

STEFAN WITOLD ALEXANDROWICZ

STOŻKI MARTWICOWE W PARKACH NARODOWYCH  
TATRZAŃSKIM I PIENIŃSKIMCONES OF CALCAREOUS TUFAS IN NATIONAL PARKS OF TATRA MTS.  
AND PIENINY MTS.

## I. WPROWADZENIE

Martwice wapienne i trawertyny powstają w wyniku wytrącania się węglanu wapnia w potokach, strugach i ciekach wodnych oraz w pobliżu źródeł. Procesowi ich narastania sprzyja zmienna zawartość dwutlenku węgla w wodzie obfitującej w związki wapnia. Część rozpuszczonego  $\text{CO}_2$  wchodzi w połączenie z drobinami wody i w stanie zdysocjowanym, jako jon  $\text{HCO}_3^-$  reaguje z jonami  $\text{Ca}^{++}$ , dając w efekcie rozpuszczalny w wodzie kwaśny węglan wapnia —  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Związek ten jest trwały do granicy swojej naturalnej rozpuszczalności, gdy  $\text{CO}_2$  znajduje się w nadmiarze. Ubytek dwutlenku węgla zaburza taki stan równowagi i powoduje rozpad kwaśnego dwuwęglanu wapnia. Produktem tego rozpadu jest bardzo słabo rozpuszczalny w wodzie węglan wapnia —  $\text{CaCO}_3$ , który wytrąca się tworząc osady wapienne.

Zawartość dwutlenku węgla w wodzie może ulegać znacznym wahaniom, a jego ubytek następuje w wyniku takich czynników jak: wzrost temperatury, wzmożony ruch i turbulencja wody oraz działalność roślin. Ten ostatni czynnik ma największe i najbardziej powszechne znaczenie. Intensywnie przebiegająca fotosynteza, w czasie której rośliny pobierają i wykorzystują znaczne ilości  $\text{CO}_2$ , może prowadzić do zaburzenia omawianej równowagi jonowej i do permanentnego, obfitego wytrącania  $\text{CaCO}_3$ . Proces taki jest określany jako biologiczne odwapnianie wody. W jeziorach i stawach oraz w innych zbiornikach wody stagnującej jest on wywoływany głównie przez glony planktoniczne, a także przez rośliny podwodne, a w rezultacie powstaje bardzo drobnoziarnisty osad o typie kredy jeziornej. Zawiera ona często domieszki materiału organicznego lub ilastego, które warunkują tworzenie się gytii, gytii wapiennych, kredy marglistej i margli. W potokach i strugach wodnych, w wąskich dolinach, w strefach zatamowania odpływu i silnej turbulencji wody, a także

w bezpośrednim sąsiedztwie źródeł narastają porowate i jamiste martwice wapienne o różnym stopniu lityfikacji. Są one określane różnymi nazwami, m.in. w literaturze czeskiej i niemieckiej jako „pianowce” ((pěnovéc, Dauchkalk — Jäger 1965, Jäger, Ložek 1968, Ložek 1973). Szczególnie twarde odmiany takich skał, wyróżniane jako trawertyny, budują szypoty i progi wodospadów oraz obłe kopy lub zwarte pokrywy w pobliżu źródeł. W miejscach podmokłych, na dnach dolin dobrze naświetlonych i wydatnie nagrzewanych przez słońce, obficie zarastających roślinnością, wśród której leniwie sączą się strugi wodne, powstają luźne martwice pylaste i gruzłowate, zwane tufami wapiennymi. Są one niekiedy tak drobnoziarniste, że przypominają kredę jeziorną, od której różnią się jednak znacznie mniejszym udziałem fauny wodnej.

Na obszarach podlegających intensywnej denudacji chemicznej, zwłaszcza w strefach wychodni skał węglanowych, w których obrębie rozwijają się zjawiska krasowe, istnieją warunki szczególnie sprzyjające powstawaniu różnorodnych osadów wapiennych. W rozszerzonych szczelinach, grotach i korytarzach, na ich ścianach i stropach następuje powolny, ale permanentnie trwający proces wytrącania się węglanu wapnia z wody przesączającej się przez pęknięcia i pory w skałach. Prowadzi on do narastania nacieków o różnych kształtach i rozmiarach. Część z nich po pewnym czasie odpada i osypuje się wraz z fragmentami skalnymi, gromadząc się jako ważny składnik osadów wypełniających formy krasowe. W ten sposób tworzą się gliny z materiałem wapiennym, a epizodycznie — luźne i sypkie martwice przypominające tufy wapienne, a określane jako sintry (Ložek 1962, 1964a, Jäger 1965).

Specyficzna odmiana martwic powstaje pod stromymi, pionowymi, a nawet przewieszonymi ścianami skalnymi, a także w płytkich, dobrze naświetlonych niszach i schronach skalnych. W miejscach wysięku wody oraz tam, gdzie spływa ona po ścianach, następuje obfity rozwój niektórych glonów i mchów oraz innych organizmów, szczególnie dobrze przystosowanych do zmiennych warunków bytowania. W nomenklaturze hydrobiologicznej tego typu siedliska są określane jako tzw. strefy hygropetryczne (Mikulski 1974). Odznaczają się one dużymi wahaniami temperatury, dobrym naświetleniem i szybkim parowaniem. Wyływająca ze szczelin woda ulega intensywnemu nagrzewaniu, zwłaszcza w miesiącach letnich. W takich strefach stan równowagi pomiędzy ilością rozpuszczonego w wodzie dwuwęglanu wapnia i dwutlenku węgla szczególnie często ulega zaburzeniu, a obfita wegetacja wydatnie przyczynia się do zmniejszenia zawartości CO<sub>2</sub> w wodzie. Wytrącający się węglan wapnia pokrywa i inkrustuje rośliny rozwijające się w strefie zawilgocenia ścian skalnych, a także tworzy cienkie naskorupienia na skałach. W miarę wzrostu tych inkrustacji, pod własnym ciężarem odpadają one i gromadzą się u stóp ścian skalnych wraz z fragmentami osypującymi się w wyniku działania wietrzenia mechanicznego. W ten sposób powstają stożki nasypowe, utworzone głównie lub w znacznej mierze z bardzo drobnego materiału wapiennego, będącego głównie produktem biologicznego odwapniania wód krasowych. Są to luźne martwice o typie tufów wapiennych, związane genetycznie ze strefami hygropetrycznymi, akumulowane bezpośrednio pod nimi. W związku z tym można je określić terminem „martwice subhygropetryczne”. W Karpatach Słowackich były

one opisywane jako wkładki w profilach osadów holocenijskich, a nawet jako osady reprezentujące niemal cały holocen. Ložek (1964a, 1973) określił je terminem „penitec“, przypisując im genezę odpowiadającą omawianym martwicom.

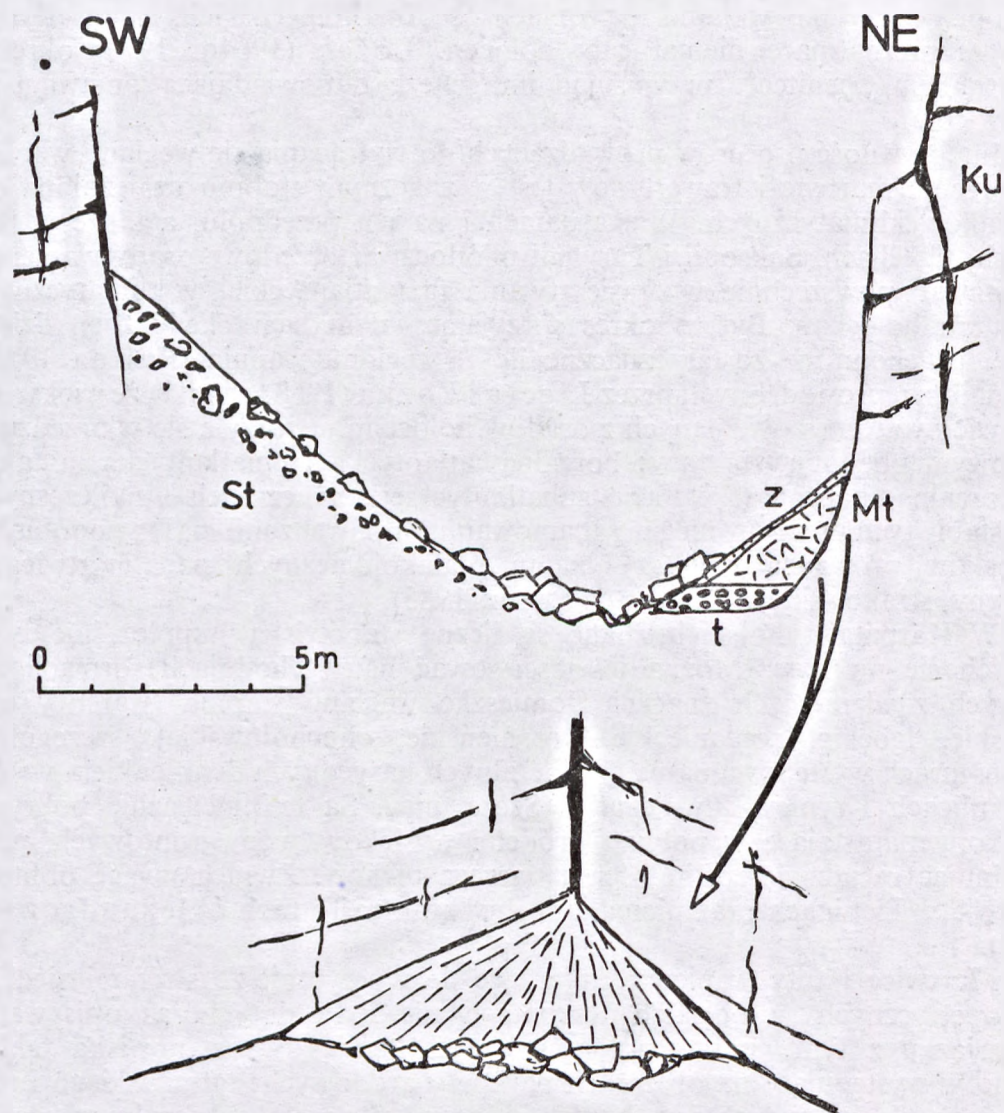
Intensywność procesów prowadzących do wytrącania się węglanu wapnia i tworzenia martwic i trawertynów jest w znacznym stopniu uzależniona od warunków klimatycznych. W Karpatach i na ich przedpolu, a także w Sudetach, Czechach, Saksonii i Turynii młodoczwartorzędowe osady wapienne powstawały powszechnie w czasie trwania fazy atlantyckiej, w klimatycznym optimum holocenu. Był to okres sprzyjający denudacji chemicznej, dzięki której uruchomione zostały znaczne ilości węglanu wapnia (Pulina 1974). Z badań przeprowadzonych przez Jägera i Ložka (1968) wynika, że większość martwic i trawertynów znanych z osadów holocenu utworzyła się w przedziale czasowym obejmującym fazy: borealną, atlantycką i epiatlantycką, a także subborealną, natomiast w fazie subatlantyckiej i w czasach współczesnych narastanie tych utworów uległo zahamowaniu, a nawet zanikło. Do podobnych wniosków prowadzą rezultaty badań malakologicznych nad martwicami Wyżyny Krakowskiej (Alexandrowicz 1983).

W Karpatach Polskich znane są liczne stanowiska współcześnie tworzących się martwic. Można je obserwować na wychodniach formacji fliuszowych zawierających znaczną domieszkę węglanu wapnia (warstwy cieczyńskie, Igockie, ropianieckie, krośnieńskie, chochołowskie), szczególnie na obszarach występowania wód mineralnych nasyconych dwutlenkiem węgla, w okolicach Krynicy, Piwnicznej i Szczawnicy. Są to przeważnie pokrywy lub kopy narastające w pobliżu źródeł i wysięków wód gruntowych, przy dominującym udziale roślinności, zwłaszcza mchów. Zwraca uwagę obfitość martwic w Pieninach oraz niemal zupełny brak w Tatrach (Alexandrowicz 1985).

Martwice i tufy wapienne kojarzące się genetycznie ze strefami siedlisk hygropetrycznych w polskich Karpatach nie były dotychczas opisywane. W związku z tym na szczególną uwagę zasługują dwa stanowiska takich utworów występujące na obszarach parków narodowych: tatrzańskiego i pienińskiego. Jedna z nich jest bardzo młodym utworem subfosylnym, druga natomiast przyrasta współcześnie, co umożliwia bezpośrednią obserwację przebiegu jej akumulacji. Wspólną cechą obu martwic jest obecność w nich bogatych zespołów mięczaków. Opracowanie ich wnosi nowe dane do poznania historii malakofauny polskich Karpat Centralnych w późnym holocenie, a zarazem umożliwia ocenę warunków klimatycznych, które panowały w Tatrach w czasie tworzenia się stożka martwicowego, będącego obecnie formą kopalną.

## II. CHARAKTERYSTYKA STOŻKÓW MARTWICOWYCH

Opisywane martwice zostały znalezione przez autora w Wąwozie Kraków w Tatrach Zachodnich i Wąwozie Sobczańskim w paśmie Trzech Koron w Pieninach. Oba te stanowiska występują w podobnej sytuacji geomorfo-



Ryc. 1. Pozycja geologiczna stożka martwicowego w Wąwozie Kraków. Mt — martwica, t — żwiry podścielające martwicę, z — zwietrzelina martwicy, St — rumosz stokowy, Ku — wapień urgońskie

Fig. 1. Cone of calcareous tufa in Kraków Gorge. Mt — calcareous tufa, t — gravels, z — weathered tufa, St — slope debris, Ku — limestones of Lower Cretaceous (Urgon limestones).

logicznej, na dnie głębokich wąwozów, u stóp stromych, wysokich ścian skalnych.

Martwica w Wąwozie Kraków znajduje się w drugim (licząc od dołu) przewężeniu Wąwozu, około 200 m od jego wylotu, nieco poniżej końca ścieżki turystycznej. Północno-wschodnia ściana zbudowana z dolnokredowych wapieni urgońskich wznosi się niemal pionowo ponad dnem wąwozu, przechodząc ku górze w strome, trawiaste upłazy. Przeciwnie, południowo-zachodnia ściana jest nieco odsunięta, a u jej podnóża występuje

piarżysko z dużymi blokami wapieni (Wójcik 1969). W małym załomie skalnej ściany na prawym brzegu wąwozu stwierdzono obecność stożka martwicy wapiennej o długości przekraczającej 10 m, wysokości 3 m i powierzchni pochylonej pod kątem dochodzącym do 30° (ryc. 1).

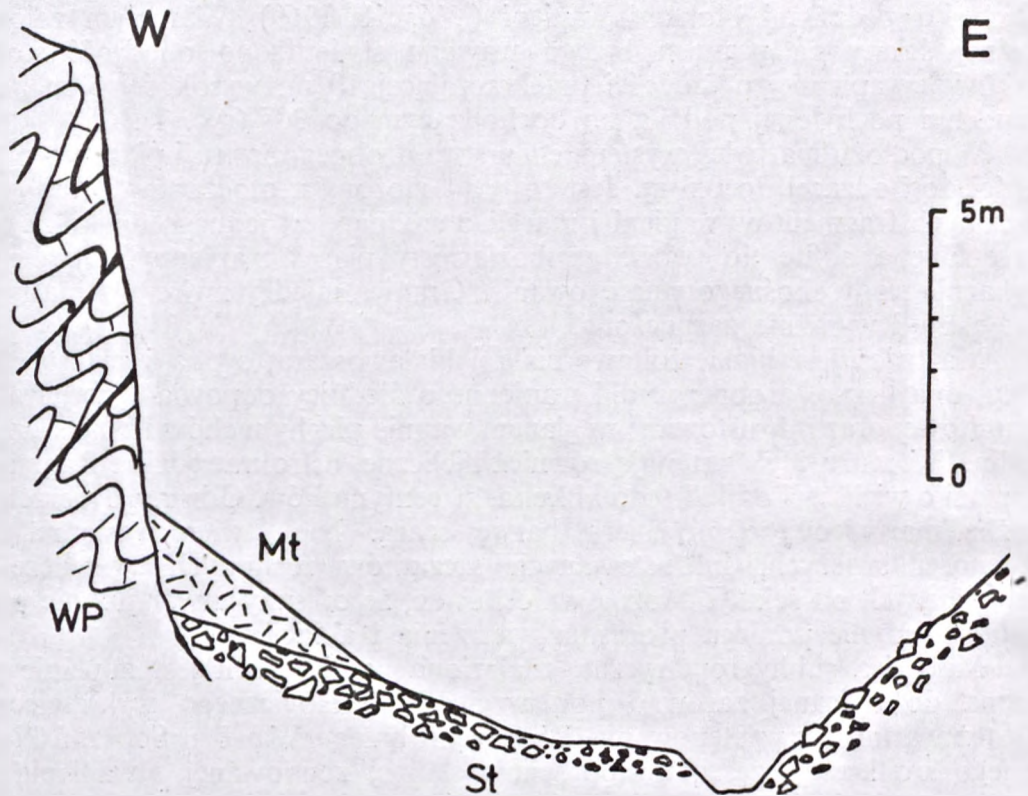
W podłożu martwicy występuje warstwa drobnego żwiru i piasku o miąższości dochodzącej do 0,5 m. Jest to osad złożony z otoczków i słabo otoczonych fragmentów wapieni i margli o średnicy od jednego do kilku centymetrów, a obfite tło tworzy gruboziarnisty piasek wapienny. Utwór ten wykazuje ślady skośnego warstwowania. Granica między żwirem a martwicą jest ostra i wyraźnie zaznaczona.

Martwica jest biała, żółtawo-biała i białawoszara, sypka i pylasta. Zawiera ona liczne, drobne grudki wapienne o średnicy odpowiadającej frakcji psamitowej oraz inkrustowane węglanem wapnia plechy mchów i inne szczątki roślin. W martwicy występują również nieliczne, ostrokrawędziste fragmenty wapieni o wielkości od kilku do kilkunastu centymetrów. Górna powierzchnia stożka martwicowego przybiera barwę szarą. Nie stwierdza się na niej obecności świeżych, inkrustowanych szczątków roślinnych, współcześnie odpadających od ściany. Można wnioskować, że opisany utwór już nie przyrasta, a jedynie podlega procesom wietrzenia i ablacji.

Martwica subhygropetryczna znaleziona w Pieninach jest zupełnie podobna do opisanej zarówno pod względem litologicznego wykształcenia, jak też warunków występowania. W prawym brzegu Wąwozu Sobczańskiego, w jego środkowej części, u stóp ściany skalnej zbudowanej z wapienia rogowcowego dolnej kredy serii pienińskiej (formacja wapienia pienińskiego — Birkenmajer 1979) utworzył się duży stożek martwicy wapiennej. Jest on usytuowany w załomie skalnym ograniczonym pionowymi płaszczyznami spękań ciosowych. Długość stożka u jego podnóża wynosi około 15 m, wysokość osiąga ponad 4 m, a powierzchnia jego jest pochylona pod kątem 25–30°. Martwica leży na ławicy gruzu i żwiru złożonego z ostrokrawędzistych fragmentów wapieni, margli i piaskowców. Jest to osad budujący wąską terasę, wyścielającą dno wąwozu (ryc. 2).

Martwica ma charakter sypkiego tufu wapiennego. Jest ona biała i białawoszara, luźna, pylasta z bardzo drobnymi gruzełkami; występują w niej ostrokrawędziste fragmenty wapieni kilkucentymetrowej wielkości. Bardzo liczne są szczątki roślin, a zwłaszcza plechy mchów inkrustowane węglanem wapnia. Na ścianie ponad stożkiem można obserwować ciągle postępujący proces wytrącania się tego związku na roślinach i odpadanie obrośniętych szczątków pod własnym ciężarem. Dzięki temu martwica jest w stadium stałego narastania. Silne nawodnienie stożka powoduje przy tym, że materiał wapienny spełza po jego powierzchni, a ponadto jest splukiwany przez ablację.

W górnej części Wąwozu Sobczańskiego, przy jego najwyższym zwężeniu, w dwóch miejscach można obserwować drobne nagromadzenia takiej samej martwicy. Jedno stanowisko znajduje się w lewym brzegu wąwozu tuż nad potokiem, u podnóża małej niszy skalnej, a drugie — po przeciwległej stronie ponad dużym, nasypowym stożkiem piarżystym w załomie wysokiej ściany. W obu miejscach martwica tworzy się obecnie, ale jednocześnie podlega ablacji, jest rozmywana i częściowo usuwana.



Ryc. 2. Pozycja geologiczna stożka martwicowego w Wąwozie Sobczańskim. Mt — martwica, St — gruz i żwir podścielający martwicę, WP — wapienie rogowcowe (formacja wapienia pienińskiego)

Fig. 2. Cone of calcareous tufa in Sobczański Gorge. Mt — calcareous tufa, St — gravels and slope debris, WP — limestones of Lower Cretaceous (Formation of Pieniny Limestone).

### III. MALAKOFAUNA MARTWIC

Opisane martwice zawierają bardzo liczne skorupki i ułamki skorupek ślimaków. Część ich jest obrośnięta lub wypełniona gruzełkowatym węglanem wapnia, co utrudnia identyfikację taksonów. Analiza malakologiczna została przeprowadzona na podstawie materiałów uzyskanych z przesłamowania trzydziestu próbek o jednakowej wielkości (po około 2 kg każda), reprezentujących w równych ilościach dwa omawiane stanowiska tufów wapiennych. Dla scharakteryzowania zespołów mięczaków określone zostały ich podstawowe cechy ilościowe, a mianowicie struktura stałości i dominacji gatunków oraz procentowy udział grup ekologicznych, zobrazowany przez spektra malakologiczne gatunkowe (MSS) i osobnicze (MSI). Sposób przeprowadzenia tej analizy opiera się na metodach stosowanych w badaniach materiałów kopalnych i subfosylnych, opisanych m.in. przez Ložka (1964b), Puissegura (1976) i Zeissler (1969), a stosowanych przez autora w pracach nad późnoglacialną i holoceniową malakofauną południowej Polski (S. Alexandrowicz 1981, 1983, 1984).

Stażość i dominacja gatunków w zespole zostały uszeregowane w pięciu klasach ograniczonych następującymi wartościami, wyrażonymi w procentach. Stażość:  $C_1$  —  $C_5$  (granice klas co 20%) 0–20–40–60–80–100%; dominacja:  $D_1$  —  $D_5$ ; granice klas 0–1–5–10–20–100%. Strukturę zespołów na obu stanowiskach prezentują zależności pomiędzy wymienionymi dwoma cechami, zobrazowane graficznie w układzie współrzędnych prostokątnych według metody opisanej przez autora (Alexandrowicz 1984). Umożliwia ona wyodrębnienie głównych, najbardziej charakterystycznych składników asocjacji. Spekttra malakologiczne ukazują procentowy udział ślimaków zaliczonych przez Ložka (1964b) do dziesięciu grup ekologicznych, ujętych według następującego schematu: 1 — ślimaki leśne, 2 — ślimaki żyjące głównie w lasach i zaroślach, 3 — ślimaki wilgotnych lasów, 4 — gatunki stepowe i kserofilne, 5 — ślimaki siedlisk otwartych, 6 — gatunki mezofilne siedlisk suchych, 7 — gatunki mezofilne stanowisk średnio wilgotnych, 8 — gatunki mezofilne siedlisk wilgotnych, 9 — ślimaki higrofilne, 10 — mięczaki wodne. W całym badanym materiale nie stwierdzono obecności przedstawicieli grupy ekologicznej 9. Spektrum gatunkowe MSS uwzględnia skład zespołu pod względem ilości gatunków podzielonych na wymienione grupy, natomiast spektrum osobnicze MSI — skład pod względem ilości skorupki ślimaków reprezentujących tak uszeregowane gatunki.

### Wąwóz Kraków

W materiale obejmującym ponad 2600 skorupki i oznaczalnych ich ułamków, pochodzących z przeszlamowania piętnastu próbek, można było wyróżnić 37 gatunków ślimaków i wapienne tarczki ślimaków bezskorupkowych, określane konwencjonalnie jako *Limacidae* (tab. I). Struktura zespołu wykazuje znaczny udział gatunków charakteryzujących się dużą stażością, zaliczonych do klas  $C_4$  i  $C_5$  (ryc. 3). Spośród dziewięciu taksonów o najwyższej stażości trzy są zaliczone do klas dominacji  $D_4$  i  $D_5$ , a więc są bardzo licznie reprezentowane. Są to: *Eucobresia nivalis* (Dumont Mortillet), *Aegopinella pura* (Alder) i *Vitrea subrimata* (Reinhardt); skorupki ich stanowią w sumie ponad 55% całego materiału. Kolejne trzy gatunki o maksymalnej stażości ( $C_5$ ) należą do środkowej klasy dominacji ( $D_3$ ): *Pyramidula rupestris* (Draparnaud), *Helicigona cingulella* (Rossmässler) i *Vertigo alpestris tatica* (Hazay). Jako dość liczne można wymienić gatunki zaliczone do klasy dominacji  $D_2$ , odznaczające się wysokim stopniem stażości ( $C_4$  i  $C_5$ ). Należy tu sześć taksonów: *Isognomostoma isognomostoma* (Schröter), *Semilimax kotulai* (Westerlund), *Aegopinella minor* (Stabile), *Euconulus fulvus* (Müller) i *Limacidae*. Pozostałe 26 gatunków są reprezentowane przez nieliczne okazy (klasa dominacji  $D_1$ ), o różnej stażości, mieszczące się w klasach  $C_1$  —  $C_4$  (ryc. 3).

Główne składniki zespołu wymienione powyżej, to gatunki alpejsko-medytarańskie, boreo-alpejskie, alpejsko-karpackie, a nawet endemiczne — zachodnio-karpackie, a także elementy szeroko rozprzestrzenione — europejskie i holarktyczne. Wśród charakterystycznych taksonów należy wymienić *He-*

TABELA I

Skład zespołu mięczaków z martwicy w Wąwozie Kraków. Ek — grupy ekologiczne według Lożka, objaśnione na str. 367, N — liczba okazów, St — stopień stałości, Dm — stopień dominacji, objaśnione na str. 000

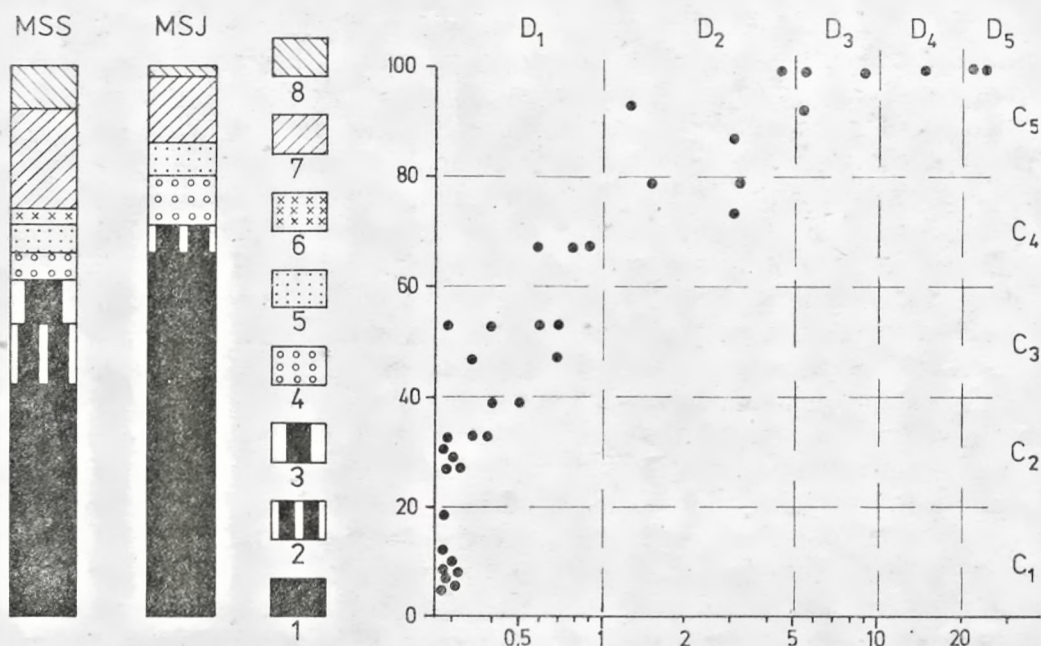
Molluscan assemblage of the calcareous tufa from Kraków Gorge. Ek — ecological groups according to Ložek (1964b), N — number of specimens, St — class of constancy, Dm — class of dominance

Ek	Gatunek — Species	N	St	Dm
1	<i>Acicula polita</i> (Hartmann)	18	C-3	D-1
1	<i>Vertigo pusilla</i> Müller	1	C-1	D-1
1	<i>Argna bielzi</i> (Rossmässler)	7	C-2	D-1
1	<i>Acanthinula aculeata</i> (Müller)	10	C-2	D-1
1	<i>Ena montana</i> (Draparnaud)	4	C-2	D-1
1	<i>Eucobresia nivalis</i> (Dumont Mortillet)	537	C-5	D-5
1	<i>Aegopinella pura</i> (Alder)	355	C-5	D-4
1	<i>Aegopinella nitens</i> (Michaud)	9	C-2	D-1
1	<i>Vitrea diaphana</i> (Studer)	120	C-5	D-2
1	<i>Vitrea subrimata</i> (Reinhardt)	562	C-5	D-5
1	<i>Clausilia cruciata</i> Studer	10	C-3	D-1
1	<i>Iphigena plicatula</i> (Draparnaud)	12	C-2	D-1
1	<i>Trichia unidentata</i> (Draparnaud)	16	C-3	D-1
1	<i>Helicigona faustina</i> (Rossmässler)	11	C-3	D-1
1	<i>Isognomostoma isognomostoma</i> (Schröter)	84	C-5	D-2
1	<i>Isognomostoma holosericum</i> (Studer)	1	C-1	D-1
2	<i>Semilimax kotulai</i> (Westerlund)	41	C-4	D-2
2	<i>Aegopinella minor</i> (Stabile)	83	C-4	D-2
2	<i>Vitrea crystallina</i> (Müller)	9	C-2	D-1
2	<i>Arianta arbustorum</i> (Linné)	9	C-3	D-1
3	<i>Iphigena tumida</i> (Rossmässler)	3	C-1	D-1
3	<i>Vestia turgida</i> (Rossmässler)	2	C-1	D-1
3	<i>Perforatella bidentata</i> (Gmelin)	1	C-1	D-1
4	<i>Pyramidula rupestris</i> (Draparnaud)	247	C-5	D-3
4	<i>Oxychilus inopinatus</i> (Uličny)	2	C-1	D-1
5	<i>Columella columella</i> (Martens)	10	C-2	D-1
5	<i>Helicigona cingulella</i> (Rossmässler)	143	C-5	D-3
6	<i>Cochlicopa lubricella</i> (Porro)	2	C-1	D-1
7	<i>Vertigo alpestris</i> Alder f. <i>tatrca</i> Hazay	140	C-5	D-3
7	<i>Orcula dolium</i> (Draparnaud)	9	C-2	D-1
7	<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud)	22	C-4	D-1
7	<i>Perpolita radiatula</i> (Alder)	1	C-1	D-1
7	<i>Euconulus fulvus</i> (Müller)	33	C-5	D-2
7	<i>Clausilia dubia</i> Draparnaud	13	C-2	D-1
7	Limacidae	85	C-4	D-2
8	<i>Carychium tridentatum</i> (Risso)	17	C-4	D-1
8	<i>Columella edentula</i> (Draparnaud)	24	C-4	D-1
8	<i>Vertigo substriata</i> (Jeffreys)	19	C-3	D-1

*licigona cingulella* (Rossmässler). Jest to ślimak pospolity w zachodnich Tatrach wapiennych, znany również w Choczu, Niżnych Tatrach oraz w Małej i Wielkiej Fatrze (Ložek 1964b, 1972, 1981, 1982). W stanie subfosylnym był on jedynie sporadycznie notowany (Ložek 1964b).

Ograniczony zasięg wykazuje *Semilimax kotulai* (Westerlund) opisany z Tatr na podstawie materiałów zebranych przez Kotulę (1884). Poza Tatra-





Ryc. 3. Diagramy malakologiczne i struktura zespołu mięczaków z martwicy w Wąwozie Kraków. MSS — spektrum malakologiczne gatunkowe, MSI — spektrum malakologiczne osobnicze, 1–8 — grupy ekologiczne mięczaków według Lożka (1964), objaśnione w tekście, str. 367, C<sub>1</sub>–C<sub>5</sub> — klasy stałości taksonów, D<sub>1</sub>–D<sub>5</sub> — klasy dominacji taksonów, objaśnione w tekście, str. 367

Fig. 3. Malacological diagrams and structure of the molluscan assemblage from Kraków Gorge. MSS — malacospectrum of species, MSJ — malacospectrum of specimens, 1–8 — ecological groups of snails according to Ložek, 1964b: 1 — typical forest species, 2 — species inhabiting mainly forests, 3 — species of moist forests, 4 — steppe and xerothermic species, 5 — species of open habitats, 6 — mesophile snails of moderately dry environments, 7 — mesophile species of moderately moist environments, 8 — mesophile species of moist environments, C<sub>1</sub>–C<sub>5</sub> — species constancy classes, D<sub>1</sub>–D<sub>5</sub> — species dominance classes.

mi występuje on w Beskidach, Pieninach i Bieszczadach, a także w Sudetach oraz w izolowanym stanowisku — w Górach Świętokrzyskich (Umiński 1980); był również cytowany z Karpat Centralnych na Słowacji (Ložek 1964b). W późnym plejstocenie ślimak ten zasiedlał znaczne obszary ówczesnych zimnych stepów w środkowej Europie, a jego skorupki są znajdowane m.in. w lessach okolic Krakowa i Miechowa, w obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich, a także w osadach deluwialnych kotlin karpaccich. Z początkiem okresu postglacjalnego zasięg jego wyraźnie się zmniejszył, ale obejmował on jeszcze Kotlinę Podhalańską, gdzie omawiany gatunek jest składnikiem zespołów malakofauny opisywanych z różnych typów osadów (Alexandrowicz 1984). Na obszarze Niziny Węgierskiej wyróżniony został nawet poziom z *Semilimax kotulai*, jako najmłodsze ogniwo biostratygraficzne późnego glacjału (Krolopp 1982).

Dwa najliczniej reprezentowane taksony: *Vitrea subrimata* (Reinhardt) i *Euobresia nivalis* (Dumont Mortillet) są gatunkami górskimi o zasięgu alpejsko-meridionalnym lub alpejsko-karpaccim. Są one często spotykane w lasach mieszanych, w reglu dolnym, a także w reglu górnym, niekiedy nawet ponad górną granicę lasu. Znacznie szersze rozprzestrzenienie wykazuje trzeci pod względem częstotliwości ślimak — *Aegopinella pura* (Alder), zwią-

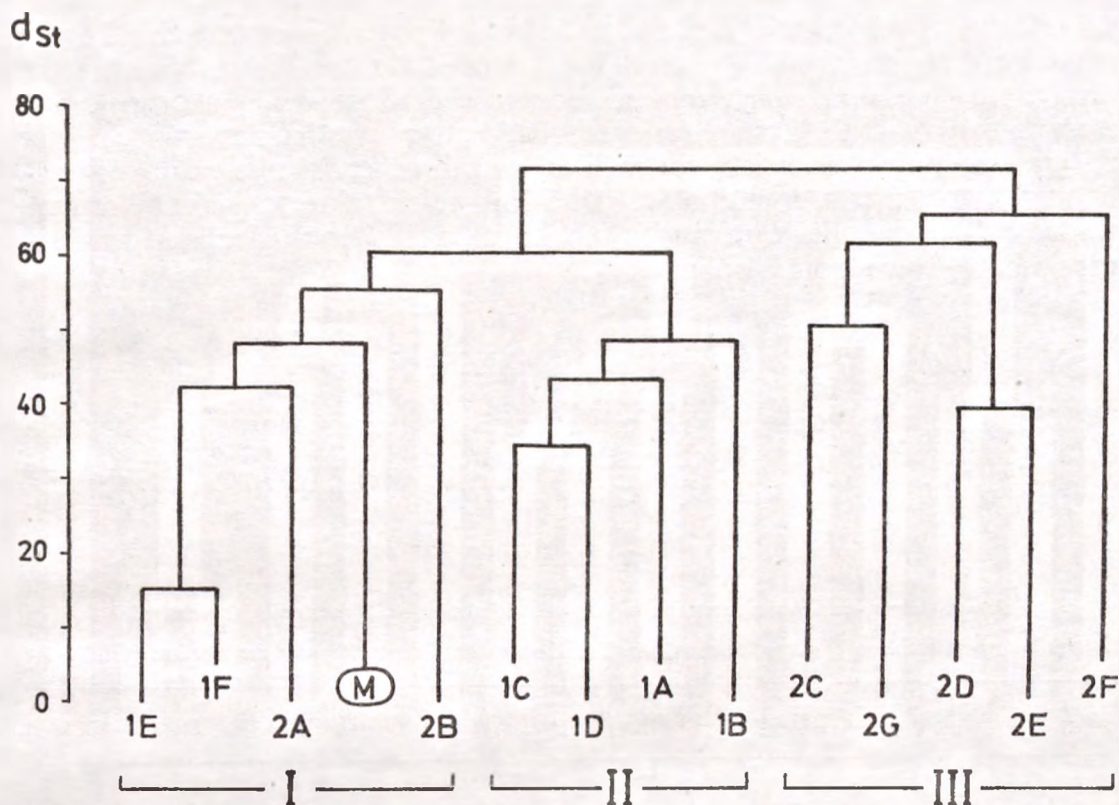
zany głównie z siedliskami leśnymi. Odmiennie siedliska preferuje *Pyramidula rupestris* (Draparnaud), znajdująca dogodny warunki rozwoju na wapiennych i dolomitowych skałach w górach południowej i środkowej Europy.

Reliktem postglacjalnym jest *Columella columella* (Martens), gatunek pospolicie spotykany w lessach na Wyżynie Małopolskiej, występujący nielicznie w opisywanym materiale. Jego geograficzny zasięg kurczył się stopniowo wraz z ocieplaniem się klimatu, tak że w osadach dolnego holocenu znane są tylko nieliczne wystąpienia tego ślimaka, związane z martwicami wapiennymi na Podhalu. Współcześnie omawiany gatunek żyje w Tatrach w strefie regla górnego, a zwłaszcza ponad górną granicą lasu (Hudec, Brabenec 1960, Urbański 1962, Lożek 1974, 1979). Obecność skorupki *Columella columella* (Martens) w martwicy w Wąwozie Kraków zasługuje na uwagę, jest to bowiem pierwsze młodoholoceneskie stanowisko subfosylne tego taksonu.

Opisywany zespół malakofauny obejmuje głównie gatunki pospolicie spotykane w piętrach regla dolnego i górnego oraz kosówki, a także na wysokogórskich halach. Piętrowe rozmieszczenie ślimaków tatrzańskich zostało przeanalizowane i opisane w ubiegłym stuleciu przez Kotulę (1884), a następnie przez Urbańskiego (1962). W ostatnich latach szczegółowe studia w tym zakresie przeprowadził Lożek (1974, 1979). Autor ten przedstawił rozmieszczenie 63 gatunków z 13 wybranych stanowisk, reprezentujących poszczególne piętra od regla dolnego po hale tatrzańskie, rozciągające się powyżej granicy lasu i kosodrzewiny. W oparciu o dane zaczerpnięte z cytowanych prac [V.] Lożka przeprowadzona została analiza taksonomiczna, zmierzająca do określenia różnic i podobieństw pomiędzy zespołami zasiedlającymi kolejne piętra roślinności z uwzględnieniem asocjacji subfosylnej, występującej w Wąwozie Kraków. Analiza zrealizowana tzw. metodą jakościową opisaną przez autora (Alexandrowicz 1977) opiera się na wzorze zdefiniowanym przez Steinhausa (Marczewski, Steinhaus 1959).

Dendrogram taksonomiczny będący rezultatem przeprowadzonych obliczeń rozdziela cały analizowany materiał na trzy grupy (ryc. 4). Pierwsza z nich obejmuje dwa zespoły występujące w dolinach, w obrębie regla górnego, dwa — z piętra kosodrzewiny oraz asocjację z opisywanej martwicy. Druga grupa kojarzy zespoły ze stref wierzchwinowych znajdujących się w obrębie regla górnego oraz jedyne stanowisko z regla dolnego, natomiast trzecia jest związana niemal wyłącznie z piętrami hal alpejskich.

Przedstawiona klasyfikacja taksonomiczna wskazuje, że subfosylna malakofauna z Wąwozu Kraków, występująca w martwicy na wysokości około 1100 m n.p.m., a więc w obrębie regla górnego w dolinie („supramontanny stupěň” — Lożek 1974, 1979), jest najbardziej zbliżona z jednej strony do zespołów z leśnych odcinków Trisarskiej Doliny oraz Spiš-Michalovej Doliny w masywie Szerokiej Jaworzyńskiej (ryc. 4 — 1E, 1F), a z drugiej strony do asocjacji z Zamków nad doliną Białej Wody i z Nowego Potoku pod Muraniem w Tatrach Bielskich (ryc. 4 — 2A, 2B). Analogie te wiążą się z położeniem stożka martwicowego, w którym akumulowane były skorupki ślimaków żyjące na skałach i na wierzchwinie ponad dolną częścią Wąwozu Kraków, w siedliskach odpowiadającym piętrami roślinności: regla górnego, kosodrzewiny, a nawet hal tatrzańskich. Wśród gatunków występujących w porównywanych pięciu stanowiskach, reprezentujących na dendrogramie



Ryc. 4. Dendrogram taksonomiczny zespołów mięczaków z obszaru Tatr według danych Ložka (1979) i autora. M — zespół z martwicy w Wąwozie Kraków, 1A — zespół z regla dolnego, 1B–1D — zespoły z regla górnego na wierzchołkach, 1E, 1F — zespoły z regla górnego w dolinach, 2A–2C — zespoły z piętra kosówki, 2D–2F — zespoły z piętra halnego, I–III — grupy zespołów mięczaków wydzielone na podstawie analizy taksonomicznej

Fig. 4. Taxonomical diagram of molluscan assemblages of the Tatra Mts. (according to data of Ložek, 1979 and the present author). M — assemblage from calcareous tufa described, 1A — malacofauna of deciduous forests 1B–1F — malacofauna of coniferous forests, 2A–2C — malacofauna of the dwarf mountain pine stage, 2D–2F — malacofauna of the alpine meadows stage, I–III — groups of molluscan assemblages

grupę I (ryc. 4), można wymienić ślimaki leśne: *Acicula polita* (Hartmann), *Euobresia nivalis* (Dumont Mortillet), *Iphigena plicatula* (Draparnaud), *Isognomostoma isognomostoma* (Schröter), *Tricha unidentata* (Draparnaud), *Vitrea diaphana* (Studer), *V. subrimata* (Reinholdt) i *Vestia turgida* (Rossmässler); takson naskalny — *Pyramidula rupestris* (Draparnaud) i gatunki mezofilne: *Euconulus fulvus* (Müller), *Clausilia dubia* Draparnaud i *Vertigo alpestris* Alder. Na uwagę zasługuje ponadto obecność w martwicy skorupki ślimaków związanych głównie z wyżej położonymi siedliskami, jak *Helicigona cingulella* (Rossmässler) i *Arianta arbustorum* (Linnaeus).

Spektra malakologiczne asocjacji z Wąwozu Kraków wykazują, że głównym jej składnikiem są ślimaki leśne (ryc. 3). Na spektrum gatunkowym MSS udział ich przekracza 60%, a na spektrum osobniczym MSI — 70%, przy czym w większości są to gatunki typowe dla siedlisk zacienionych, żyjące wśród listowia, rumoszu i butwiejącego drewna. Mniej liczne są gatunki euryekologiczne, mezofilne, znajdujące dogodne warunki rozwoju w średnio

wilgotnych i wilgotnych środowiskach zacienionych i otwartych. Formy naskalne i preferujące siedliska nasłonecznione, a nawet kserotermiczne, są reprezentowane przez nieliczne taksony, ale liczebność ich skorupki jest stosunkowo znaczna. Taki skład zespołu jest typowy dla naturalnych, niezdegradowanych środowisk górskich, a współwystępowanie gatunków zaliczanych do różnych grup ekologicznych dobrze charakteryzuje faunę o przewadze elementów allochtonicznych, pochodzącą z różnych siedlisk rozmieszczonych piętrowo ponad sobą.

### Wąwóz Sobczański

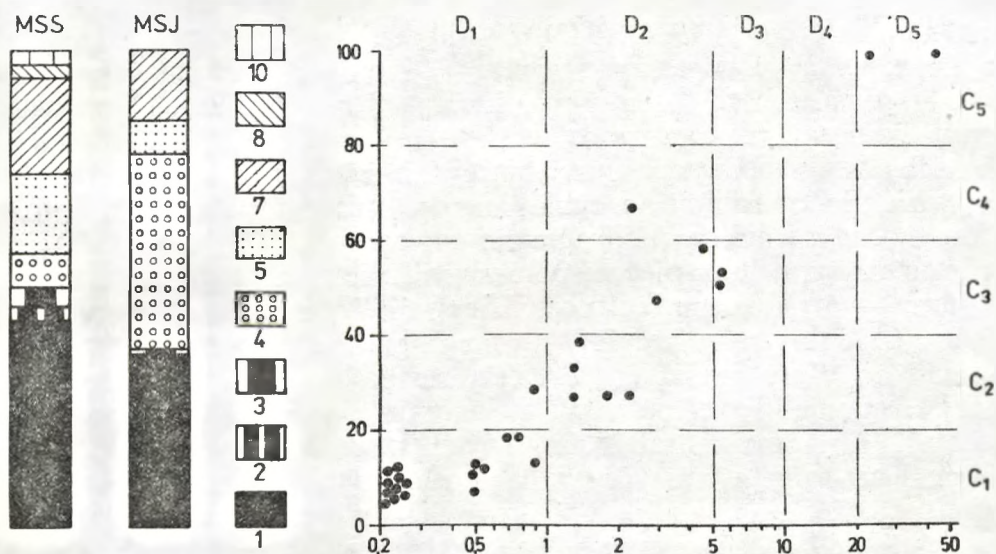
Zespół małakofauny znaleziony w 15 próbkach martwicy obejmuje 30 taksonów reprezentowanych przez 430 skorupki, ślimaków (tab. II). Charakterystyczną cechą struktury tego zespołu jest zdecydowana dominacja

TABELA II

Skład zespołu mięczaków z martwicy w Wąwozie Sobczańskim. Objasnienia jak w tabeli I  
Molluscan assemblage of the calcareous tufa from Sobczański Gorge. Symbols the same as in table I

Ek	Gatunek — Species	N	St	Dm
1	<i>Acicula parcelineata</i> (Clessin)	1	C-1	D-1
1	<i>Acicula polita</i> (Hartmann)	13	C-3	D-2
1	<i>Vertigo pusilla</i> Müller	8	C-2	D-2
1	<i>Ena montana</i> (Draparnaud)	1	C-1	D-1
1	<i>Eucobresia nivalis</i> (Dumont Mortillet)	99	C-5	D-5
1	<i>Aegopinella pura</i> (Alder)	2	C-1	D-1
1	<i>Oxychilus depressus</i> (Sterki)	1	C-1	D-1
1	<i>Vitrea diaphana</i> (Studer)	6	C-1	D-2
1	<i>Vitrea transsylvanica</i> Clessin	1	C-1	D-1
1	<i>Clausilia cruciata</i> Studer	4	C-2	D-1
1	<i>Ruthenica filograna</i> (Rossmässler)	1	C-1	D-1
1	<i>Helicigona faustina</i> (Rossmässler)	10	C-4	D-2
1	<i>Isognomotoma isognomotoma</i> (Schröter)	7	C-2	D-2
2	<i>Vitrea crysstallina</i> (Müller)	1	C-1	D-1
3	<i>Monachoides vicina</i> (Rossmässler)	3	C-1	D-1
4	<i>Pyramidula rupestris</i> (Draparnaud)	175	C-5	D-5
4	<i>Chondrina clienta</i> (Westerlund)	2	C-1	D-1
5	<i>Truncatellina cylindrica</i> (Ferussac)	24	C-3	D-3
5	<i>Pupilla muscorum</i> (Linné)	2	C-1	D-1
5	<i>Vallonia costata</i> (Müller)	3	C-1	D-1
5	<i>Vallonia pulchella</i> (Müller)	1	C-1	D-1
5	<i>Euomphalia strigella</i> (Draparnaud)	2	C-1	D-1
7	<i>Vertigo alpestris</i> Alder	22	C-3	D-3
7	<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud)	20	C-3	D-2
7	<i>Euconulus fulvus</i> (Müller)	5	C-2	D-2
7	<i>Clausilia dubia</i> Draparnaud	10	C-2	D-2
7	<i>Lacinaria plicata</i> (Draparnaud)	1	C-1	D-1
7	Limacidae	4	C-1	D-1
8	<i>Carychium tridentatum</i> (Risso)	1	C-1	D-1
10	<i>Lymnaea truncatula</i> (Müller)	1	C-1	D-1

dwóch gatunków: *Pyramidula rupestris* (Draparnaud) i *Eucobresia nivalis* (Dumont Mortillet); łączny ich udział w asocjacji przekracza 60%. Gatunki te są zaliczone do najwyższych klas stałości i dominacji — C<sub>5</sub> i D<sub>5</sub> (ryc. 5). Wysoką stałość (C<sub>4</sub>) wykazuje również *Helicigona faustina* (Rossmässler), której skorupki są jednak nieliczne (D<sub>2</sub>). W środkowej klasie stałości mieszczą się kolejne cztery gatunki, których liczebność odpowiada klasom dominacji D<sub>2</sub> i D<sub>3</sub>. Są to: *Truncatellina cylindrica* (Ferussac), *Vertigo alpestris* Alder, *Acicula polita* (Hartmann) i *Punctum pygmaeum* (Draparnaud).



Ryc. 5. Diagramy malakologiczne i struktura zespołu mięczaków z martwicy w Wąwozie Sobczańskim. Objasnienia jak na ryc. 3

Fig. 5. Malacological diagrams and structure of the molluscan assemblage from the Sobczański Gorge. Symbols the same as in Fig. 3.

Pięć następných taksonów mieści się w klasach C<sub>2</sub> i D<sub>2</sub>, a pozostałe są spotykane jedynie jako pojedyncze okazy w niektórych próbkach.

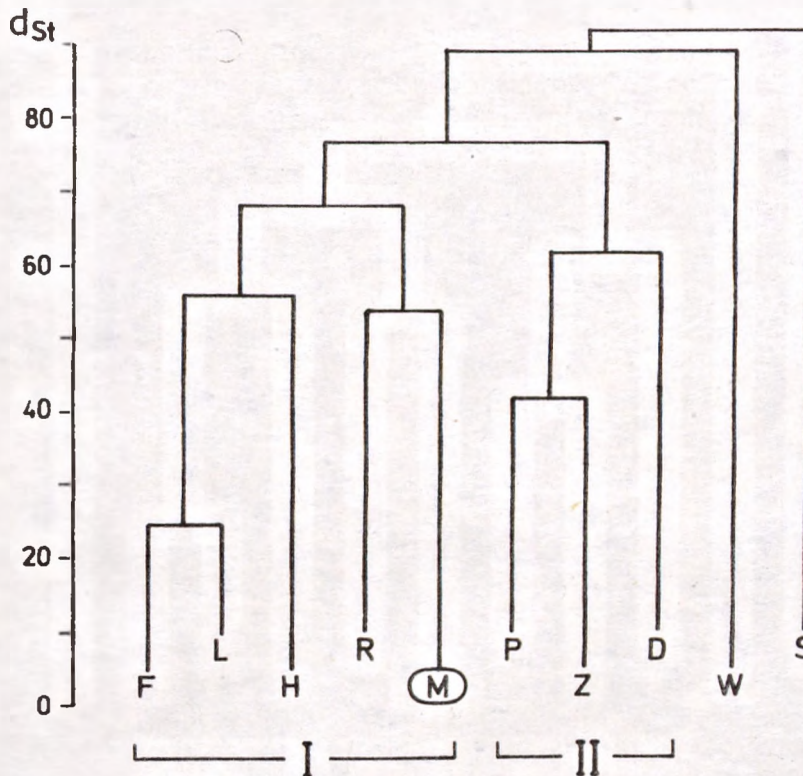
W skład opisywanej asocjacji wchodzi głównie gatunki górskie (38%) oraz szeroko rozprzestrzenione (38%), nieco mniejszą rolę odgrywają ślimaki o środkowoeuropejskim obszarze rozprzestrzenienia (24%). Pierwsza z wymienionych grup ma największe znaczenie, należą bowiem do niej taksony stosunkowo licznie reprezentowane. Są to elementy karpackie i alpejsko-karpackie, m.in.: *Eucobresia nivalis* (Dumont Mortillet), *Helicigona faustina* (Rossmässler) i *Monachoides vicina* (Rossmässler), oraz elementy alpejsko-meridionalne: *Pyramidula rupestris* (Draparnaud), *Chondrina clienta* (Westerlund) i *Vitrea diaphana* (Studer). Charakterystyczne jest również występowanie ślimaków boreoalpejskich: *Vertigo alpestris* Alder i *Clausilia cruciata* Studer. Gatunki holarktyczne i europejskie, jak też środkowoeuropejskie, pod względem ilości osobników mają podrzędne znaczenie. Zwraca uwagę nieznaczny udział elementu wschodnioeuropejskiego, do którego można zaliczyć jedynie *Euomphalia sirigella* (Draparnaud). Zdaniem Hudeca (1958) ten składnik zoogeograficzny odgrywa na omawianym obszarze większą rolę, niż przypisywali mu to inni badacze.

Malakofauna Pienin była od dawna w centrum uwagi wielu badaczy. Jej monograficzne opracowanie zawdzięczamy Urbańskiemu (1939). Opierając się w znacznej mierze na materiałach zebranych w Pienińskim Parku Narodowym wyróżnił on zespoły mięczaków związane z głównymi typami zbiorowisk roślinnych, określił ich skład i zróżnicowanie, zoogeograficzną strukturę malakocenozy, a także pionowe rozmieszczenie poszczególnych gatunków ślimaków. Szczegółowe studia nad malakofauną lasów bukowych podjął następnie Dzieczkowski (1972), obejmując swoimi zainteresowaniami m. in. Pieniny, a uzupełniające badania malakologiczne przeprowadził w ostatnich latach Riedel (1976, 1982). Zespoły subfosalnych mięczaków są tu słabo poznane, a najbogatszy z nich został opisany z doliny Harcygrund koło Czorsztyna, z osadów datowanych na wczesny etap fazy klimatycznego optimum holocenu (Alexandrowicz 1984).

Podobieństwo asocjacji występującej w subhygropetrycznej martwicy w Wąwozie Sobczańskim do malakofauny opisanej przez wymienionych autorów można ocenić na dendrogramie taksonomicznym (ryc. 6). Obejmuje on 10 elementów, w tym pięć zespołów wyróżnionych przez Urbańskiego (1939), trzy — przez A. Dzieczkowskiego (1972), subfosalny zespół z Harcygrundu (Alexandrowicz 1984) oraz asocjację z opisywanego stożka martwicowego. Cały ten zbiór rozdziela się na dwa podzbiory, z których pierwszy obejmuje pięć elementów: malakofaunę lasów mieszanych i zarośli z *Peticetum albae* oraz z siedlisk naskalnych (Urbański 1939), zespół z Harcygrundu i asocjacje z martwicy w Wąwozie Sobczańskim. Drugi podzbiór łączy ze sobą trzy zespoły z lasów bukowych (Dzieczkowski 1972), a dwie pozostałe próbki (fauna występująca na łąkach oraz w zbiorowisku *Salix* — Urbański 1939) wykazują wyraźną odrębność.

Dendrogram taksonomiczny dowodzi, że asocjacja z opisywanej martwicy jest najbardziej podobna do malakofauny zasiedlającej skałki, murawy naskalne i kserotermiczne. Wśród gatunków występujących wyłącznie w obu tych zespołach można wymienić: *Pyramidula rupestris* (Draparnaud), *Truncatellina cylindrica* (Ferussac) i *Chondrina clienta* (Westerlund). Dwa kolejne gatunki: *Vertigo alpestris* Alder i *Clausilia cruciata* Studer były także cytowane z siedlisk leśnych. Wyraźny jest również związek między omawianą asocjacją a malakofauną lasów mieszanych i zarośli, z którymi łączy się bezpośrednio zespół z Harcygrundu. Powiązanie to jest podkreślone obecnością kilku wspólnych gatunków, m.in. *Vertigo pusilla* Müller, *Ena montana* (Draparnaud), *Ruthenica filograna* (Rossmässler), *Clausilia dubia* Draparnaud, *Punctum pygmaeum* (Draparnaud) i *Monachoides vicina* (Rossmässler). Kilka innych taksonów występuje zarówno w porównywanym uprzednio zespołach jak też w lasach bukowych. Gatunkiem wspólnym dla martwicy i środowiska łąkowego jest tylko *Pupilla muscorum* (Linnaeus).

Skład malakofauny z martwicy w Wąwozie Sobczańskim dobrze obrazują spektra malakologiczne (ryc. 5). Spektrum gatunkowe MSS ujawnia ilościową przewagę taksonów leśnych (grupa ekologiczna 1) oraz znaczny udział gatunków mezofilnych (grupa ekologiczna 7) i typowych dla siedlisk otwartych (grupa ekologiczna 5). Spektrum osobnicze MSI wykazuje ilościową dominację ślimaków naskalnych (grupa ekologiczna 4), reprezentowanych



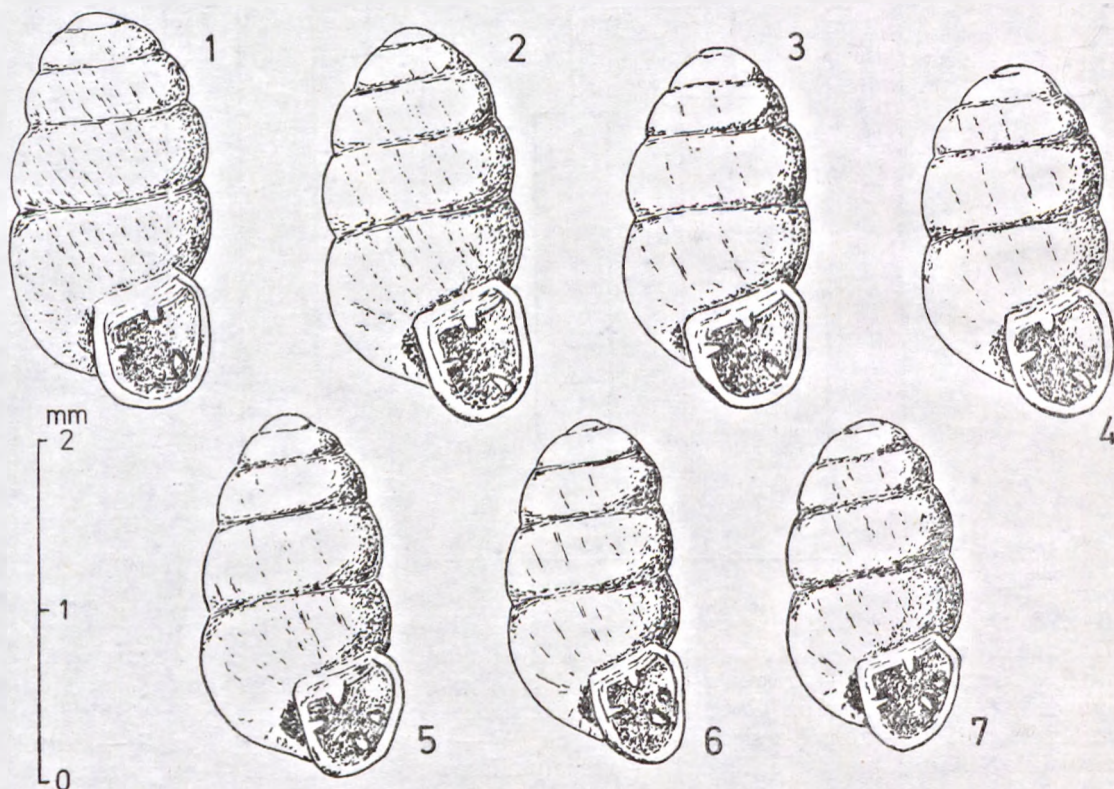
Ryc. 6. Dendrogram taksonomiczny zespołów mięczaków z obszaru Pienin według danych Urbańskiego (1939), Dzieczkowskiego (1972) i autora. M — zespół z martwicy w Wąwozie Sobczańskim, H — zespół z osadów holoceniowego optimum klimatycznego w Harcygrundzie (Alexandrowicz 1984), F — zespół z siedlisk leśnych, L — zespół z siedlisk *Petasitetum albi*, R — zespół z siedlisk naskalnych, W — zespół zasiedlający łąki, S — zespół z siedlisk *Salicetum purpureae*, P, Z, D — zespoły z lasów bukowych, I, II — grupy zespołów mięczaków

Fig. 6. Taxonomical diagram of molluscan assemblage of the Pieniny Mts. (according to data of Urbański, 1939, Dzieczkowski, 1972 and the present author). M — assemblage from calcareous tufa described, H — assemblage of the Mid-Holocene malacofauna from Harcygrund (Alexandrowicz, 1984), F — assemblage of deciduous forests, L — assemblage of habitats with *Petasitetum albi*, R — assemblage inhabiting rocks, W — assemblage of meadows, S — assemblage of habitats with *Salicetum purpureae*, P, Z, D — assemblages of beech forests, I, II — groups of molluscan assemblages.

niemal wyłącznie przez *Pyramidula rupestris* (Draparnaud), przy podrzędnym udziale skorupki ślimaków leśnych i mezofilnych.

W opisywanym materiale na uwagę zasługuje zróżnicowanie populacji gatunku *Vertigo alpestris* Alder, występującego w obu stanowiskach martwic subhygropetrycznych, w stożkach martwicowych znalezionych w Tatrach i w Pieninach. W Wąwozie Sobczańskim były znajdowane skorupki dokładnie odpowiadające definicji tego gatunku, cechujące się m.in. obecnością czterech ząbków w otworze ujściowym (ryc. 7). W Wąwozie Kraków liczne skorupki reprezentujące omawiany takson odznaczają się natomiast obecnością jedynie trzech ząbków. Ząbek parietalny jest dość duży i wyraźny, wysunięty nieco do przodu, ząbek kolumelarny jest mniejszy, ale dobrze widoczny, natomiast na dolnej ścianie ujścia znajduje się tylko jeden ząbek palatalny, mały i zwykle cofnięty nieco do tyłu (ryc. 7). Tak wykształcone ujście zostało

uznane przez Hazaya (1885) za cechę wyróżniającą nowy gatunek — *Vertigo tatrca*. Kształt i wymiary skorupki tego taksonu, opisanego przez Hazaya (1885) na podstawie materiału pochodzącego z Tatr, odpowiadają dobrze analogicznym cechom gatunku *Vertigo alpestris* Alder, zdefiniowanego 47 lat wcześniej. To podobieństwo, jak też fakt, że w populacjach *Vertigo*



Ryc. 7. Zróżnicowanie skorupki *Vertigo alpestris* Alder ze stożków martwicowych w Tatrach i Pieninach. 1-4 — *Vertigo alpestris* forma *tatrca*, 5-7 — *Vertigo alpestris* forma typowa

Fig. 7. *Vertigo alpestris* Alder from calcareous tufas in Tatra and Pieniny National Parks. 1-4 — *Vertigo alpestris* *tatrca*, 5-7 — *Vertigo alpestris*, nominal form.

*alpestris* zdarzają się niekiedy okazy wykazujące redukcję jednego (górnego) zębka palatalnego, skłoniły większość autorów do uznania *Vertigo tatrca* za młodszy synonim gatunku *Vertigo alpestris* (m.in. Urbański 1939, Łożek 1964b). Nie brakło jednak badaczy, którzy konsekwentnie rozdzielali oba omawiane taksony (m.in. Hudec, Brabenec 1960). Obserwacje przeprowadzone na materiale z opisanych martwic nie potwierdzają poglądu o zasadności wyróżniania obu cytowanych gatunków jako taksonów oddzielnych, wskazują jednak na trwałość populacji, odznaczających się zróżnicowaniem jednej cechy (ilości zębów w otworze ujściowym). Są one izolowane geograficznie (allopatryczne), przy czym populacja tatrzańska ma bardzo ograniczone rozprzestrzenienie, a analogiczna do pienińskiej — bardzo szerokie. W związku z tym obok taksonu nominalnego — *Vertigo alpestris* Alder, który wchodzi m.in. w skład zespołu malakofauny z Wąwozu Sobczańskiego, należy przyjąć istnienie odmiany morfologicznej o nieformalnym



statusie taksonomicznym („forma”), tworzącej populację zasiedlającą Tatry, znalezione m. in. w Wąwozie Kraków (*Vertigo alpestris* forma *tatrica*). W przypadku potwierdzenia historycznej trwałości tej morfy, mogłaby ona zostać uznana za podgatunek — *Vertigo alperstis tatrica* Hazay.

#### IV. KLIMATYCZNE WARUNKI NARASTANIA STOŻKÓW MARTWICOWYCH

Martwice subhygropetryczne znalezione w polskich Tatrach i Pieninach można uznać za utwory o tej samej genezie i o bardzo zbliżonym wieku. Wskazuje na to zarówno ich podobieństwo litologiczne, jak też identyczna forma występowania oraz zespoły mięczaków odpowiadające niemal dokładnie faunie żyjącej obecnie w najbliższym otoczeniu. W związku z tym na szczególnie uwagę zasługuje fakt, że w jednym z opisanych stanowisk (Wąwóz Sobczański) narastanie, a zarazem rozmywanie stożka martwicowego następuje do czasów współczesnych, natomiast w drugim przypadku (Wąwóz Kraków) akumulacja martwicy została zahamowana, a stożek ulega jedynie powolnej degradacji. Obserwacja ta kojarzy się ze stwierdzeniem powszechnego tworzenia się martwic wapiennych w Pieninach w przeciwieństwie do Tatr, gdzie proces ten nie zachodzi (Alexandrowicz 1985). Można przypuszczać, że główną przyczyną takiego stanu rzeczy jest zróżnicowanie warunków klimatycznych w obu rozważanych pasmach górskich.

Martwica w Wąwozie Kraków jest położona na wysokości około 1100 m npm. Z zestawienia charakterystycznych cech klimatu Tatr (Orlicz 1962) wynika, że w tej strefie średnia temperatura roczna wynosi 4,0–4,5°, średnia temperatura lipca 13,0–13,5°, a roczna suma opadów 1400–1500 mm. Pokrywa śnieżna utrzymuje się przez 135–150 dni w roku. W Pieninach na wysokości około 600 m npm. (położenie martwicy w Wąwozie Sobczańskim) wartości te przedstawiają się zupełnie odmiennie. Średnia roczna temperatura wynosi 5,5–6,0°, temperatura lipca 15,5–16,0°, suma opadów 700–800 mm, a liczba dni w roku z pokrywą śnieżną — 100–120 (Kostrakiewicz 1982).

W obu opisywanych stanowiskach przedstawione ogólne charakterystyki są prawdopodobnie wydatnie zmodyfikowane, bowiem cechy mikroklimatu na dnie głębokich wąwozów, a także na ich eksponowanych ścianach mogą wyraźnie odbiegać od wartości średnich, wyznaczonych na podstawie pomiarów dokonywanych w stacjach obserwacyjnych. Mimo to należy przyjąć, że warunki istniejące obecnie w dwóch prezentowanych miejscach występowania stożków martwicowych są odmiennie. Główna różnica polega na niższej średniej rocznej temperaturze i większej sumie opadów w Wąwozie Kraków w stosunku do odpowiednich wartości w drugim stanowisku. Jednocześnie okres zalegania pokrywy śnieżnej, a zwłaszcza płatów śniegu w Tatrach jest znacznie dłuższy niż w Pieninach, co wpływa bezpośrednio na długość okresu wegetacji. Te właśnie cechy klimatu mogą być odpowiedzialne za możliwość wytrącania się i akumulacji subhygropetrycznych utworów węglanowych jak też za zahamowanie ich tworzenia się.

Martwice o typie tufów wapiennych, wyróżnione i opisane przez Ložka (1962, 1964a) jako penitec lub luźne sintry, odpowiadające genetycznie opisywanym utworom, w Karpatach Słowackich i w Krasie Czeskim tworzyły się pospolicie w czasie trwania fazy atlantyckiej i subborealnej. Są one zwykle przykryte przez młodoholocenijskie (subatlantyckie) osady klastyczne, przez gliny i rumosze skalne, a współcześnie wytrącają się jedynie lokalnie, w specyficznych warunkach. Zdaniem cytowanego autora gromadzenie się sintru wapiennego zachodzi na obszarach o znacznej sumie opadów (ponad 900 mm na rok) i niskiej średniej rocznej temperaturze (3–5°). W klimacie bardziej suchym i ciepłym, jak też w wysokich górach martwice o typie penitec nie powstają (Ložek 1964a).

Analiza rozmieszczenia oraz wieku martwic postglacialnych w Czechach i w Turynii doprowadziła Jägera i Ložka (1968) do wniosku, że okresem najbardziej sprzyjającym dla tworzenia się tych utworów było w środkowej Europie optimum klimatyczne, czyli fazy atlantycka i epiatlantycka środkowego holocenu. W górnym holocenie wytrącanie się martwic uległo zahamowaniu, a obszary, na których nadal zachodzi ich narastanie, są ograniczone w przybliżeniu izotermą lipca 19° (Jäger 1965). W strefach o niższej średniej temperaturze najcieplejszego miesiąca akumulacja lądowych osadów węglanowych ma odbywać się jedynie w specyficznych warunkach szczególnie korzystnego mikroklimatu.

Obserwacje przeprowadzone w parkach narodowych Tatrzańskim i Pienińskim wskazują, że tworzenie się martwic subhygropetrycznych, odpowiadających martwicom określanym w Czechach terminem penitec, jest uzależnione od warunków klimatycznych i mikroklimatycznych, ale nie jest ono ograniczone wartościami określającymi sumę opadów i średnie temperatury, podanymi przez cytowanych autorów. Należy wnioskować, że na możliwość narastania stożków martwicowych znaczny wpływ mają również m.in.: czas zalegania pokrywy lub płatów śnieżnych, długość okresu wegetacji, średnia liczba dni z temperaturą przekraczającą 15° lub 20°, termika wód podziemnych, jak też intensywność ablacji i denudacji chemicznej.

Różnica pomiędzy warunkami istniejącymi obecnie w dwóch opisanych stanowiskach odzwierciedla odmienną klimatu Tatr i Pienin. Można sądzić, że akumulacja martwicy w Wąwozie Kraków zachodziła w czasie, gdy klimat panujący w Dolinie Kościeliskiej niewiele odbiegał od tego, który obecnie zaznacza się w wąwozach uchodzących do Dunajca w rejonie Sromowiec. Był on bardziej łagodny od współczesnego i nieco cieplejszy, co wpływało zwłaszcza na wydłużenie okresu wegetacji. Nasuwa się sugestia, że takie właśnie warunki istniały przed około sześcioma wiekami, w czasie tzw. małego optimum klimatycznego, które przypadało na XIII i XIV wiek naszej ery (Stachlewski 1978). Historia klimatu tatrzańskiego z tego okresu nie jest znana, ale o jego zmianach można wnioskować pośrednio przez analogię do Alp, gdzie w pierwszej połowie XIV stulecia zaznaczyła się recesja lodowców. Górna granica lasu, a zarazem wszystkie piętra roślinności w górach europejskich, były wówczas położone wyżej niż obecnie, a różnica ta mogła sięgać kilkudziesięciu, a nawet stu metrów. Tłumaczy to występowanie w martwicy w Wąwozie Kraków takich gatunków ślimaków, które we współczesnej faunie tatrzańskiej znajdują dogodne warunki życia w nieco niższej położonych

strefach, związanych z piętnem regła dolnego. Jako przykłady mogą tu służyć: *Acanthinula aculeata* (Müller) i *Vertigo pusilla* Müller.

Wydatne ochłodzenie, które nastąpiło pod koniec XVI wieku, a trwało około 250 lat, jest wyróżnione jako tzw. mała epoka lodowa. Było ono wyrażone m.in. znacznym zaostrzeniem warunków klimatycznych, rozszerzeniem zasięgu lodowców i stref peryglacjalnych, a także skróceniem okresu wegetacji. W Tatrach mogło to doprowadzić do zahamowania wzrostu stożka martwicowego. Konsekwencją oziębienia było także obniżenie pięter geobotanicznych, w tym również górnej granicy lasu. Zjawisko to było przedmiotem zainteresowania kilku badaczy, którzy podkreślali rolę czynnika antropogenicznego w zmianach zasięgu lasów w okresie historycznym (Fabijanowski 1962).

Nie negując istotnego znaczenia wpływu rozwoju gospodarki na omawiane zmiany należy jednak podkreślić, że zachodziły one w czasie fluktuacji klimatycznych, wpływających bezpośrednio na warunki bytowania roślin i zwierząt, zwłaszcza w wysokich górach. Znalazły one wyraz m.in. w składzie i sekwencji zespołów mięczaków opisanych przez Lożka (1981) z masywu Rosudca w Małej Fatrze.

W Tatrach znany jest zaledwie jeden profil osadów holocenijskich, w którym zarejestrowana jest ewolucja warunków paleogeograficznych w okresie postglacjalnym. Są to rumosze skalne i gliny z wkładkami martwic, odsłonięte u wylotu Murańskiej Jaskini, a zawierające charakterystyczne zespoły subfossylnych ślimaków (Lożek 1979). Podjęcie systematycznych badań nad kolejnymi takimi profilami, zwłaszcza w polskich Tatrach Zachodnich, może przyczynić się do określenia przebiegu zmian położenia górnej granicy lasu i wyjaśnienia ich przyczyn. Podobne badania winny być również prowadzone w Pienińskim Parku Narodowym, a także w Parku Narodowym na Babiej Górze.

Akademia Górniczo-Hutnicza,  
Zakład Stratygrafii i Geologii Regionalnej  
Kraków Al. Mickiewicza 30

## PIŚMIENNICTWO

- Alexandrowicz S. W. 1977. Taksonomiczne metody systematyzowania zespołów skamieniałości. *Zesz. nauk. AGH, Geologia* 3, 3: 5-18.
- Alexandrowicz S. W. 1981. Malacofauna of the Late Quaternary Lacustrine Deposits in the Krosno Depression. *Bull. acad. pol. sci.* 28, 4: 243-255.
- Alexandrowicz S. W. 1983. Malacofauna of the Holocene calcareous sediments of the Cracow Upland. *Acta geol. pol.* 33, 1-4: 117-157.
- Alexandrowicz S. W. 1984. Śródkowoholocenijska malakofauna z Harcygrundu koło Czorsztyna. *Studia geol. pol.* 83: 95-114.
- Alexandrowicz S. W. 1985. Zespoły malakofauny w czwartorzędowych osadach Karpat polskich. *Biul. Inst. Geol.* 346: 187-205.
- Birkenmajer K. 1979. Przewodnik geologiczny po pienińskim pasie skałkowym. Wydawn. Geol. Warszawa.

- Dzięczkowski A. 1972. Badania ilościowe ślimaków buczyn południowo-zachodniej Polski. *Prace Kom. Biol. Pozn. Tow. Przyj. Nauk.*, **35**, 5: 1–89.
- Fabijanowski J. 1962. Lasy tatrzańskie. W: Tatrzański Park Narodowy. Wyd. Zakład Ochrony Przyrody PAN, **21**: 240–304. Kraków.
- Hazay G. 1885. Az északi Kárpatok és vidékének Molluska faunája. *Mat.-Term. Kozlem. Koz.* **19**, 6: 315–381.
- Hudec V. 1958. Malakofauna slovenského břehu Dunajce v Pieninach. *Časop. Narod. Musea, Odd. Prirrodověd.*, **127**, 1, 5–12.
- Hudec V., Brabenec J. 1960. Mäkkýše Vysokotatranskej oblasti. *Sborn. Prac o Tatr. Nár. Parku*, **4**: 151–218.
- Jäger K. D. 1965. Holozäne Binnenwasserkalke und ihre Aussage für die nacheiszeitliche Klima- und Landschaftsentwicklung im Südlichen Mitteleuropa. *Diss. Mat.-Nat.-wiss. Fakult. Univers. Jena*, 1–360, Jena.
- Jäger K. D., Ložek V. 1968. Beobachtungen zur Geschichte der Karbonatdynamik in der holozänen Warmzeit. *Českoslov. Kras*, **19**: 7–22.
- Kostrakiewicz L. 1982. Klimat. W: Przyroda Pienin w obliczu zmian. *Studia Naturae*, ser. B, **30**: 53–69.
- Kotula B. 1884. O pionowym rozsiadleniu ślimaków tatrzańskich. *Spraw. Kom. Fizj. PAU*, **18**.
- Krolopp E. 1982. *Mollusca*. in: Quaternary Studies in Hungary. INQUA Hung. Nat. Com. 107–III, Budapest.
- Ložek V. 1962. Pěnitcovy převis Na Klaku u Nitranského Pravna. *Krasovy Sborn.* **3**: 31–46.
- Ložek V. 1964a. Ružovy převis ve Vratné Dolině u Turčianské Blatnice. *Českoslov. Kras*, **15**: 105–117.
- Ložek V. 1964b. Quartärmollusken der Tschechoslowakei. *Rozpr. Ústř. Úst. Geol.*, **31**: 1–374.
- Ložek V. 1972. Malakozoologický výskum Liptova. W: Liptov — Vlastivedný zborník, **2**: 43–65.
- Ložek V. 1973. Příroda ve Čtvrtohorach. *Výd. Akademia*, 1–372, Praha.
- Ložek V. 1974. Fauna Tatranského Národného Parku — Malakofauna. *Zborn. Prac o Tatr. Nár. Parku*, **16**: 65–73.
- Ložek V. 1979. Malakofauna Tatier v historickom pohľade. *Zborn. Prac o Tatr. Nár. Parku*, **21**: 103–129.
- Ložek V. 1981. Příroda Státní Přírodní Rezervace Rozsutec v nejmladší geologické minulosti. W: Rozsutec-Štat. Přír. Rez. **1**: 31–52.
- Ložek V. 1982. Měkkýši ŠPR Čierny Kameň ve Velké Fatře. *Ochrana Přírody*, **3**: 113–133.
- Marczewski E., Steinhaus H. 1959. O odległości systematycznej biotopów. *Zastosow. Matemat.* **4**: 195–203.
- Mikulski J. S. 1974. *Biologia wód śródlądowych*. Państw. Wydawn. Nauk. Warszawa.
- Orlicz M. 1962. Klimat Tatr. W: Tatrzański Park Narodowy. Wyd. Zakładu Ochrony Przyrody PAN, **21**: 15–70.
- Puissegur J. J. 1976. Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne. *Mém. Géol. Univ. Dijon*, **3**: 1–241.
- Pulina M. 1974. Denudacja chemiczna na obszarach krasu węglanowego. *Prace Inst. Geogr. PAN*, **105**: 1–159.
- Riedel A. 1976. Uzupełnienia i sprostowania do znajomości malakofauny Pienin (*Gastropoda terrestria*). *Fragm. faunist.* **21**, 19: 435–444.
- Riedel A. 1982. Fauna Pienin — ślimaki i pozostałe bezkręgowce lądowe. W: Przyroda Pienin w obliczu zmian. *Studia Naturae B*, **30**: 292–310.
- Stachlewski W. 1978. Klimat — przeszłość, terażniejszość, przyszłość. *Bibl. Problemów*, **254**: 1–281.
- Umiński T. 1980. *Vitrinidae (Mollusca, Gastropoda) Polski*, rozmieszczenie pionowe i geograficzne. *Fragm. faunist.* **25**, 14:255–282.
- Urbański J. 1939. Mięczaki Pienin ze szczególnym uwzględnieniem terenu polskiej części Parku Narodowego. *Prace Kom. Mat.-Przyr. Pozn. Tow. Przyj. Nauk*, ser. B, **9**, 3: 1–240.

Urbański J. 1962. Mięczaki. W: Tatrzański Park Narodowy. Wydawn. Zakładu Ochrony Przyrody PAN, 21: 473-484.

Wójcik Z. 1969. Wąwóz Kraków w Tatrach. *Ochr. Przyr.* 34: 227-253.

Zeissler H. 1969. Möglichkeiten und Probleme quantitativer Arbeit mit fossilen Mollusken, dargestellt an einem Beispiel aus dem Ehringsdorfer Travertin (DDR). *Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., Ser. A*, 14, 4: 507-531.

## SUMMARY

Calcareous tufas, sinters, and travertines has been formed in streams, on overgrowth valley floors and near springs. Calcium carbonate precipitates due to the changes of the content of CO<sub>2</sub> in water, depending on the temperature and turbulation of water as well as plants activity. A very intensive precipitation occurs in hygropetric zones near water seepages on walls of calcareous rocks overgrowth with mosses (Mikulski 1974). Plants incrustated by calcium carbonate fall of and are accumulated at the foot of walls forming cones of tufas. There are subhygropetric tufas described by Ložek (1962, 1964a) as „penitec” or a foamy sinter. Cones like these are found in „Kraków Gorge” in the Tatra National Park as well as in „Sobczański Gorge” in the Pieniny National Park.

The cone in Kraków Gorge occurs under the rock wall of the Urgon Limestones (Lower Cretaceous) in the narrowing of gorge. White tufas covering the calcareous gravel (Fig. 1) comprise numerous incrustated plants remains and shells of snails. The cone is 3 m high and 10 m long. Its surface is covered by weathered tufas and debris. This means that accumulation of calcareous material was broken long time ago.

In Sobczański Gorge tufas has been formed a cone 4 m high covered gravels and slope debris. This cone occurs under the wall of the Lower Cretaceous limestones of the Pieniny Limestone Formation (Fig. 2). Calcium carbonate is precipitated now on this rock walls and as a result we observe contemporary accumulation of calcareous sediment on the cone surface.

In both localities described above tufas comprise rich molluscan assemblages. They are interpreted due to the methods described by Ložek (1964b) and Zeissler (1969). In the assemblage from Kraków Gorge (the Tatra Mts.), *Eucobresia nivalis*, *Aegopinella pura* and *Vitrea subrimata* are 55% of all specimens (Fig. 3, Table I). The main zoogeographic components of the mentioned thanatocenosis are alpino-mediterranean, boreo-alpine and carpatho-alpine species. Worth noting is the occurrence of glacial relicts inhabiting the Tatra Mts. now, like *Columella columella* and *Semilimax kotulai*. Subfossil assemblage in question, corresponds to malacocenosis described from the stage of deciduous and mixed forests overgrowing the Tatra Mts. at present, where forest species are clearly dominating (Fig. 4). The occurrence of taxons living over the upper forest limit indicates that in tufas described, shells of snails inhabiting different sites and stages are accumulated together.

There are two species dominating in the molluscan assemblage from Sobczański Gorge in the Pieniny Mts: *Pyramidula rupestris* and *Eucobresia nivalis* (Fig. 5, Table II). The main zoogeographic component of this assemblage are carpatho-alpine elements. Malacospectrum indicates the predominance of the forest snails with a considerable admixture of snails which are typical for open environments. Due to the taxonomical analysis, the assemblage in question corresponds to malacofauna of deciduous forest and bushes of the Pieniny National Park (Fig. 6).

In the material described above the differentiation of shells of *Vertigo alpestris* Alder is visible. Shells typical for the nominal form of this species occur in Sobczański Gorge. They have four teeth in aperture. In Kraków Gorge only specimens with three teeth (without one palatal tooth) have been found (Fig. 7). They correspond to *Vertigo tatrica* Hazay, regarded now as a younger synonym of *Vertigo alpestris*. The permanence of the population characterized by the lack of one palatal tooth and its occurrence in the limited area suggest, that this feature characterizes a morphological type of *Vertigo alpestris*, allopatric in relation to the nominal type. In the consequence the subspecific name — *Vertigo alpestris tatrica* Hazay can be used for the population living in the Tatra Mts. now and found in subfossil material in Kraków Gorge.

Cones of calcareous tufas described from the Tatra Mts. and the Pieniny Mts. occur in areas of different climatic conditions. In the first one there are more cold and humid conditions than in the second one. These differences could be responsible for the break of sedimentation of the calcareous tufa in Kraków Gorge, while in Sobczański Gorge this process continued until now. It is worth noting, that due to the same cause the travertines accumulated in streams and near springs at present are frequent in the Pieniny Mts. in contrast to the Tatra Mts., where they are unknown.

Subhydropetric tufas in Kraków Gorge originated in the time when climate was more warm and mild as now. It can be in 13 and 14 century AD, during the so called Middle Ages climatic optimum. The upper limit of forests and all stages of plant communities in the Tatra Mts. was situated higher as now and climatic conditions of Kraków Gorge were similar to those observed in Sobczański Gorge at present. In the next centuries (17 and 18) due to the change of climate, which turned to be more cold and severe, the sedimentation of tufas, as well as of travertines in the Tatra Mts. were broken while in the Pieniny Mts. this process has been continued. In this time the upper limit of forests in the Tatra Mts. decreases markedly, what is interpreted by several authors as the result of anthropogenic influence only. On the other hand the climate could play significant role in this changes too.

*Academy of Mining and Metalurgy, Institute of Geology and Mineral Deposits, Kraków*

*Translated into English by Halina Rabsztyń*

## TREŚĆ

I. Wprowadzenie . . . . .	361
II. Charakterystyka stożków martwicowych . . . . .	363
III. Malakofauna martwic . . . . .	366
Wąwóz Kraków . . . . .	367
Wąwóz Sobczański . . . . .	372
IV. Klimatyczne warunki narastania stożków martwicowych . . . . .	377
Piśmiennictwo . . . . .	379
Summary . . . . .	381