

## **RESULTS OF MINERALOGICAL EXAMINATION OF BURNED ORGANIC SUBSTANCES. ARCHAEOLOGICAL SITE TELL EL FARKHA, NILE DELTA. EGYPT.**

### **Wyniki badań mineralogicznych spalonej substancji organicznej. Stanowisko archeologiczne Tell el Farkha, Delta Nilu. Egipt**

Pawlikowski Maciej \*

\*/ Dept. Mineralogy, Petrography and Geochemistry, AGH-Univ. Science and Technology,  
Cracow, mpawlik@agh.edu.pl

#### **Abstract**

Organic substances are rarely well-preserved at excavation sites. The older the site, the less of organic substances there is. One of the conditions that favor their preservation is burning without air, i.e. charring. Studies of this type of material require implementing a number of methods used, among others, in mineralogical sciences. Such methods were used in this publication.

Studies of charred substances from the Tel el Fakha site, which are about 5 thousand years old, allowed us to recognize: burnt chopped cereals, burnt bread, wood tar, burnt vegetable tissues, burnt bones and fish bones.

**Key words:** mineralogy, burned organic substance, archaeological site, Egypt.

#### **Streszczenie**

Substancje organiczne w stanowiskach zachowują się rzadko. Im starsze stanowiska tym mniej jest w nich substancji organicznych. Jedną z okoliczności sprzyjających jej zachowaniu jest spalenie bez dostępu powietrza, czyli zwęglenie. Badania tego typu materiału wymagają stosowania szeregu metod stosowanych m.in. w naukach mineralogicznych.

Badania zwęglonych substancji ze stanowiska Tel el Fakha , które mają około 5 tys. lat pozwoliły rozpoznać spaloną siewkę zbożową, spalony chleb, dziegieć. spalone tkanki roślinne, spalone kości i ości ryb.

**Słowa kluczowe:** mineralogia, zwęglona substancja organiczna, stanowisko archeologiczne , Egipt.

## **Badania realizowane w ramach badan statutowych AGH 11.11.140.319**

### **Wprowadzenie**

Stanowisko Tell el-Farcha zostało położone jest w północnowschodniej Deltcie Nilu około 120 km od stolicy Egiptu – Kairu . Zostało ono odkryte przez Włoską Misję Archeologiczną, która rozpoczęła badania Wschodniej Deltty Nilu w 1987 roku. Następnie badania przejęła polsko – egipska ekspedycja kierowana przez prof. K. Ciałowicza i dr. M. Chłodnickiego. (Ciałowicz 1999, 2008, 2009, 2019, 20010, 2012., 2013, Chłodnicki, 2008 Chłodnicki 2012, Dębowska - Ludwin 2012, Mączczyński (Red.) 2012, Ciałowicz, Dębowska - Ludwin 2013, Ciałowicz,).

Przebadane w stanowisku badania są wielowątkowe. Ich główny trzon stanowią badania archeologiczne. Towarzyszą im badania: antropologiczne, botaniczne, ceramologiczne, geofizyczne, geologiczne i in. ( Pawlikowski 2010-a-g, Pawlikowski 2013 a, b,, 2016, Pawlikowski, Strzelczyk 2010, Pawlikowski, Such 2010< Pawlikowski, Fębowska –Ludwin 2011, Pawlikowski, Słowioczek 2012, Pawlikowski, Wasilewski 2012). Otrzymywane wyniki składają się na pełną wielowątkową rekonstrukcję poszczególnych faz aktywności człowieka w tym stanowisku.

Stanowisko z którego pozyskano materiały do badań zlokalizowane jest na trzech niewysokich pagórkach (Kom E, C i W) w pobliżu jednej z niewielkich deltowych odnóg Nilu zamienionych obecnie w kanał. Woda z niego pobierana jest do nawadniania pól. O lokalizacji stanowiska decydowała zarówno obecność wody jak i geomorfologia terenu (Pawlikowski 2013). W stanowisku na wszystkich trzech wzgórkach uruchomiono trzy duże wykopy archeologiczne. Materiał pobrany do badan pochodził z wszystkich trzech wykopów.

Prezentowana publikacja ma za zadanie uzupełnić te badania o rozpoznanie odkrytych w stanowisku różnych rodzajów spalonej substancji organicznej

## **Material i metody badań**

Badanie substancji zwęglonych odkrytych w stanowiskach archeologicznych może się opierać na kilku elementach takich jak morfologia, struktura, skład chemiczny i mineralny. W prezentowanej publikacji przedstawiono wyniki badań, różnego rodzaju zwęglonej substancje organicznej. Miały one na celu identyfikację tych substancji i prześledzenie procesów ich uwęglenia i tym samym wzbogacenie wiedzy o aktywności człowieka w tym stanowisku.

W badaniach stosowano mikroskopie cyfrową, polaryzacyjną (mikroskop firmy Motic (produkcji. chińskiej) i skaningową (mikroskop FEI QUANTA 200 FEG (produkcji. amerykańskiej). Przeprowadzono także analizy chemiczne wytypowanych prób, które wykonano metodą EDS (analizator sprzężony z SEM).

## **Wyniki badań**

### **Spalenizny z ognisk**

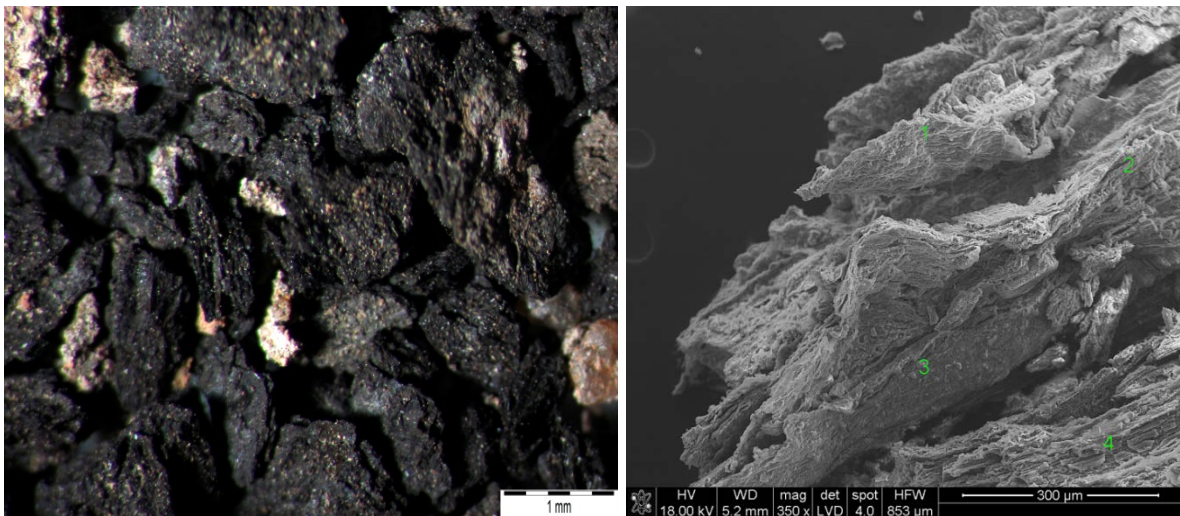
Podjęto szczegółowe badania spalenizny znajdującej się w rozmytych ogniskach w różnych miejscach stanowiska (Fot. 1 A, B). Stosowano mikroskopie skaningowa i polaryzacyjna oraz analizy chemiczne metodą EDS. Badania w świetle spolaryzowanym pozwoliły rozpoznać także zachowany organiczny materiał, który nie został spalony, a był używany do palenia w ogniskach. Materiałem tym była głównie słoma pochodząca ze zbóż uprawianych w Tel el Farhka. W związku z powyższym materiał po spaleniu reprezentują nie węgielki, a agregaty sadzy – węgla (Fot. 2A), które budują różnej wielkości agregaty o kształtach kuleczkowatych lub porowate agregaty zbudowane z mikroziarn węglowych (Fot. 2B).



A

B

Fot. 1 A –Kom centralny, ognisko w profilu, ściana S –poziom ponad browarami. B - Kom wschodni, ogniska w poziomie podstawy mastaby od strony wschodniej.



A

B

Fot. 2 A – obraz uwęglonych fragmentów słomy z ogniska w pobliżu mastaby B – obraz uwęglonych tkanek słomy z ogniska w pobliżu mastaby. SEM.

Uwęglenie organicznych fragmentów spalonych roślin dowodzi, że ich spalanie odbywało się bez dostępu powietrza. Spalanie przy dostępie powietrza prowadzi do powstawania szarego popiołu i  $\text{CO}_2$ . Przy spalaniu beztlenowym ze spalanej substancji organicznej powstaje węgiel. Odprowadzane są z niej w trakcie wygrzewania: woda, azot, siarka i in., a zostaje niemal czysty węgiel.

Taki sposób powstawania badanych węgielków obserwuje się w wielu miejscach stanowiska. Dowodzi to, że po rozpoczęciu spalania ogień został specjalnie lub przypadkowo zasypany, a spalana substancja uległa zwęgleniu a nie spaleniu.

Węgielki powstające w trakcie takiego procesu mają wyjątkowo dużą porowatość, a zatem dużą powierzchnię sorpcyjną. W związku z tym węgielki ze ognisk znajdujących się w pobliżu mastaby w komie E poddano analizom chemicznym w celu sprawdzenia czy po tysiącach lat nie zaabsorbowały one pierwiastków znajdujących się w ich otoczeniu.

Analizy chemiczne węgielków z ogniska C wykonane metodą EDS potwierdziły obecność w nich śladowych ilości miedzi Fig. 1

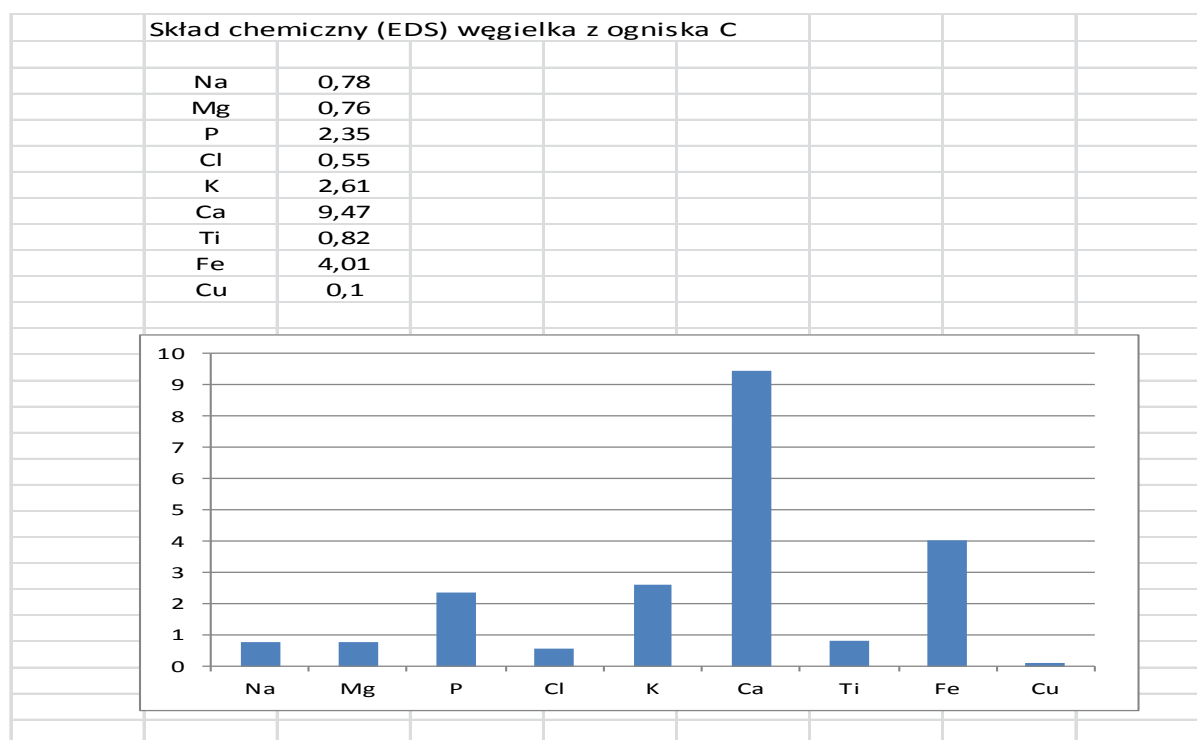


Fig. 1 Tabelka i wykres zawierająca wyniki oznaczeń pierwiastków w węgielkach z ogniska C (stanowisko Telk el Farkha).

Otrzymane wyniki dowodzą, że węgielki z tego ogniska (C) po prawie 5 tys. lat zaabsorbowały z otoczenia sód, magnez, fosfor, chlor potas, wapń, żelazo, tytan i a co jest zwłaszcza interesujące także śladowe ilości miedzi (około 0,1 %). Może to sugerować występowanie w pobliżu badanego ogniska zabytków

zawierających miedź. Może to być sprawdzone dalszymi pracami wykopaliskowymi choć w znajdującym się w pobliżu już wyeksplorowanym grobie nr 55 odkryto duże, skorodowane harpuny miedziane.

### Spalenizna w pobliżu pieca

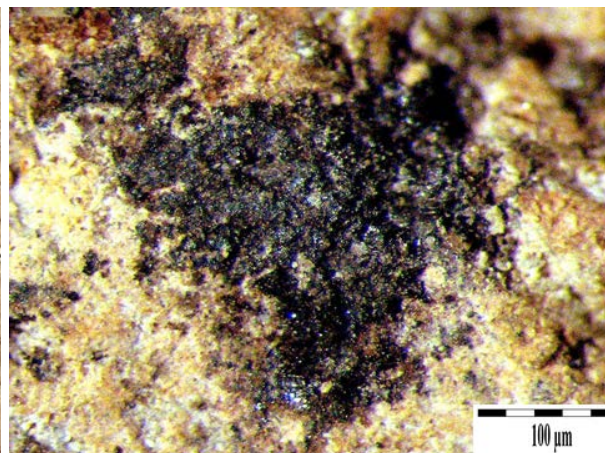
Powszechnym zjawiskiem jest występowanie spalenizny w pobliżu pieców służących do pieczenia chleba -placków (Fot 2,A). Po piecach tych przeważnie pozostała jedynie najniższa część, która prawdopodobnie wkopana była w ziemię.

W pobliżu jednego z pieców (obiekt 201- kom C) natrafiono na spaleniznę, którą wzięto do badań (Fot. 3 B). W obserwacjach mikroskopowych rozpoznano fragmenty ziarn zbóż oraz niekiedy niemal całe, spalone ziarna (Fot. 3 C). W związku z powyższym próbkę przeznaczono do badań przy pomocy mikroskopu skaningowego. Wykazały one, że badany materiał jest organiczny i drobnoziarnisty miejscami pokryty śladami pleśni (Fot. 3 D). Analiza chemiczna wykonana metodą EDS potwierdziła, że materiał zbudowany jest z niemal czystego węgla zawierającego ślady fosforu pochodzącego prawdopodobnie z dekomonowanych kości pochówków znajdujących się w pobliskich grobach.(Fot. 3 E).

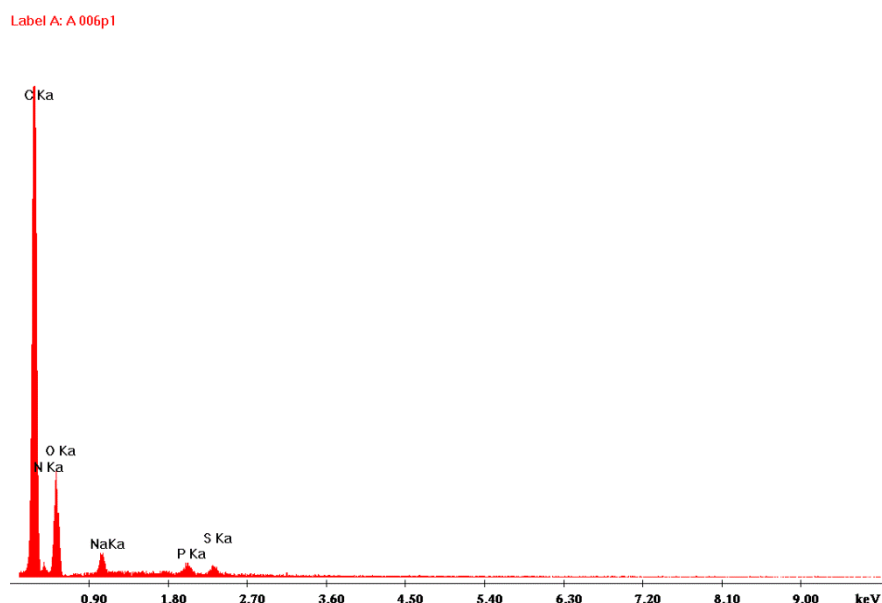
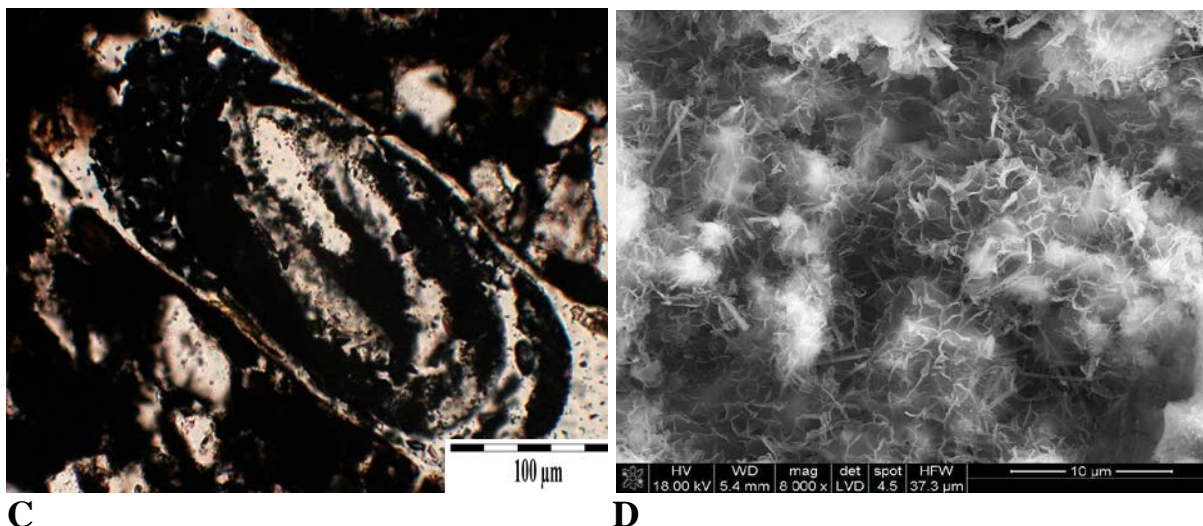
Wykonane badania sugerują że badana substancja może być okruchem spalonego chleba lub placka.



A



B



### E

Fot. 3 A - fragment dolnej części pieca do pieczenia chleba. B - Spalenizna z pieca. C – obraz mikroskopowy spalonego i zdeformowanego ziarna. Mikroskop polaryzacyjny, 1 polaroid, powiększenie 30 x. D – struktura spalenizny (spalonego chleba?) pokryta miejscami grzybnią (włoski). Mikroskop skaningowy. E – widmo energetyczne (EDS) spalonego chleba? Pokaznego na fot. D

### Spalenizny na zewnętrznej powierzchni naczyń (sadza)

Na powierzchniach naczyń ceramicznych występują tu dwa rodzaje węglistej substancji organicznej. Pierwszy typ to sadza, drugi to smołowata naciekowa maź.

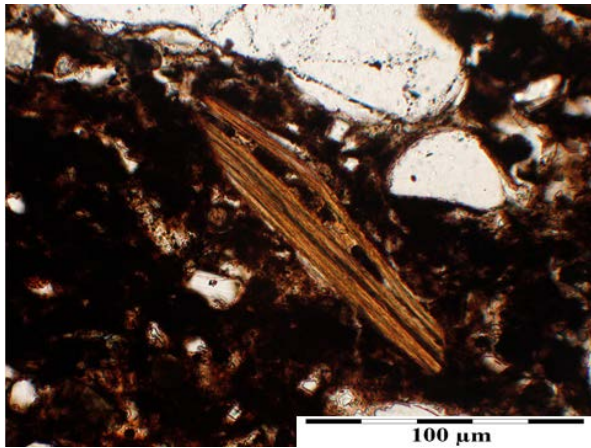
## Sadza

Sadza z zewnętrznej powierzchni naczyń (Fot. 4) ujawnia w obserwacjach mikroskopowych swój organiczny charakter. Napotyka się w niej obok nieregularnych mikroziarn sadzy strzępki nadpalonej lub spalonej słomy (Fot. 5 A, B). Obserwacje wykonane przy pomocy mikroskopu skaningowego wskazują, że struktura tej sadzy może być bardzo drobnoziarnista, a poszczególne jej ziarna mogą mieć wielkość nawet kilku mikrometrów (Fot. 5C). Powstanie i osadzenie się takiej sadzy jest ewidentnie dowodem trzymania naczyń na ogniu, a rozkład sadzy na powierzchni naczyń sugeruje, że nie był to piec tylko ognisko. W przypadku pieca sadzą jest pokryta głównie część denna naczyń. Natomiast badane naczynia mają niemal całe ścianki pokryte sadzą łącznie z wylewem

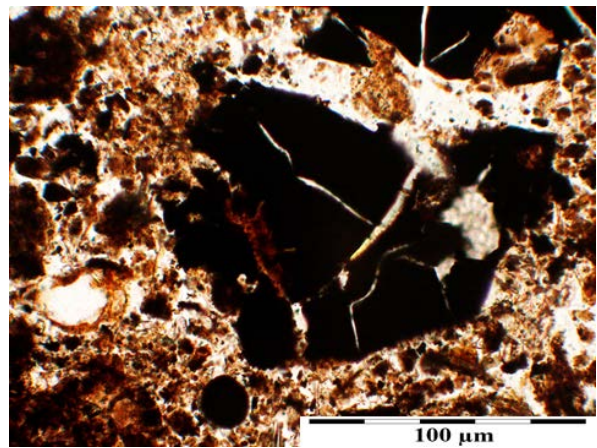


Fot. 4 Naczynie pokryte z zewnątrz spaloną substancją organiczną,

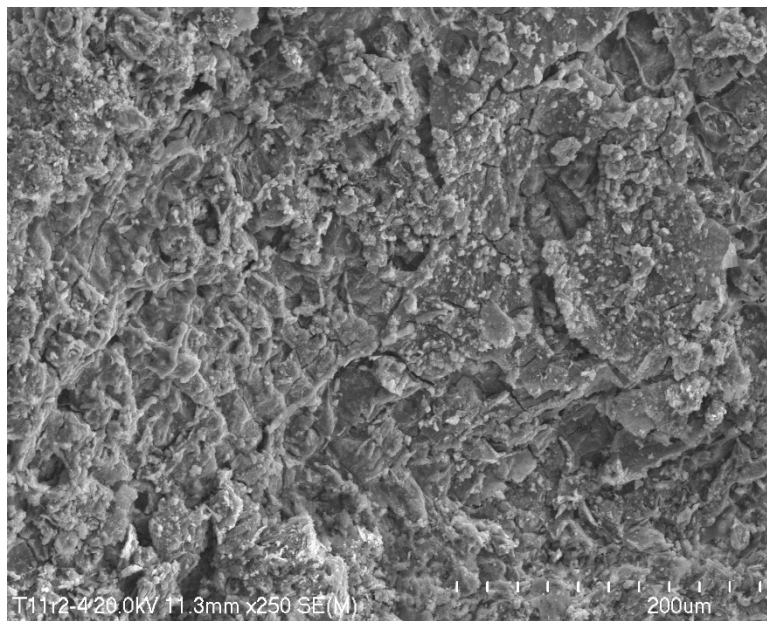




**A**



**B**



**C**

Fot. 5 A, B - niedopalone źdźbła słomianej siczki w spalonym materiale z powierzchni naczynia z fot. 3 Mikroskop polaryzacyjny, 1 polaroid, powiększenie 20 x. C – mikrofotografia wewnętrznej powierzchni ceramiki ze śladami spalenizny w formie rozproszonych spalonych fragmentów „ziarn”. SEM.

### **Dziegć?**

Ten typ substancji ma formę naciekową i pokrywa nieregularnie, plamiście wiele zewnętrznych, a niekiedy także wewnętrznych ścianek ceramicznych naczyń. Dotyczy to naczyń o różnym przeznaczeniu, głównie tych które wyjęto z grobów (Fot. 6 A, B). Przypomina ona strukturalnie smołę.

Szczegółowe badania przy pomocy mikroskopu skaningowego wskazują, że substancja jest bezstrukturalna (Fot. 7). Jej podgrzewanie wskazuje, że temperaturze około 150 ° C uplastycznia się i może płynąć. W trakcie podgrzewania wydziela zapach charakterystyczny dla żywic, a nie dla smoły pochodzącej z węglowodorów (ropy).

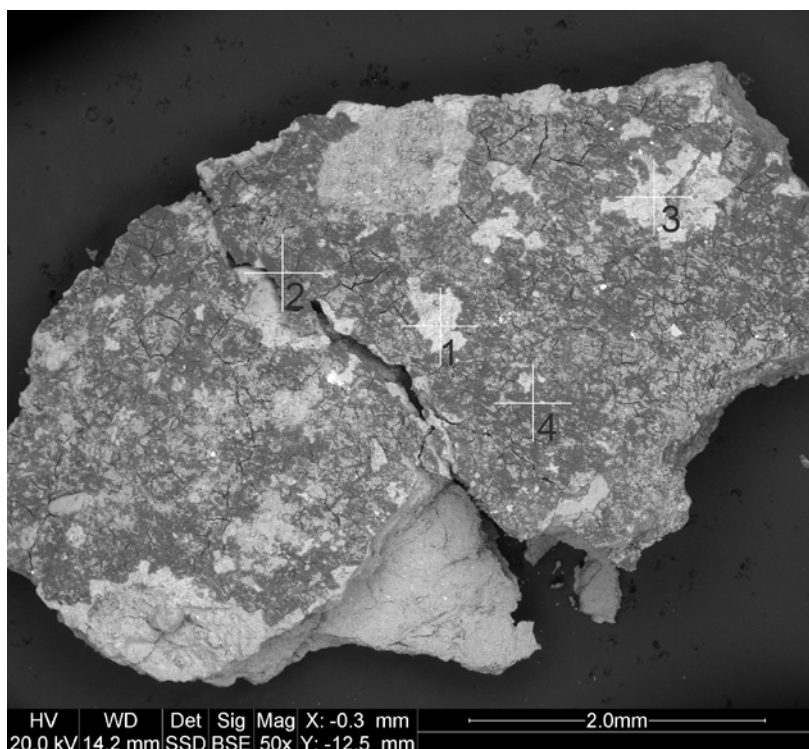


**A**



**B**

Fot. 6 A - organiczna substancja przypominająca smołę ( dziegć?) na zewnętrznej ścianie wypalonego naczynia ceramicznego , B – organiczna substancja przypominająca smołę na zewnętrznej powierzchni małego naczynia kamiennego (alabastrowego).



Fot. 7 – fragment ciennej smolistej warstwy asfaltopodobnej substancji z powierzchni naczynia, który poddano badaniom SEM-EDS.

Analizy chemiczne badanej substancji wskazują, że jej głównym składnikiem jest węgiel i tlen (Tab. 1). Zawiera ona także domieszki innych pierwiastków w tym manganu, wapnia, fosforu i in. (Fig. 2).

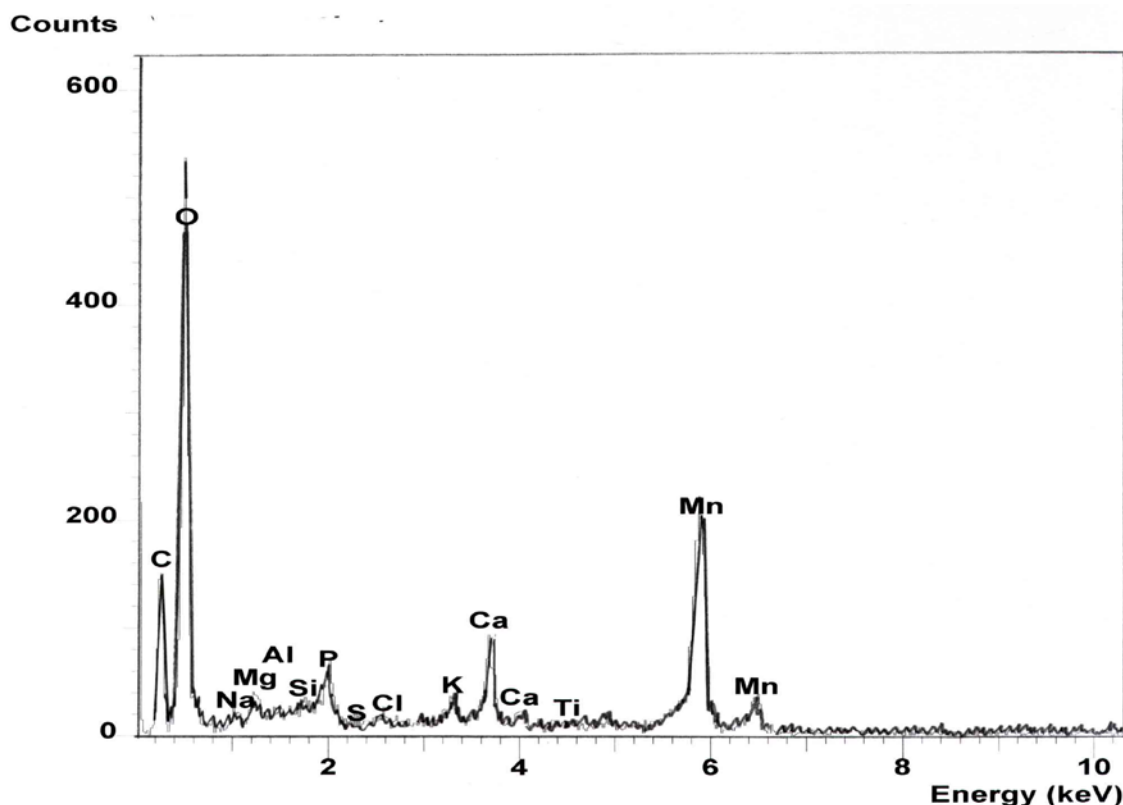


Fig. 2 Energetyczne widmo EDS dziegiu z powierzchni naczynia ceramicznego. Obok węgla i tlenu dziegieć zawiera niewielkie ilości manganu, wapnia, fosforu i in.

Tab. 1

Wyniki oznaczeń chemicznych (EDS) smolistej substancji pokazanej na fot. 7.

<i>Element</i>	<i>Wt [%]</i>	<i>At [%]</i>	<i>K-Ratio</i>	<i>Z</i>	<i>A</i>	<i>F</i>
<i>C</i>	85,15	88,51	0,68	1,0026	0,7991	1,0001
<i>O</i>	14,55	11,36	0,02	0,9859	0,1539	1,0000
<i>Si</i>	0,30	0,13	0,00	0,9458	0,9071	1,0000
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>100</i>				

Otrzymane wyniki wskazują, że badaną substancją jest raczej dziegieć niż smoła powęglowodorowa. To rozpoznanie może sugerować także, że w mumifikacji nie używano asfaltów czy smoły, a właśnie dziegiu.

Z badań wynika także, że stosowano go, zamiast pokrywek (których jeszcze wówczas prawdopodobnie nie znano) do pokrywania (zalewania) i zabezpieczania zawartości składanej w ceramicznych naczyniach do grobów.

Tak zabezpieczone naczynia można oglądać między innymi w muzeum kairskim na pierwszym piętrze w dziale mumifikacji zwierząt.

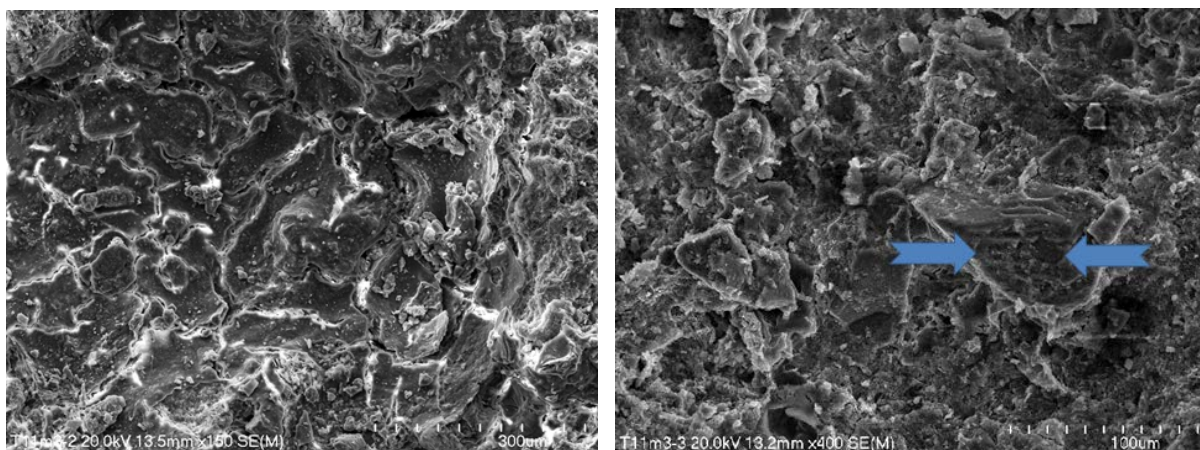
## **Spalenizny z wnętrza naczyń**

### **1. Tkanki roślinne**

Stopień przeobrażenia uwęglonych szczątków organicznych oraz wtórne zmiany związane z długotrwałym przebywaniem materiału w warstwach archeologicznych powodują, że „spalenizna” znajdująca się w naczyniach (Fot. 8 A) jest praktycznie bezstrukturalna i nie wykazuje cech pozwalających na jej identyfikację. Dowodzą tego zarówno obserwacje prowadzone przy pomocy mikroskopu polaryzacyjnego jak i badania przy pomocy mikroskopu skaningowego (Fot. 8 B, C).



A



**B**

**C**

Fot. 8 A - naczynie z wewnętrznych ścian którego pobrano próbki do badań. B – bezstrukturalna zwęglona masa organiczna z wewnętrznej ścianki naczynia. C – obraz substancji organicznej z wewnętrznej ścianki naczynia. Strzałkami zaznaczono miejsce występowania zwęglonych sturur tkankowych. Mikroskop skaningowy.

Oznaczony metoda EDS skład chemiczny spalenizny (Tab. 3) wskazuje, że obok dominującego węgla i tlenu spalenizna zawiera krzem, glin, żelazo i potas (Tab. 3). Ich obecność podobnie jak obecność fosforu w spaleniznie można wiązać zarówno z procesami mineralizacji wtórnej, a być może także częściowo z tym co było gotowane w naczyniu i potem uległo zwęgleniu.

Tab. 3

Skład chemiczny (EDS) spalonych organicznych tkanek z wewnętrznej ścianki ceramicznego naczynia

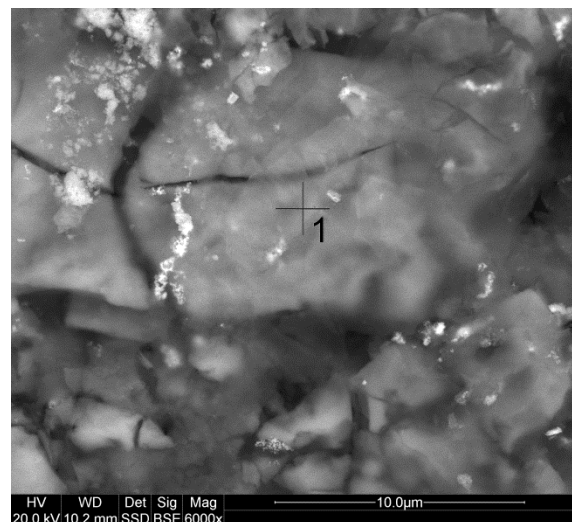
<b>Element</b>	<b>Wt %</b>
C	45.57
O	34.40
Mg	0.00
Al	2.93
Si	9.97
P	2.42
K	0.55
Fe	4.17

## 2. Fragmety ości ryb

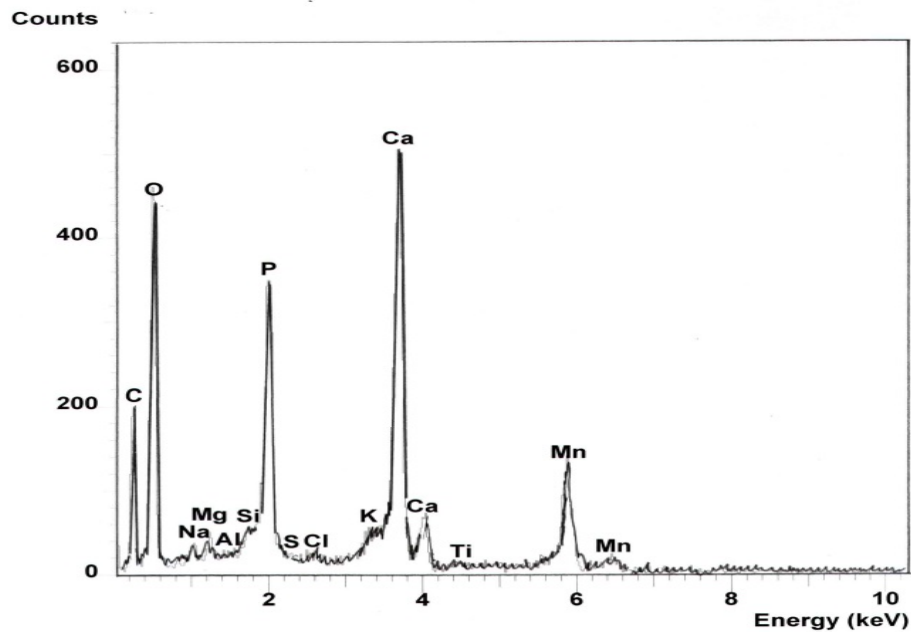
W śladach spalenizyny, która zachowała się w przydennej części jednego z ceramicznych naczyń napotkano fragmentek przepalanej ości rybiej o wielkości 0,4 mm (Fot. 9 A). Badania prowadzone przy pomocy mikroskopu skaningowego dowodzą, że ość jest nadpalona, a nie spalona co spowodowało liczne deformacje i pęknięcia jej części powierzchniowej (Fot. 9 B). Zupełne spalenie ości (ale też kości) prowadzi do pełnego uwęglenia kolagenu (białka), dysocjacji hydroksyapatytu i całkowitej deformacji struktury. Tak więc nadpalenie, a nie spalenie jest zbiegiem okoliczności sprzyjającym zachowaniu się tego typu materiału. Potwierdzają to analizy chemiczne (EDS) dowodząc obecności we fragmencie ości zarówno fosforu jak i wapnia (Fot. 9 C). Towarzyszy im mangan, który bez wątpliwości jest pierwiastkiem wtórnie doprowadzonym do artefaktu wodami gruntowymi z warstw antropogenicznych.



**A**



**B**



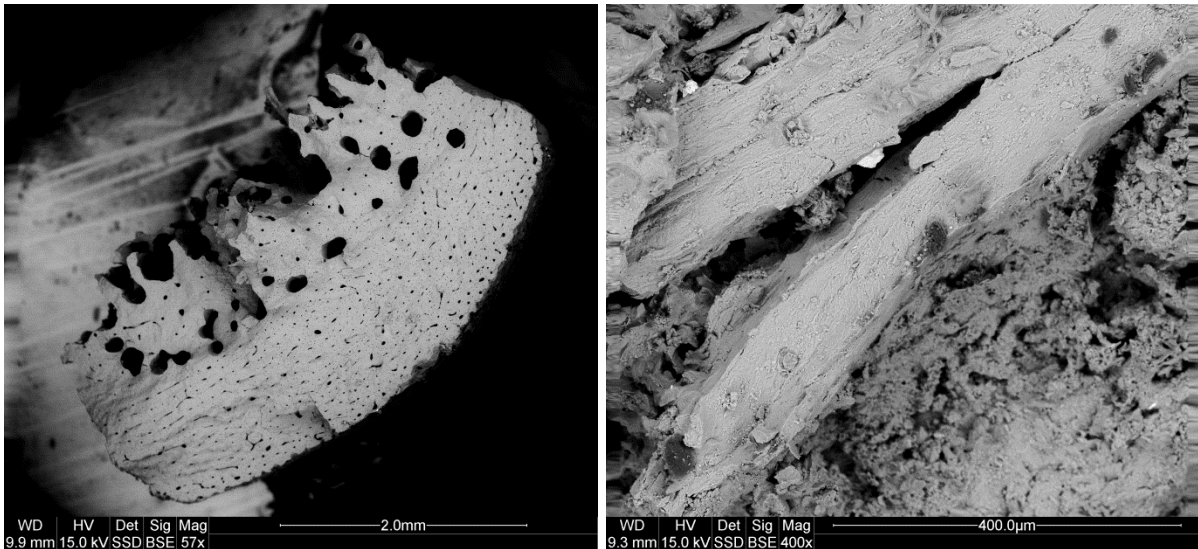
Fot. 9 A - powiększony obraz fragmentu ości z wewnętrznej ścianki przepalonego naczynia ceramicznego. B – Mikroskopowy obraz nadpalonego i spękanego fragmentu ości (SEM). C - widmo energetyczne (EDS) fragmentu nadpalonej ości z naczynia ceramicznego.

### 3. Fragmenty przepalonych kości z ceramicznego naczynia

Materiał zeszkrobany z wewnętrznej ścianki fragmentu przepalonego naczynia ceramicznego przeznaczono do badań metodą SEM-EDS. Prowadząc obserwacje już przy niewielkich powiększeniach w homogenicznej, bezpostaciowej masie organicznej spalenizny napotkano mikrookruszki nadpalonych kości. Ich wielkość nie przekracza 3,5 mm choć z regóły są one znacznie drobniejsze.

Stopień ich zachowania jest różny. Fragmenty większe i mniej nadpalone są lepiej zachowane (Fot. 10 A), zaś drobniejsze i mocniej nadpalone są w różnym stopniu zdeformowane i spękanne (Fot. 10 B). Zróżnicowany jest także stopień mineralizacji kości. Kości lepiej zachowane zawierają głównie





**A**

**B**

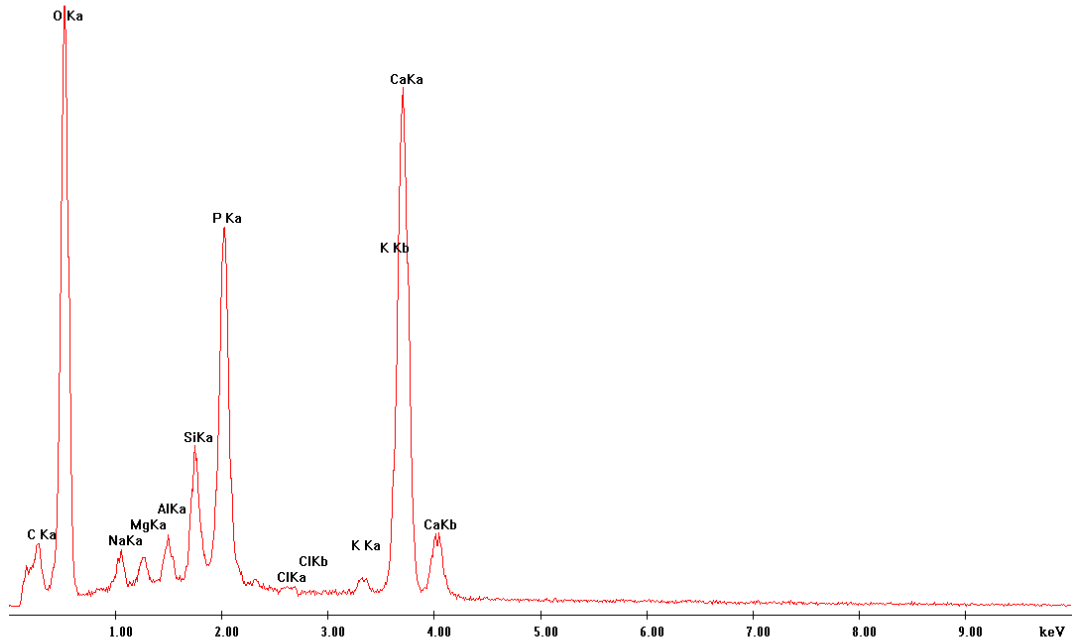
Fot. 8 A – mikrofragment kości korowej na kontakcie z kością gąbczasta. B- termiczne spekania mikrofragment kości korowej. SEM.

fosfor i wapń w ilościach zbliżonych do składu chemicznego niezmiennych kości. W badanych próbkach towarzyszą im często śladowe ilości minerałów ilastycy – glinokrzemianów (Fig. 3 A). Fragmenty kości przepalonych zawierają niekiedy obok fosforanów wapnia spore domieszki innych pierwiastków (Fig. 3 B). Jest to bez wątpliwości związane z wtórną ich mineralizacją, a być może także z obecnością w ich aneury (tzw. gąbczastej części kości) śladów osadów mineralnych z warstw geologicznych stanowiska.

Występowanie tak zróżnicowanej mineralizacji (domieszek) w badanych kostkach zależy bez wątpliwości od stopnia ich przepalenia (Pawlikowski, Niedźwiedzki 2002). . Kostki nie przepalone, lepiej zachowane i mniej spękane są mniej narażone na penetrację wtórnych roztworów, a tym samym na wtórną mineralizację. Kostki przeobrażone termicznie i spękane są bardziej narażone na mineralizację wtórną.

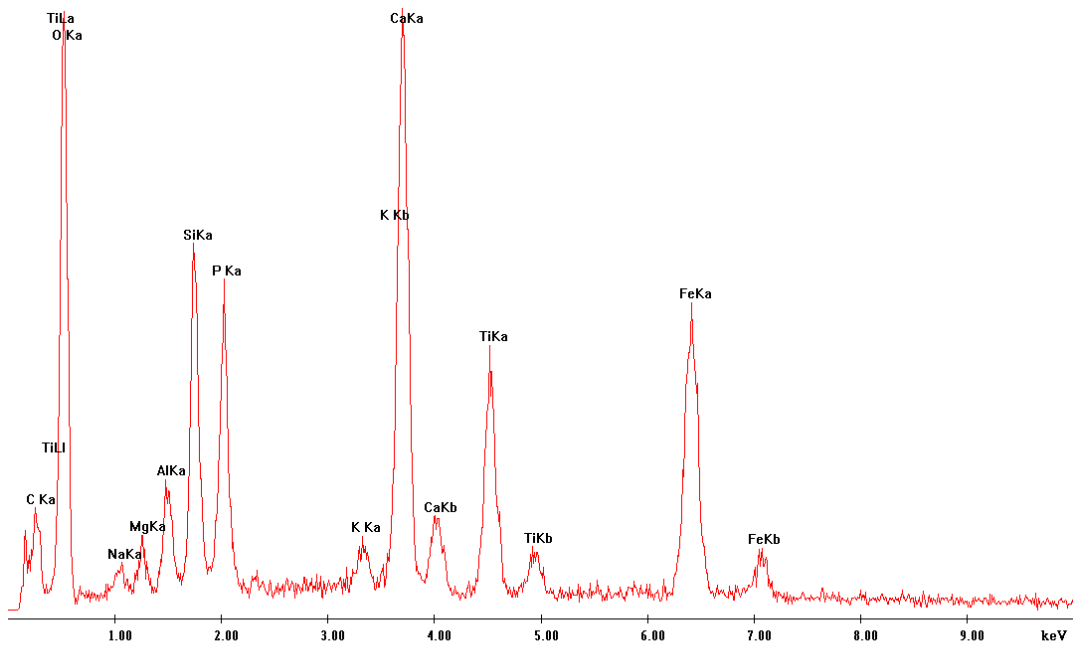
Współwystępowanie ze sobą w jednym naczyniu fragmentów kostek o różnym stopniu przeobrażenia termicznego wskazuje, że przepalenie prawdopodobnie nastąpiło po rozbiciu naczynia i jego wpadnięciu do ognia, bowiem w naczyniu w którym się coś gotuje temperatura jest raczej równomierna, a zatem przeobrażenia termiczne kostek byłyby do siebie zbliżone.

Label A: Chlorite [Nrm.%= 38.86, 20.96, 34.83, 1.14, 3.84, 0.28]



**A**

Label A: Chlorite [Nrm.%= 38.86, 20.96, 34.83, 1.14, 3.84, 0.28]



**B**

Fig. 3 Widma energetyczne EDS przepalonych kości z wewnętrznej ścianki naczyń ceramicznych. A – widmo kości dobrze zachowanej zawierającej śladowe ilości wapnia i glinokrzemianów ( minerały ilaste) B – widmo energetyczne EDS mocno przepalonej kostki zawierającej obok wapnia i fosforu wtrącenia glinokrzemianów, związków żelaza i in.

## **Podsumowanie**

Badania substancji organicznych, a zwłaszcza zwęglonych substancji organicznych, które występują w stanowiskach archeologicznych są jedyną okazją pełniejszego poznania diety ówczesnych ludzi (Michel i in. 1992, 1993, Hendricks i in. 2002). Należy podkreślić, że do uwęglenia substancji organicznej potrzebne są szczególne warunki, to znaczy wysoka temperatura i brak dostępu powietrza. Wówczas ma miejsce proces koncentrowania się węgla (uwęglenia), a nie spalanie. Spalanie występuje przy dostępie powietrza, a produktem tego procesu nie są zwęglone szczątki organiczne lecz najczęściej szary, nie identyfikowalny popiół.

Organiczne zwęglone substancje są zdeformowane w stosunku do składników pierwotnych. Jest to efektem zarówno procesu uwęglenia (zwęglenia) jak i wtórnych procesów występujące w stanowiskach po zakończeniu ich funkcjonowania. Często ten czas po zakończeniu funkcjonowania stanowiska jest wielokrotnie dłuższy niż czas w którym w stanowisku mieszkali i aktywnie działali ludzie. Ponad to zwęgloną substancję organiczną wtórnie mineralizują roztwory migrujące przez stanowisko. To z nich w obrębie uwęglonych substancji wytrącają się związki mineralne, których obecność można wykryć czułymi metodami chemicznymi.

Pomimo tych trudności rozpoznanie zwęglonych szczątków organicznych używanych przez ludzi setki i tysiące lat temu niezwykle wzbogaca obraz przeszłości, który w sposób naturalny staje się w miarę upływu mijających lat coraz mniej i mniej czytelny.

## **Literatura**

Chłodnicki M., Ciałowicz K.M., 2008 Tell el-Farcha – Preliminary Report 2006, „Polish Archaeology in the Mediterranean”, Reports XVIII, Warszawa, , s. 127–153.

Chłodnicki M., 2012 History of the research, [w:] M. Chłodnicki, K.M. Ciałowicz, A. Mączyńska (red.), Tell el-Farcha I. Excavations 1998–2011, Poznań–Kraków, s. 9–15.

Ciałowicz K.M., 1999 Początki cywilizacji egipskiej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Kraków, s. 6.

Ciałowicz K.M., 2008 Dziesięć lat badań na Wzgórzu Kurczaka (Tell el-Farcha), „Alma Mater”, nr 99, s. 200–209.

Ciałowicz K.M., 2009 The Early Dynastic Administrative-Cultic Centre at Tell el-Farcha, „British Museum Studies in Ancient Egypt and Sudan”, nr 13, 2009, s. 83–123.

Ciałowicz K.M., 2010 Tell el-Farcha – zapomniana stolica Egiptu w Delcie Nilu, „PAUza Akademicka”, nr 99, Kraków, s. 1–4.

Ciałowicz K.M., Dębowska-Ludwin J., 2013 Tell el-Farcha and its Implications for Understanding the Earliest Architecture of Lower Egypt, „Studies in Ancient Art and Civilization”, nr 17 (17), Kraków, s. 25–40.

Dębowska-Ludwin J., 2012 The Cemetery, [w:] M. Chłodnicki, K.M. Ciałowicz, A. Mączyńska (red.), Tell el-Farcha I. Excavations 1998–2011, Poznań–Kraków, s. 53–75.

Hendrickx S., Faltings D., Op de Beeck L., Raue D., Michiels C., 2002 Milk, Beer and Bread Technology during the Early Dynastic Period, „Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts Abteilung Kairo”, vol. 58, s. 277–304.

Mączyńska A. (red.), 2012 Tell el-Farcha I. Excavations 1998–2011, Poznań–Kraków, s. 77–86.

Michel R.H., McGovern P.E., Badler V.R., 1992 Chemical Evidence for Ancient Beer, „Nature”, vol. 360, s. 24.

Michel R.H., McGovern P.E., Badler V.R., 1993 The First Wine & Beer. Chemical Detection of Ancient Fermented Beverages, „Analytical Chemistry”, vol. 65, nr 8, s. 408–413.

Pawlikowski M., Niedźwiedzki T., 2002 Mineralogia kości. (Mineralogy of bones). Wyd. PAN Oddział w Krakowie (2002), s. 128.

Pawlikowski M., 2010a Geology and Geomorphology as Reasons for Location of Archaeological Sites. Egypt, „Auxiliary Sciences in Archaeology, Preservation of Relics and Environmental Engineering”, CD nr 10, Kraków, Ed. M. Pawlikowski..

Pawlikowski M., 2010b Sedimentary Structures as Indicator of Natural Processes and Human Activity – Tell el Farcha archaeological site. Nile Delta. Egypt, „Auxiliary Sciences in Archaeology, Preservation of Relics and Environmental Engineering”, CD nr. 10, Kraków, Ed. M. Pawlikowski..

Pawlikowski M., 2010c Micro-Artefacts as Indicators of Human Activity. Tel el Farcha Archaeological Site. The Nile Delta Egypt, „Auxiliary Sciences in Archaeology, Preservation of Relics and Environmental Engineering”, CD nr 10, Kraków, Ed. M. Pawlikowski.

Pawlikowski M., 2010d Tel el Farcha. Mineralogical Investigation of Stone Raw Materials Used at the Site, „Auxiliary Sciences in Archaeology, Preservation of Relics and Environmental Engineering”, CD nr 10, Kraków, Ed. M. Pawlikowski..

Pawlikowski M., 2010e Mineralogical and Technological Investigation of Pottery and Raw Materials for Ceramic Production. Tel el Farcha, Nile Delta. Egypt, „Auxiliary Sciences in Archaeology, Preservation of Relics and Environmental Engineering”, CD nr10, Kraków, Ed. M. Pawlikowski..

Pawlikowski M., 2010f Reconstruction of Gezira. Tel El Farcha Archaeological Site. Nile Delta, „Auxiliary Sciences in Archaeology, Preservation of Relics and Environmental Engineering”, CD nr 10, Kraków, Ed. M. Pawlikowski..

Pawlikowski M., 2010g Geological Reconstruction of Occupation Phases. Tel el Farcha Archeological Site – Kom W. Nile Delta – Egypt, „Auxiliary Sciences in Archaeology, Preservation of Relics and Environmental Engineering”, CD nr 10, Kraków, Kraków, Ed. M. Pawlikowski.

Pawlikowski M., Strzelczyk J., 2010 Mineralogical Investigation of Selected Phenomenon Present in Kom C. Tell el-Farcha Archaeological Site. The Nile Delta –Egypt, „Auxiliary Sciences in Archaeology, Preservation of Relics and Environmental Engineering”, CD nr 10, Kraków, Ed. M. Pawlikowski..

Pawlikowski M., Such J., 2010 Reconstruction of Gezira. Tel El Farcha Archaeological Site. Nile Delta, „Auxiliary Sciences in Archaeology, Preservation of Relics and Environmental Engineering”, CD nr 10, Kraków, Ed. M. Pawlikowski.

Pawlikowski M., 2016 Wyniki badań mineralogiczno-petrograficznych elementów browarów Ze stanowiska archeologicznego Tel el Farka. Delta Nilu. Egipt. (RESULTS OF MINERALOGICAL INVESTIGATION OF ELEMENTS OF BREWERIES. TEL EL FARKA ARCHAEOLOGICAL SITE. NILE DELTA. EGYPT). „Auxiliary Sciences in Archaeology, Preservation of Relics and Environmental Engineering”, CD nr 21, Kraków, Ed. M. Pawlikowski.

Pawlikowski M. and Dębowska-Ludwin J., 2011 Bone material and mineralogical processes of its destruction at the site of Tell el-Farkha. SAAC volum 15. Kraków.

Pawlikowski M., Słowioczek E., 2012 Results of the Mineralogical Examination of the Dried Bricks from Tombs and Mastaba: Tell el-Farcha Archaeological Excavation Site, The Nile Delta, Egypt, „Auxiliary Sciences in Archaeology, Preservation of Relics and Environmental Engineering”, CD nr 11, Kraków, Ed. M. Pawlikowski..

Pawlikowski M., Wasilewski M., 2012 Geology, Sedimentology and Mineralogy, [w:] M. Chłodnicki, K.M. Ciałowicz, A. Mączyńska (red.), Tell el-Farcha I. Excavations 1998–2011, Poznań–Kraków, s. 375–382.

Pawlikowski M., 2013 The Geoarchaeology of Occupied Wadis in Egypt, „Archaeologia Polona”, Warszawa, vol. 49, s. 163–176.

Pawlikowski M., 2013 Why are There Very Few Archaeological Sites of the Early Holocene in the Egyptian Nile Valley? Geological and Geomorphological reasons, „Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment”, vol. 16, Berlin, s. 83–96.