

## KRZEMIEN I OGIEN

### Flint and fire

Maciej Pawlikowski

*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,  
Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii,  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
e-mail:mpawlik@uci.agh.edu.pl*

#### Streszczenie

Obróbka krzemieni metodą odłupkową, którą stosowano w Epoce Kamienia pozwalała nie tylko wytwarzać użyteczne przedmioty, ale spowodowała odkrycie efektu krzesania iskier, którego skutkiem było odkrycie sposobu wzniesienia ognia. Ten wielki wynalazek spowodował technologiczny i cywilizacyjny skok Ludzkości. Bez odłupkowych technik obróbki kamienia i bez krzemieni nie umielibyśmy wskrzeszać i rozpalać ognia. Praca prezentuje wyniki badań relacji między strukturą krzemieni, ich wiekiem oraz właściwościami piezoelektrycznymi, a możliwością krzesania iskier i ognia.

**Słowa kluczowe:** krzemienie, łupania, piezoelektryczność, ogień

#### Abstrakt

Various knapping techniques of flints used at Stone Age effected production of various implements but was reason of discovery of lightning striking i.e. creation of way kindle of fire. An article presents results of investigation of flints and relations: age of flint-crystallinity, crystallinity of flints – piezoelectricity, age of flints- piezoelectricity.

**Key words:** flints, knapping, piezoelectricity, fire

#### Wprowadzenie

Narzędzia krzemienne są ważnym wskaźnikiem nie tylko technologicznego poziomu „producentów” narzędzi ale dostarczają także istotnych informacji o kierunkach migracji człowiek i jego kontaktach pomiędzy poszczególnymi grupami ludzkimi niekiedy w bardzo odległej przeszłości (Pawlikowski 1980, 1990 a, b, 1992, 1993b, 2001, 2002, 2008, Ginter et al. 1996, Pawlikowski, Such 2006).

Krzemienie, w większości przypadków są produktami wtórnej sylikacji gąbek, których szkielety zbudowane są z krzemionki (Kaczanowska et al. 1979, Pawlikowski 1980, Kozłowski, Pawlikowski 1989, Ginter et al. 1996). W zależności od warunków fizyko-chemicznych następujących w procesie tworzenia się krzemieni, krzemionce może towarzyszyć wiele minerałów w tym opal, kalcyt, dolomit, syderyt i in. (Pawlikowski et al.

2013 a, b). Ponieważ pierwotna krzemionka budująca szkielet gąbek to głównie opal krzemienie starzejąc się ewoluują. Ewolucja ta polega na rekrystalizacji opalu w kwarc (Pawlikowski, Sęk in print). To zjawisko – rekrystalizacji oznacza wzrost krystaliczności krzemieni polegający zarówno na zwiększeniu się ilości kryształów kwarcu w stosunku do pierwotnego opalu, jak i na zwiększaniu się wymiarów kryształów nowo tworzącego się kwarcu.

Artykuł prezentuje wyniki badań krzemieni w relacjach:

1. Wiek krzemieni- ich krystaliczność
2. Krystaliczność krzemieni –ich piezoelektryczność
3. Wiek krzemieni – możliwość krzesania ognia

## **Materiał i metody badań**

W badaniach wykorzystano krzemienie wieku triasowego, jurajskiego, kredowego i trzeciorzędowego.

Zebrano je:

Krzemienie triasowe – trias z obszaru występowania dolomitów i wapieni rejonu Chrzanowa (rejon podkrakowski)

Krzemienie jurajskie – jura krakowsko-częstochowska – Garb Tenczyński – rejon Piekary (rejon podkrakowski)

Krzemienie kredowe – wapienie kredowe rejonu Roman-Karłukowo (Bułgaria)

Krzemienie trzeciorzędowe – tebańskie wapienie plioceńskie (Egipt)

W badaniach posługiwano się mikroskopią do spolaryzowanego światła przechodzącego (mikroskop polaryzacyjny produkcji chińskiej F 500). Obserwowane zjawiska dokumentowano mikrofotografiami.

## **Wyniki badań**

### **Charakterystyka badanych krzemieni**

Krzemienie triasowe (szare, błyszczące z plamkami) – trias z obszaru występowania dolomitów i wapieni rejonu Jaworzno (podkrakowskie, Polska).

Krzemienie jurajskie (szare, błyszczące, z jasnymi koncentracjami) – jura krakowsko-częstochowska – garb tenczyński – rejon Piekary (podkrakowski - Polska)

Krzemienie kredowe (szare, matowe) – wapienie kredowe rejonu Roman – Karłukowo (Bułgaria)

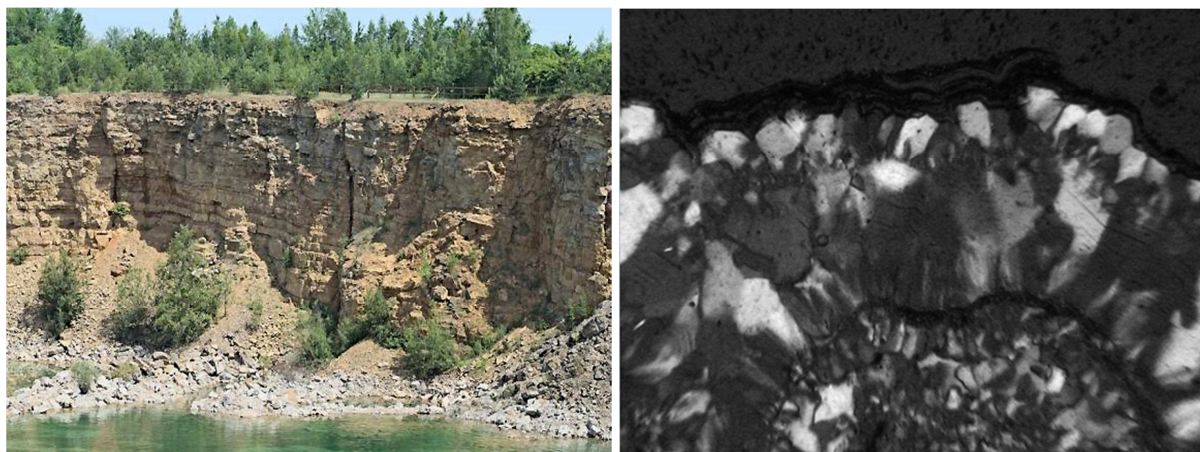
Krzemienie trzeciorzędowe (szare, matowe, plamiste)– tebańskie wapienie plioceńskie (Egipt)

### **1. Wiek krzemieni- ich krystaliczność**

#### **1. Krzemienie triasu**

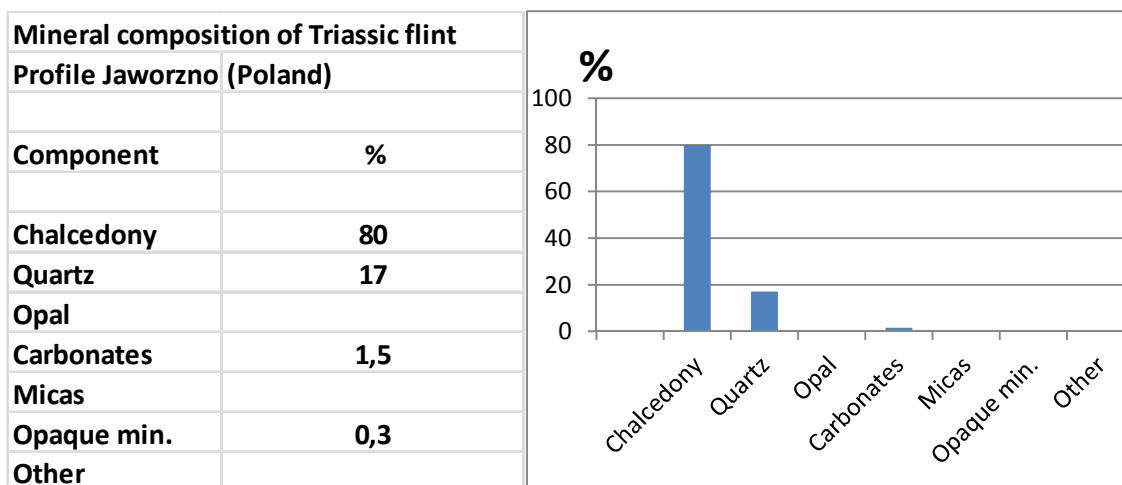
Badania wielu krzemieni triasu prowadzono w ich wychodni znajdujących się obszarze Chrzanów- Jaworzno. Omówiono na przykładzie badań krzemieni z kamieniołomów

znajdujących się kilka kilometrów na północ od Jaworzna (Fot. 1). Dominują tu krzemienie szare, błyszczące, plamiste)



**A** **B**  
 Fot. 1 A - kamieniołom wapieni z krzemieniami z rejonu Jaworzna. B – Fragment krzemienia triasowego zbudowanego średnio krystalicznego kwarcu. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X, powiększenie 120 x.

W krzemieniach tych kwarc i chalcedon którym towarzyszą węglany. Opalu jest brak. (Tab. 1, Fig. 1).



Tab. 1

Fig. 1

## 2. Krzemienie jury

Badaniom poddano krzemienie pochodzące z wielu wapieni jurajskich występujących na obszarze jury krakowsko-częstochowskiej (Kaczanowska et al. 1979, Kozłowski, Pawlikowski 1989, Pawlikowski, 1980, 1989, 1990). W opracowaniu podsumowano badania wszystkich krzemieni i omówiono na przykładzie krzemieni z wapieni jury występującej w Piekarach koło Krakowa (Fot. 2).

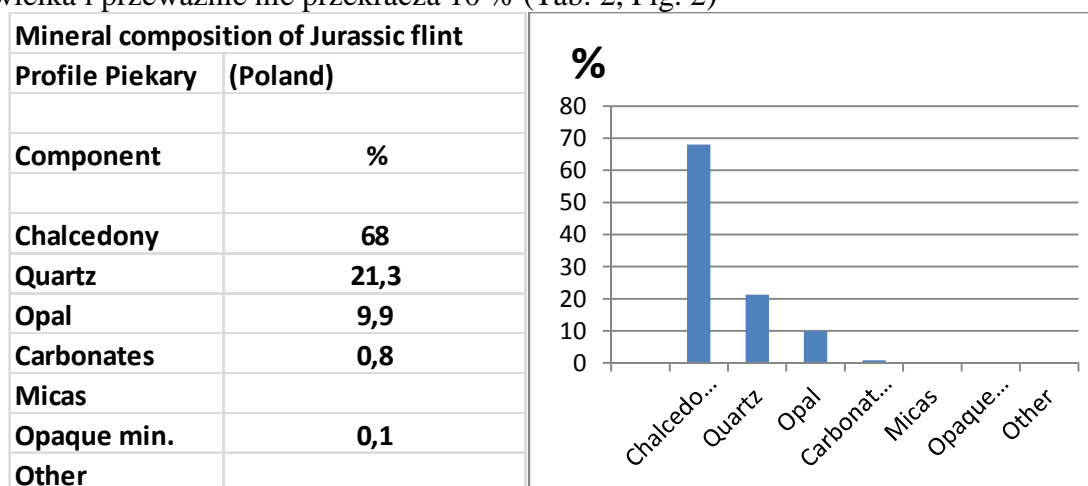


**A**

**B**

Fot. 2 A – kamieniołom wapieni jurajskich w Piekarach koło Krakowa z wieloma poziomami krzemionkami. B – relikty struktury gąbki zmineralizowanej kwarcem w krzemieniu jurajskim z Piekar. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X, powiększenie 80 x.

Krzemienie te zbudowane są głównie z chalcedonu i kwarcu. Domieszka opalu jest niewielka i przeważnie nie przekracza 10 % (Tab. 2, Fig. 2)



Tab. 2

Fig. 2

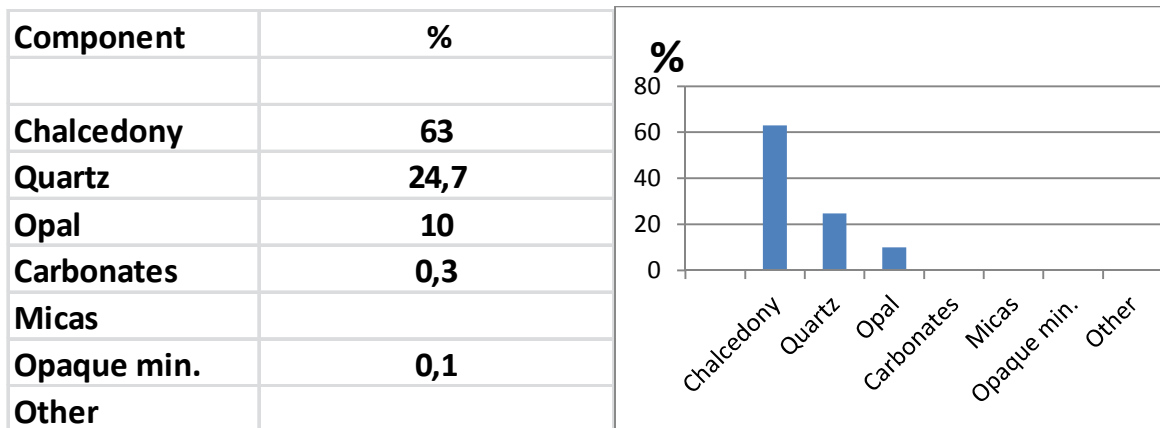
### 3. Krzemienie kredy

Badania krzemieni wieku kredowego podsumowano na podstawie ich wieloletnich badań (Pawlikowski 1990, 1992, 1993a). Obejmował on badania terenowe prowadzone na dużym obszarze północnej Bułgarii w miejscach wychodni krzemieni kredowych (Fot. 3). Wykonano także badania laboratoryjne zebranych krzemieni z zastosowaniem najnowocześniejszych metod. Wyniki tych badań są przygotowane do druku (Gurowa et al. – in print).



**A** **B**  
 Fot. 3 A - nodule czarnych krzemieni tkwiące w wapieniu w rejonie jaskini Temnata Koło Karlukowa (Bułgaria). B - mikroskopowy obraz struktury szarego krzemienia kredowego zbudowanego z opalu, mikrokrystalicznego kwarcu i wtrąceń kalcytowych. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X, powiększenie 80 x.

W badanych krzemieniach głównymi składnikami mineralnymi są chalcedon, kwarc i opal współwystępujące ze sobą w różnych proporcjach. Przeważnie chalcedon zdecydowanie dominuje nad kwarcem (Tab. 3, Fig. 3). Badania ujawniły, że wiele krzemieni tego wieku może zawierać opal w ilościach nawet 38 %. Dotyczy to głównie szarych krzemieni kredowych o bardzo dobrej podatności na obróbkę techniką odłupkową. Występują one nad horyzontem ciemnych krzemieni (Fot. 3) na obszarze niemal całej Bułgarii, Rumunii i zachodniej Mołdawii



Tab. 3

Fig. 3

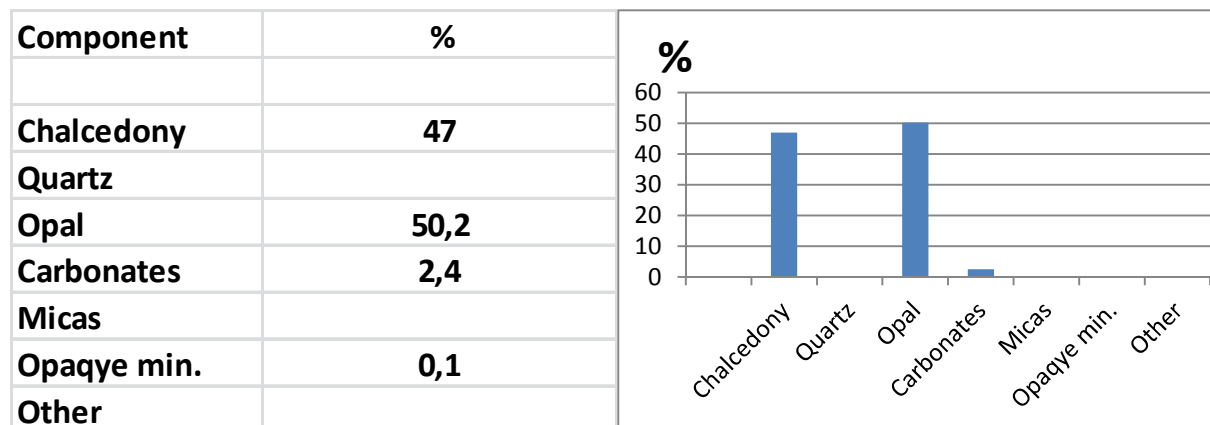
#### 4. Krzemienie plicenu

Krzemienie te były także obiektem wieloletnich badań autora (Ginter Kozłowski, Pawlikowski 1996, Pawlikowski, Wasilewski 2004, Pawlikowski, Sitarz, Sęk - in print). Tworzą one kilkadziesiąt horyzontów w wapieniach neogenu osadzonych nad łupkami Esna (Fot. 4).



**A** **B**  
 Fot. 4 A – Wapienie pliocenu tworzące klif skalny na łupkach Esna. Rejon Deir el Bahari (Górny Egipt). B - opalowo - chalcedonowa struktura krzemienia z wapieni tebańskich. Widoczna igła gąbki zmineralizowana chalcedonem. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X, powiększenie 80 x.

Zbudowane są one z chalcedonu i opalu współwystępujących ze sobą w różnych proporcjach przy czym w wielu próbkach zawartość opalu może sięgać nawet 50 % (Tab. 4, Fig. 4). Trafiają się także krzemienie w których opal zdecydowanie dominuje nad chalcedonem. Sprawdzone, że te krzemienie te praktycznie nie nadają się do krzesania iskiei.



Tab. 4

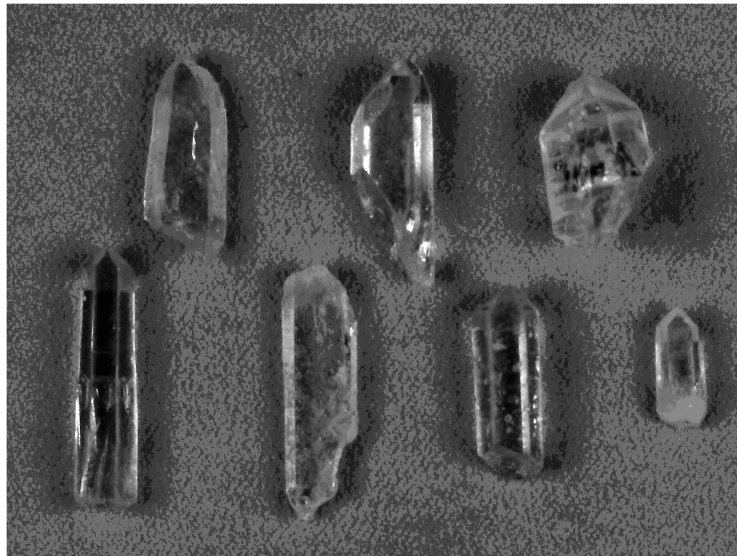
Fig. 4

## 2. Krystaliczność krzemieni i ich piezoelektryczność

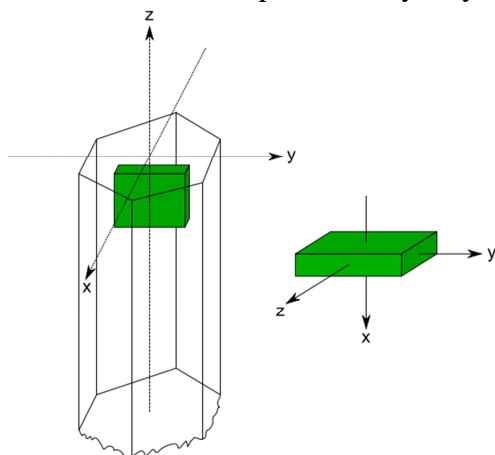
Kwarc (Fot. 5) jeden z głównych składników krzemieni jest jednym z niewielu minerałów o silnych piezoelektrycznych. Właściwość ta polega na tym, że pod wpływem nacisku kwarc na końcach kryształu wytwarza różnice potencjałów czyli prąd elektryczny. Napięcia między końcówkami płytki kwarcowej mogą sięgać dziesiątek tysięcy voltów. Te różnice napięć powodują przeskok iskiery czyli mini wyładowanie elektryczne. Odwrotnie – kwarc poddany zmiennym napięciom drga z określoną częstotliwością.

W kryształach kwarcu istnieją określone kierunki w których te właściwości są wyjątkowo silne (Fig. 5A). Wiąże się to z atomową strukturą tego minerału i

powoduje, że powstają napięcia i równocześnie wyładowania elektryczne (iskry) są podczas krzesania w tych kierunkach wyjątkowo silne (Fig. 5B).



Fot. 5 – przykłady dużych i bardzo czystych kryształów kwarcu o dobrych właściwościach piezoelektrycznych (kryształ górski – Jęglowa),



**A**

**B**

Fig. 5 A – płaszczyzny cięcia kryształów kwarcu dla pozyskania płytek wykazujących najlepsze właściwości piezoelektryczne (wg. [http://pl.wikipedia.org/wiki/Piezoelektryki#Kwarc.\\_CE.B1](http://pl.wikipedia.org/wiki/Piezoelektryki#Kwarc._CE.B1)), B – iskra otrzymana z kwarcu piezoelektrycznego. Powiększenie 10 x.

### 3. Wiek krzemieni, a możliwość krzesania ognia

Formowanie się krzemieni w wapieniach związane jest z rekrystalizacją opalu w chalcedon czyli drobnokrystaliczny kwarc (Pawlikowski, Sęk - w druku). Zjawisko tej rekrystalizacji wiąże się z powstawaniem mikrokryształów kwarcu w masie opalowej. Badania wskazują, że taka krystalizacja kwarcu odbywa się w kierunkach uprzywilejowanych, głównie związanych z naciskiem diagenetycznym nadkładu skał i jest zgodna z kierunkiem wydłużenia nodul krzemiennych. W tym też kierunku w związku z ułożeniem kryształów kwarcu w krzemieniu występują najkorzystniejsze właściwości piezoelektryczne. Powoduje

to, że w kierunku zgodnym z wydłużeniem konkrecji krzemienych najłatwiej i „najwydajniej” można krzesać iskry. Zatem krzesząc iskry w tym kierunku można najłatwiej rozpaść ogień.

Badania krzemieni z formacji różnego wieku wskazują, że generalnie stopień rekrystalizacji opalu w kwarc związany jest z wiekiem krzemienia. Starsze krzemienie są głównie chalcedonowo-kwarcowe. Najmłodsze opalowo–chalcedonowe lub chalcedonowo-opalowe. Na tę generalną zmienność składu mineralnego związaną z wiekiem nakładają się szereg dodatkowych czynników powodujących znaczne zróżnicowanie składu mineralnego nawet w obrębie krzemieni jednego wieku.

Biorąc jednak pod uwagę wszystkie wspomniane czynniki można stwierdzić, że krzemienie młode (głównie opalowe) nie nadają się do krzesania iskier lub nadają się do tego tylko nieliczne z krzemieni.

Krzemienie starsze głównie chalcedonowe lub chalcedonowo-kwarcowe świetnie nadają się do krzesania iskier. Zatem do rozpalania ognia nadają się głównie krzemienie starsze. Możemy jedynie przypuszczać, że człowiek Epoki Kamienia rozpoznawał krzemienie nadające się i nie nadające się do krzesania ognia. Hipotezę tą można będzie potwierdzić prowadząc dalsze badania.

## **Wnioski**

1. Badania wykazały generalną zależność między wiekiem krzemieni, a ich krystalicznością. Badane krzemienie starsze, triasowe i jurajskie zawierają więcej kwarcu (chalcedonu) niż opalu. Najwięcej opalu i najmniej kwarcu zawierają krzemienie wieku trzeciorzędowego. „Krystaliczność” krzemieni nie ma znacznego wpływu na ich podatność na obróbkę technika odłupkową. Na podstawie wykonanych eksperymentów można zauważyć, że tą techniką lepiej obrabiane są krzemienie o dużej zawartości opalu, a nieco gorzej krzemienie o dużej zawartości kwarcu.
2. Natomiast krzemienie starsze nadają się lepiej do krzesania iskier niż krzemienie młode. Wiąże się to w krzemieniach z postępującą z wiekiem rekrystalizacją opalu w kwarc.
3. Istnieje zależność między kierunkowością ułożenia kryształów kwarcu w krzemieniu, a efektem piezoelektrycznym czyli podatnością na krzesanie iskier. W jedynym kierunku po uderzeniu drugim krzemieniem lepiej tworzą się iskry niż w innych kierunkach.
4. Krzesanie iskier, a zatem „krzesanie” ognia jest efektem piezoelektrycznych właściwości kwarcu występującego w krzemieniach. Pod wpływem uderzenia na kryształach kwarcu powstaje różnica potencjałów, które w formie iskry ujawnia się na powierzchni uderzanego krzemienia. Wielkość napięcia powstającego prądu może sięgać tysięcy woltów.
5. Obróbka krzemieni techniką odłupkową w wyniku której mogą powstawać iskry była bez wątpienia zjawiskiem dzięki któremu w prahistorii odkryto sposób rozpalania ognia.

## **Literatura**

Ginter B., Kozłowski J.K., Pawlikowski M., 1996 Raw material procurement in the Tarifian and in the Nagada Culture: a case study from the Nile Valley in Upper Egypt. Intern. Contacts



in the Late Prehistory of Northeastern Africa. Poznań, 165-179.

Kaczanowska M., Kozłowski J.K., Pawlikowski M., 1979 Z dalszych badań nad surowcami krzemiennymi w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. *Acta Archeol. Carpath.* T.19, 201-216.

Kozłowski J.K., Pawlikowski M., 1989 Investigations into the northern lithic raw materials in Upper Silesia, Poland. *Prace Archeol.* 43, 17-46.

Gurowa M., Pawlikowski M., et al. (in print) Investigation of flint deposits at North Bulgaria.

Pawlikowski M., 1980 Raw materials used in the Gravettian sequence of site C2 at Kraków - Szpadzista Street. *Prace Archeol.* 42, 75-79.

Pawlikowski M., 1989 On the necessity of standardization of petrological investigations in archaeology. *Prace Archeol.* 43, 7-15.

Pawlikowski M., 1990a Origin of lithic raw materials. W: A. Montet-White The Epigravettian site of Grubgraben, Lower Austria. The 1986-1987 excavations. Univ. Liege, Ed. by M. Otte, 93-119.

Pawlikowski M., 1990b Mineralogical analysis of raw materials of Stone Age. *Methods and Application. Mat. Conf. Kansas –Lawrence*, 34.

Pawlikowski M., 1992 The origin of lithic raw materials. In: Kozłowski J.K., Laville H., Ginter B.,: *Temnata Cave. Jagiellonian University Press*, 241-288.

Pawlikowski M., 1993a Mineralogical, petrographical and geochemical analyses of flint from Jurassic limestones of Brzoskwinia, near Kraków. In: K. Sobczyk: *The Late Paleolithic flint workshops at Brzoskwinia - Krzemionki near Kraków. Zesz. Nauk. UJ. z. 55*, 74-81.

Pawlikowski M., 1993b Lithic raw materials. In: Kaczanowska M., et al. 1993 *Neolithic and eneolithic chipped stone industries from Sariskie Michalany, Eastern Slovakia. Jagiellonian University Press*, 29-38.

Pawlikowski M., 2001. V.III. Late Gravettian shouldered points horizon sites in the Moravany-Banka Area. In J. K. Kozłowski *Complex of Upper Palaeolithic sites near Moravany, Western Slovakia Nitra 2000*, 180.

Pawlikowski M., 2002 Determination of sources of raw materials: Results of field survey in the Burhan River Valley (Region of Antalya, Turkey). In: I. Yalcinkaya, M. Otte., J.K. Kozłowski, O. Bar-Yosef: *Okuzini: final Palaeolithic evolution in southwest Anatolia. Earul 96*, Liege, 383 p

Pawlikowski M., Wasilewski M., 2004 Some remarks on joining in the Theban limestone in the region of Deir el Bahari. *Egypt. Geologia*, T. 30, z.1, 47-56.

Pawlikowski M., Such J., 2006 Mineralogical investigation of stone implements. Lerana Archaeological site. Greece. *Auxiliary sciences in archaeology, preservation of relicts and*

environmental engineering. CD -no 1, p. 1-45. Ed. M. Pawlikowski

Pawlikowski M., 2008 Stone raw materials as indicator of human contacts during the stone age. *Geoarchaeology and Archaeomineralogy. Proc. Int. Conf.* 29-30. 11. 2008. Sofia, 18-22.

Pawlikowski M., Sitarz M., Sęk M., 2013a Investigation of patina formed on flints. East Desert. Egypt. *Materials of Conf. Iasi-Romania*

Pawlikowski M., Wróbel M., 2013b Mineralogy and structure of selected raw materials as reason of their Quality. *Materials of Conf. Iasi – Romania*

Pawlikowski M., Sęk M., -in print Siliceous organic forms (flints) from Theban gebel Egypt.