

Piotr Kołodziejczyk\*

## Naturalne i antropogeniczne zagrożenia dla zabytków architektury nabatejskiej na terenie Petry i w południowej Jordanii

### Natural and anthropogenic threats to the monuments of Nabataean architecture: the case of Petra and selected sites in southern Jordan

**Słowa kluczowe:** Jordania, architektura nabatejska, Petra, zagrożenia konserwatorskie, zabytki Petry, archeologia Jordanii

**Key words:** Jordan, Nabataean architecture, Petra, conservation threats, Petra monuments, Jordan archaeology

Okres kilkusetletniej działalności na Bliskim Wschodzie semickiego ludu zwanego Nabatejczykami stanowi jeden z najciekawszych tematów badawczych współczesnej archeologii śródziemnomorskiej. W apogeum swojego istnienia pomiędzy III wiekiem p.n.e. a I wiekiem n.e. wpływy nabatejskiego królestwa obejmowały obszar Transjordanii, palestyńskiego Negewu, Półwyspu Synaj, południowej Syrii oraz północno-zachodniej Arabii Saudyjskiej. Nabatejscy władcy kontrolowali szlaki handlowe na tym obszarze czerpiąc ogromne korzyści z wymiany handlowej (zwłaszcza handlu przyprawami i innymi towarami egzotycznymi) i zapewniania bezpieczeństwa karawanom. W okresie od I wieku p.n.e. do I wieku n.e. powstały największe dzieła nabatejskiego budownictwa i wykształcił się niepowtarzalny styl architektoniczny. Inspiracją i źródłem wielu elementów nabatejskich budowli były kontakty z sąsiednimi państwami diadochów (Ptolemeusz i Seleucydów), Partów, Rzymian, Izraelitów, a także kultura koczowniczych plemion arabskich, blisko z Nabatejczykami spokrewnionych (patrz np. [1, 9, 14, 15, 20]). Stolica zlokalizowana w Petrze, na skrzyżowaniu starożytnych szlaków handlowych, znajduje się 260 km od stolicy dzisiejszej Jordanii – Ammanu oraz 133 km od Akaby, ukryta w górskich dolinach Pustyni Południowej na wysokości od 900 do 1500 m n.p.m (ryc. 1). To właśnie te piaskowcowe i wapienne skały dały nazwę stolicy Nabatejczyków (w języku greckim πέτρα (petra) oznacza skałę, choć niektórzy sądzą, że nazwa ta pochodzi z języka arabskiego: عاتربال – *al-Batrā*) ([15], s. 45-46). Dziś Petra to nie tylko gigantyczne stanowisko archeologiczne zajmujące ok. 15 km<sup>2</sup> i nasycone setkami bezcennych zabytków, ale

The period of several centuries when the Semitic people known as the Nabataeans functioned in the Near East constitutes one of the most interesting research subjects in modern-day archaeology of the Mediterranean. At the apogee of their existence, between the 3rd century B.C. and the 1st century A.D., the Nabataean kingdom influenced the area of Trans-Jordan, Palestinian Negev, the Sinai Peninsula, southern Syria and north-western Saudi Arabia. Nabataean rulers controlled trade routes in that area deriving enormous benefits from commercial exchange (especially trade in spices and other exotic commodities) and ensuring the safety of caravans. During the period between the 1st century B.C. and the 1st century A.D. the greatest masterpieces of the Nabataean building were created and their unique architectonic style was established. Contacts with the neighbouring lands of the Diadochi (the Ptolemies and the Seleucids), Parthians, Romans, Israelites, as well as the culture of the nomadic Arab tribes, closely related to the Nabataeans, served as inspiration and source for many elements of the Nabataean buildings (see e.g. [1, 9, 14, 15, 20]). The capital located in Petra, at the junction of ancient trade routes, lies 260 km away from the capital of modern-day Jordan – Amman, and 133 km from Aqaba, hidden in the mountain valleys of the Southern Desert at the altitude between 900 to 1500 m AMSL (fig. 1). Those sandstone and limestone rocks gave the Nabataean capital its name (in Greek πέτρα (petra) means rock, although some people believe that the name derives from the Arabic: عاتربال – *al-Batrā*) ([15], pp. 45-46). Today Petra is not only a gigantic archaeological site covering the area of app. 15 km<sup>2</sup> and filled with hundreds of priceless treasures, but

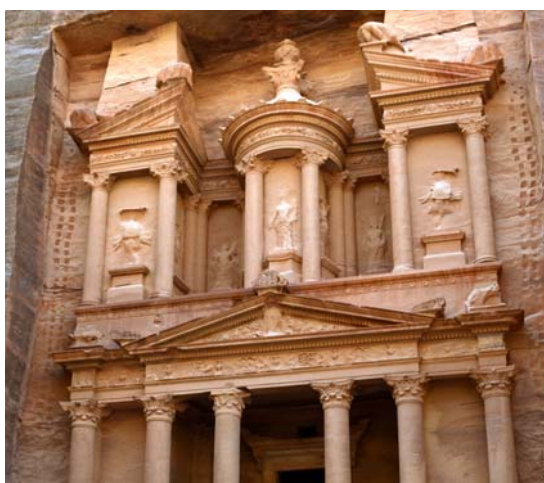
\* Instytut Archeologii, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

\* Institute of Archeology, Jagiellonian University in Cracow



Ryc. 1. Widok na skały Petry z rejonu Al-Wueyra

Fig. 1. View of the Petra rocks from the Al-Wueyra region



Ryc. 2. Górne partie El-Khazneh (Skarbiec)

Fig. 2. Upper part of El-Khazneh (Treasury)



Ryc. 3. Fasada grobowca „Obelisków”, Petra

Fig. 3. Obelisk Tomb façade, Petra



Ryc. 4. Triklinium w Siq al-Barid (Mała Petra), region Petry

Fig. 4. A triclinium at Siq al-Barid (Little Petra), Petra region



Ryc. 5. Nabatejska świątynia bóstwa Allat, Wadi Rum

Fig. 5. Nabataean temple of Allat, Wadi Rum



także koło zamachowe jordańskiej turystyki i ekonomii, a także miejsce pracy ekip badawczych i konserwatorskich z wielu krajów.

Krótkiej charakterystyki wymaga klimat, który odgrywa zasadniczą rolę w procesie destrukcji zabytków architektury nabatejskiej. Na terenie Jordanii dominuje klimat zwrotnikowy suchy. Rejon Petry znajduje się w obszarze nawiedzanym przez deszcze padające w okresie zimowym, szczególnie pomiędzy grudniem a marcem. Choć suma opadów mierzona rocznie nie jest tu duża – max. 80 mm – to ich jednorazowa gwałtowność bywa znaczna. Jest to teren o charakterze półpustynnym, podobnym do stepu, z niewielką ilością roślinności rozwijającej się w okresie deszczowym. Lata są tutaj gorące i suche, zaś okres zimowy jest chłodny i wilgotny [12].

Ponowne odkrycie Petry i historii ludu Nabatejczyków nastąpiło w 1812 roku, kiedy to szwajcarski badacz Johann

also the driving force of the Jordan tourism and economy, and a workplace for research and conservation teams from many countries.

The climate which play a crucial role in the process of destroying monuments of the Nabataean architecture requires a short description. Dry tropical climate is predominant in the area of Jordan. The region of Petra is in the area affected by rains falling during the winter period, especially between December and March. Although the amount of yearly precipitation is not high here – max. 80 mm – individual rainfall can be quite violent. It is a semi-desert area similar to the steppe with small amount of vegetation developing during the rainy season. Summers are hot and dry here, while winters are cool and moist [12].

The rediscovery of Petra and the history of the Nabataean people took place in 1812, when the Swiss explorer Johann



Ryc. 6. Nabatejska świątynia w DhatRas (okolice Keraku)  
Fig. 6. Nabataean temple at DhatRas (near Kerak)



Ryc. 7. Nabatejska świątynia w Khirbet et-Tannur, Wadi al-Hasa  
Fig. 7. Nabataean Temple at Khirbet et-Tannur, Wadi al-Hasa



Ryc. 8. Nabatejska świątynia w Khirbet-Darih, Wadi al-Hasa  
Fig. 8. Nabataean temple at Khirbet-Darih, Wadi al-Hasa

Burckhardt, mówiący płynnie po arabsku i przebrany w strój muzułmanina, przekonał miejscowego przewodnika, żeby ten pokazał mu grobowiec, w pobliżu którego, jak głosiła legenda, leży zapomniane miasto. Beduini poprowadzili go przez skalny korytarz (Siq), którym obecnie zwiedzający wędrują do serca Petry. Na jego końcu znajduje się najslawniejszy zabytek skalnego miasta – budynek z fasadą 27-metrowej szerokości i 40-metrowej wysokości, czyli El-Khazneh – Skarbiec faraona (ryc. 2; [15], s. 45–50). Badania naukowe rozpoczęto w Petrze dopiero w pierwszej połowie XX wieku i od tego czasu liczba informacji na temat nabatejskiej technologii budowlanej systematycznie wzrasta. Jednocześnie od wielu już lat trwają wysiłki, by zachować skarby nabatejskiej architektury dla kolejnych pokoleń i uchronić je przed szeregiem występujących tu zagrożeń ([24], s. 103).

Struktury architektoniczne pozostawione przez Nabatejczyków można podzielić na trzy zasadnicze grupy. Pierwszą z nich stanowią grobowce fasadowe (ryc. 3) i tzw. tryklinia (ryc. 4) wykuwane w skałach, zlokalizowane w dwóch rejonach – na obszarze Petry i jej najbliższych okolic, a także w rejonie Hegry (Medain Saleh) na terenie półwyspu Arabskiego (dziś Arabia Saudyjska). Drugą, mniej znaną grupę tworzą liczne relikty wolnostojących świątyń i budowli kultowych (ryc. 5–8) znajdujących się zarówno na terenie Petry, jak i na znacznie większym obszarze obecnej Jordanii ([24], s. 103). Trzecia grupa to różnego typu budowle i urządzenia o charakterze hydrotechnicznym – pozostałości tam, kanałów i zbiorników (ryc. 9), z których słynęli Nabatejczycy (patrz np. [17, 19]). Trzeba też zaznaczyć, że poza stolicą w Petrze i głównymi ośrodkami, związanymi głównie z budowlami religijnymi, „zwykłe” osadnictwo nabatejskie na terenie Edomu i Moabu jest gorzej rozpoznane i stanowi dla badaczy ciągle wielkie wyzwanie.

Konserwacja zabytków architektury jako element zarządzania stanowiskiem archeologicznym zawsze stanowi duże wyzwanie. Działalność konserwatorska na tak rozległym i różnorodnym stanowisku jak Petra, w skład którego wchodzi tysiące obiektów o monumentalnej skali, stanowi szczególnie istotny problem. Miejsce to, wpisane na światową Listę Dziedzictwa Kulturowego UNESCO, wymaga szczególnego wysiłku konserwatorskiego, ponieważ skala zagrożeń jest tutaj nieporównywalna z innymi stanowiskami nie tylko w regionie, ale nawet na świecie. Trzeba bowiem przypomnieć, że w 1995 roku Światowy Fundusz Zabytków wpisał Petrę na jeszcze jedną listę – najbardziej zagrożonych obiektów zabytkowych [6]. Dotychczas, z różnym skutkiem, prowadzono tutaj szereg działań rewitalizacyjnych o charakterze badawczym i ratunkowym. Niektóre przyniosły pożądane efekty, inne okazały się niewłaściwe lub niewystarczające. Nie ulega jednak wątpliwości, że paleta zagrożeń i czynników je generujących jest tutaj wyjątkowo obszerna i wymaga ogromnego wysiłku, także finansowego.

Największym wrogiem budowli znajdujących się w Petrze są warunki atmosferyczne i inne zjawiska o charakterze naturalnym. Kluczową rolę odgrywa tutaj działanie wiatru, wody i zmiennej temperatury, a także zanieczyszczenie środowiska, rozwój roślinności oraz ruchy tektoniczne.

Działalność zabezpieczająca, konserwatorska czy rekonstrukcyjna musi być poprzedzona szczegółowymi badaniami historii i stanu budowli oraz analizą możliwości konserwatorskich [10]. Na terenie Petry oraz kilku stanowisk południowej Jordanii przeprowadzono w ciągu ostatnich kilkunastu lat

Burckhardt, who spoke Arabic fluently and wore Muslim attire, persuaded a local guide to show him a tomb in the vicinity of which, according to a legend, a forgotten city was located. The Bedouins led him along a rocky gorge (Siq), through which the visitors reach the heart of Petra nowadays. At its end there is the most famous monument of the stone city – a building with a 27-metre wide and 40-metre high façade, namely El-Khazneh – the pharaoh's Treasury (fig. 2; [15], pp. 45–50). Scientific research commenced in Petra only in the first half of the 20<sup>th</sup> century, and since then the amount of information concerning the Nabataean building technology has been growing systematically. At the same time, for many years attempts have been made to preserve the treasures of the Nabataean architecture for the future generations by protecting them from several dangers occurring here ([24], p. 103).

Architectonic structures left by the Nabataeans can be divided into three basic groups. The first are façade tombs (fig. 3) and so called triclinia (fig. 4) carved in rocks, located in two regions – in the area of Petra and its vicinity, and in the region of Hegra (Medain Saleh) in the Arabian Peninsula (present-day Saudi Arabia). The second, less well-known group, includes numerous relics of detached temples and cult buildings (fig. 5–8) found both in Petra and in the much bigger area of the present-day Jordan ([24], p. 103). The third group are various types of hydro-technological buildings and devices – relics of the once existing canals and reservoirs (fig. 9) that the Nabataeans were famous for (see e.g. [17, 19]). It should be emphasised that beyond the capital in Petra and the main centres, associated mostly with religious buildings, “ordinary” Nabataean settlement in the lands of Edom and Moab is poorly researched and still poses a great challenge for scientists.

Conservation of architecture monuments as an element of managing an archaeological site has always constituted a challenge. Conservation activity on such a vast and varied site as Petra, including thousands of monumental scale objects, is a particularly vital issue. The place, entered into the UNESCO List of World Cultural Heritage, requires particular conservation effort because the danger scale here is incomparable with any other sites, not only in the region but all over the world. It has to be remembered that in 1995 the World Heritage Fund entered Petra into one more list – of the most endangered historic objects [6]. So far, several revaluation, research and rescue activities have been conducted here with varying results. Some brought desired results, while other turned out to be inappropriate or insufficient. There is no doubt, however, that the range of threats and factors that generate them is exceptionally wide here and requires enormous effort, also financial.

The greatest enemy of the buildings located in Petra are weather conditions and other natural phenomena. The impact of wind, water and changing temperatures play a key role here, as well as environment pollution, growing vegetation and tectonic movement.

Preservation, conservation and reconstruction activity must be preceded by detailed research on the history and state of the building, as well as the analysis of conservation possibilities [10]. During the last several years, a series of projects were carried out in the area of Petra and a few other sites in southern Jordan, the aim of which was a conservation analysis of the state of preservation of rock buildings and the detached ones,





Ryc. 9. Elementy nabatejskiego systemu hydrologicznego, Wadi Sabra, region Petry

*Fig. 9. Elements of the Nabataean water management system, Wadi Sabra, Petra region*



szereg projektów, których celem była analiza konserwatorska stanu zachowania budowli skalnych i wolnostojących, a także badania wpływu warunków środowiskowych na tempo procesów wietrzenia, badania składu i sposobu zachowania zapraw używanych do konstruowania budowli kamiennych czy analizy wpływu substancji chemicznych używanych podczas zabiegów konserwatorskich na materiały kamienne używane przez Nabatejczyków. W latach 1996-1999 przeprowadzono kompleksowe prace badawcze, których celem było określenie przebiegu procesów wietrzenia obiektów wykutych w skałach i zaproponowanie nowoczesnych rozwiązań konserwatorskich. Zanalizowano 22 budowle na terenie Petry i dokonano ciekawych obserwacji, proponując w efekcie szereg rozwiązań zależnych od materiału skalnego, stopnia uszkodzeń budowli i skały projektowanych prac [6, 7]. Ważnych efektów dostarczyły także prace prowadzone na terenie rzymskiego teatru znajdującego się w Petrze, które pomogły zrozumieć procesy erozyjne zachodzące



Ryc. 10a. Dolne partie fasady Deir (Klasztor) zniszczone przez procesy erozyjne – działanie wiatru, Petra

*Fig. 10a. The lower part of the Deir façade destroyed by weathering processes, Petra*



Ryc. 10b. Naturalnej wielkości, częściowo zachowany relief przedstawiający pięć wielbłądów oraz ich poganiaczy, Siq, Petra

*Fig. 10b. Life-sized, partially preserved relief of five camels and their drivers, Siq, Petra*



Ryc. 10c. Detal architektoniczny zniszczony przez procesy erozyjne, Wadi Sabra, region Petry

*Fig. 10c. Architectural detail destroyed by erosion processes, Wadi Sabra, Petra Region*

as well as research on the influence of environment conditions on the velocity of the erosion processes, examination of content and behaviour of mortars used in construction of stone buildings, or the analysis of the effect of chemical substances used during conservation treatment on stone materials used by the Nabataeans. In the years 1996-1999, complex research work was carried out, the aim of which was determining the course of erosion processes affecting the objects carved in rocks and proposing modern conservation solutions. 22 buildings in Petra have been analysed and interesting observations have been made which resulted in suggestions of several solutions

w piaskowcowych budowlach kutyh w skale i budowanych z bloków kamienia [20]. W tym ostatnim kontekście niezwykle ważne były także prace analityczne prowadzone w zabudowaniach świątynnych Qasr el-Bint [22] oraz w tzw. wielkiej Świątyni na terenie Petry [13]. Prześledzono w ich trakcie nie tylko procesy destrukcji materiałów kamiennych użytych do ich budowy, ale także rodzaje zapraw i spoiw, wydzielono ich zasadnicze typy i określono cechy mające pierwszorzędne znaczenie w procesach erozyjnych [22]. Istotnym uzupełnieniem były projekty badań laboratoryjnych próbek pobranych z budowli i skał rejonu Petry pokazujące nie tylko dokładny skład surowców wykorzystywanych do budowy przez Nabatejczyków, ale także wpływ na stan zabytków wzrastającego zasolenia rejonu Petry, a także opisujące cechy fizykochemiczne skał regionu, co pozwoliło na lepsze dobieranie substancji wykorzystywanych w działaniach konserwatorskich (np. [3, 12]).

Wszystkie dotychczasowe prace pozwoliły na określenie wpływu czynników naturalnych i działalności człowieka na budowle nabatejskie i poprawy skuteczności procesów konserwatorskich. Trzeba jednak zaznaczyć, iż żadnego z czynników (zwłaszcza mających swoją genezę w naturalnych procesach środowiskowych) niszczących te budowle nie da się usunąć – można jedynie starać się je ograniczyć lub spowolnić ich destrukcyjny wpływ oraz naprawiać (jedynie częściowo) wyrządzone przez nie szkody. Najważniejsze czynniki zostaną omówione poniżej.

Uszkodzenia, których przyczyną jest działanie wiatru, są dwójakiego rodzaju. Pierwszym jest destrukcja mechaniczna powodowana przez drobiny piasku niesione przez wiatr (ryc. 10a-c, 11). Uszkodzenia te dotyczą najczęściej najniższych partii budowli (do ok. 2 m od ziemi). Jednak znacznie poważniejszym, negatywnym efektem działania wiatru jest krystalizacja związków zwanych solami, takich jak chlorek sodu i siarczan wapnia. Badania przeprowadzane na próbkach skał pochodzących z różnych obiektów znajdujących się w Petrze wykazały nie tylko, że prędkość wiatru ogrywa kluczową rolę w procesie krystalizacji soli i jej rozmieszczeniu na porowatych, skalnych powierzchniach, ale także pokazały, że zmiany prędkości i kierunku wiatru wpływają na przyspieszenie destrukcji skalnych zabytków [25].

Kolejnym ważnym czynnikiem stwarzającym zagrożenia dla obiektów Petry jest działanie wody [23]. Opady, choć niezbyt częste i w skali roku nie bardzo obfite (max. 80 mm w rejonie Petry), są jednak stałym elementem klimatu rejonu południowo-zachodniej Jordanii. Brak możliwości wsiąkania wody w skalne podłoże oraz rzadkie, lecz obfite opady powodują gwałtowne przemieszczanie się dużych ilości wody. Już w czasach nabatejskich dostrzeżono ten problem. Na szeroką skalę konstruowano systemy kanalizowania i odprowadzania wody (ryc. 12a-b) do zbiorników, po to by nie zagrażała mieszkańcom i budowlom Petry, ale także by można było wykorzystać ją w okresie suchym (ryc. 13-14). Dzisiaj systemy te paradoksalnie często stają się przyczyną niszczenia wielu obiektów. Często są pozatykane lub uszkodzone przez trzęsienia ziemi, co prowadzi do niekontrolowanego przemieszczania się wody i atakowania przez nią zabytków od środka i od zewnątrz (patrz np. [8]). Woda i jej przemieszczanie się jest jedną z głównych przyczyn niszczenia zabytków Petry. Powodzie i zalania, intensywne opady, przepływanie wody niekontrolowanymi kanałami oraz jej przesiąkanie w szczeliny i ubytki skalne

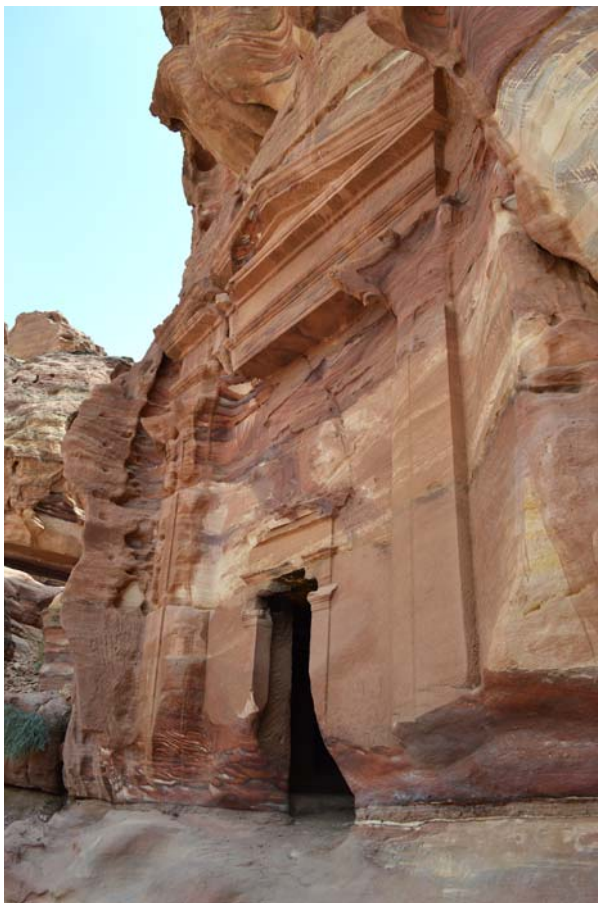
depending on rock material, extent of damage the building has suffered and the scale of planned work [6, 7]. Important results were also yielded by the work conducted in the site of the Roman theatre located in Petra, which helped to understand erosion processes occurring in sandstone buildings carved in rock and built from stone blocks [20]. In the latter context, the analytical work carried out in the temple buildings of Qasr el-Bint [22] and in the so called Great Temple in Petra turned out to be extremely significant [13]. In its course, not only destructive processes in stone materials used for their construction were followed through, but also kinds or mortars and binders whose basic types and features of utmost importance in erosion processes were determined [22]. A crucial complementary element were projects of laboratory tests on samples collected from buildings and rocks around Petra, revealing not only the precise contents of raw materials used for construction by the Nabataeans, but also the impact of increasing salinity in the Petra region on the state of monuments, and a description of physical-chemical features of the rocks in the region which allowed for better selection of substances used in conservation treatment (e.g. [3, 12]).

All the work carried out so far allowed for defining the impact of natural factors and human activity on the Nabataean edifices, and for improving the effectiveness of conservation processes. One has to emphasise, however, that none of the factors destroying the buildings (particularly those originating in natural environmental processes) can be removed – they can merely be limited or their destructive influence can be slowed down, and the damage they cause can be repaired (though only partially). The most important factors will be discussed below.

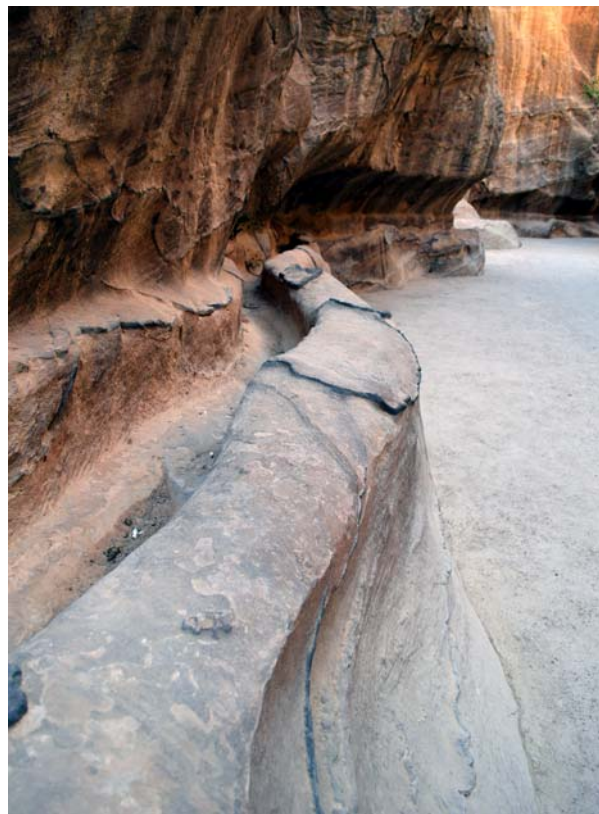
There are two kinds of damage which has been caused by the wind. The first is mechanical destruction caused by sand particles carried by the wind (fig. 10a-c, 11). That kind of damage can be most frequently found in the lowest sections of buildings (up to app. 2 m from the ground). However, a more serious negative result of the wind is crystallisation of compounds known as salts, such as sodium chloride and calcium sulphate. Tests carried out on rock samples collected from various objects located in Petra showed that wind speed not only plays the key role in the salt crystallisation process and its distribution on the porous rock surfaces, but also that changes in wind velocity and direction speed up the destruction of rock monuments [25].

Another important factor posing a threat to the objects in Petra is water [23]. Although not very frequent and not very abundant on the yearly scale (max. 80 mm in the region of Petra) precipitation is a constant element of the climate in the south-western part of Jordan. No possibility for water to be soaked up by the rocky ground and rare but torrential rains cause violent flooding. The problem was already noticed in the Nabataean times. Sewage systems and those channelling water (fig. 12a-b) to reservoirs were constructed on a large scale, so that it would not endanger the inhabitants and buildings of Petra, but also that it could be used during the dry season (fig. 13-14). Today, paradoxically, those systems frequently cause damage to many objects. They are often clogged or damaged by earthquakes, which leads to masses of water shifting uncontrollably and attacking the monuments both from the inside and outside (see e.g. [8]). Water and its movement is one of the main reasons responsible for the destruction of Petra monuments.





Ryc. 11. Fasada grobowca Sextusa Florentinusa, Petra  
Fig. 11. The façade of Sextus Florentinus rock-cut tomb, Petra



Ryc. 12a. Kanaly doprowadzające wodę do centrum Petry ze źródeł Ain Musa wykute w skałach po obu stronach Siq'u (Źródło Mojżesza, kilka kilometrów na wschód od Petry)

Fig. 12a. Water channels on both sides of the Siq carried water from the Ain Musa (Spring of Moses, a few kilometers east of the site) down somewhere into Petra



▲ ► Ryc. 13-14. Nabatejskie cysterny wykute w skałe, Sela i Siq al-Barid (Mała Petra)  
Fig. 13-14. Rock-cut Nabataean water tanks, Sela and Siq al-Barid (Little Petra)



Ryc. 12b. Relikty kanału doprowadzającego wodę w rejonie tzw. Akropolu, Wadi Sabra

Fig. 12b. Water channels at Wadi Sabra Acropolis



powodują trudne do naprawienia szkody. Istotny jest tutaj także fakt, iż w przeciągu ostatniego tylko stulecia poziom wód gruntowych podniósł się w tym rejonie znacznie, co wpływa istotnie na sieć hydrologiczną, ale także na wspomnianą już krystalizację słonych osadów, zmianę właściwości fizykochemicznych podłoża (np. rozłaskowanie gliny) itd.

Wiatr i opady to nie jedyny element klimatu wpływający negatywnie na stan zachowania relikwów architektonicznych w rejonie Petry. Istotnym czynnikiem jest także tzw. „szok termiczny” powstający na skutek dużych zmian temperatury występujących zarówno w okresie pojedynczego dnia, jak i pomiędzy porami roku [25]. Zmiany te są istotną składową procesu wietrzenia polegającą na rozszerzaniu lub kurczeniu się niektórych minerałów pod wpływem zmian temperatury. Badania prowadzone w latach 90. pokazały iż w 24-godzinny cykl dobowy zjawiskiem powszechnym są ponad 20-stopniowe różnice w temperaturze skał [5]. To szczególnie źle wpływa na stan zachowania budowli wykonanych w skałach piaskowcowych o kalcytowym spoiwie. Problem ten jest jednak bagatelizowany przez wiele osób, które uznają, że procesy destrukcyjne wywołane przez zmiany temperatury są tak powolne, iż nie mogą w znaczący sposób wpływać na stan zachowania skalnego miasta.

Innym zagrożeniem dla zabytków Petry jest niekontrolowany rozwój roślinności, zwłaszcza traw (szczególnie widoczny na fasadzie tzw. Grobowca Korynckiego – ryc. 15). Dopływ wody deszczowej i jej utrzymywanie się w niektórych miejscach przez pewien czas powoduje pojawianie się roślinności również na fasadach grobowców i innych budowli (patrz np. [16]). Tzw. wietrzenie biologiczne (osłabianie, rozpuszczanie, rozsądzanie itd.) powodowane także przez pojawiające się w sąsiedztwie roślinności owady wydaje się być istotnym problemem konserwatorskim, choć jak dotąd nie wykonano w tym zakresie znaczących analiz.

Ostatnim naturalnym, ważnym czynnikiem powodującym degradację niezwykle cennych obiektów Petry są ruchy tektoniczne obserwowane przez nas w postaci tzw. trzęsień ziemi. Region ten jest zlokalizowany na obszarze sejsmicznie aktywnym, gdzie zbiegają się liczne uskoki, z których największym jest depresja Wadi Araba – dolina o długości 186 km biegnąca od Morza Martwego do Zatoki Akaba [11]. Przesunięcia sejsmiczne skutkują występowaniem w tym rejonie trzęsień ziemi. Źródła pisane przekazują nam informacje o kilku wielkich zjawiskach tego typu, które miały miejsce w odległej przeszłości (ryc. 16). Raporty UNESCO przekazują nam informację, iż do dużych trzęsień ziemi dochodzi w tym rejonie co około 100 lat. Dotychczasowe zjawiska tektoniczne występujące na tym obszarze doprowadziły do zniszczenia znacznej części miasta jeszcze w czasach antycznych i w okresie wczesnego średniowiecza.

Ostatnim czynnikiem wpływającym na pogarszający się stan monumentów Petry jest obecność i działalność w tym miejscu człowieka (np. [20], s. 355). Już od momentu odkrycia Petry i jej zabytków w początkach XIX wieku obecność ta odbijała się niekorzystnie na wielu budowlach. Wystarczy nadmienić, że wiele osób dawniej zwiedzających to miejsce, wierząc w rozpowszechniane legendy, strzelało na oślep np. do urny znajdującej się nad środkową częścią frontonu w nadziei na zdobycie znajdujących się w niej rzekomo bogactw. Dzisiaj nikt już nie pozwala sobie na takie „ekstrawagancje”, jednak sama obecność w tym miejscu gigantycznego ruchu turystycznego – tłumów pieszych maszerujących

Flash floods, torrential rains, water flowing through wild channels and seeping through cracks and gaps in the rock cause irreparable damage. The fact that only during the last century the groundwater level has risen in this region is also important here, as it significantly influences not merely the hydrological system, but also the already mentioned salt residue crystallization, change of physical and chemical properties of soil (e.g. slaked clay) etc.

Wind and precipitation are not the only elements of climate negatively affecting the state of preservation of architectural relics in Petra. An essential factor is also the so called „thermal shock” created by considerable differences in temperature occurring both in a single day and between seasons [25]. Those changes constitute a crucial component of the erosion process, involving expansion or shrinkage of some minerals under the influence of temperature. Research conducted in the 1990s showed that differences of over 20 degrees in the temperature of rocks are a common phenomenon within the 24-hour daily cycle [5], which has a particularly detrimental impact on the state of preservation of buildings carved in sandstone rocks with calcite binder. However, the problem has been underestimated by many people who claim that destructive processes caused by temperature change are so slow, that they cannot significantly influence the state of preservation of the rock city.

Another threat to the monuments of Petra is posed by unchecked growth of vegetation, especially grasses (particularly visible on the facade of the so called Corinthian Tomb – fig. 15). Inflow of rainwater and the fact that it stays in some places for some time, results in vegetation appearing also on the facades of tombs and other edifices (see e.g. [16]). The so called biological erosion (weakening, dissolving, breaking apart etc.), also caused by insects appearing in the vicinity of vegetation, seems to be a vital conservation problem, though no significant analyses of this aspect have been conducted so far.

The last important, natural factor causing degradation of the unique objects in Petra are tectonic movements we can observe in the form of earthquakes. The region is located in the seismically active area where numerous faults converge, the biggest of which is the Wadi Araba depression – a 186 km long valley running from the Dead Sea to the Aqaba Bay [11]. Seismic shifts cause earthquakes to occur in this area. Written records convey information about several large-scale phenomena of the type which took place in the distant past (fig. 16). UNESCO reports inform that large earthquakes occur in the region about every 100 years. The tectonic phenomena that have occurred so far have resulted in destroying a considerable part of the city back in the antiquity and during the early medieval period.

The ultimate factor influencing the deteriorating state of the monuments in Petra is the presence and activity of man in this place (e.g. [20], p. 355). From the very moment of the discovery of Petra and its monuments at the beginning of the 19<sup>th</sup> century, the presence has had a negative impact on numerous buildings. Suffice it to say that many people who visited this place in the past, believing in the popular legends, used to shoot blindly at e.g. the urn located over the central part of the fronton in the hope of gaining the treasures allegedly hidden there. Today no one can take such „liberties”, but the very presence of tourism on a gigantic scale in this place – crowds of pedestrians marching daily





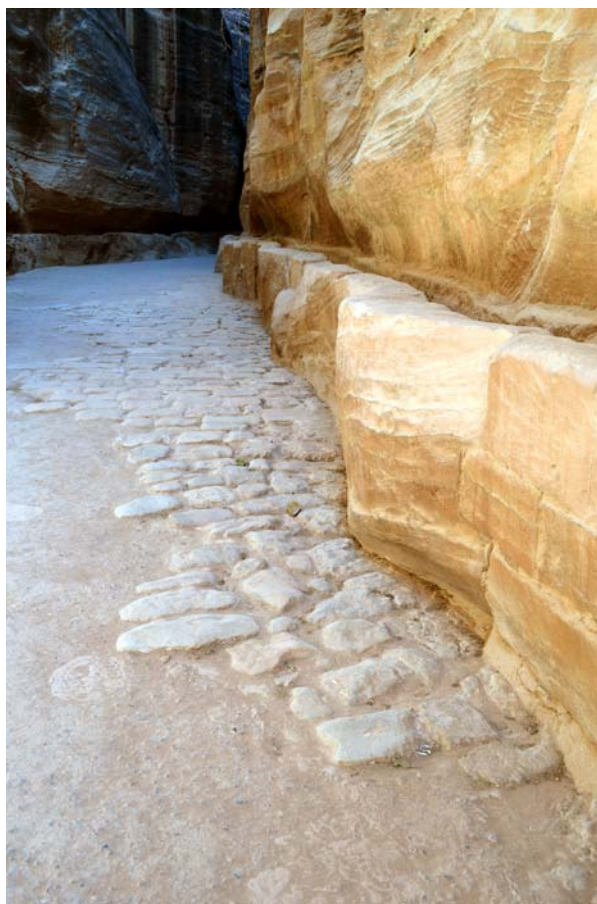
Ryc. 15. Fasada grobowca Korynckiego, Petra  
Fig. 15. The façade of Corinthian Tomb, Petra



Ryc. 17. Grobowiec El Khana znajdujący się przy wejściu do Bab As Siq, wykorzystany przez Petra Quest House Hotel jako bar, Petra  
Fig. 17. El Khan Tomb located at the main entrance gate to Bab As Siq, used by Petra Quest House Hotel as a bar, Petra



Ryc. 16. Fasada triklinium zniszczonego przez trzęsienie ziemi, Petra  
Fig. 16. Façade of triclinium destroyed by earthquake



Ryc. 17b. Fragment oryginalnej, kamiennej posadzki Siq'u, Petra  
17b. A fragment of the original stone-floor of Siq, Petra

codziennie przez Siq i centrum Petry, wspinających się do „Klasztoru” (Deir) położonego ponad doliną, zasiadających w rozrastających się tutaj kawiarniach i pozostawiających śmieci wpływa niekorzystnie na stan zachowania zabytków. Dodatkowo ruch turystyczny generuje wielki rozwój usług oferowanych w tym rejonie (ryc. 17a) przez miejscowych sprzedawców, przewoźników i przewodników. Setki turystów jest codziennie wożonych niewielkimi bryczkami lub na osiołkach po zachowanych fragmentach oryginalnego bruku Siq'u (ryc. 17b) czy wykutych w miękkiej skale stopniach prowadzących do „Klasztoru” (Deir), co powoduje ich powolne zanikanie pomimo zabiegów konserwatorskich wdrażanych

through the Siq and the centre of Petra, climbing to “The Monastery” (Deir) situated above the valley, lounging in the proliferating cafes and leaving behind tons of rubbish, adversely influences the state of preservation of historic buildings. Moreover, tourism generates rapid development of services offered in the region (fig. 17a) by local shopkeepers, drivers and guides. Hundreds of tourists are transported every day, either in small carriages or on donkeys, along the preserved fragments of the original cobbled surface of the Siq (fig. 17b), or steps hewn in soft rock and leading to “The Monastery” (Deir), which causes their gradual disappearance despite conservation treatment implemented by





Ryc. 18. Wnętrze grobowca Sextusa Florentinusa wykorzystywane jako stajnia, Petra

Fig. 18. The interior of Sextus Florentinus rock-cut tomb used as a stable, Petra



Ryc. 19. Współczesne napisy na ścianie nabatejskiego triklinium, Siq al-Barid (Mała Petra)

Fig. 19. Modern writing on the wall of Nabataean triclinium, Siq al-Barid (Little Petra)



Ryc. 20. Centrum Petry

Fig. 20. Central part of the Nabataean city of Petra

przez jordańskie służby opiekujące się zabytkami. Trzeba tu zaznaczyć, że Departament Starożytności Ministerstwa Turystyki i Starożytności Haszymidzkiego Królestwa Jordanii sprawujący kontrolę nad ponad 10 tys. stanowisk archeologicznych w tym kraju wraz z dyrekcją Parku Narodowego Petry prowadzi bardzo intensywną działalność mającą na celu zabezpieczenie lub rekonstrukcję wielu obiektów i rejonów Petry. Skala tego obszaru i występujących na nim problemów konserwatorskich w połączeniu z trudną dostępnością wielu miejsc (ryc. 20) i ogromnymi środkami finansowymi niezbędnymi do realizacji tych zadań jest jednak niezwykle duża i nie pozwala na wiele działań, które wydają się palącą potrzebą. Innym problemem jest funkcjonowanie w obrębie budowli i wielu pomniejszych obiektów miejscowej ludności beduińskiej wykorzystującej od pokoleń nabatejskie grobowce

Jordan monument protection services. One has to stress here, that the Department of Antiquities at the Ministry of Tourism and Antiquities of the Hashemite Kingdom of Jordan, supervising more than 10 thousand archaeological sites in that country, together with the management of the Petra National Park have been conducting very intensive activities aimed at preservation or reconstruction of many objects and regions in Petra. The scale of the area and conservation issues occurring here, in combination with limited accessibility of many sites (fig. 20) and enormous financial resources needed to realise those tasks, is quite extreme and does not allow for carrying out many activities which seem to be urgently required. Another problem are the local Bedouin people functioning within the buildings and numerous smaller objects who, for generations, have



czy tryklinia do celów gospodarczych lub mieszkalnych (ryc. 18-19). Próby przekonania plemion beduińskich do przeniesienia się w inne miejsca, nawet poparte znacznymi środkami finansowymi i budową specjalnych osiedli, nie do końca jak na razie przyniosły pożądane efekty.

W ostatnich latach środowisko badaczy kultury nabatejskiej mocno się integruje i wyznacza rygorystyczne zasady pracy na tak specyficznym, bezcennym a jednocześnie bardzo trudnym stanowisku, jak Petra. Prowadzone tu prace powinny być minimalistyczne i w dużej mierze nastawione na konserwację, tak by badania archeologiczne swym rozmachem nie pogłębiały stanu zniszczenia budowli, nie przyspieszały procesów wietrzenia np. poprzez niepotrzebne odsłanianie obiektów itd. Identyfikacja zagrożeń konserwatorskich musi być pierwszym krokiem każdej podejmowanej tu aktywności i powinna prowadzić do współpracy fachowców wielu dyscyplin. Dbłość o dziedzictwo kulturowe, do którego niewątpliwie należą zabytki związane z Nabatejczykami, pojmowana jako holistyczne, koherentne działania badawcze, konserwatorskie i rewitalizacyjne powinna stać się istotnym rozwinięciem teoretyczno-praktycznych zasad ochrony obiektów dziedzictwa kulturowego o znaczeniu światowym. Region południowej Jordanii (ze szczególnym uwzględnieniem Petry) może stać się w tym zakresie wzorcowym przykładem opartym na przekonaniu, że odpowiednio przebadane i zabezpieczone dziedzictwo kulturowe może także być nośnikiem innowacji i „wracać” do społeczeństwa z korzyścią dla dalszego rozwoju cywilizacyjnego np. poprzez stymulację turystyki, edukacji itp.

W 2013 Instytut Archeologii Uniwersytetu Jagiellońskiego przeprowadził wstępne rozpoznanie terenu południowej Jordanii ze szczególnym naciskiem na rejon Petry w celu przygotowania nowych archeologicznych projektów badawczych związanych zarówno z okresem funkcjonowania państwa nabatejskiego, jak i epokami wcześniejszymi, a także w celu określenia miejsc, w których można rozpocząć terenową działalność naukową. Prace te miejmy nadzieję poskutkują w najbliższych latach pojawieniem się polskich badaczy, także konserwatorów, na terenie Jordanii i rozszerzeniem na ten niezwykle obszar aktywności naukowo-badawczej i rewitalizacyjnej kilku instytucji, takich jak np. Uniwersytet Jagielloński, Politechnika Krakowska, Uniwersytet Rzeszowski.

been using the Nabataean tombs or triclinia for utility or dwelling purposes (fig. 18-19). Attempts have been made to persuade Bedouin tribes to move to different places but, even when backed up with substantial financial offers and building of special residential quarters, they have not brought about the desired effects yet.

In recent years, the group of scientists researching the Nabataean culture has become strongly integrated and established rigorous rules of working in such a specific, invaluable but at the same time very difficult site as Petra. The work carried out here should be minimalist and largely aimed at conservation, so that by its extent archaeological research would not aggravate the state of destruction of buildings, or speed up the weathering processes by e.g. unnecessarily uncovering the objects etc. Identification of conservation threats has to be the first step of each activity undertaken here, and ought to lead cooperation between professionals representing various disciplines. Care about the cultural heritage, to which monuments associated with the Nabataeans undoubtedly belong, understood as holistic, coherent research, conservation and revitalization activities should become a vital development of the theoretical-practical principles of protecting cultural heritage objects of global significance. The region of southern Jordan (with particular emphasis on Petra) can become a model example in this respect, based on the conviction that appropriately examined and protected cultural heritage can also be a carrier of innovation and “return” to the society in a way beneficial to its further civilization development e.g. by stimulating tourism, education etc.

In 2013, the Institute of Archaeology at the Jagiellonian University carried out initial reconnaissance of the area of southern Jordan, with particular attention paid to the region of Petra, in order to prepare new archaeological research projects associated both with the period of functioning of the Nabataean state and the previous epochs, and also to determine sites in where the field scientific activity could commence. We hope, in the following years the work will result in Polish scientists and conservators arriving in Jordan, and in the scientific, research and revalorizing activity of several institutions such as e.g. Jagiellonian University, Cracow University of Technology, and University of Rzeszow, being expanded into that unusual region.

thum. VM.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Augé Ch., Dentzer J.M., *Petra. The Rose-Red City*, London 2000.
- [2] Bala'awi F., *Conservation Work at Petra: A Critical Review*, UCL, London 2002.
- [3] Bala'awi F., *Salt Damage at Petra, Jordan: A Study of the Effects of Wind on Salt Distribution and Crystallization*, Unpublished PhD thesis, UCL, London 2006.
- [4] Bourbon F., *Petra. Sztuka i historia. Przewodnik po stolicy nabatejczyków*, Warszawa 2001.
- [5] Fitzner B., Heinrichs K., *Weathering forms and rock characteristics of historical monuments carved from bedrock in Petra/Jordan* [in:] Baer S., Sabbioni C., Sors A. eds., *Science, Technology and European Cultural Heritage. Proceedings of the European Symposium – Bologna, Italy*, Butterworth-Heinemann Ltd., 1991, pp. 908-911.
- [6] Fitzner B., Heinrichs K., *Evaluation of Weathering Damages on Monuments Carved from Rocks in Petra / Jordan Reaserach Project 1996-1999*, ADAJ 1998, 42, pp. 11-56.
- [7] Fitzner B., Heinrichs K., Kownatzki R., *Weathering forms at natural stone monuments-classification, mapping and evaluation*, International Journal for Restoration of Buildings and Monuments, 1997, Vol. 3, pp. 105-127.
- [8] Fisher H., *The German-Jordanian Project for the Establishment of a Conservation, and Restoration Center in Petra* [in:]

- Kuhlenthal M., Fisher H. eds., *Petra: The restoration of the Rock-Cut Tombs Facades*, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege Publication, München 2000.
- [9] Gibson D., *The Nabateans, Builders of Petra*, Amman 2002.
- [10] International Council on Monuments and Sites (ICOMOS), *The Venice Charter (The International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites)*, Venice, II<sup>nd</sup> International Congress of Architects and Technicians of Historic Monuments, 1964, (Adopted by ICOMOS in 1965).
- [11] Jaser D., Barjous M., *Geotechnical studies and geological mapping of ancient Petra city*. Town Mapping Project, Bulletin 1. Amman: Ministry of Energy and Mineral Resources Hashemite Kingdom of Jordan, 1992.
- [12] Jordan Meteorological Department Annual Report (JMD), Amman, Jordan Meteorological Department Press, 2003, pp. 54.
- [13] Joukowsky M., *The Brown University 1998 Excavations at Petra Great Temple*, ADAJ 1999, 43, pp. 195-222.
- [14] Hammond P.C., *The Nabateans – Their History, Culture and Archaeology*, Studies in Mediterranean Archaeology 37, Stockholm 1973.
- [15] Machowski W., *Petra*, Wrocław – Warszawa – Kraków 2007.
- [16] Naddaf-Al, *Weathering Mechanisms: Technical Investigation in Relation to the Conservation of the Sandstone Monuments in Petra, Jordan*, Berlin 2002.
- [17] Lindner M., *Water supply and water management at ancient Sabra (Jordan)*, Palestine Exploration Quarterly 2005, 137-1, pp. 33-52.
- [18] Oleson J.P., *The Origins and Design of Nabataean Water-Supply Systems*, SHAJ 1995, V, pp. 707-719.
- [19] Oleson J.P., *Nabataean Water Supply, Irrigation and Agriculture*, [in:] Konstantinos D. Politis ed., *The World of the Nabataeans – Volume 2 of the International Conference The World of the Herods and the Nabataeans held at the British Museum, 17–19 April 2001*, Stuttgart 2007, pp. 217-251.
- [20] Paradise T., *Analysis of Sandstone Weathering of the Roman Theater in Petra, Jordan*, ADAJ 1999, 43, pp. 353-368.
- [21] Parich J., *The Formation of Nabatean art*, Jerusalem 1990.
- [22] Saad Z., Halim-Abdel, *Laboratory Evaluation of Various Types of Mortars for the Conservation of Qasr Al-Bint Monument, Petra-Jordan*. Engineering Structures 2001, vol. 23, pp. 926-933.
- [23] Shaer M., Aslan Z., *Nabataean Building techniques with Special Reference to the Architecture of Tomb 825* [in:] Kuhlenthal M., Fisher H. eds. *Petra: The restoration of the Rock-Cut Tombs Facades*, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege Publication, München 2000.
- [24] Tholbecq L., *Nabataean Monumental architecture* [in:] Konstantinos D. Politis ed., *The World of the Nabataeans – Volume 2 of the International Conference The World of the Herods and the Nabataeans held at the British Museum, 17–19 April 2001*, Stuttgart 2007, pp. 103-145.
- [25] UNESCO, *Report: Petra National Park Management Plan*, 1992, pp. 1-176.

## Streszczenie

Architektura nabatejska od setek lat budzi zachwyt i przyciąga turystów z całego świata. Skalne grobowce i kamienne świątynie Petry, a także wiele innych miejsc na terenie południowej Jordanii, gdzie znajdują się budowle z okresu funkcjonowania na tym terenie państwa nabatejskiego, nieustannie poddawanych jest niesprzyjającemu działaniu warunków atmosferycznych. Także działalność człowieka często powoduje powstawanie zagrożeń dla bezcennych obiektów. Od wielu lat władze Jordanii wraz z międzynarodowym gronem badaczy i konserwatorów próbują przeciwdziałać postępującym procesom naturalnym i wywoływanym przez człowieka. Paleta zagrożeń i niekorzystnych dla tego typu architektury czynników jest tak szeroka, że wymaga nie tylko sporych nakładów finansowych, ale także szeroko zakrojonych badań i analiz fachowców różnych specjalności.

## Abstract

For hundreds of years Nabataean architecture has aroused admiration and attracted tourists from all over the world. Rock tombs and stone temples in Petra, as well as many other sites in the lands of southern Jordan with buildings dating back to the times when the Nabataean state existed here, are constantly exposed to unfavourable weather conditions. Also human activity frequently poses threats to the invaluable objects. For many years, the Jordan government with the international group of scientists and conservators have been trying to counteract the ongoing processes of natural degradation, as well as those caused by man. The range of threats and factors detrimental for that type of architecture is so wide that it requires not only considerable financial outlays, but also large-scale research and analyses carried out by various specialists.