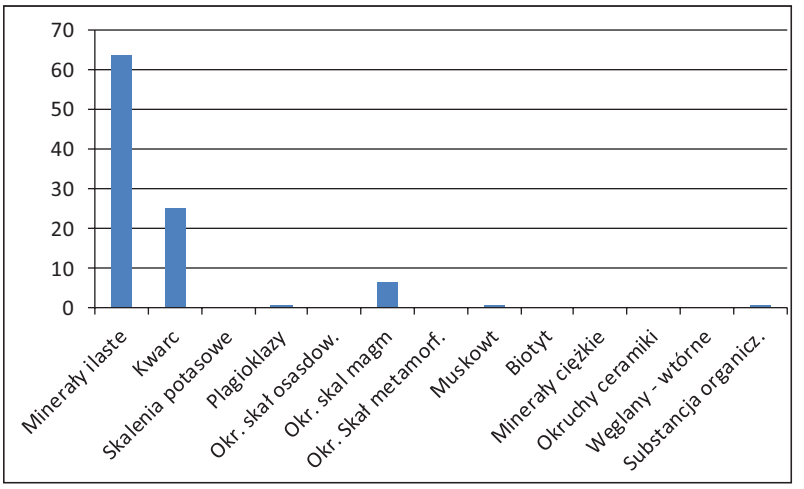


Diagram składu mineralnego próbki 1

Próbka 2	
Skład mineralny masy ceramicznej	
Składnik	**Zawartość (% obj.)**
Minerały ilaste	66,8
Kwarc	26
Skalenie potasowe	0,3
Plagioklazy	0,2
Okruchy skał osadowych	
Okruchy skał magmowych	6,3
Okruchy skał metamorficznych	
Muskowit	0,2
Biotyt	
Minerały ciężkie	
Okruchy ceramiki	0,1
Węglany – wtórne	
Substancja organiczna	0,1

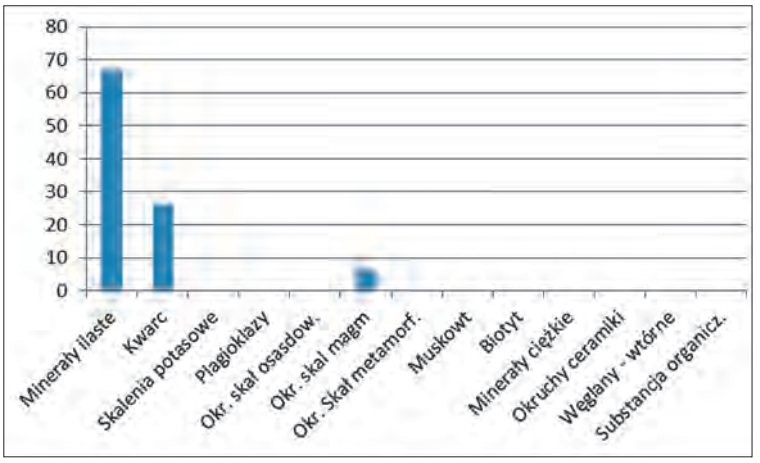


Diagram składu mineralnego próbki 2

Próbka 3	
Skład mineralny masy ceramicznej	
Składnik	**Zawartość (% obj.)**
Minerały ilaste	51,9
Kwarc	32,5
Skalenie potasowe	1,8
Plagioklazy	
Okruchy skał osadowych	5,1
Okruchy skał magmowych	8,3
Okruchy skał metamorficznych	
Muskowit	0,1
Biotyt	0,1
Minerały ciężkie	
Okruchy ceramiki	
Węglany – wtórne	
Substancja organiczna	0,2

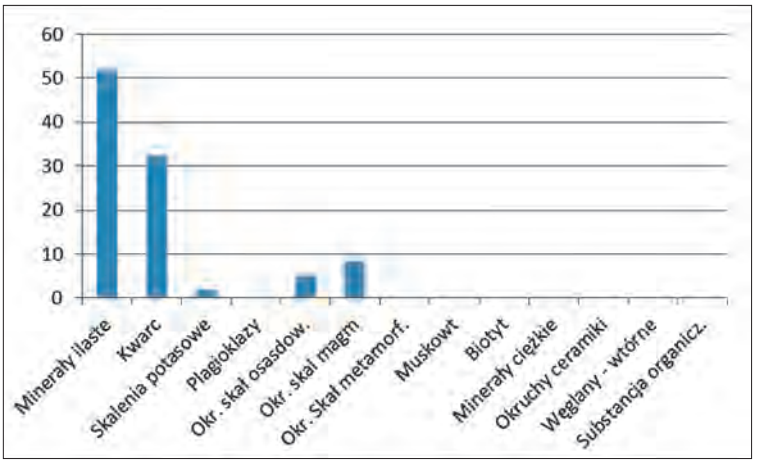


Diagram składu mineralnego próbki 3

Próbka 4	
Skład mineralny masy ceramicznej	
Składnik	**Zawartość (% obj.)**
Minerały ilaste	49,8
Kwarc	46,8
Skalenie potasowe	
Plagioklazy	0,1
Okruchy skał osadowych	
Okruchy skał magmowych	2,7
Okruchy skał metamorficznych	
Muskowit	0,1
Biotyt	9,2
Minerały ciężkie	0,1
Okruchy ceramiki	
Węglany – wtórne	
Substancja organiczna	0,2

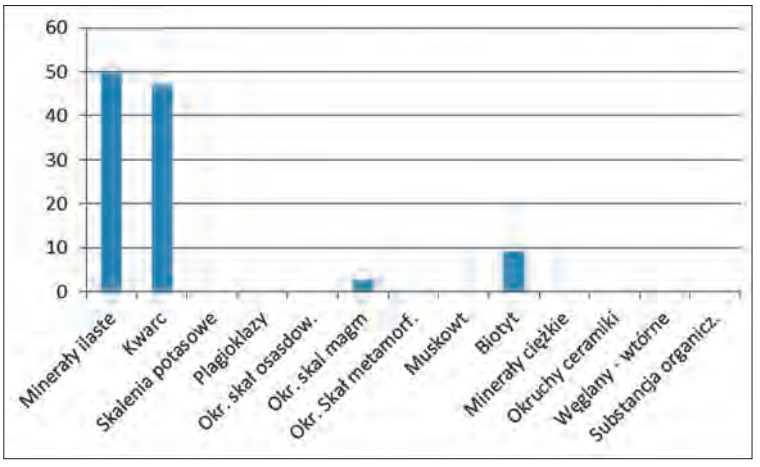


Diagram składu mineralnego próbki 4

Próbka 5	
Skład mineralny masy ceramicznej	
Składnik	**Zawartość (% obj.)**
Minerały ilaste	65,9
Kwarc	31,5
Skalenie potasowe	
Plagioklazy	
Okruchy skał osadowych	
Okruchy skał magmowych	2,3
Okruchy skał metamorficznych	
Muskowit	0,1
Biotyt	0,1
Minerały ciężkie	0,1
Okruchy ceramiki	
Węglany – wtórne	
Substancja organiczna	0,1

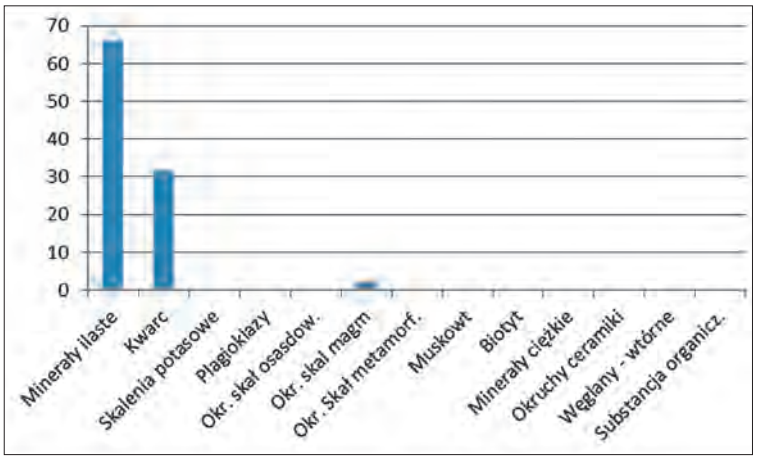


Diagram składu mineralnego próbki 5

Próbka 6	
Skład mineralny masy ceramicznej	
Składnik	**Zawartość (% obj.)**
Minerały ilaste	56,7
Kwarc	43
Skalenie potasowe	0,4
Plagioklazy	0,2
Okruchy skał osadowych	
Okruchy skał magmowych	
Okruchy skał metamorficznych	
Muskowit	0,3
Biotyt	
Minerały ciężkie	0,2
Okruchy ceramiki	
Węglany – wtórne	
Substancja organiczna	0,2

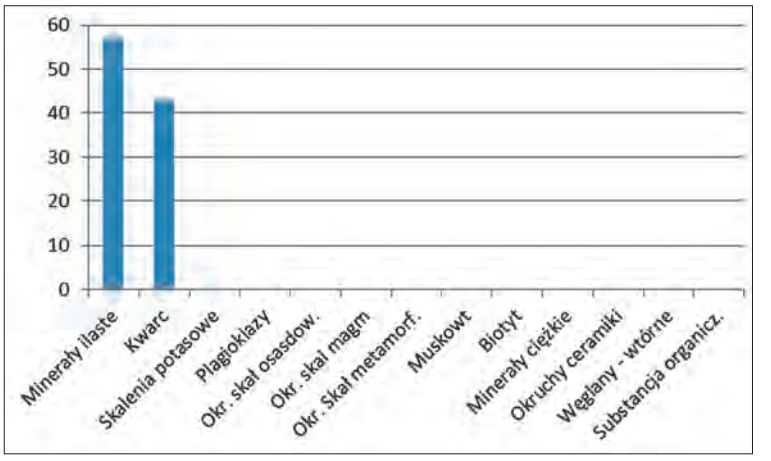


Diagram składu mineralnego próbki 6

Próbka 7	
Skład mineralny masy ceramicznej	
Składnik	**Zawartość (% obj.)**
Minerały ilaste	56,4
Kwarc	36,3
Skalenie potasowe	
Plagioklazy	
Okruchy skał osadowych	
Okruchy skał magmowych	6,4
Okruchy skał metamorficznych	
Muskowit	0,3
Biotyt	0,1
Minerały ciężkie	0,2
Okruchy ceramiki	
Węglany – wtórne	
Substancja organiczna	0,3

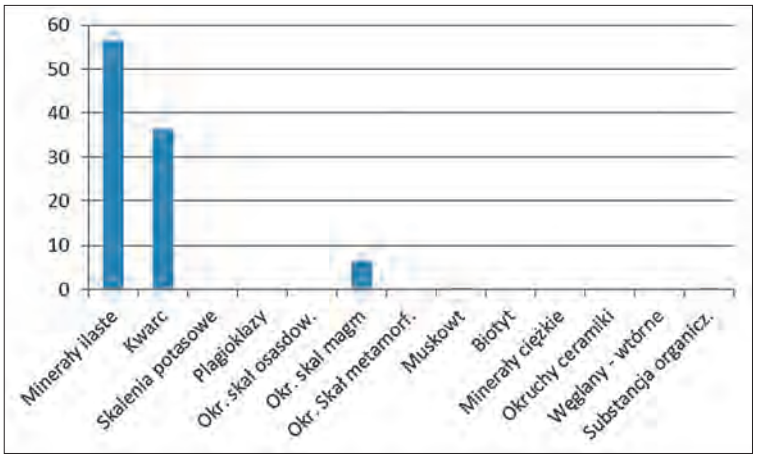


Diagram składu mineralnego próbki 7

Próbka 8	
Skład mineralny masy ceramicznej	
Składnik	**Zawartość (% obj.)**
Minerały ilaste	32,8
Kwarc	61,9
Skalenie potasowe	0,5
Plagioklazy	0,3
Okruchy skał osadowych	3,8
Okruchy skał magmowych	0,4
Okruchy skał metamorficznych	
Muskowit	0,1
Biotyt	
Minerały ciężkie	
Okruchy ceramiki	
Węglany – wtórne	0,1
Substancja organiczna	0,1

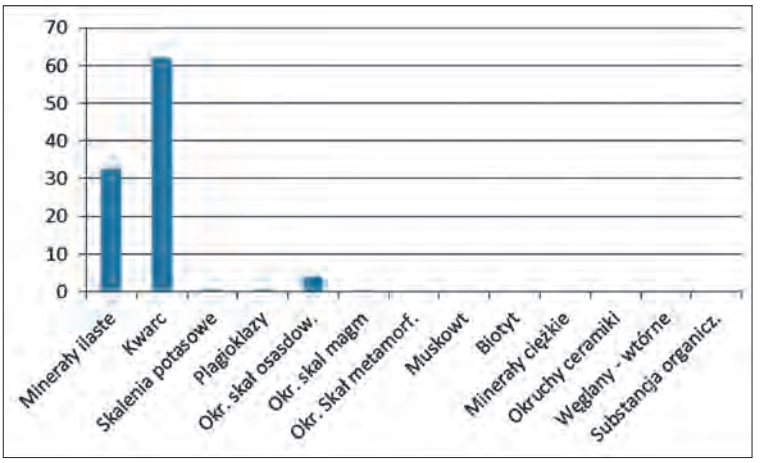


Diagram składu mineralnego próbki 8

Próbka 9	
Skład mineralny masy ceramicznej	
Składnik	**Zawartość (% obj.)**
Minerały ilaste	64,9
Kwarc	34,2
Skalenie potasowe	
Plagioklazy	
Okruchy skał osadowych	0,5
Okruchy skał magmowych	
Okruchy skał metamorficznych	
Muskowit	0,3
Biotyt	
Minerały ciężkie	
Okruchy ceramiki	
Węglany – wtórne	
Substancja organiczna	0,1

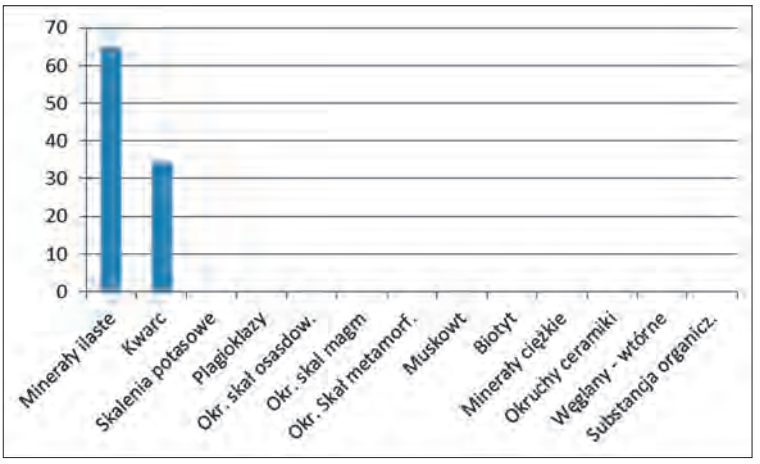


Diagram składu mineralnego próbki 9

Próbka 10	
Skład mineralny masy ceramicznej	
Składnik	**Zawartość (% obj.)**
Minerały ilaste	53,8
Kwarc	40,6
Skalenie potasowe	0,1
Plagioklazy	0,1
Okruchy skał osadowych	
Okruchy skał magmowych	5,1
Okruchy skał metamorficznych	
Muskowit	
Biotyt	
Minerały ciężkie	
Okruchy ceramiki	0,1
Węglany – wtórne	
Substancja organiczna	0,1

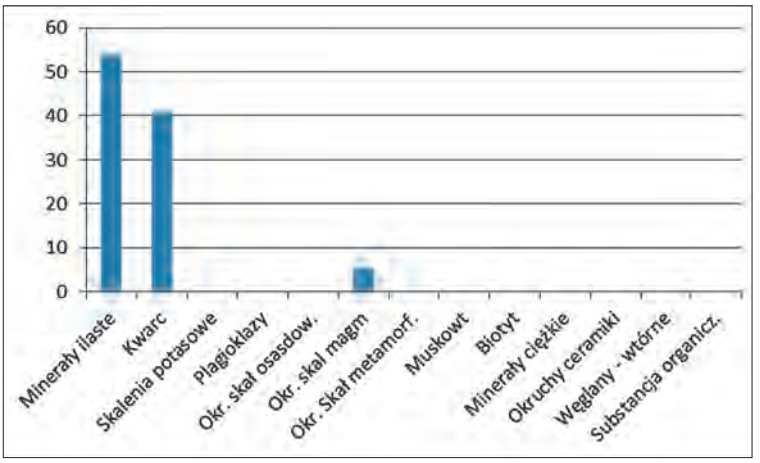


Diagram składu mineralnego próbki 10

Skład ziarnowy mas ceramicznych badanych kafli

Próbka 1	
Skład ziarnowy masy ceramicznej	
wielkość ziaren (mikrony)	**zawartość (% obj.)**
20–100	38
100–200	23
200–400	18
400–800	21
800–1500	
1500–2500	
> 2500	

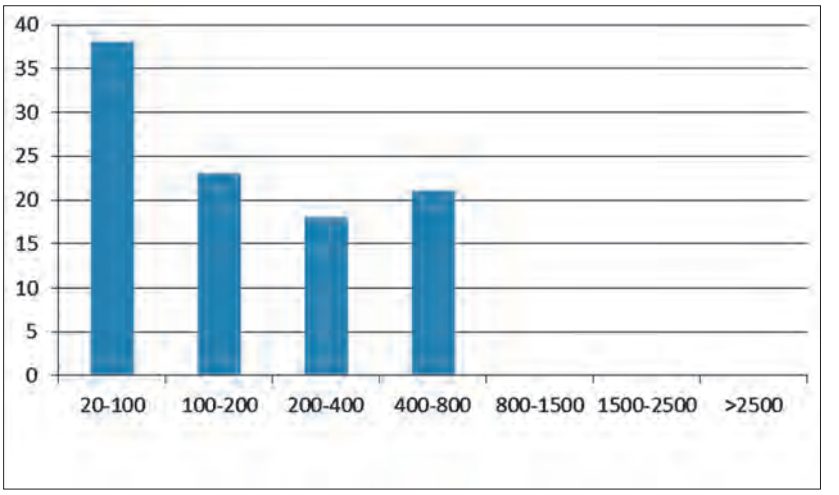


Diagram składu mineralnego próbki 1

Próbka 2	
Skład ziarnowy masy ceramicznej	
wielkość ziaren (mikrony)	**zawartość (% obj.)**
20–100	45
100–200	18
200–400	22
400–800	11
800–1500	4
1500–2500	
> 2500	

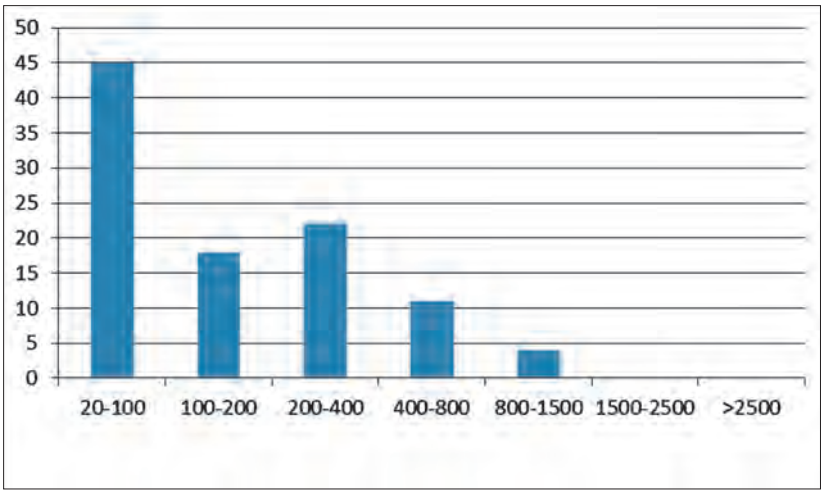


Diagram składu mineralnego próbki 2

Próbka 3	
Skład ziarnowy masy ceramicznej	
wielkość ziaren (mikrony)	**zawartość (% obj.)**
20–100	36
100–200	26
200–400	17
400–800	18
800–1500	3
1500–2500	
> 2500	

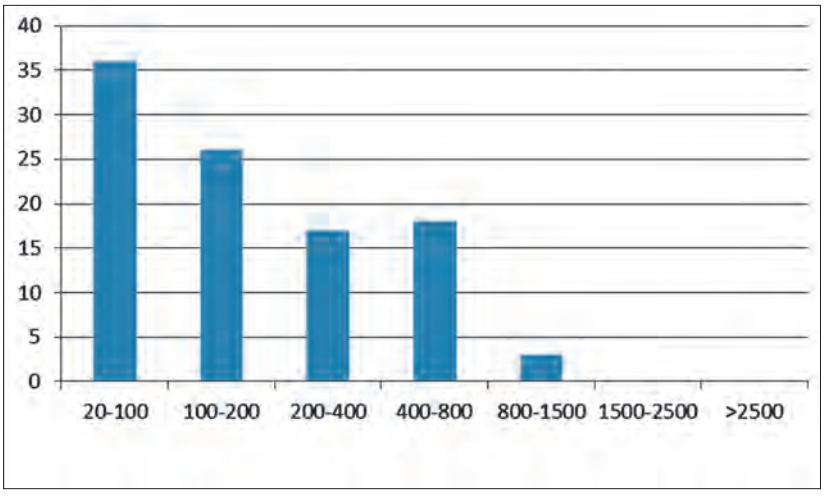


Diagram składu mineralnego próbki 3

Próbka 4	
Skład ziarnowy masy ceramicznej	
wielkość ziaren (mikrony)	**zawartość (% obj.)**
20–100	39
100–200	25
200–400	30
400–800	6
800–1500	
1500–2500	
> 2500	

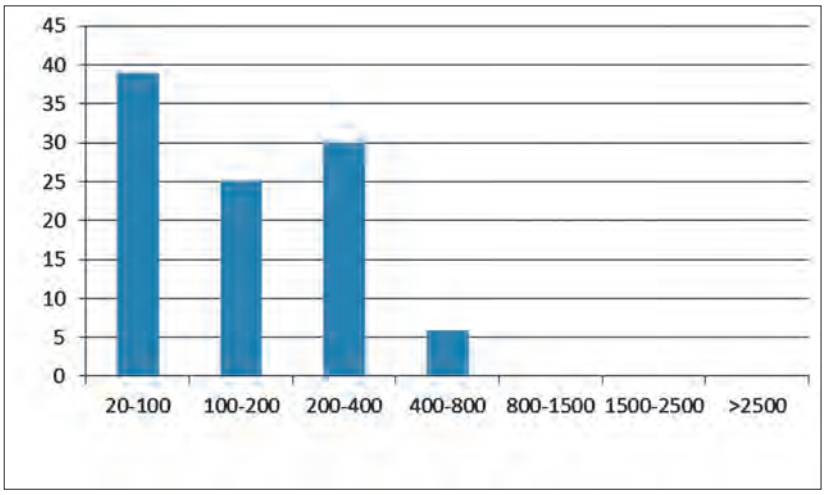


Diagram składu mineralnego próbki 4

Próbka 5	
Skład ziarnowy masy ceramicznej	
wielkość ziaren (mikrony)	**zawartość (% obj.)**
20–100	43
100–200	21
200–400	21
400–800	14
800–1500	1
1500–2500	
> 2500	

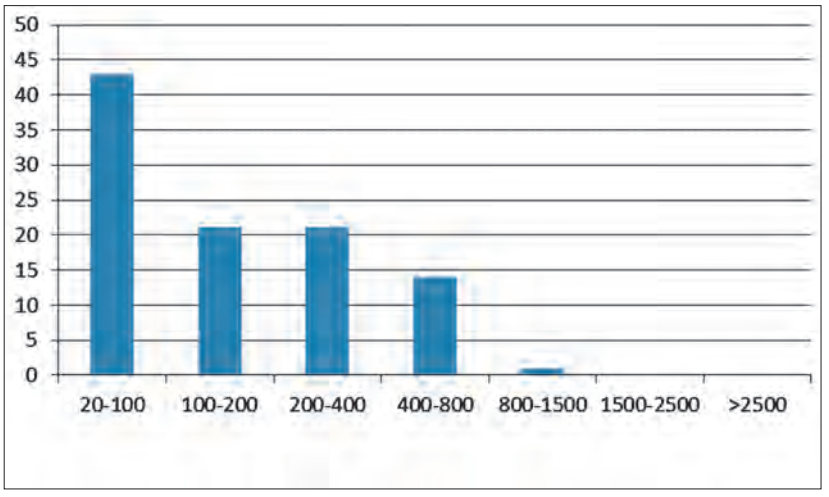


Diagram składu mineralnego próbki 5

Próbka 6	
Skład ziarnowy masy ceramicznej	
wielkość ziaren (mikrony)	**zawartość (% obj.)**
20–100	33
100–200	39
200–400	24
400–800	3
800–1500	1
1500–2500	
> 2500	

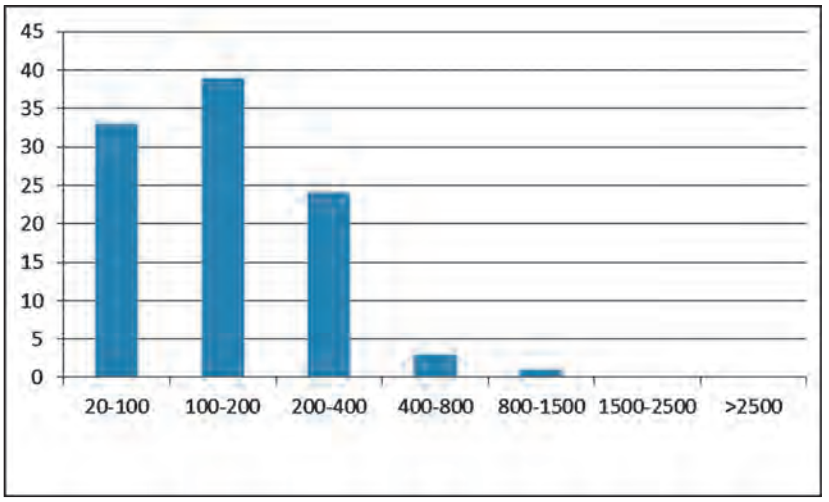


Diagram składu mineralnego próbki 6

Próbka 7	
Skład ziarnowy masy ceramicznej	
wielkość ziaren (mikrony)	**zawartość (% obj.)**
20–100	26
100–200	22
200–400	32
400–800	17
800–1500	2
1500–2500	1
> 2500	

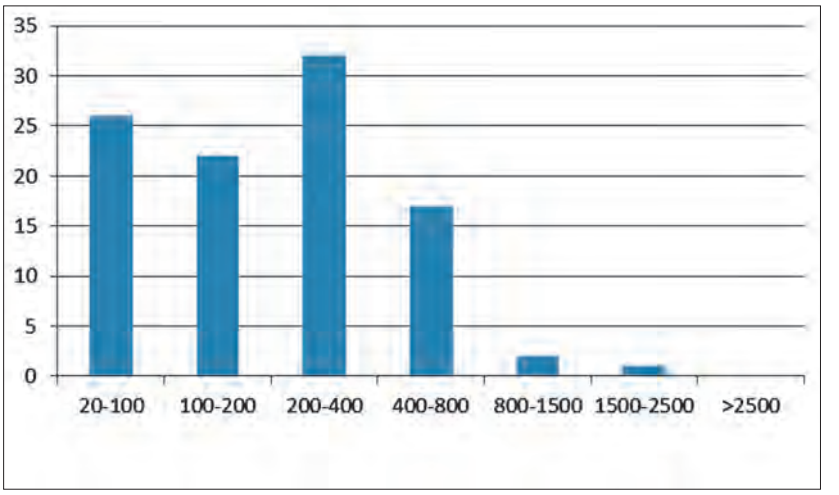


Diagram składu mineralnego próbki 7

Próbka 8	
Skład ziarnowy masy ceramicznej	
wielkość ziaren (mikrony)	**zawartość (% obj.)**
20–100	31
100–200	41
200–400	23
400–800	5
800–1500	
1500–2500	
> 2500	

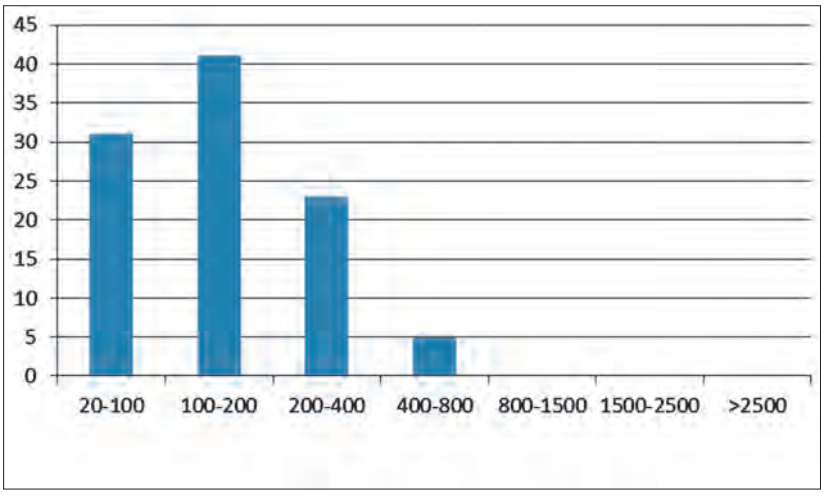


Diagram składu mineralnego próbki nr 8

Próbka 9	
Skład ziarnowy masy ceramicznej	
wielkość ziaren (mikrony)	**zawartość (% obj.)**
20–100	48
100–200	21
200–400	25
400–800	7
800–1500	
1500–2500	
> 2500	

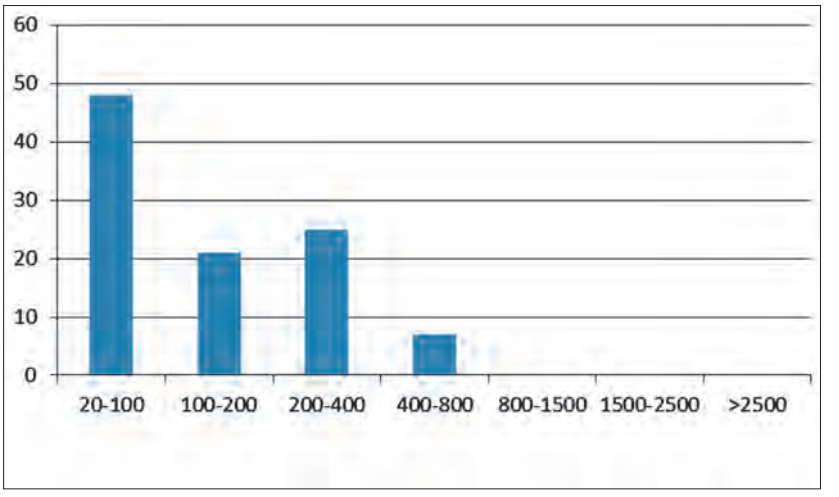


Diagram składu mineralnego próbki 9

Próbka 10	
Skład ziarnowy masy ceramicznej	
wielkość ziaren (mikrony)	**zawartość (% obj.)**
20–100	49
100–200	27
200–400	18
400–800	6
800–1500	
1500–2500	
> 2500	

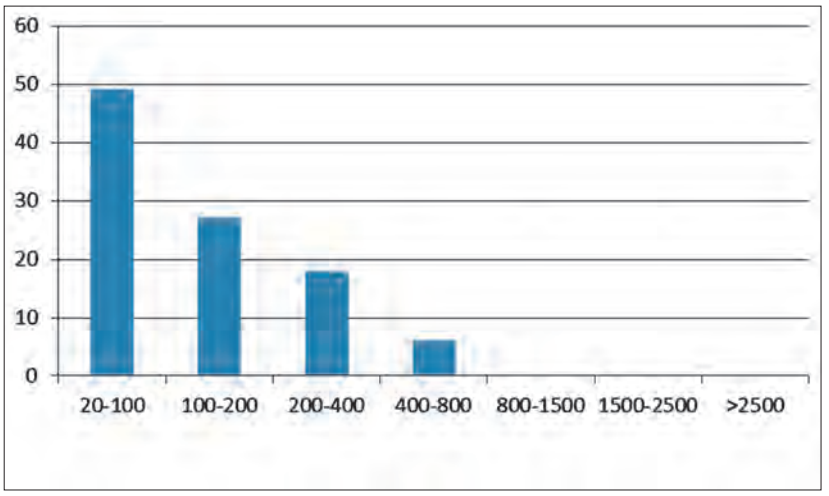
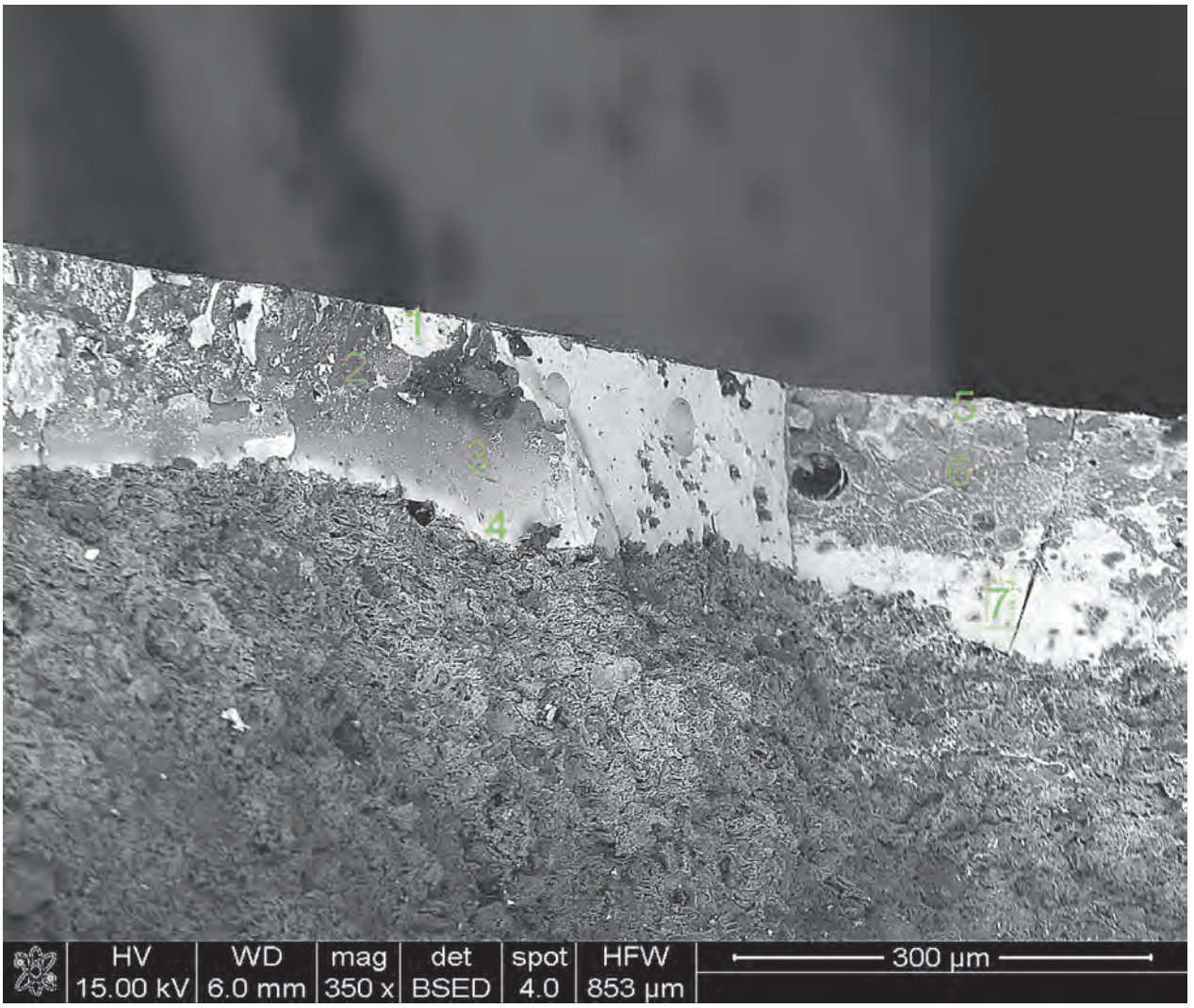


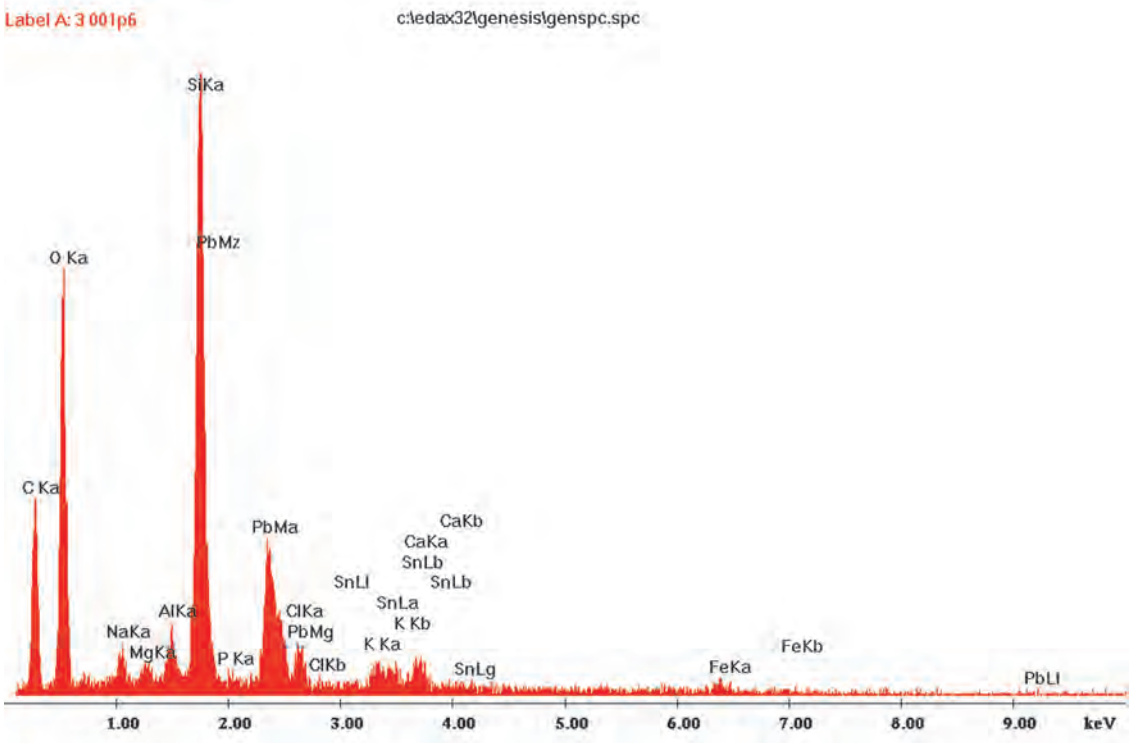
Diagram składu mineralnego próbki 10

Wyniki badań szkliw pokrywających kafle

Morfologia i półilościowe analizy wykonane metodą EDS (mikroskopii skaningowej)



Próbka 1. Fotografia szkliwa. Cyfry pokazują miejsca wykonanych analiz chemicznych. Poniżej analiza chemiczna EDS szkliwa w pkt. 5, pokazana na fotografii próbki 1

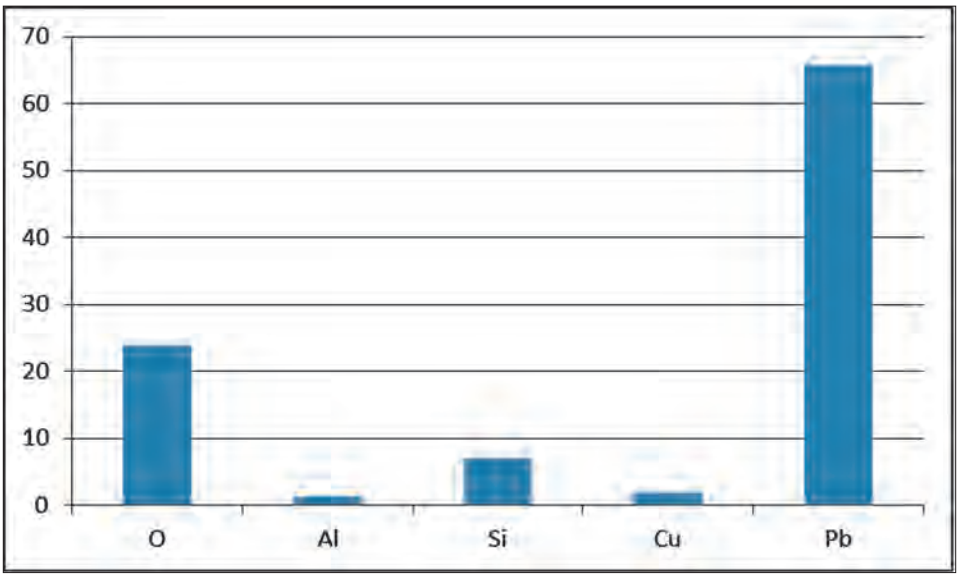


EDS w pkt. 5

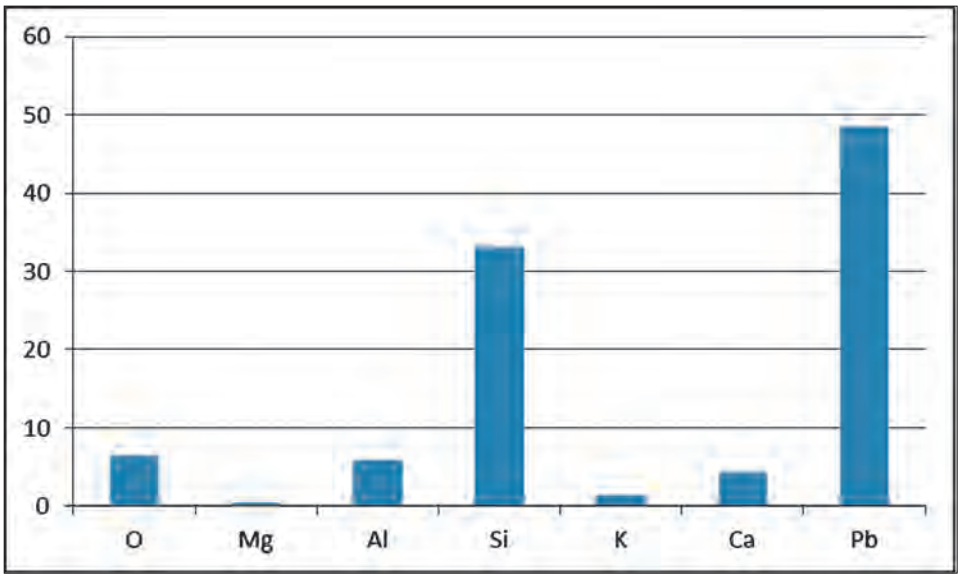
Ilościowe analizy chemiczne szkliwa pokrywającego kafle metodą EDS

Próbka 1. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 1	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
O	23,97
Al	1,25
Si	7,1
Cu	1,88
Pb	65,8

Próbka 1. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 2	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
O	6,31
Mg	0,44
Al	5,87
Si	33,18
K	1,38
Ca	4,36
Pb	48,55



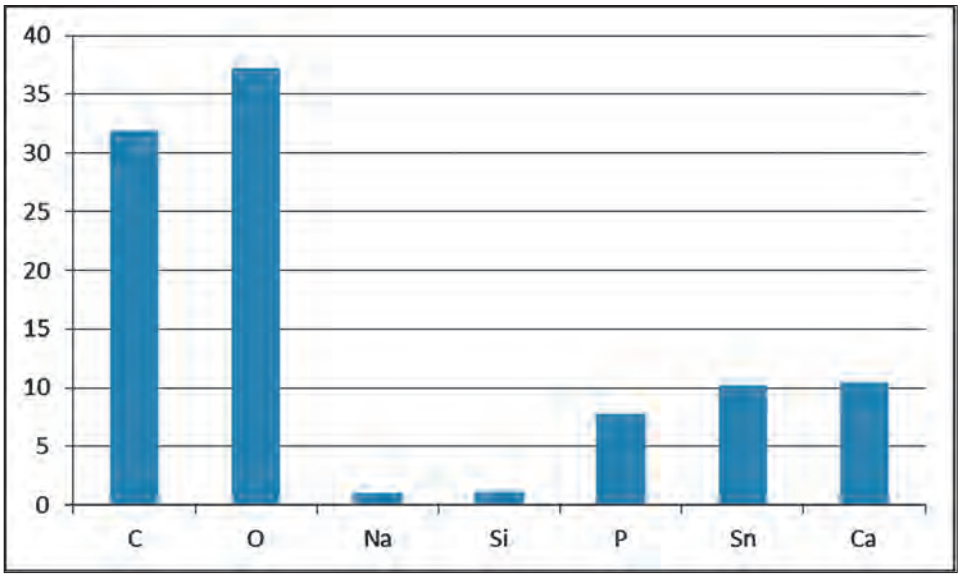
Próbka 1. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu jego powierzchni – pkt 1



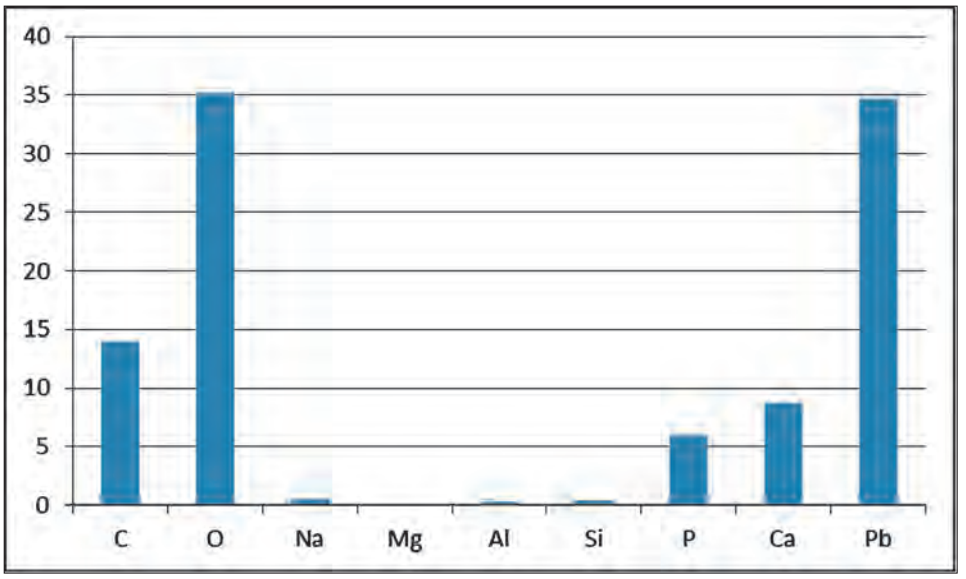
Próbka 1. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu kontaktu z masą ceramiczną – pkt 2

Próbka 2. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 1	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
C	31,94
O	37,28
Na	1,1
Si	1,19
P	7,81
Sn	10,22
Ca	10,47

Próbka 2. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 2	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
C	13,96
O	35,23
Na	0,55
Mg	0,13
Al	0,28
Si	0,46
P	5,95
Ca	8,75
Pb	34,69



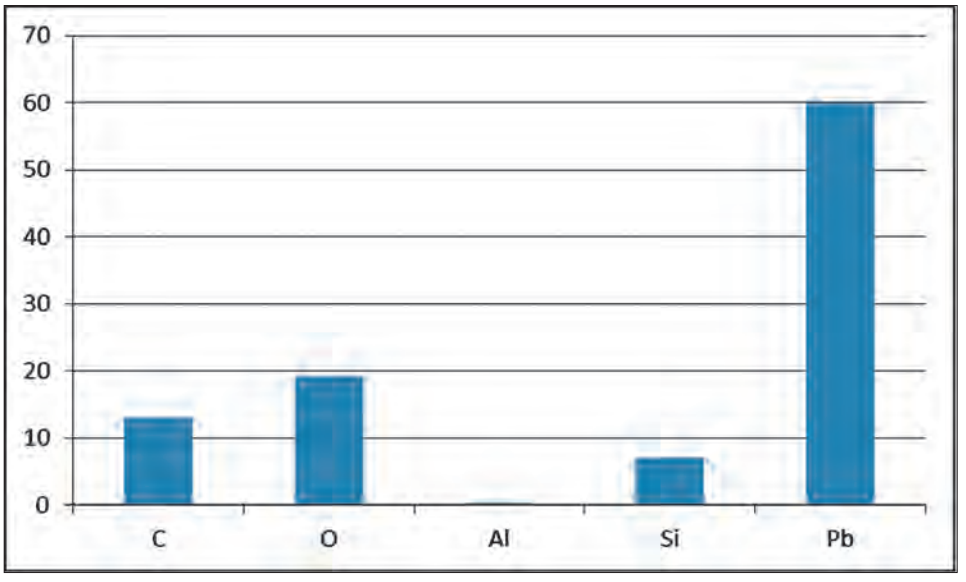
Próbka 2. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu jego powierzchni – pkt 1



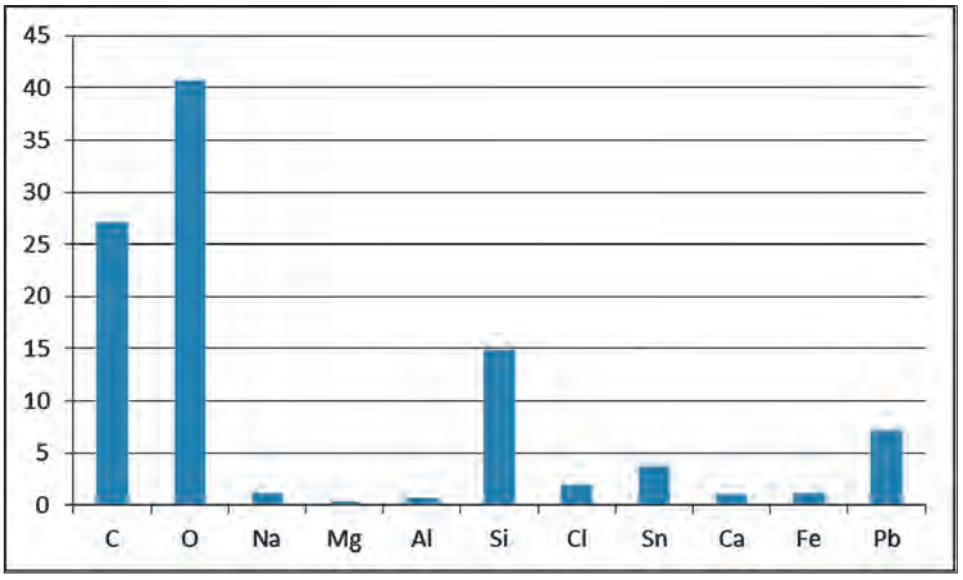
Próbka 2. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu kontaktu z masą ceramiczną – pkt 2

Próbka 3. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 1	
Pierwiastek	**Zawartość [%]**
C	13,04
O	19,17
Al	0,27
Si	7,07
Pb	59,97

Próbka 3. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 2	
Pierwiastek	**Zawartość [%]**
C	27,12
O	40,72
Na	1,21
Mg	0,31
Al	0,68
Si	14,87
Cl	1,92
Sn	3,68
Ca	1,06
Fe	1,23
Pb	7,2



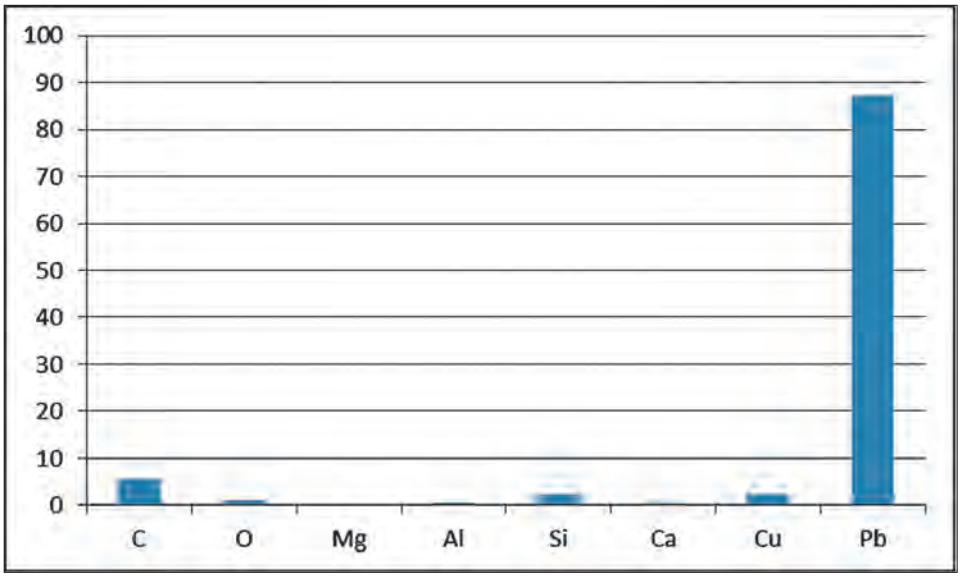
Próbka 3. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu jego powierzchni – pkt 1



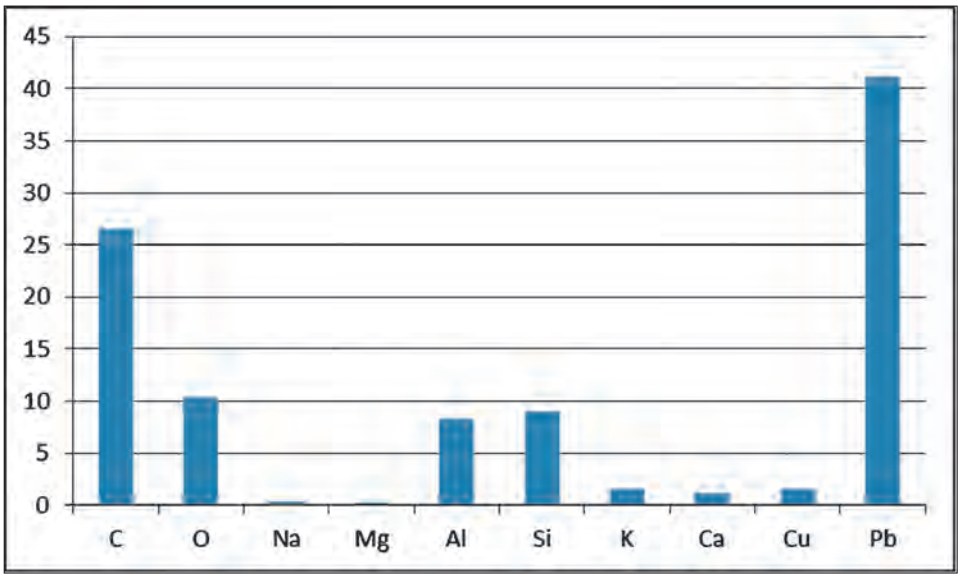
Próbka 3. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu kontaktu z masą ceramiczną – pkt 2

Próbka 4. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 1	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
C	5,67
O	0,94
Mg	0,15
Al	0,56
Si	2,35
Ca	0,48
Cu	2,35
Pb	87,31

Próbka 4. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 2	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
C	26,47
O	10,35
Na	0,36
Mg	0,24
Al	8,21
Si	8,96
K	1,54
Ca	1,2
Cu	1,5
Pb	41,16



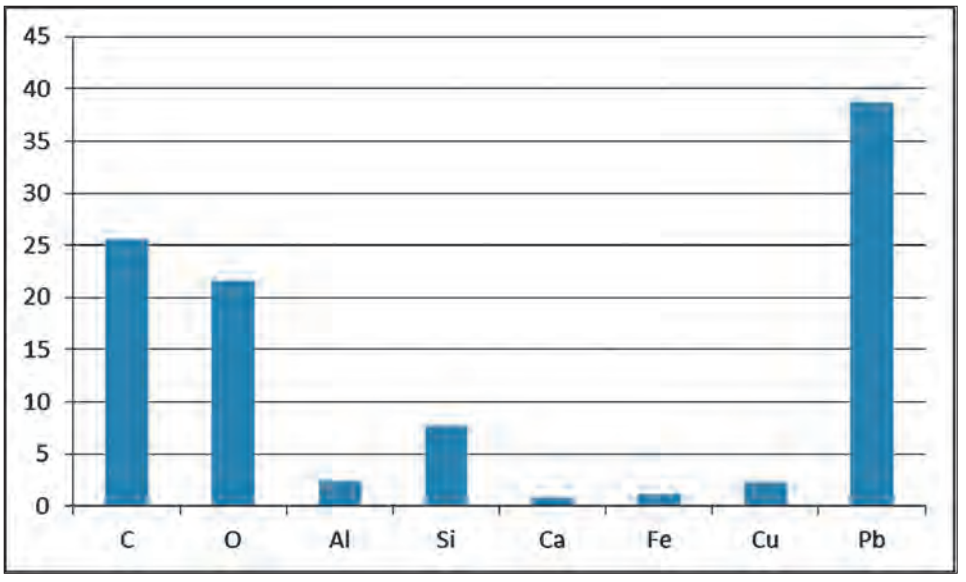
Próbka 4. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu jego powierzchni – pkt 1



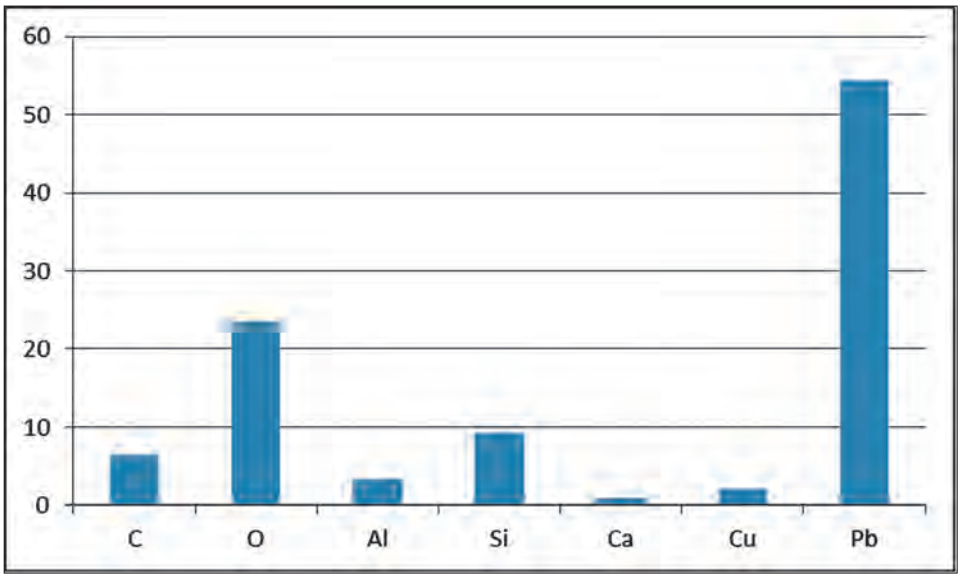
Próbka 4. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu kontaktu z masą ceramiczną – pkt 2

Próbka 5. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 1	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
C	25,57
O	21,6
Al	2,43
Si	7,61
Ca	0,76
Fe	1,13
Cu	2,2
Pb	38,7

Próbka 5. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 2	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
C	6,45
O	23,55
Al	3,4
Si	9,19
Ca	0,94
Cu	2,11
Pb	54,36



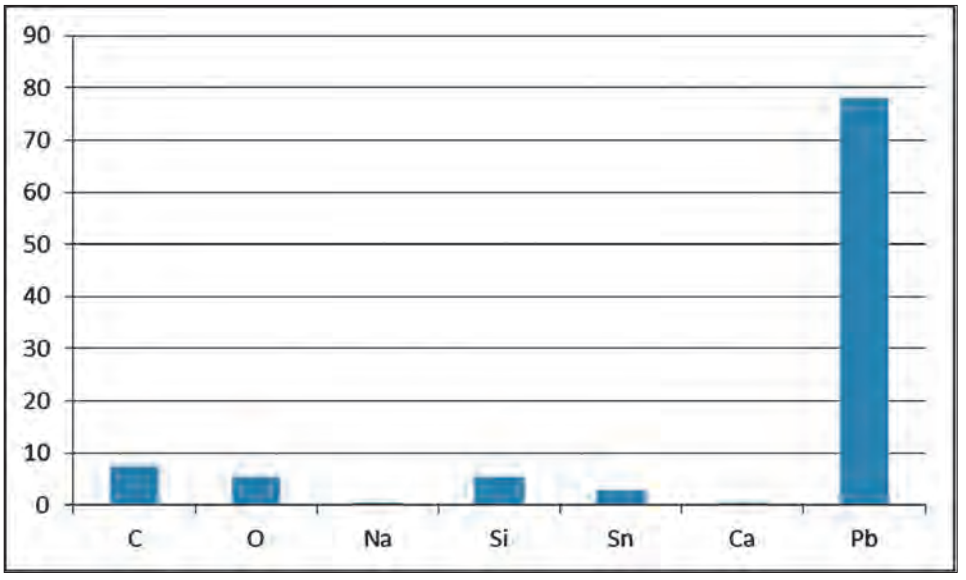
Próbka 5. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu jego powierzchni – pkt 1



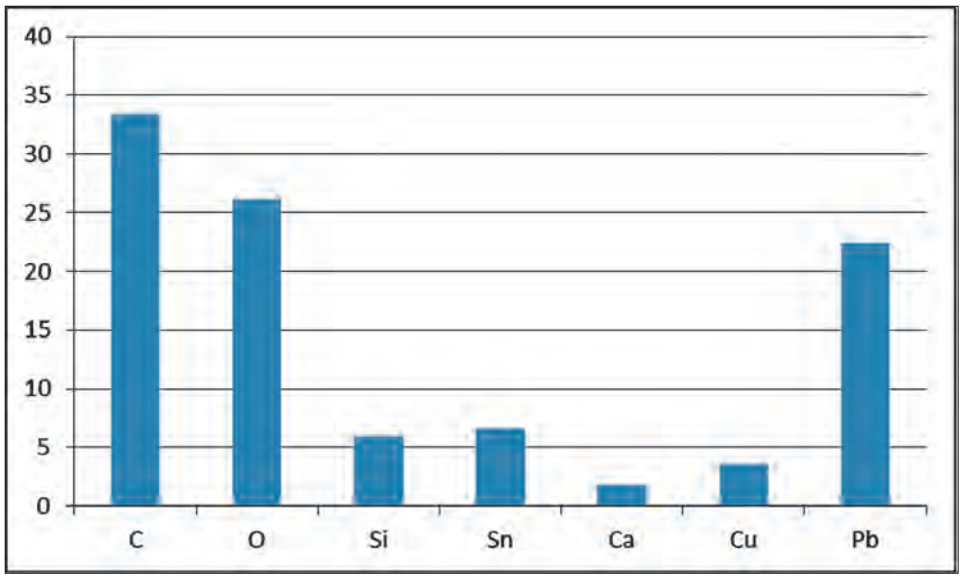
Próbka 5. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu kontaktu z masą ceramiczną – pkt 2

Próbka 6. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 1	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
C	7,37
O	5,38
Na	0,44
Si	5,58
Sn	2,91
Ca	0,49
Pb	77,94

Próbka 6. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 2	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
C	33,43
O	26,16
Si	5,93
Sn	6,64
Ca	1,76
Cu	3,65
Pb	22,44



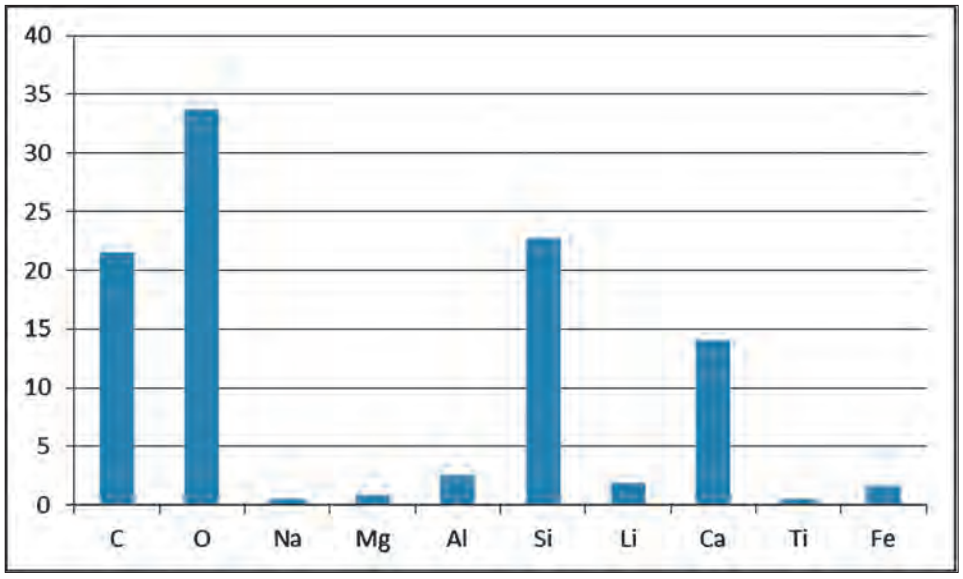
Próbka 6. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu jego powierzchni – pkt 1



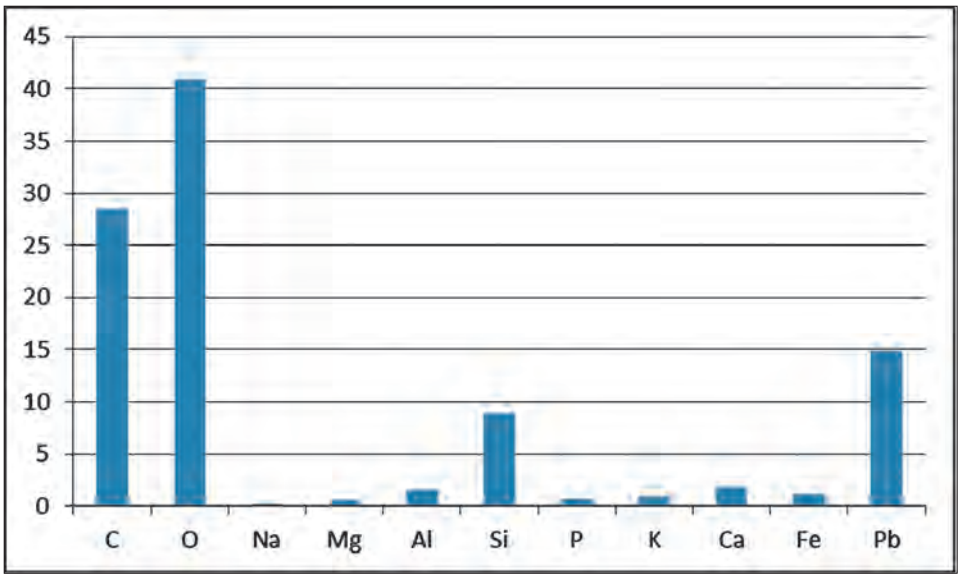
Próbka 6. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu kontaktu z masą ceramiczną – punkt 2

Próbka 7. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 1	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
C	21,51
O	33,72
Na	0,51
Mg	0,83
Al	2,57
Si	22,77
Li	1,94
Ca	14,11
Ti	0,49
Fe	1,55

Próbka 7. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 2	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
C	28,43
O	40,98
Na	0,27
Mg	0,54
Al	1,58
Si	8,84
P	0,65
K	0,94
Ca	1,77
Fe	1,13
Pb	14,88



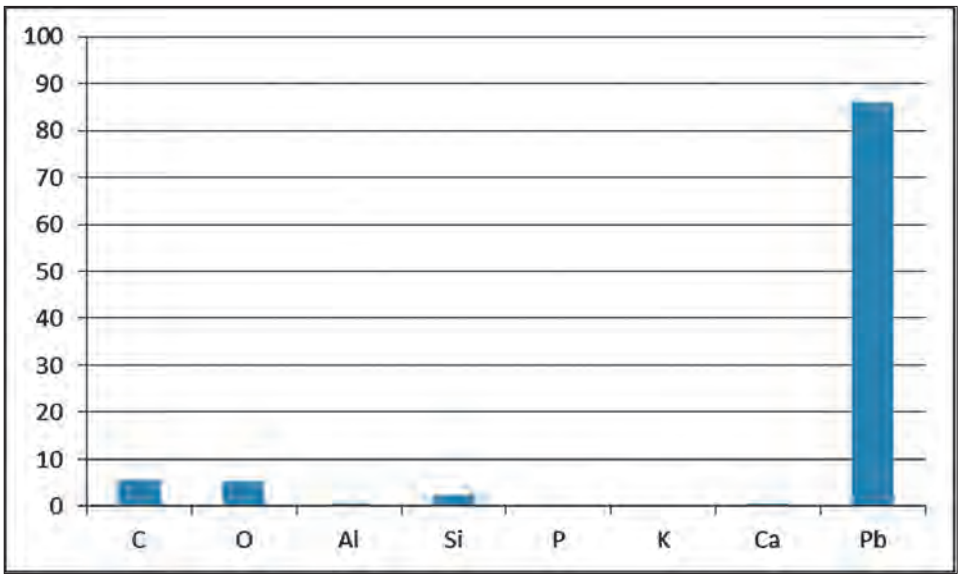
Próbka 7. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu jego powierzchni – pkt 1



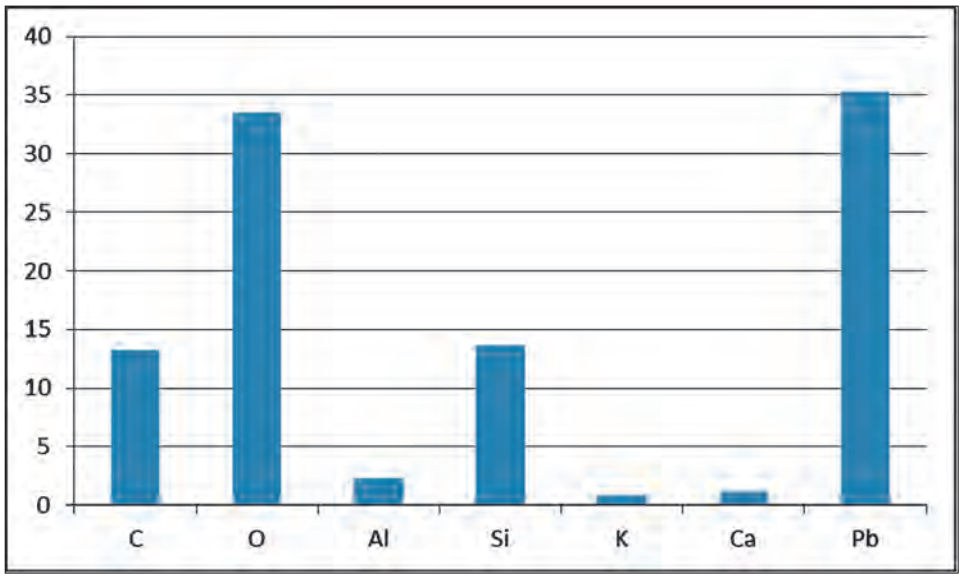
Próbka 7. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu kontaktu z masą ceramiczną – pkt 2

Próbka 8. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 1	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
C	5,6
O	5,17
Al	0,37
Si	2,36
P	0,09
K	0,19
Ca	0,42
Pb	85,79

Próbka 8. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 2	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
C	13,24
O	33,45
Al	2,33
Si	13,67
K	0,83
Ca	1,16
Pb	35,32



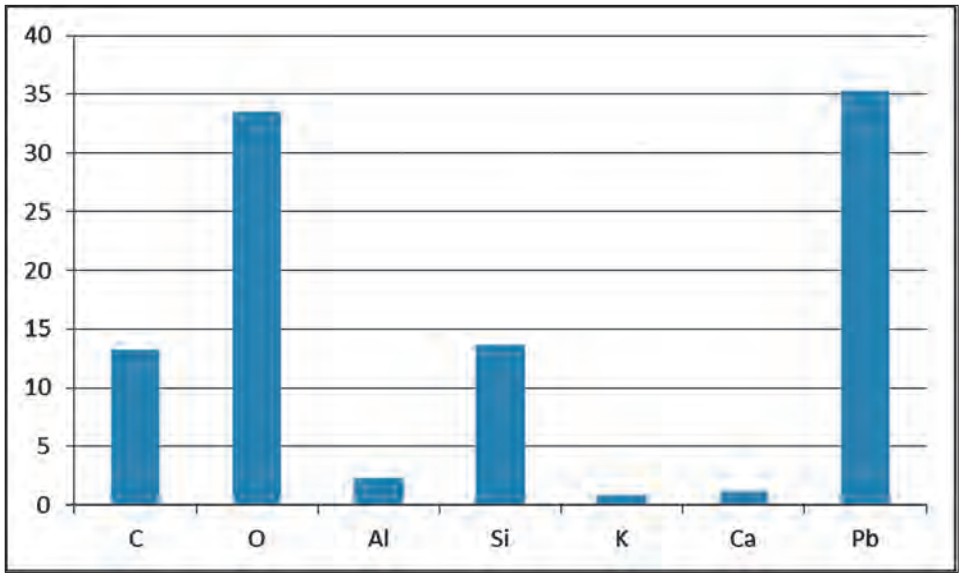
Próbka 8. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu jego powierzchni – pkt 1



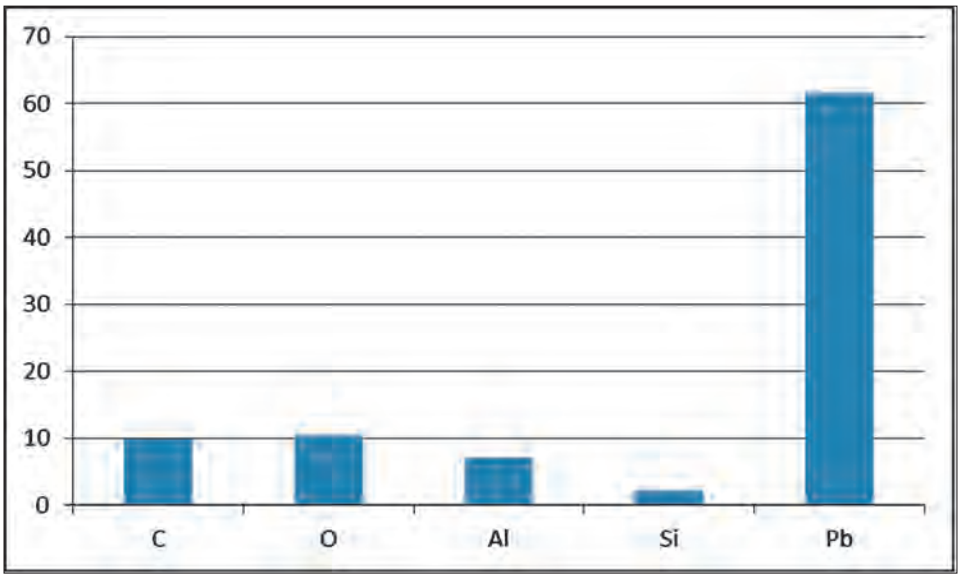
Próbka 8. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu kontaktu z masą ceramiczną – pkt 2

Próbka 9. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 1	
Pierwiastek	Zawartość (%)
C	25,79
O	18,75
Al	1,02
Si	10,73
Pb	43,71

Próbka nr 9. Skład chemiczny szkliwa	
Pkt 2	
Pierwiastek	**Zawartość (%)**
C	9,95
O	10,5
Al	6,98
Si	2,13
Pb	61,54



Próbka 9. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu jego powierzchni – pkt 1



Próbka 9. Wykres składu chemicznego szkliwa w pobliżu kontaktu z masą ceramiczną – pkt 2

Podsumowanie i wnioski

Wykonane badania pozwoliły na pełną charakterystykę, z zastosowaniem nowoczesnych metod, kafli reprezentujących różne okresy historyczne. Wykonano badania zarówno mas ceramicznych, jak i szkliwa.

Masy ceramiczne kafli są pod względem składu mineralnego dwojakiego rodzaju: nieschudzane (próbka 6–8) oraz masy ceramiczne schudzane piaskiem kwarcowym, tłuczonym kwarcem lub tłuczniem granitowym (próbki 1–5, 9–10).

Temperatury wypału mas ceramicznych badanych kafli oscylują wokół 750–800 °C, a wypały w większości przypadków prowadzono w atmosferze utleniającej.

Lokalna produkcja kaflarska reprezentowana jest na pewno przez próbkę 3, w której natrafiono na okruchy krzemieni (prawdopodobnie podkrakowskich).

Ustalenie genezy pozostałych kafli wymaga wykonania badań na większej liczbie prób oraz wykonania badań kafli o ustalonej genezie jako pewnego materiału porównawczego.

Stwierdzono, że kafle barwiono związkami Sn, Cu, Co, P, Ca, Si, Al.

Szkliwo pokrywające kafle ma charakter ołowiowy lub krzemionkowy (szkło).

Szkliwa nanoszono bezpośrednio na masę ceramiczną lub na specjalny podkład zbudowany z mieszaniny bardzo drobnego kwarcu bądź mieszaniny kwarcu i kalcytu dodatkowo mieszanych ze szkliwem ołowiowym (wytwarzanym z tlenków Pb).

Barwienie szkliw wykonywano przez malowanie pigmentami bezpośrednio masy ceramicznej, podkładu lub dodatek barwnika do szkliwa.

Wykonane badania i otrzymane wyniki można traktować jako „reperowe" dla wybranych typów kafli, reprezentujących różne okresy historyczne.

Otrzymane wyniki nie uprawniają jednak do generalizacji dotyczących technologii wytwarzania kafli w poszczególnych okresach historycznych, a nawet w poszczególnych pracowniach kaflarskich.

Prezentowane wyniki powinny być traktowane wyłącznie jako dokładna, lecz wstępna charakterystyka mineralogiczno-surowcowa i technologiczna badanych egzemplarzy kafli.

Petrographic and Mineralogical Analysis of Stove Tiles from Kraków Stoves

A group of ten stove tiles from the collection of the Historical Museum of the City of Kraków was selected for analysis. The samples to be studied represented multi-sized fragments of tiles acquired both in the course of archaeological research, and from individual donators. The particular samples of stove tiles that were singled out for detailed research analysis from the Museum's enormous collection differed macroscopically in terms of the character of the ceramic mass and the types of colour painted decorations and glazes used.

The aim of the research was to characterize the types of ceramic mass used in the production of stove tiles and to identify the chemical and mineralogical profiles of pigments and glazes. The methodology employed in the study included digital, polarization and scanning microscopy, as well as chemical analyses (the EDS method).

The types of ceramic mass used in the examined stove tiles vary in terms of their mineral and gradation composition. Most of them are weakened, mostly with quartz sand, crushed quartz, or admixtures containing crushed granites.

It was determined that all of the glazes used in the examined tiles contained lead. The glaze was applied directly onto the ceramic mass, and in some cases the surface of the tile would be covered with a base coat prior to the glazing process. The colour of the glazed surface was obtained either by adding the pigments directly to the lead glaze, or by applying a thin layer of pigment onto the base coat before the actual glazing.