

Prądnik. Prace Muz. Szafera	24	157–170	2014
-----------------------------	----	---------	------

ANNA GADEK

Instytut Nauk Geologicznych UJ
ul. Oleandry 2A, 30-063 Kraków
e-mail: anna.lula@uj.edu.pl

WŻERY KOROZYJNE W WĄWOZIE KOZIARNIA (OJCOWSKI PARK NARODOWY)

Corrosional pits in Koziarnia George (Ojców National Park)

Abstract. The inventory of corrosional structures, called pits, was conducted in the area of the Ojców National Park. The structures in question were formed on the surfaces of crags built of massive limestone of Upper Jurassic (Oxfordian) age. The most characteristic features of the pits are irregular morphology, size of the pits, as well as their hierarchical arrangements.

Key words: corrosional structures, pits, karst, Oxfordian massive limestone, Ojców National Park

WSTĘP

Zjawiska krasowe stanowią jeden z najbardziej charakterystycznych elementów środowiska przyrodniczego Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej, w tym Ojcowskiego Parku Narodowego (OPN). W wyniku licznych badań naukowych i prac inwentaryzacyjnych szczegółowo poznano rozmieszczenie jaskiń na tym obszarze, zaproponowano spójną koncepcję ich rozwoju, jak również określono typ i wiek różnorodnych osadów jaskiniowych. Stan poznania jaskiń wyraźnie kontrastuje ze stosunkowo małą znajomością powierzchniowych form krasowych, a zwłaszcza mikroform rzeźby krasowej.

Na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej mikroformy krasowe zostały dotychczas opisane przez Otęską-Budzyn (1976, 1977), gdzie wyróżniono między innymi struktury ospowate i gąbczaste. Obecność mikroform krasowych została również odnotowana w literaturze przez Kowalskiego (1951, s. 5) oraz Szelerewicza i Górnego (1986, s. 15) na marginesie inwentarzy jaskiń tego obszaru. Na występowanie struktur korozyjnych na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego (na powierzchni grzęd skalnych masywu „Czyżówki”) wskazują także Klein i Partyka (1991). Istnienie nagromadzeń specyficznych wżerów w okolicach Ojcowa jest także odnotowane przez Biska i in. (1992) przy okazji opisów inwentarzowych jaskiń, a także przez Gradzińskiego i in. (2008).

Celem niniejszej pracy jest próba charakterystyki oraz wskazania genezy form korozyjnych typu nieregularnych wżerów stwierdzonych w Wąwozie Koziarnia na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego. Praca ta została przygotowana na podstawie pracy magisterskiej autorki wykonanej w Instytucie Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego (Lula 2014).

CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Ojcowski Park Narodowy leży w południowej części Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej, nazywanej przez geologów także Jurą Krakowsko-Częstochowską (Różycki 1960). Obszar ten jest usytuowany na przedpolu Karpat i stanowi część większego regionu geologicznego – monokliny śląsko-krakowskiej (Gradziński 1972). Występują tutaj głównie utwory górnourajskie – oksfordzkie wapienie odsłaniające się na powierzchni w postaci zróżnicowanych form skalnych, których wychodnie ciągną się długim pasem od okolic Krakowa aż po Wieluń (Gradziński i in. 2008). Wapienie górnourajskie pod względem litologicznym tworzą trzy różniące się między sobą typy, wyróżnione przez Dżułyńskiego (1952); są to: wapienie płytowe, wapienie skaliste i wapienie uławiczone (gruboławicowe).

Spośród wymienionych typów głównie wapienie skaliste występują na powierzchni terenu w postaci naturalnych odsłonieć. Cechuje je największa odporność na wietrzenie i erozję. Wapienie te charakteryzują się jasną barwą, są nieuławiczone bądź gruboławicowe, gdzie miąższość ławic przekracza 1,5–2,0 m (Gradziński i in. 2008). Odgrywają one znaczącą rolę w ukształtowaniu terenu tworząc na zboczach dolin „skałki” o rozmaitych formach, zaś na wierzchołkach tak zwane „ostańce” (Gradziński 1972).

Wapienie jurajskie na omawianym terenie pokrywają głównie osady kenozoiczne. Na obszarze OPN są to: czerwone rezidualne gliny, zapewne o różnym wieku, osady morenowe (występujące jedynie lokalnie), lessy, osady stokowe, martwice wapienne oraz aluwia i deluwia (Gradziński i in. 2008). Najszerzej rozprzestrzenionym osadem czwartorzędowym jest less. Posiada on żółte zabarwienie i składa się z pyłu kwarcowego z domieszką substancji wapiennej. W okolicach Ojcowskiego Parku Narodowego występuje less z ostatniego zlodowacenia (vistuliańskiego, Wisły – Maruszczak 2001). Powstał on na drodze nawiewania pylastego materiału z przedpola łądolodu (Gradziński, Gradziński 1994, s. 33).

Badania terenowe prowadzone były w środkowej części Wąwozu Koziarnia, będącego lewobrzeżnym odgałęzieniem Doliny Sąspowskiej. Wąwóz ten rozpoczyna się na wierzchołkach nieckowatym rozłogiem (zagłębieniem), o stosunkowo połączonych zboczach i rozciąga się na długości przekraczającej 1 km (ryc. 1). W dół wąwozu zbocza stają się coraz bardziej strome i skaliste. Dalsze jego odcinki są wąskie i głęboko wcięte. Na stromych zboczach wznoszą się wapienne masywy skalne. W Wąwozie Koziarnia zaznacza się wyraźna asymetria zboczy. Lewe orograficznie zbocza są skaliste. Występuje tutaj pięć grup skalnych. Największe grupy skalne – Koziarnia, Sadłowa oraz Szlachcicowa położone są na lewym orograficznie zboczu. Prawe orograficznie zbocze jest połogie z zaledwie dwiema, niewielkimi grupami skalnymi. Znajduje się tam również stosunkowo rozległy stożek koluwalny, który zajmuje połąką część zbocza pomiędzy pierwszą skałą przy wejściu do wąwozu, a pierwszą z bezimiennych skał położonych naprzeciwko Sadłowej Skały.

Podczas inwentaryzacji jaskiń w Wąwozie Koziarnia Bisek i in. (1992) skartowali 47 jaskiń i schronisk o łącznej długości 611 m. Najdłuższymi obiektami są jaskinie Koziarnia, Sadłana, Niedostępna i Tunel Stromy. Osady Jaskini Koziarnia zostały zbadane podczas archeologicznych prac wykopaliskowych. Badania profilu osadów w pobliżu wej-

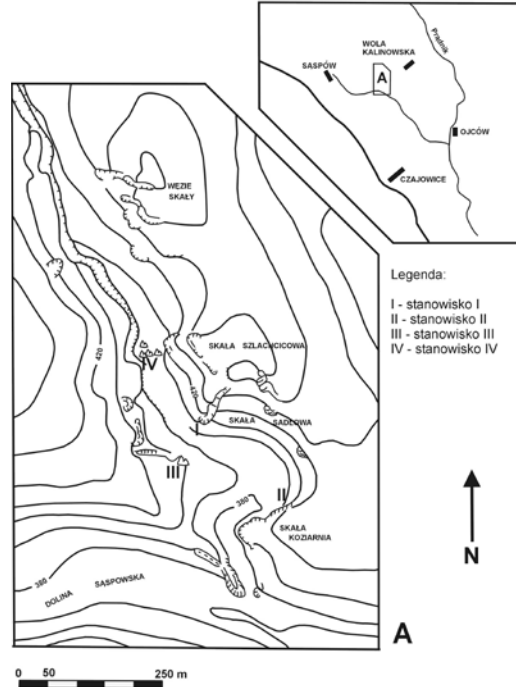
ścia do jaskini wykazały, że na zboczach wąwozu, pod warstwą humusową znajduje się less, a poniżej leży gruz wapienny z lessem (Madeyska-Niklewska 1969).

Wylesianie stoków doliny doprowadziło do erozji i ruchów masowych. Osady przemieszczone ze stoków pokryły aluwia Doliny Saspowskiej – w Wąwozie Koziarnia na głębokość 3 m, w dolnym biegu Saspówki do ponad 5 m (Chmielewski 1988).

METODYKA

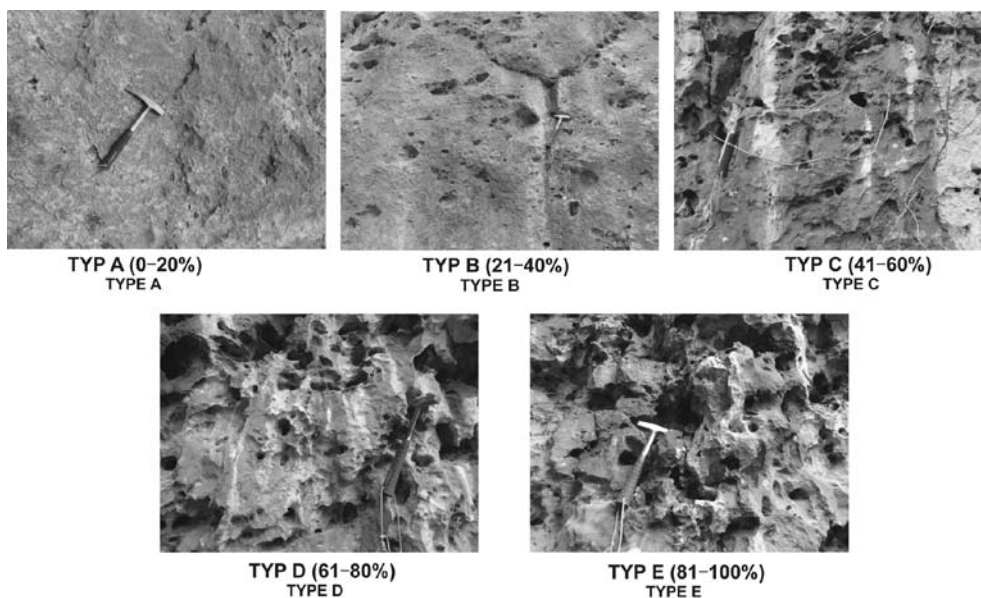
W celu inwentaryzacji i scharakteryzowania wżerów korozyjnych, w początkowym etapie badań przeprowadzono szczegółowe obserwacje powierzchni ścian skalnych na terenie Wąwozu Koziarnia. Na ich podstawie skonstruowano wizualny wzorzec obrazujący stopień skrasowienia powierzchni skalnych. W tym celu wytypowano pięć reprezentatywnych powierzchni ścian skalnych w różnym stopniu objętych korozją. Powierzchnie te zostały sfotografowane (skalę stanowi młotek geologiczny), a otrzymane zdjęcia ukazują powierzchnię skalną pokrytą wżerami w typie A: 0–20%, typie B: 21–40%, typie C: 41–60%, typie D: 61–80% oraz typie E: 81–100%. Fotografie te uszeregowane zgodnie ze zwiększającym się procentem skorodowania powierzchni skalnej posłużyły do utworzenia pięciostopniowego wzorca typów wżerów (od A do E), w którym wartości zwiększają się skokowo (ryc. 2). Wzorzec ten pozwala określić stopień skorodowania powierzchni ściany skalnej, a następnie koncentrację wżerów korozyjnych. Stopień pokrycia powierzchni przez wżery i tym samym przynależność do konkretnego typu jednocześnie przekłada się na morfologię wżerów.

Spośród skał dotkniętych korozją wybrano cztery stanowiska, w których stopień skorodowania powierzchni ściany skalnej (zgodnie z wcześniej skonstruowanym wzorcem) odpowiadał wzorcowi C lub wyższym (D i E). W tych stanowiskach przeprowadzono charakterystykę wżerów oraz oznaczono na fotografiach i schematach jak zmienia się rozmieszczenie wżerów. Na powierzchni ściany skalnej każdego ze stanowisk, w miejscu największej koncentracji wżerów wyznaczono kwadrat o boku 1,5 m. W polach kwadratów znajdowały się największe formy dla opisywanych stanowisk. Taśmą mierniczą zmierzono parametry wżerów (wysokość, szerokość oraz ich głębokość). Średnie arytmetyczne parametry wżerów zestawiono w tabeli, natomiast ich kształt oddają schematy i przekroje będące wizualnym efektem pomiarów. Zostały one skonstruowane w programach graficznych. Cechy charakterystyczne wżerów ukazują również zamieszczone fotografie.



Ryc. 1. Mapa Wąwozu Koziarnia według Biska i in. (1992), częściowo zmodyfikowana; numerami I–IV oznaczono stanowiska, w których stopień skorodowania powierzchni ściany skalnej odpowiadał typowi C oraz wyższym (D i E)

Fig. 1. Map of the Koziarnia Gorge after Bisek i in. (1992), partly modified (the numbers I–IV indicate the study sites with pits of type C, D or E)



Ryc. 2. Wizualny wzorzec typów wżerów oddający stopień skorodowania powierzchni ściany skalnej
 Fig. 2. The visual standard of pits type shows degree of coverage of the rock surface by pits

Stanowiska opisano podając ich szczegółową lokalizację (orograficzną stronę wąwozu, nazwę skały lub grupy skał oraz obecność jaskiń w ich obrębie). Ekspozycję ścian skalnych zmierzono kompasem typu Freiberg 65, natomiast współrzędne geograficzne wyznaczono za pomocą GPS typu Garmin. Przy określaniu wysokości ścian skalnych korzystano z danych literaturowych; używano także w tym celu dalmierza Leica DISTO™ D5. Na podstawie fotografii oraz pomiarów terenowych wykonano schematy obrazujące rozmieszczenie wżerów na pionowych przekrojach ścian skalnych.

WYNIKI

Do badań wżerów korozyjnych w Wąwozie Koziarnia wybrano cztery stanowiska:

- Sadłowa Skała, w pobliżu głównego otworu Jaskini Sadlanej mieszczącego się tuż przy podstawie ściany skalnej (ryc. 1, numer I),
- w obrębie otworu jaskini Komin w Koziarni (ryc. 1, numer II),
- pierwsza ze skał po prawej orograficznie stronie wąwozu, naprzeciwko Sadłowej Skały (ryc. 1, numer III)
- niewielka skałka na dnie wąwozu poniżej Szlachcicowej Skały (ryc. 1, numer IV).

Wżery we wszystkich stanowiskach są uformowane w masywnych wapieniach skalistych facji gąbkowo-mikrobialnej z różną zawartością składników ziarnistych (por. Dżułyński 1952; Matyszkiewicz 1989). Wapienie te cechują się niską porowatością, mieszczącą się w granicach 1,6–7,4% (Lula 2014). Otrzymane wyniki są porównywalne ze średnimi wartościami porowatości otwartej dla wapieni górnajurajskich Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, jak podaje Rózkowski i in. (2005), wynoszącej około 4,8%.

Stanowisko I – Sadłowa Skała

Sadłowa Skała (N 50°13'15,0", E 19°47'39,7") mieści się po lewej orograficznie stronie wąwozu, w jego środkowej części (ryc. 1, numer I). W obrębie masywu Sadłowej Skały wyróżniono cztery powierzchnie badawcze pokryte wżerami, o następujących ekspozycjach: SW, SE, SW, SWS. Wżery na stanowisku I zostały scharakteryzowane na przykładzie najbardziej reprezentatywnej powierzchni ściany skalnej o ekspozycji SW, mieszczącej się przy głównym otworze Jaskini Sadlanej (ryc. 3A). Wysokość skały wynosi tutaj około 11 m, a w szczytowych, płaskich partiach rozwinęta jest pokrywa roślinna. U podstawy ściany wytworzona jest obszerna nisza o głębokościach do 2 m.

Opisywane wżery różnicują głównie rozmiary, ich zasięg w głąb skały a także kształt (ryc. 3B). Zdecydowanie przeważają tutaj formy o nieregularnej geometrii, o przewieszonych, ostrych krawędziach oraz rozbudowanym układzie przestrzennym, chociaż występują również niewielkie, zaoblone formy, o gładkich brzegach.

Pojedyncze wżery łączą się ze sobą na powierzchni lub w głębi skały poprzez rozbudowane kanały z licznymi odgałęzieniami i perforacje ścianek, tworząc w ten sposób rozbudowaną sieć (ryc. 3B1). W głąb skały średnica wżeru w wielu przypadkach zmniejsza się stopniowo aż do jego całkowitego zaniku (ryc. 3B2). W miejscach nagromadzenia wżerów zauważalna jest pewna hierarchia w ich rozmieszczeniu. Wewnątrz większych form występują mniejsze. Wewnątrz wżerów brak jest rezydium i rumoszu wapiennego.

W tabeli 1 zestawiono wymiary wżerów. Parametry te zostały zmierzone na wyznaczonym fragmencie ściany skalnej (ryc. 3A). Średnia arytmetyczna szerokości wynosi 5 cm, wysokości 5,5 cm, natomiast głębokości 6 cm. Maksymalna zmierzona głębokość wżerów to 30 cm. Rozmieszczenie wżerów przedstawiono na przykładzie powierzchni ściany skalnej Sadłowej Skały, o ekspozycji SW (ryc. 3C).

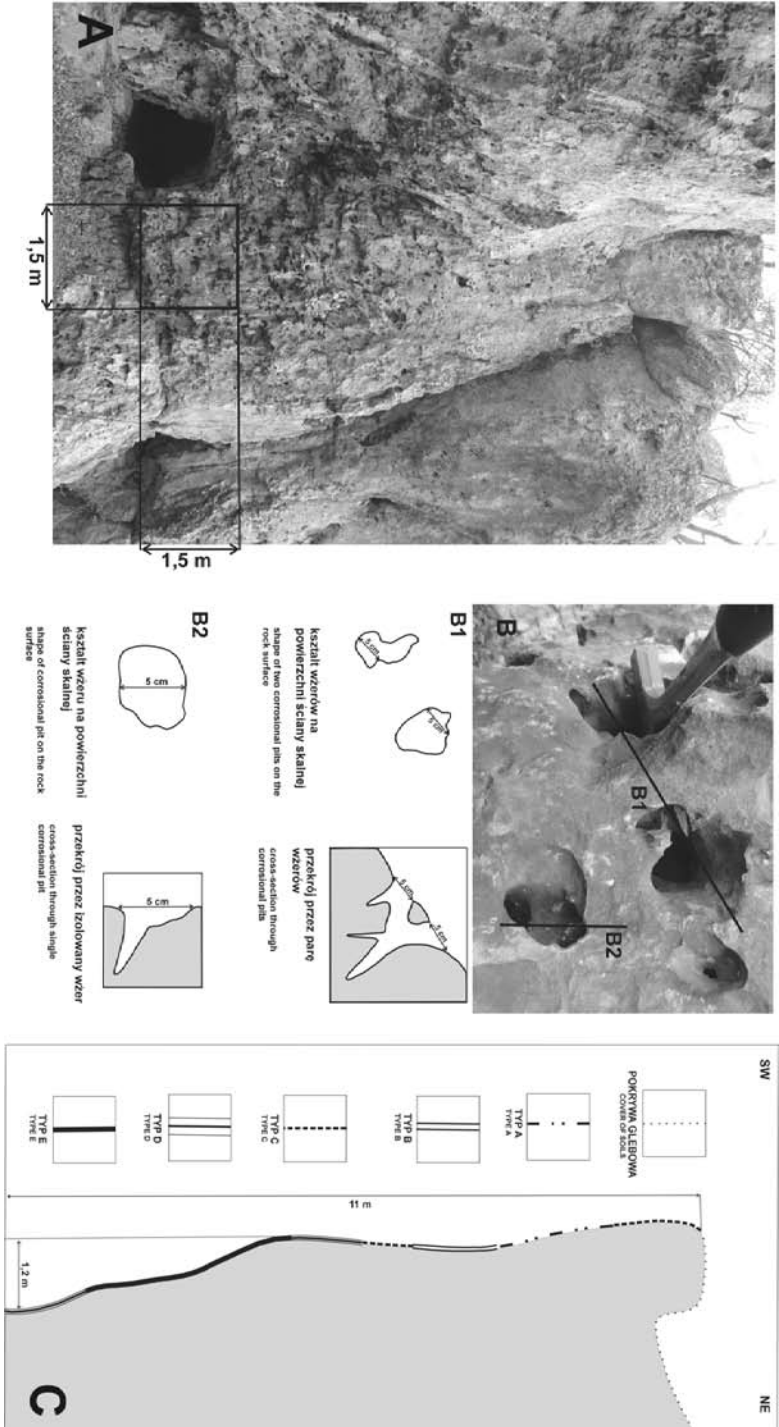
Analizując powyższe dane, stwierdzono, że największe nagromadzenie wżerów występuje do wysokości około 5,3 m od podłoża, gdzie pokrywają one ponad 60% powierzchni ściany skalnej (typ D i E). Fragment ten obejmuje wytworzoną w skale niszę o głębokości około 1,2 m. W wyniku pomiarów przeprowadzonych na kolejnych trzech przekrojach ścian skalnych Sadłowej Skały otrzymano następujące wysokości (od podstawy ściany skalnej), do których stopień skorodowania powierzchni odpowiadał wzorcowi D i E: ściana skalna o ekspozycji SE – 2,2 m, o ekspozycji SW – 3 m, a o ekspozycji SWS – do 2,75 m.

Reasumując należy stwierdzić, że na powierzchniach ścian skalnych Sadłowej Skały, nagromadzenie wżerów typu D i E występuje w dolnych jej częściach do wysokości około 2,2–5,3 m ponad jej podstawę. Wszystkie fragmenty ściany skalnej pokryte takimi wżerami znajdują się w niszach o głębokościach przekraczających 1 m.

Stanowisko II – Jaskinia Komin w Koziarni

Jaskinia Komin w Koziarni (N 50°13'11,2", E 19°47'49,1") mieści się po lewej orograficznie stronie wąwozu w bezimiennych skałach, kilkanaście metrów w górę wąwozu od Skały Koziarnia (ryc. 1, numer II). Dolny otwór komina u podstawy skały to duża, otwarta przestrzeń o szerokości 2,8 m oraz wysokości około 3,8 m. Za dolnym otworem jaskinia stanowi pionową próżnię o wysokości około 15 m (Bisek i in. 1992; Gradziński, Wawryka 2010).

Wżery występują jedynie na ścianach skalnych wewnątrz jaskini, a ich największe nagromadzenie znajduje się na ścianie o ekspozycji NE (ryc. 4A). Różnią się od form opisywanych na stanowisku pierwszym głównie wielkością oraz głębokością. Miejscami



Ryc. 3. A – stanowisko I – Sadłowa Skala; zaznaczony jest kwadrat, gdzie wykonano pomiary wżerów, B – kształt i układ przestrzenny wżerów (B1 – połączenie wżerów, B2 – pojedynczy wżer); C – schematyczne rozmieszczenie wżerów na powierzchni ściany skalnej

Fig. 3. A – study site I – Sadłowa Skala, square where measurements were carried out is marked; B – shape and spatial pattern of corrosional pits (B1 – two pits, B2 – single pit); C – schematic distribution of pits on the rocky surface

pojawiają się tutaj formy szersze i wyższe o kilka centymetrów. Powtarzają się natomiast pozostałe cechy charakterystyczne, między innymi kształt, połączenia wżerów czy ich hierarchiczne rozmieszczenie (ryc. 4C).

Parametry wżerów zostały zmierzone w obrębie wyznaczonego fragmentu ściany skalnej (ryc. 4B). Średnia arytmetyczna szerokości wynosi 8 cm, wysokości 7 cm, natomiast głębokości 10 cm (tab. 1). Maksymalna głębokość wżerów może przekraczać 50 cm.

Wżery występują na ścianach skalnych jedynie wewnątrz Jaskini Komin w Koziarni (nie powstały na ścianach skalnych na zewnątrz otworu). Analizując ich rozmieszczenie, zauważalna jest zwiększająca się koncentracja wżerów od podstawy skały do wysokości 3,3 m, w wyższych partiach ich liczba zdecydowanie maleje (ryc. 4D).

Bazując na otrzymanych wynikach zauważono, że największe nagromadzenie wżerów występuje do wysokości około 3,3 m od podstawy skały, a ich koncentracja odpowiada typowi D i E. Fragment ten obejmuje wytworzoną w skale niszę o głębokości około 1 m.

Tabela 1. Średnie arytmetyczne parametrów wżerów (W – wysokość, S – szerokość, G – głębokość)

Table 1. Arithmetic mean of the pit parameters (W – height, S – width G – depth)

Stanowisko Site	W [cm]	S [cm]	G [cm]
I	5,5	5	6
II	7	8	10
III	16	19	51
IV	8	7	5

Stanowisko III – pierwsza ze skałek naprzeciwko Sadłowej Skały

Skała ta znajduje się po prawej orograficznie stronie wąwozu (N 50°13'13,1", E 19°47'39,6"). Jest to najniższej położona wśród skał budujących wapienny masyw naprzeciwko Sadłowej Skały (ryc. 1, numer III). Pionowa ściana skalna o wysokości około 5 m i ekspozycji NW jest silnie skorodowana. W centralnej części znajduje się nisza o szerokości około jednego metra rozwinięta na powierzchni uławicenia (ryc. 5A).

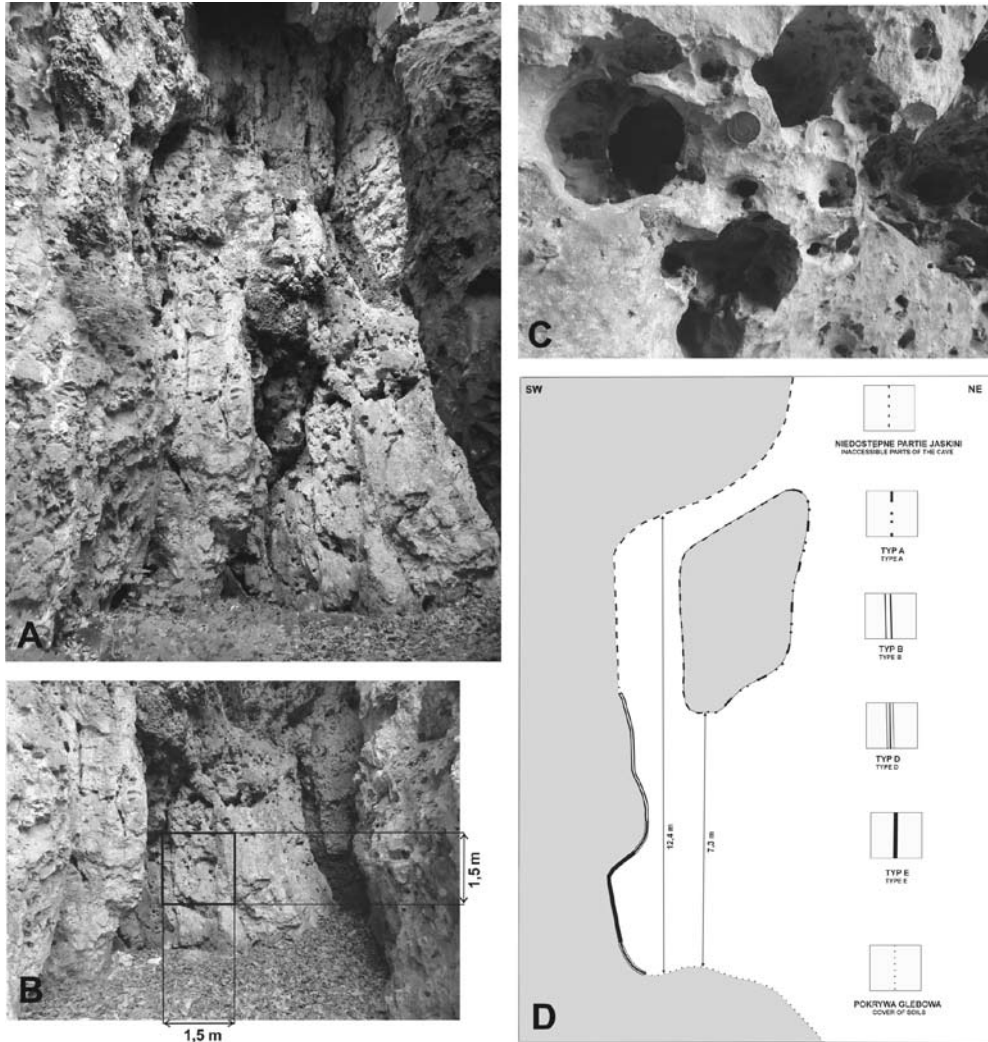
Opisywane tutaj formy mają podobny kształt jednak są większe od występujących na poprzednich stanowiskach. W miejscach nagromadzenia wżerów zauważalna jest hierarchia w ich rozmieszczeniu (ryc. 5B). Wewnątrz dużego wżeru o szerokości 90 cm, wysokości 70 cm oraz głębokości 50 cm obserwujemy mniejsze formy (rzędu 20 cm), tworzące rozbudowany układ przestrzenny.

Parametry wżerów zostały zmierzone w obrębie wyznaczonego fragmentu ściany skalnej (ryc. 5A). Średnia arytmetyczna szerokości wynosi 19 cm, wysokości 16 cm, natomiast głębokości 51 cm (tab. 1). Na stanowisku III wykształcone zostały formy o największych rozmiarach, gdzie głębokość pojedynczych wżerów może przekraczać 100 cm. Niektóre formy mogą łączyć się z jaskinią mieszczącą się wewnątrz skały. Rozmieszczenie wżerów jest analogiczne jak w pozostałych stanowiskach. Ich największe nagromadzenie stwierdzono do wysokości około 3,4 m od podstawy skały; odpowiada ono typowi D i E (ryc. 5C).

Stanowisko IV

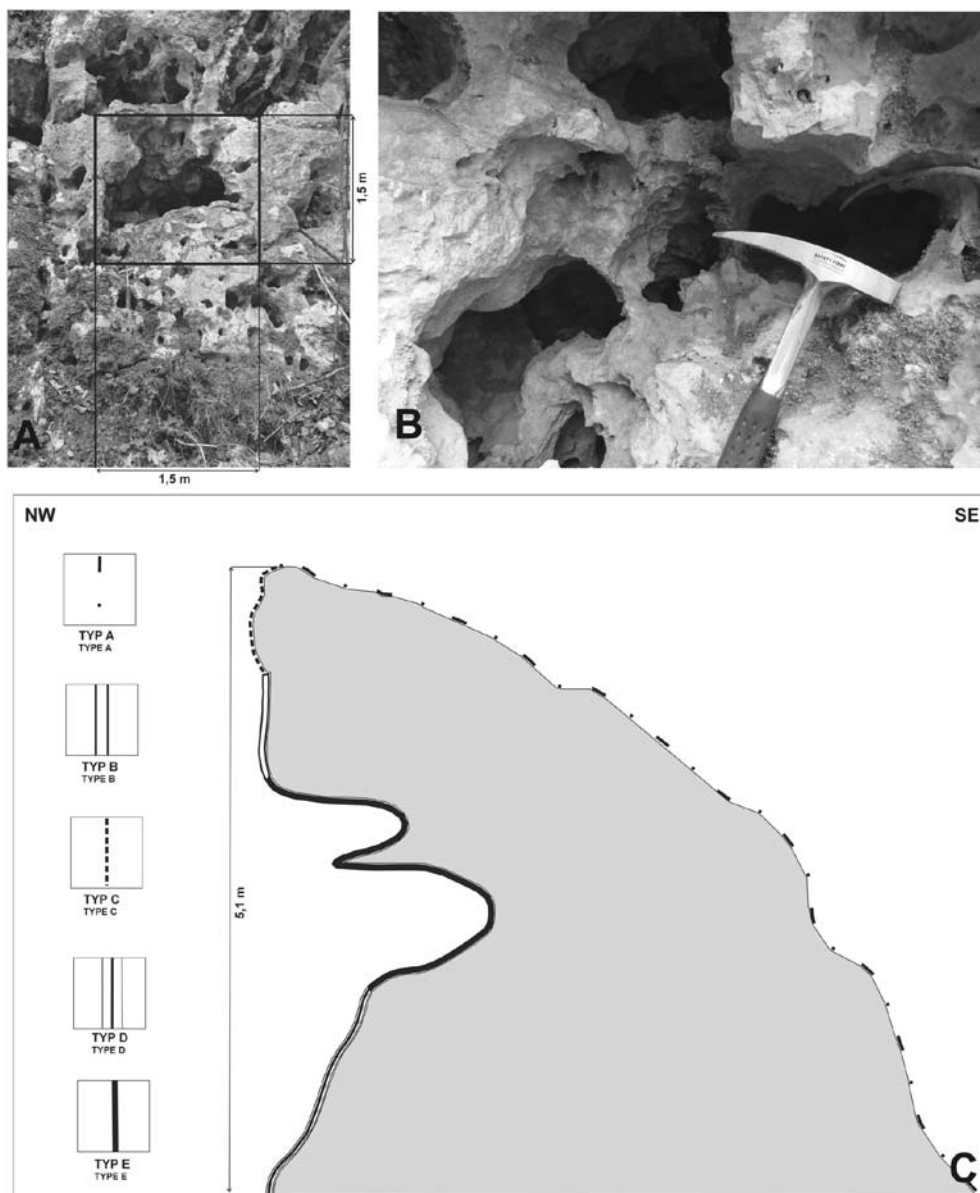
Stanowisko IV (N 50°13'18,6", E 19°47'36,8") to niewielka skałka na dnie wąwozu poniżej Szlachcicowej Skały (ryc. 6A). Powierzchnia badawcza, na której powstały wżery jest pionową ścianą skalną o wysokości około 7 m i ekspozycji SW (ryc. 6B). W szczytowych, płaskich partiach skały rozwinięta jest pokrywa roślinna.

Obserwujemy tutaj przeważnie pojedyncze formy, często występujące parami. Wżery łączą się ze sobą lub zachowują odrębność tworząc niewielkie skupiska. Występują w formie miseczkowatych zagłębień o zaokrąglonym kształcie oraz gładkich brzegach



Ryc. 4. A – stanowisko II – Jaskinia Komin w Koziarni; B – zaznaczony jest kwadrat, gdzie wykonano pomiary wżerów; C – wżery korozyjne wewnątrz Jaskini Komin w Koziarni; D – schematyczne rozmieszczenie wżerów wewnątrz Jaskini Komin w Koziarni

Fig. 4. A – study site II – Jaskinia Komin in Koziarnia; B – square where measurements were carried out is marked; C – corrosional pits inside Jaskinia Komin in Koziarnia; D – schematic distribution of pits on the rocky surface inside of the Jaskinia Komin in Koziarnia



Ryc. 5. A – stanowisko III; zaznaczony jest kwadrat, gdzie wykonano pomiary wżerów; B – wżery korozyjne; C – schematyczne rozmieszczenie wżerów na powierzchni ściany skalnej

Fig. 5. A – study site III; square where measurements were carried out is marked; B – corrosional pits; C – schematic distribution of pits on the rocky surface

i zaoblonych ścianach wewnętrznych (ryc. 6C1). W przekroju podłużnym przyjmują owalny kształt (ryc. 6C2). Ich średnica jest największa na powierzchni, a wraz z głębokością zazwyczaj stopniowo się zmniejsza. Wewnątrz wżerów dostrzegalne są kolejne, mniejsze formy.

Parametry wżerów zostały zmierzone w obrębie wyznaczonego fragmentu ściany skalnej (ryc. 6B). Średnia arytmetyczna szerokości wynosi 7 cm, wysokości 8 cm, natomiast głębokości 5 cm (tab. 1). Są to formy płytkie, gdzie maksymalna zmierzona głębokość wżerów przekracza nieznacznie 10 cm.

Rozmieszczenie wżerów na tym stanowisku jest zdecydowanie odmienne. Pokrycie ściany skalnej przez wżery stopniowo wzrasta od podłoża w górę (typ A, B). Na wysokości od około 3,5 m do około 6,5 m wżery reprezentują typ C. Wyżej liczba wżerów zdecydowanie maleje (ryc. 6D).

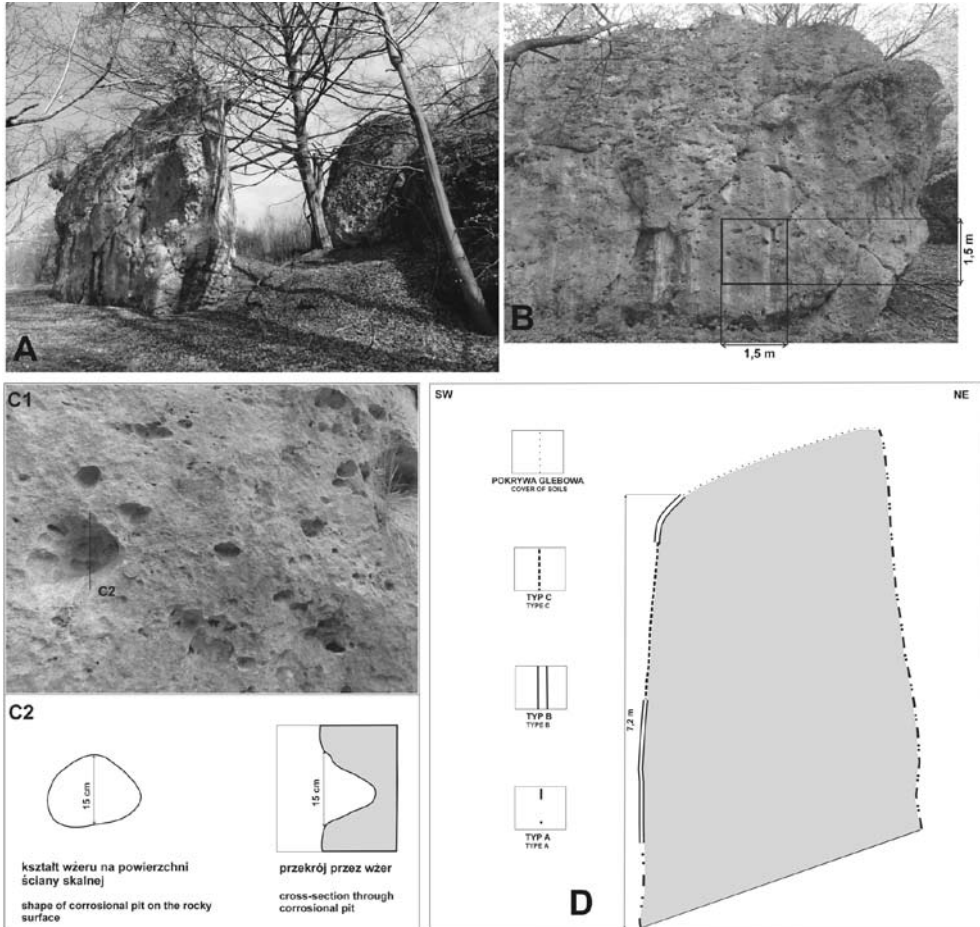
DYSKUSJA

Bazując na powyższych opisach wżerów w Wąwozie Koziarnia nie jest możliwym jednoznaczne zaliczenie ich do mikroform opisywanych przez Otęską-Budzyn (1987) z powierzchni ścian wapiennych ostańców Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Zbliżone formy stanowią struktury ospowe. Są to formy wietrzeniowe, tworzące siatkę płytkich, nieckowatych zagłębień, gdzie wewnątrz większych form tworzą się mniejsze formy. Struktury ospowe występują na ścianach nachylonych lub pionowych, jednak są to formy zdecydowanie mniejsze od opisywanych wżerów. Ich średnice szerokości wynoszą od 0,3 cm do 3 cm, natomiast głębokość sięga zaledwie do 2,5 cm (Otęska-Budzyn 1987).

Najbliższym analogiem wżerów z Wąwozu Koziarnia spośród form opisywanych przez Otęską-Budzyn (1987) są formy wyróżnione na powierzchni ściany skałki z grupy „Dwóch Sióstr” w okolicach Ogrodzieńca. Odnotowano tam nieregularne, poszarpane zagłębienia o zmiennej głębokości dochodzącej nawet do 30 cm. Formy te miejscami łączą się ze sobą, a wytworzone zostały najprawdopodobniej w wyniku działalności podziemnych wód krasowych (Otęska-Budyn 1987).

Badania terenowe przeprowadzone w obrębie Wąwozu Koziarnia wykazały, że wżery występują na skałach mieszczących się po obu stronach wąwozu, na ścianach skalnych o zróżnicowanej ekspozycji (SW, SE, SWS, NW, NE). Można przyjąć, że różnie zorientowane ściany, dzięki odmiennemu nasłonecznieniu, charakteryzują się bardzo zróżnicowanymi warunkami mikroklimatycznymi (Klein 1974, 1977). Co więcej, wżery występują na różnym poziomie ponad podstawę skały (od 2,2 m do 5,3 m). Wydaje się niemożliwe, aby powierzchnie skalne o różnej ekspozycji położone na różnej wysokości nad dno wąwozu były narażone na takie same, specyficzne warunki mikroklimatyczne sprzyjające powstawaniu wżerów.

Tak więc mało prawdopodobna jest hipoteza zaproponowana przez Gradzińskiego i in. (2008) wiążąca powstanie tych form z rotacyjnym ruchem agresywnej błonki wodnej po powierzchni skalnej na skutek lokalnych zawirowań powietrza. Takie zjawisko może tłumaczyć rozwój niewielkich form korozyjnych, lecz nie wżerów o dużych rozmiarach i skomplikowanej rzeźbie. Ponadto takie wżery byłyby rozmieszczone jedynie w szczególnych miejscach narażonych na intensywny ruch powietrza. Przedstawiony powyżej mechanizm formowania wżerów można powiązać z powstawaniem przynajmniej części niewielkich form o regularnym kształcie (należących do typu A) na stanowisku IV.



Ryc. 6. A – stanowisko IV; B – zaznaczony jest kwadrat, gdzie wykonano pomiary wżerów; C1 – kształt i układ przestrzenny wżerów w obrębie Sadłowej Skały, C2 – pojedynczy wżer; D – schematyczne rozmieszczenie wżerów na powierzchni ściany skalnej

Fig. 6. A – study site IV; B – square where measurements were carried out is marked, C1 – shape and spatial pattern of corrosional pits, C2 – single pit; D – schematic distribution of pits on the rocky surface

Z genezą mniejszych form wżerów może być również związany wpływ roślinności naskalnej, która w wielu miejscach pokrywa skały na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego. Na stromych i pionowych ścianach skalnych rośliny tworzą zazwyczaj izolowane kępy, złożone głównie z gatunków kserotermicznych, przystosowanych do okresowego deficytu wody (Michalik 2008).

Pod tego typu lokalnymi kępami czy płatami roślinności rozwijają się inicjalne gleby (Zalewa 2008). W ich podłożu okresowo, po opadach lub roztopach, przez dłuższy czas utrzymywać może się woda, agresywna dla węglanowego podłoża dzięki zawartości bio-

gennego CO₂, a być może także kwasów organicznych. W takich warunkach dochodzi do rozpuszczenia węglanowego podłoża i formowania się mikrorzeźby krasowej (Ford, Williams 2007, s. 325–326). Taką genezę Gradziński i in. (2008) przypisują niewielkim wżerom istniejącym w szczytowych partiach skał w OPN i jego otoczeniu, w części których są zakorzenione rośliny naskalne.

Zarysowany powyżej proces teoretycznie mógłby tłumaczyć powstanie omawianych wżerów. Jednakże rośliny kserotermiczne tworzą niewielkie kępy w dobrze nasłonecznionych partiach skał. Należałoby się więc spodziewać wówczas preferencyjnego rozwoju wżerów na ścianach skalnych o jednolitej (głównie południowej) ekspozycji i w ich szczytowych partiach. Tak więc, w takich warunkach mogły powstać mniejsze i mniej skomplikowane przestrzennie wżery, zwłaszcza te znajdujące się w wyższych częściach ścian skalnych (Gradziński i in. 2008).

Największe skupiska omawianych wżerów występują przede wszystkim w dolnych partiach ścian skalnych (do wysokości 5,3 m ponad dzisiejszą podstawę skał). Pokrywają znaczną powierzchnię ścian skalnych a ich gęstość jest bardzo duża. Wydaje się to świadczyć, że wżery nie powstały pod izolowanymi kępami roślinności naskalnej.

Rozmieszczenie wżerów głównie w dolnej części ścian skalnych sugeruje, że powstały one pod zwartą pokrywą gleb niejako „otulającą” skałki. Jest to spójne z powszechnie akceptowaną opinią, że rozpuszczanie węglanowych skał podłoża przez wodę perkolacyjną jest szczególnie wydajne w strefie epikrasu, a agresywność wód względem węglanowego podłoża jest zależna od procesów przebiegających w obrębie gleb (Ford, Williams 2007, s. 132, 155).

Oczywiście obecne występowanie wżerów na odsłoniętych powierzchniach skalnych dowodzi, że w późniejszym etapie, a więc już po ich uformowaniu, gleby zostały usunięte. Biorąc pod uwagę wysokość rozmieszczenia wżerów (nawet do kilku metrów ponad dzisiejszą podstawę ścian skalnych), a także najnowszą historię geologiczną badanego obszaru należy przyjąć, że omawiane ściany skalne znajdowały się nie tylko pod przykryciem gleb ale także otulone pokrywą lessu. Depozycja lessów na omawianym obszarze miała miejsce w suchym i chłodnym klimacie pessimum klimatycznego ostatniego zlodowacenia (Maruszczak 2001; Pawelec 2004). Jest zatem bardzo prawdopodobne, że dolne partie skał w Wąwozie Koziarnia były u schyłku plejstocenu i początku holocenu pokryte lessem. Efektywne rozpuszczanie wapieni jurajskich, przykrytych pokrywą lessu, musiało najpierw być poprzedzone rozpuszczeniem węglanu wapnia, który w rozproszonej formie znajduje się w lessach występujących na terenie Wyżyn Środkowopolskich (Maruszczak 2001).

Kres rozwoju wżerów nastąpił wraz z erozyjnym usunięciem gleb i podścielającego je lessu. Według Pawelec (2008) erozja lessów rozpoczęła się już w u schyłku plejstocenu w fazie najbardziej wilgotnego klimatu podczas topnienia wieloletniej zmarzliny. Wydaje się jednak, że usunięcie pokrywy lessowej na omawianym obszarze nastąpiło później, najpewniej w holocenie. Musiało być ono poprzedzone rozwojem gleb i uformowaniem wżerów. Było zapewne synchroniczne z zasiedlaniem tej części wyżyny przez człowieka w neolicie i postępującą deforestacją (Dzieduszycka-Machnikowa, Lech 1976).

Nie można jednak jednoznacznie wykluczyć, że formy te są starsze, a ich geneza nie jest bezpośrednio związana z istnieniem pokrywy lessowej. W takim ujęciu musiałyby one przetrwać bez znaczącego przemodelowania przez stosunkowo długi czas, przynajmniej przez ostatnie zlodowacenie, co wydaje się mało prawdopodobne.

WNIOSKI

Omawiane wżery powinny być traktowane jako wewnętrznie złożona grupa form korozyjnych, które mogą powstawać w nieco odmiennych warunkach. Rozwój mniejszych wżerów mógł następować na drodze rozpuszczania na nagich ścianach skalnych jak również pod niewielkimi, izolowanymi kępami roślinności. Z kolei rozwój największych i najbardziej złożonych przestrzennie wżerów następował w strefie epikrasu, pod przykryciem gleb rozwiniętych na lessach. Wniosek ten dotyczy przede wszystkim wżerów występujących w dużym nagromadzeniu w dolnej części ścian skalnych.

Podziękowania

Autorka składa serdeczne podziękowania Dyrekcji Ojcowskiego Parku Narodowego za wyrażenie zgody na prowadzenie badań, dr. hab. Michałowi Gradzińskiemu za zaproponowanie tematu i wskazówki podczas pisania pracy magisterskiej, mgr Janinie Otęskiej-Budzyn za dyskusję oraz dr. Andrzejowi Tycowi za wnikliwą recenzję tego artykułu.

PIŚMIENNICTWO

- Bisek K., Gradziński M., Wawryka M. 1992. *Jaskinie Ojcowskiego Parku Narodowego. Wąwóz Koziarnia*. Ojców.
- Chmielewski W. 1988. *Ogólna charakterystyka jaskiń Doliny Sąspowskiej pod względem występowania w nich źródeł archeologicznych*, [w:] *Jaskinie Doliny Sąspowskiej. Tło przyrodnicze osadnictwa pradziejowego*, red. W. Chmielewski. Warszawa, s. 5–14.
- Dzieduszycka-Machnikowa A., Lech J. 1976. *Neolityczne zespoły pracowniane z kopalni krzemienia w Sąspowie*. Wrocław.
- Dzuffyński S. 1952. *Powstanie wapieni skalistych jury krakowskiej*. „Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego”, **21**: 125–160.
- Ford D., Williams P. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. West Sussex.
- Gradziński R., Gradziński M. 1994. *Budowa geologiczna i rzeźba*, [w:] *Przyroda. Natura i kultura w krajobrazie Jury*, t. 3, red. R. Gradziński, M. Gradziński, S. Michalik. Kraków, s. 11–15.
- Gradziński M., Gradziński R., Jach R. 2008. *Geologia, rzeźba i zjawiska krasowe okolic Ojcowa*, [w:] *Monografia Ojcowskiego Parku Narodowego. Przyroda*, red. A. Klasa, J. Partyka. Ojców, s. 31–97.
- Gradziński M., Wawryka M. 2010. *Inwentarz jaskiń Wąwozu Koziarnia – uzupełnienia*. Archiwum Ojcowskiego Parku Narodowego.
- Gradziński R. 1972. *Przewodnik geologiczny po okolicach Krakowa*. Warszawa.
- Klein J. 1974. *Mezo- i mikroklimat Ojcowskiego Parku Narodowego*. „Studia Naturae, ser. A”, **8**: 1–105.
- Klein J. 1977. *Klimat*, [w:] *Przyroda Ojcowskiego Parku Narodowego*. „Studia Naturae”, ser. B, red. K. Zabierowski, s. 91–119.
- Klein J., Partyka J. 1991. *Rzeźba kompleksu skalnego Czyżówki w Ojcowskim Parku Narodowym*. „Ochrona Przyrody”, **49**, 2: 3–12.
- Kowalski K. 1951. *Jaskinie Polski*, t. 1. Warszawa, Państwowe Muzeum Archeologiczne.
- Lula A. 2014. *Struktury korozyjne w wapieniach jury górnej na wybranych obszarach Ojcowskiego Parku Narodowego*. Praca magisterska. Kraków, Instytut Nauk Geologicznych UJ.

Madeyska-Niklewska T. 1969. *Górnoplejstoczeńskie osady jaskiń Wyżyny Krakowskiej*. „Acta Geologica Polonica”, **19**: 341–392.

Maruszczak H. 2001. *Korelacja pięciu ostatnich glacialnych cykli akumulacji lessu w Polsce z globalnymi rytmemi zdarzeń paleogeograficznych*, [w:] *Podstawowe profile lessów w Polsce*, II, red. H. Maruszczak. Lublin, s. 63–71.

Matyszkiewicz J. 1989. *Sedimentation and diagenesis of the Upper Oxfordian cyanobacterial-sponge limestone in Piekary near Kraków*. „Annales Societatis Geologorum Poloniae”, **59**: 201–232.

Michalik S. 2008. *Rośliny naczyniowe Ojcowskiego Parku Narodowego*, [w:] *Monografia Ojcowskiego Parku Narodowego. Przyroda*, red. A. Klasa, J. Patryka. Ojców, s. 179–206.

Otęska-Budzyn J. 1976. *Chronione skałki w Bogucinie Małym na Wyżynie Krakowskiej*. „Chrońmy Przyrodę Ojczystą”, **32**, 4: 20–26.

Otęska-Budzyn J. 1977. *Skałki wapienne w okolicy Ryczowa na Wyżynie Częstochowskiej*. „Chrońmy Przyrodę Ojczystą”, **33**, 4: 21–31.

Otęska-Budzyn J. 1987. *Wapienne ostańce koło Ogrodzieńca na Wyżynie Częstochowskiej*. „Ochrona Przyrody”, **45**, 4: 325–345.

Pawelec H. 2004. *Klasyfikacja litologiczna peryglacialnych pokryw stokowych w południowej części Płaskowyżu Ojcowskiego*. „Przegląd Geologiczny”, **52**: 990–996.

Pawelec H. 2008. *Geneza skałek wierzchowinowych Płaskowyżu Ojcowskiego na podstawie badań osadów stokowych*. „Geologos”, **14**: 163–176.

Rózkowski J., Motyka J., Rózkowski K., Polonius A. 2005. *Charakterystyka właściwości hydrogeologicznych przestrzeni porowej wapieni górnourajskich Wyżyny Krakowskiej w świetle oznaczeń laboratoryjnych*. „Kras i speleologia”, **11**: 221–227.

Różycki S. Z. 1960. *O nazwę Jura Polska zamiast Wyżyna Krakowsko-Częstochowska*. „Przegląd Geologiczny”, **8**: 408, 439.

Szelerewicz M., Górny A. 1986. *Jaskinie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej*. Kraków.

Zalewa S. 2008. *Gleby Ojcowskiego Parku Narodowego*, [w:] *Monografia Ojcowskiego Parku Narodowego. Przyroda*, red. A. Klasa, J. Patryka. Ojców, s. 137–146.

SUMMARY

This article deals with the corrosional structures developed on the surfaces of massive limestone (Oxfordian, Upper Jurassic) which are called rocky limestones in regional geological literature. The occurrence of corrosional pits was detected in Koziarnia Gorge. The observations were carried out in four study sites (Fig. 1). The pits display irregular geometry and hierarchical arrangements (Fig. 3B1, B2, Fig. 4C, Fig. 5B, Fig. 6C1, C2). Arithmetic mean of the parameters obtained for the pits is as follows: width 5 to 19 cm, height of 5.5 to 16 cm, and depth of 5 to 51 cm (Table 1). Five types of pits were distinguished (Fig. 2), based on their geometry and concentration on a given rocky surface. The pits are most common up to 5.3 m above the base of rocky crags (Fig. 3C, Fig. 4D, Fig. 5C, Fig. 6D). Several different hypotheses concerning the origin of the pits were formulated.

Small corrosional structures can have formed by dissolution of bare rock wall as well as under small, isolated clumps of vegetation. Conversely, development of the largest, most complex corrosional structures, occurred under cover of soils most probably formed on loess.