

GEOARCHEOLOGIA

**Tomasz Kalicki, Sławomir Chwałek,
Marcin Frączek, Piotr Kusztal, Paweł Przepióra**

GEOARCHAEOLOGY

**Tomasz Kalicki, Sławomir Chwałek,
Marcin Frączek, Piotr Kusztal, Paweł Przepióra**



1 | Geoarcheologia jest jedną z dyscyplin archeologii środowiskowej, która bardzo dynamicznie rozwija się na świecie w ostatnich dekadach. Jej wartość jest coraz bardziej doceniana przez naukowców zajmujących się badaniami nad przeszłością ludzkości. Wykorzystuje ona doświadczenie nauk o Ziemi (geologia, sedimentologia, mineralogia, petrografia, geomorfologia, geofizyka, geochemia, paleoklimatologia, paleohydrologia, pedologia i in.) do rekonstrukcji warunków bytowania człowieka żyjącego w przeszłości, określenia charakteru użytkowania stanowisk archeologicznych oraz czasu ich funkcjonowania. Znajomość warunków geograficznych w badaniach archeologicznych umożliwia wyciągnięcie szczegółowych wniosków związanych z wpływem człowieka na środowisko, a także uwarunkowaniami przyrodniczymi tej działalności.

Strefa śródziemnomorska wyróżnia się w skali globalnej specyficznymi cechami środowiska geograficznego, a także intensywną działalnością człowieka (antropopresją) od starożytności. W tym też regionie najwcześniej pojawiło się zainteresowanie przeszłością, rozwinęła się archeologia klasyczna (niekiedy zwana też archeologią śródziemnomorską). Geoarcheologia w regionie śródziemnomorskim była wykorzystywana dotąd jedynie w bardzo ograniczonym zakresie, głównie przez archeologów zajmujących się epokami przedhistorycznymi, znacznie rzadziej przez archeologów klasycznych. Jednak ta tendencja ostatnio ulega zmianie, a Paphos Agora Project jest jednym z pozytywnych przykładów dialogu archeologów z geografami i geomorfologami.

Cypr wyłonił się, jak jego patronka Afrodyta, z toni morskiej pod koniec pliocenu, czyli ponad 5 milionów lat temu. Początkowo był to archipelag kilku wysepek będący przedłużeniem alpejskich gór Tauros w Azji Mniejszej, które jednak, wskutek dalszego wypiętrzania dwóch płyt litosfery, połączyły się ze sobą i utworzyły trzecią co do wielkości wyspę (9250 km²) Morza Śródziemnego. Śladem tych ruchów podnoszących jest cała „drabina” czwartorzędowych (z ostatnich 2,5 mln lat) wyniesionych teras morskich opasujących dookoła cały Cypr i dominujących w rzeźbie terenów nadmorskich, w tym Pafos (il. 1). Nawiązując do mitologii greckiej można obrazowo powiedzieć, że bogini po wynurzeniu „strząsała z siebie wodę”, co na wyspie przejawiało się częstymi trzęsieniami ziemi o różnej sile. Jedno z nich w 342 roku n.e. niemal całkowicie zniszczyło starożytną Nea Pafos,



2 | Geoarchaeology is one of the environmental archaeological disciplines that has been dynamically developing in the world in recent decades. The researchers dealing with such investigations into the past of humanity are increasingly appreciating its value. Using the experience of Earth sciences (geology, sedimentology, mineralogy, petrography, geomorphology, geophysics, geochemistry, palaeo-climatology, palaeohydrology, pedology, etc.), it helps in the reconstruction of the living conditions of humans who lived in the past, determining the use of archaeological sites and the time of their functioning. This knowledge of the geographical conditions in archaeological research allows detailed conclusions to be drawn relating to the human impact on the environment, as well as the natural conditions of this activity.

The Mediterranean zone is distinguished on a global scale by specific features of the geographical environment, and also since ancient times, by intense human activity (anthropo-pressure). It was in this region that the earliest interest in the past arose, leading to the development of classical archaeology (sometimes also known as Mediterranean archaeology). Geoarchaeology in the Mediterranean region has been used, so far, only to a very limited extent, mainly by archaeologists dealing with prehistoric periods, much less often by classical archaeologists. Recently, however, this trend has changed, and the Paphos Agora Project is one of the positive examples of the archaeologists' dialogue with geographers and geomorphologists.

The island of Cyprus emerged, like her patron, the Goddess Aphrodite, from the sea at the end of the Pliocene period over five million years ago. At first, it was an archipelago consisting of several islets, which were an extension of the Alpine Tauros Mts. in Asia Minor. As a result of further uplift in the contact zone between the two lithosphere plates, these islands merged with each other and formed the third largest island (9,250 km²) of the Mediterranean Sea. As a result of the Quaternary raising movements in the last 2.5 million years, the entire island of Cyprus has appeared on uplifted marine terraces. On this dominant relief form of coastal structure, the city of Paphos is also located (Fig. 1). According to Greek mythology, there is a striking description of the goddess, who after emerging from the sea foam, 'shook off water', which may have been an attempt in ancient



3 | a miasto, jeden z najważniejszych ośrodków we wschodniej części basenu śródziemnomorskiego, od końca III w. p.n.e. pełniący rolę stolicy wyspy, nigdy już nie odzyskało swego znaczenia. Spektakularne ślady tych zjawisk sejsmicznych znajdujemy również współcześnie (il. 2, 3).

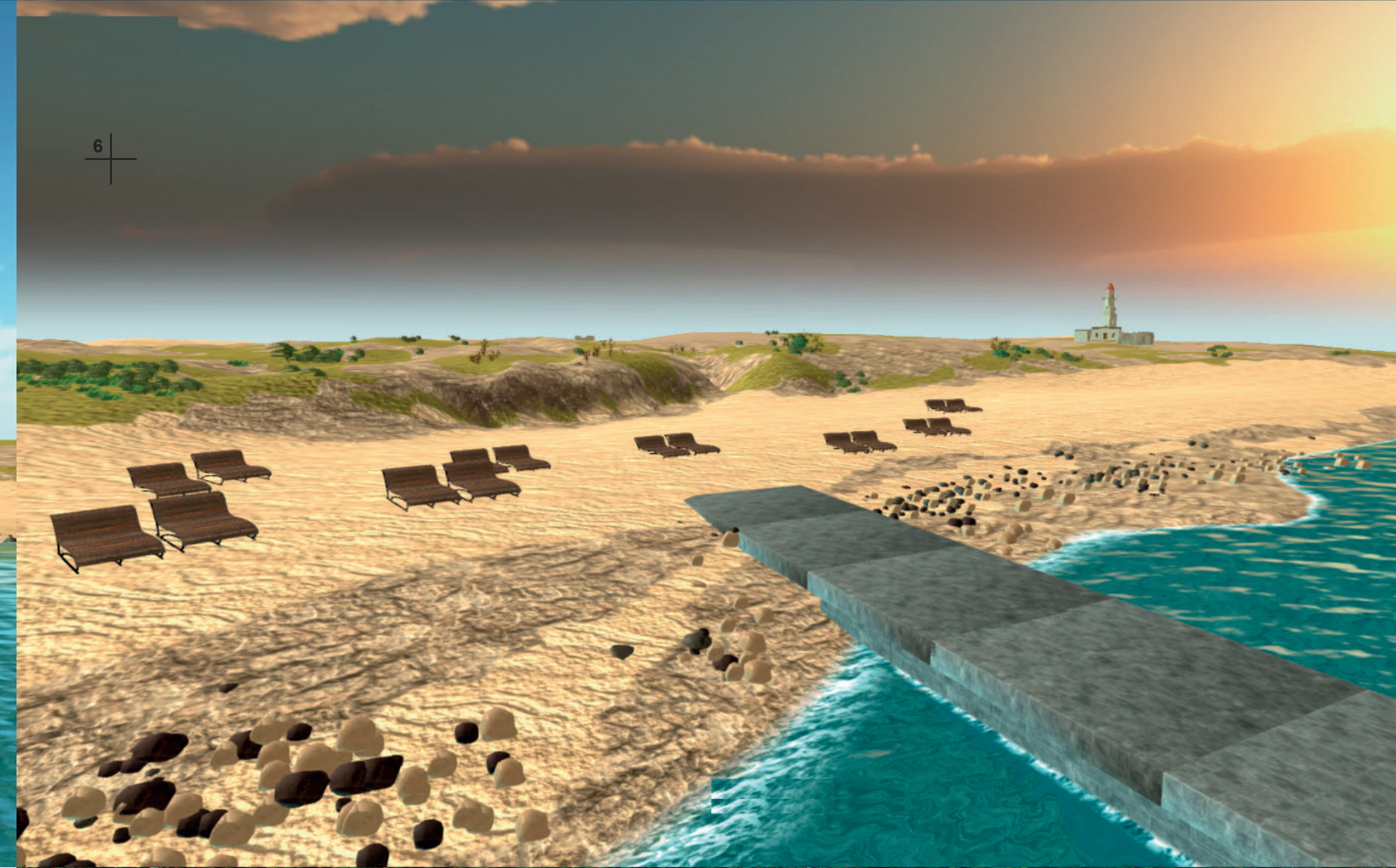
Celem badań geoarcheologicznych prowadzonych w ramach Paphos Agora Project, było rozpoznanie wzajemnych relacji człowiek-środowisko, rekonstrukcja zmian naturalnych, jak również antropogenicznych środowiska i ich wpływu na funkcjonowanie Nea Pafos, a także odtworzenie zmian linii brzegowej wokół starożytnego miasta (którego obszar obejmował ok. 100 ha) położonego na niewielkim półwyspie. To ostatnie zadanie miało być jednocześnie weryfikacją hipotezy o istnieniu drugiego portu antycznego miasta, położonego na północny-zachód od murów miejskich, gdyż główny port na południu miasta funkcjonuje od starożytności po dzień dzisiejszy. Badania geoarcheologiczne były realizowane na terenie starożytnej Agory oraz w najbliższym otoczeniu starożytnego miasta (plaża miejska Faros jako obszar domniemanego portu północnego) z wykorzystaniem metod geologicznych, geomorfologicznych, geofizycznych i datowań radiowęglowych. W celu uchwycenia podłoża skalnego i struktur geologicznych w obrębie osadów czwartorzędowych wzdłuż plaży miejskiej oraz w jej bezpośrednim sąsiedztwie wykonano badania (osiem przekrojów) przy użyciu georadaru, czyli sprzętu geofizycznego pozwalającego na penetrację w głąb osadów bez ich rozkopywania (zob. też s. 144 nn). Zostały one zweryfikowane poprzez odwierty geologiczne (il. 4). Pobrany z rdzeni tych odwiertów materiał, czyli warstwy glonów znajdujących się w piaskach plażowych datowano metodą węgla radioaktywnego ^{14}C . Wyniki badań pozwoliły na weryfikację w/w hipotezy drugiego portu. Na plaży miejskiej stwierdzono występowanie współczesnych (datowanie radiowęglowe) piasków do ok. 1 m, następnie zwietrzliny krasowej (*terra rossa*) do głębokości 1,2 m, a poniżej zarejestrowano występowanie skały macierzystej. Wyniki badań w sposób dość jednoznaczny obalają pogląd o istnieniu w tym obszarze portu, jednak nie wykluczają istnienia tu przystani, czemu sprzyja morfologia wybrzeża na tym odcinku i „śliskie” osady gliniaste (wspomniana *terra rossa*) ułatwiające transport łodzi na brzeg. Wyniki badań nie potwierdziły również hipotezy francuskich archeologów o istnieniu połączenia pomiędzy kamieniołomem, w którym miał się znajdować wspomniany port, a morzem (por. Balandier w Bibliografii).



4 | times to explain the numerous and strong earthquakes on the island. One of these earthquakes in AD 342, almost completely destroyed the ancient city of Nea Paphos. From that moment, the city, which was the capital of the island from the end of the third century BC and also played the role of one of the most important centres in the Eastern Mediterranean basin, never regained its previous preeminence. Traces of these seismic processes are also visible in present times (Figs. 2, 3).

The geoarchaeological research has been conducted as part of the Paphos Agora Project. The aim of the research is to recognise mutual human-environment relationships, reconstruct natural changes, as well as the anthropogenic environment, and their impact on the functioning of Nea Paphos and also to reconstruct changes in the coastline around the ancient city (about 100 ha) located on a small peninsula. This last study was to be simultaneously a verification of the hypothesis about the existence of a second ancient port, located northwest of the city walls. The main port, which is located south of the city, has been functioning since antiquity to the present day. Geoarchaeological research (*on site*) was carried out in the area of the ancient Agora and in the vicinity of the ancient city (Faros Beach – a municipal beach in the area of the supposed northwest harbour). For this purpose, geological, geomorphological and geophysical methods, as well as radiocarbon dating were applied. To identify the bedrock and geological structures within the Quaternary sediments, the prospection (eight cross-sections) was made along the municipal beach and in its vicinity using Ground Penetrating Radar (GPR), popularly called georadar. It is a geophysical device that allows penetration into the sediments without having to excavate them (see p. 145 ff). This research was verified by the samples taken through geological drilling (Fig. 4). Material collected from these samples, i.e. layers of algae that were found in the beach sands, was dated using the ^{14}C radioactive carbon method. The results of the research allowed the verification of the hypothesis about the existence of a second harbour of Paphos. On the municipal beach, the occurrence of modern (radiocarbon dating) sands was found to a depth of about 1 m, followed by a karst ('terra rossa') to a depth of 1.2 m below which, the occurrence of carbonate bedrock (limestones) was recorded. The results of the research quite significantly disprove the view of the port's location in this area, but do not exclude the existence of a ha-





Wyniki naszych badań uwzględniają również ruchy tektoniczne, które podnoszą teren. Ich wielkość za ostatnie 2500 lat może być szacowana na około 1,0 m. Wypiętrzanie można odnieść jedynie do morskich teras, które były datowane na podstawie izotopu uranu ^{238}U oraz ^{234}U i nie oznacza to obniżenia o tę samą wysokość poziomu morza. Wyniki te posłużyły do wykonania modelu 3D tego obszaru dla dwóch okresów: starożytnego miasta Nea Pafos (il. 5) i współczesności (il. 6). Modele te powstały w programie Axis Game Factory Profesional 3.0 (AGFPRO). AGFPRO to kompleksowy zestaw narzędzi, zaprojektowany z myślą o twórcach gier, hobbystach i graczach, służący do szybkiego tworzenia poziomów w grach komputerowych (m. in. ukształtowania terenu, roślinności, obiektów antropogenicznych i systemu atmosfery). Model z ilustracji nr 5 przedstawia przebieg linii brzegowej, poziom morza w rejonie sugerowanej lokalizacji portu sprzed 2500 lat. Drugi model (il. 6) to współczesny zarys linii brzegowej plaży miejskiej - poziom morza niższy o ok. 2-2,5 m.

Prowadzone były również badania szerszego kontekstu stanowiska, czyli w regionie Pafos, które objęły rzeźbę terenu i osady w dolinach rzek Ezousas i Koskinas przecinających wyniesione przez wspomniane powyżej ruchy tektoniczne terasy morskie, odpowiednio na południe i północ od Nea Pafos. Celem badań było rozpoznanie i określenie wieku teras morskich oraz poziomów obszarów zalewowych w strefie przybrzeżnej, a także faz wzmożonej akumulacji fluwialnej, czyli okresów o większych przepływach wody, co prowadziło do gromadzenia się dużych ilości osadów w dolinach rzecznych.

Jednym z elementów tych badań było wykonanie datowania osadów rzecznych (piasków drobnoziarnistych) metodami luminescencyjnymi (TL/OSL). Wskazują one na dużą aktywność rzek w plejstocenie (głównie 60-13 tys. lat temu), kiedy cieki płynęły niemal całym dnem doliny, w obrębie którego akumulowane były znaczne ilości materiału (rozległe poziomy aluwialne) (il. 7). W holocenie (ostatnie 10 tys. lat) rzeki płynęły jedynie wąskim korytem w obrębie niewielkiej części dna doliny, gdyż podobnie jak współcześnie, mogły być aktywne tylko przez kilka tygodni w roku, a przez resztę dni były jedynie wyschniętymi, kamienistymi korytami żwirowymi (il. 8). Badania współczesnych żwirów zalegających w korytach tych rzek w powiązaniu z zebranymi danymi hydrologicznymi miały na celu ustalenie warunków hydrologicznych transportu takich osadów, co może być podstawą do rekonstrukcji paleogeograficznego środowiska, określenia warunków wystąpienia faz wzmożonej aktywności fluwialnej (siła i częstość powodzi), które miały wpływ na akumulację osadów u ujścia rzek i cieków wodnych (delt) i pośrednio na zalądowanie zatok czyli ich przekształcanie się w ląd stały.

Wyniki kompleksowych badań geoarcheologicznych pozwoliły na ustalenie zespołu procesów modelujących równiny nadbrzeżne badanego obszaru Pafos i okolic. Realizacja zamierzonych badań pozwoli poznać czynniki środowiskowe, które mogły wpłynąć najpierw na lokalizację antycznego miasta, a następnie być podstawą jego funkcjonowania. Przeprowadzane badania mają też duże znaczenie w poznaniu roli człowieka w przemianach wybranych elementów środowiska w rejonie Nea Pafos. Będą one podstawą do porównań z innymi miastami antycznymi w rejonie Morza Śródziemnego.

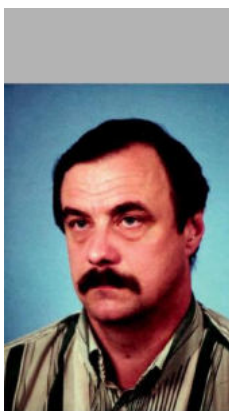
ven here. This would be supported by the relief of the coast of this section and “slippery” clay deposits (of the aforementioned ‘terra rossa’) facilitating the transport of boats to the shore. Also, the results of the study did not confirm the hypothesis of the French archaeologists about the existence of a connection between the quarry in which the second harbour was supposed to be located, and the sea (see Balandier in the Bibliography).

The results of this research also included tectonic movements that had uplifted the area. Their size in the last 2,500 years can be estimated at about 1.0 m. Elevation can only be related to marine terraces that have been dated on the basis of ^{238}U and ^{234}U uranium isotopes and this does not mean that the sea level had been lowered by the same amount. These results were used to create a 3D model of this area for two periods: at the time of the functioning of the ancient city of Nea Paphos (Fig. 5) and in modern times (Fig. 6). The models were developed in the Axis Game Factory Professional 3.0 (AGFPRO) programme. This is a comprehensive set of tools, designed for game developers, hobbyists and players, used to quickly create levels in computer games (including terrain editing, vegetation, anthropogenic objects and the atmosphere system). The model from Figure 5 shows the course of the shoreline and the elevation in the area of the suggested harbour location from 2,500 years ago. The second model (Fig. 6) shows the contemporary outline of the coastline of the municipal Faros Beach, where the land has been uplifted by approx. 2-2.5 m.

The research was also carried out in the wider environmental context of the site (*off site*) in the Paphos region. It covered the relief and settlements in the valleys of the Ezousas and Koskinas rivers, which cross the uplifted marine terraces, respectively south and north of the ancient city of Nea Paphos. The aim of these studies was to recognise and determine the age of marine terraces and levels of floodplains in the coastal zone. Simultaneously, it was possible to determine the phases of an increased fluvial accumulation, i.e. periods with higher water flows, which led to the accumulation of large amounts of sediments (alluvia) in those river valleys.

The dating of river sediments (fine-grained sands) using luminescence methods (TL/OSL) was one of the elements of this research. It indicates a high activity of rivers in the Pleistocene period (mainly 60-13,000 years ago). At that time, the rivers in this study flowed almost over the entire bottom of the valley, within which large amounts of material accumulated (extensive alluvial levels) (Fig. 7). In the Holocene period (the last 10, 000 years) these rivers flowed only in a narrow channel. They only filled small parts of the valley bottom, because, like today, they could only be active for a few weeks a year, and for the rest of the time, they were simply dried stony gravel beds (Fig. 8). Research of modern gravels lying in the valleys of these rivers, together with the collected hydrological data, was aimed at establishing hydrological conditions for the transport of such sediments. This may be the basis for palaeo-geographical reconstructions of the environment, determination of the conditions of the phases of an increased fluvial activity (force and frequency of floods), which influenced the accumulation of deltas, and indirectly, on the sinus migration, i.e. their transformation into the mainland.

The results of these geoarchaeological studies allowed the establishment of a set of morphogenetic processes, modelling the coastal plains of the studied area of Paphos and the surrounding area. The analysis of the gathered data and an implementation of subsequent surveys will allow the environmental factors to be identified that could have influenced firstly, the location of the ancient city, and then, would be the basis for its functioning. The conducted research is also of great importance in the understanding of the role of humans in the transformation of selected elements of the environment in the region of Nea Paphos. Also, it will be the basis for comparisons with other ancient cities in the Mediterranean.



Tomasz Kalicki

Absolwent geografii w Instytucie Geografii Uniwersytetu Jagiellońskiego, potem wieloletni pracownik Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego Polskiej Akademii Nauk, obecnie kierownik Zakładu Geomorfologii, Geoarcheologii i Kształtowania Środowiska oraz Zespołu Laboratoriów Naukowo-Dydaktycznych Instytutu Geografii Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach; autor kilkuset publikacji z zakresu geomorfologii fluwialnej, paleogeografii, geoarcheologii, m.in. z obszaru Polski, Białorusi, Słowacji, Węgier, Peru, Indii, Mongolii, Cypru. Kierownik zespołu geoarcheologii w ramach Paphos Agora Project od 2014.

A graduate of geography at the Institute of Geography of the Jagiellonian University, then a long-time employee of the Stanisław Leszczycki Institute of Geography and Spatial Organisation of the Polish Academy of Sciences. Currently head of the Department of Geomorphology, Geoarchaeology and Environmental Sciences, as well as the Team of Scientific and Didactic Laboratories of the Institute of Geography at the Jan Kochanowski University in Kielce. Author of several hundred publications in the field of fluvial geomorphology, paleogeography, geoarchaeology, among others, from Poland, Belarus, Slovakia, Hungary, Peru, India, Mongolia and Cyprus. Chief of the geoarchaeology team in the Paphos Agora Project since 2014.

tomaszkalicki@gmail.com



Sławomir Chwałek

Absolwent Instytutu Archeologii Uniwersytetu Jagiellońskiego, doktorant Instytutu Geografii Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Uczestnik wielu badań archeologicznych w kraju i zagranicą, w tym od 2014 Paphos Agora Project.

A graduate of the Institute of Archaeology of the Jagiellonian University, and a PhD student of the Institute of Geography at the Jan Kochanowski University in Kielce, he has participated in many archaeological researches in Poland and abroad, including the Paphos Agora Project since 2014.

slawomirchwalek@gmail.com



Marcin Frączek

Absolwent geografii i studiów doktoranckich Instytutu Geografii Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach; obecnie asystent w Zakładzie Geomorfologii, Geoarcheologii i Kształtowania Środowiska tej uczelni specjalizujący się w paleogeografii czwartorzędu, geomorfologii fluwialnej i geoarcheologii m.in. Polski, Węgier, Białorusi i Cypru. Autor artykułów naukowych krajowych i zagranicznych. Uczestnik Paphos Agora Project w 2015.

A graduate of the Jan Kochanowski University (JKU) in Kielce, where in 2012, he received a master's degree, and in 2017, a doctorate on issues from the borderline of paleogeography and geoarchaeology. Currently, he works as an assistant at the Department of Geomorphology, Geoarchaeology and Environmental Management, Institute of Geography, JKU, where he continues research in Quaternary paleogeography, fluvial geomorphology and geoarchaeology. He participated in the Paphos Agora Project in 2015.

marcin.fraczek@ujk.edu.pl

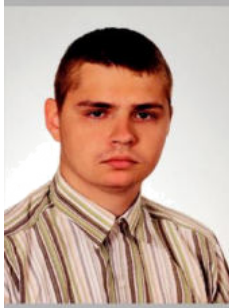


Piotr Kusztal

Doktorant geografii na Uniwersytecie Jana Kochanowskiego w Kielcach, specjalizujący się w geomorfologii fluwialnej, paleogeografii i geoarcheologii. Uczestnik badań krajowych i zagranicznych. Brał udział w Paphos Agora Project w 2016.

PhD student of geography in the Jan Kochanowski University in Kielce. He specialises in fluvial geomorphology, paleogeography and geoarchaeology. Participant of domestic and foreign research including the Paphos Agora Project in 2016.

roch1990@gmail.com



Paweł Przepióra

Absolwent geografii i studiów doktoranckich w Instytucie Geografii Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach; obecnie asystent w Zakładzie Geomorfologii, Geoarcheologii i Kształtowania Środowiska IG UJK specjalizujący się w geomorfologii fluwialnej, geoarcheologii oraz antropogenicznych przekształceniach środowiska regionu świętokrzyskiego, Polski i Cypru. Autor artykułów naukowych krajowych i zagranicznych. Uczestnik Paphos Agora Project w 2017 i 2018.

A graduate of geography and doctoral studies at the Institute of Geography at the Jan Kochanowski University in Kielce; currently an assistant at the Department of Geomorphology, Geoarchaeology and Environmental Sciences in this university. Specialist in fluvial geomorphology, geoarchaeology and anthropogenic transformations of the environment of the Świętokrzyskie region, Poland and of Cyprus. Author of national and foreign scientific articles. Participated in the Paphos Agora Project in 2017 and 2018.

pawelprzepiora1988@gmail.com