

Kopalne formy krasowe z kamieniołomu w Rejowcu

WSTĘP

W okolicy Rejowca na Wyżynie Lubelskiej ukazują się na powierzchni skały górnego masyfytu wykształcone przeważnie w facji marglistej. Margle te, tzw. rejowieckie, przechodzą w stropie w wapienie ilaste i opoki, z których zbudowane są górne części wzniesień. Z wychłodniami margli i wapieni związane jest występowanie powierzchniowych form krasowych (A. Jahn, 1947; J. E. Mojski, 1955; T. Wilgat, 1950, 1954). Niedawno J. Morawski (1955, str. 77) zwrócił uwagę na istnienie w stropie margli kopalnych form krasowych wieku przedoligocenckiego.

Kamieniołom cementowni Rejowiec odsłania stropową część serii skał kredowych, porożcinaną licznymi formami kieszeniowatymi, jamami, które są całkowicie zapełnione osadami czwartorzędowymi. J. Morawski (1950) sądzi, że jest to rodzaj klinów zmarzlinowych. H. Maruszczak (1960b) wyraża natomiast przypuszczenie, że mają one genezę złożoną — prawdopodobnie powstały jako efekt nakładania się (być może kilkakrotnego) procesów krasowych i wietrzenia w warunkach tundry peryglacialnej.

Fizjonomicznie podobne formy znane są z innych regionów Wyżyny Lubelskiej, z Wyżyny Łódzkiej, Gór Świętokrzyskich czy z Wyżyny Śląskiej (S. Alexandrowicz, 1958; J. Czermiński, 1960; A. Hornig, 1956; H. Maruszczak, 1960 a, b; J. E. Mojski, 1957; A. Sądowska, J. Jersak, 1954). Występują one najczęściej na podłożu silnie wapnistym (wapienie, opoki, gezy, margle). S. Alexandrowicz (1958), J. E. Mojski (1957), A. Sądowska, J. Jersak (1954) przyjmują dla takich form genezę zmarzlinową¹. A. Hornig (1956) określił podobne kieszenie jako formy krasowe. J. Czermiński (1960) podaje krótką charakterystykę szczelinowo-kieszeniowych form krasowych z wapieni dewońskich (Góry Świętokrzyskie).

¹ Wśród publikacji omawiających genezę form kieszeniowych wyróżnia się praca G. Johnssona (1959), który uważa, że tylko bardzo wnikliwa analiza form i materiału pozwala wysnuć właściwy wniosek o ich pochodzeniu. Nadmienia on przy tym, że trzeba być szczególnie ostrożnym przy przyjmowaniu zmarzlinowej genezy kieszeni wytworzonych na skałach wapniennych.

Ciekawa jest zbieżność składu chemicznego tych wapieni i skał kredowych z Rejowca (*vide* tab. 3).

Warto przypomnieć, że już Cvijič twierdził, iż przy krasowieniu margli i wapieni ilastych w wysokich szerokościach geograficznych powstają kieszenie erozyjne, które z reguły są wypełnione luźnymi osadami czwartorzędowymi i morfologicznie nie zaznaczają się na powierzchni. J. Kunský (1956) nazywa takie kieszenie organami geologicznymi. A. Malicki (1938) opisał szereg form szczelinowych i kieszeniowych występujących w stropie gipsów Podola Pokuckiego, wiążąc je ze zjawiskami krasu gipsowego.

Celem niniejszej pracy jest scharakteryzowanie oraz próba interpretacji genetycznej i wiekowej form kieszeniowych nacinających strop skał kredowych w kamieniołomie rejowieckim. Podstawę badań stanowiły obserwacje terenowe prowadzone w latach 1958—1960 oraz analiza granulometryczna osadów wypełniających kieszenie w połączeniu ze szczegółowymi obserwacjami podłoża kredowego.

CHARAKTERYSTYKA FORM I PRÓBA OKREŚLENIA ICH GENEZY

Kamieniołom rejowiecki rozcina spłaszczenie na południowym stoku wzniesienia położonego między Pawłowem a Stajnem w pobliżu stacji kolejowej Rejowiec. Nachylenie powierzchni tego spłaszczenia wynosi około 3°.

Największe skupienie kieszeni występuje w północno-wschodniej ścianie kamieniołomu. Tutaj też najlepiej można zauważyć różnice w wyglądzie form czy w rodzaju materiału wypełniającego (fig. 1, 4). Rozmieszczenie form jest nierównomierne; jedne sąsiadują ze sobą bezpośrednio tworząc ostrogi, inne zaś są od siebie oddalone, niekiedy o kilkanaście metrów. Głębokość ich waha się od 0,2 m do 3,5 m, przy średnicy 0,3 m ÷ 1,8 m (w najszerszym miejscu). Z przeglądu rycin wynika, że kształt form jest bardzo zróżnicowany. Dużo form zachowuje na całej swej głębokości jednakową szerokość. Przeważają formy studzienkowate, o niemal równoległych ścianach — te są przeważnie głębsze. Częste są także formy ustawione ukośnie czy nawet prawie równoległe do powierzchni. Podczas wielokrotnych obserwacji ścian kamieniołomu można było zauważyć, że kieszenie i jamy łączą się często ze sobą za pośrednictwem owych poziomych czy ukośnych kanałów, dając w efekcie nieregularną sieć podziemnych korytarzy zapełnioną osadami czwartorzędowymi. Średnica przekroju poprzecznego tych kanałów podziemnych wykazuje dużą zmienność i to w sposób nagły, nigdy stopniowy.

Buldozer przygotowujący północno-zachodnią część kamieniołomu do eksploatacji zdarł cienki nadkład czwartorzędowy i odsłonił plan poziomy kieszeni. Wszystkie one mają kształt mniej lub bardziej owalny. Średnice największej zaobserwowanej formy wynosiły 2,0 i 1,1 m. W rozmieszczeniu ich trudno dopatrzeć się jakiegś geometrycznej prawidłowości. Niemniej jednak zwracają uwagę podobne azymuty osi dłuższej; skupiają się one w dwu sektorach: 290÷305° i 20÷40°. Takie uprzywilejowanie tych kierunków znajduje wytłumaczenie po zmierzeniu azymutów głównych spękań pionowych — wynoszą one 300÷302°.

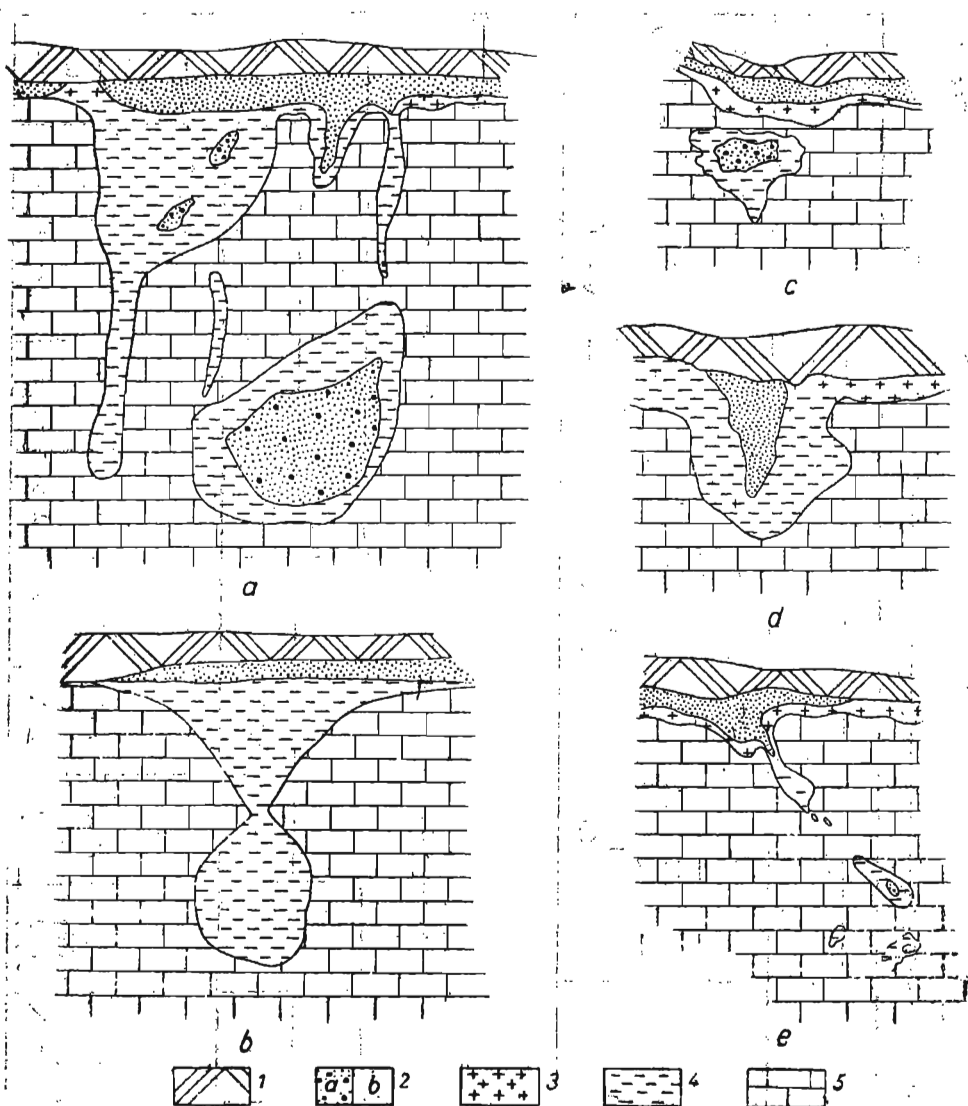


Fig. 1. Przekroje pionowe form krasowych z kamieniołomu w Rejowcu

Vertical sections across karst forms in Rejowiec quarry

1 — poziom humusowy; 2a — piasek fluwioglacjalny na wtórnym złożu; 2b — piasek fluwioglacjalny silnie przemodelowany przez wiatr; 3 — poziom iluwialny (rdzawa glina); 4 — il rezydualny; 5 — wapień ilasty

1 — humus horizon; 2a — reworked fluvio-glacial sand; 2b — fluvio-glacial sand markedly reworked by winds; 3 — illuvial horizon (rust-coloured clay); 4 — residual clay; 5 — clayey limestone

(mniej wyraźne mają kierunek $20\div 40^\circ$). Tak więc w rozmieszczeniu form, a być może i w ich powstaniu niepoślednią rolę odegrały szczeliny głównych spękań pionowych.

Skład granulacyjny, średni rozmiar ziarn i wysortowanie osadów czwartorzędowych z kieszeni kopalnych w Rejowcu

Nr próbki	Osad	Zawartość ziarn w procentach wagowych; średnica ziarn w mm										Średni rozmiar ziarn	Wysortowanie
		>5,0	5,0 ÷ 2,0	2,0 ÷ 1,0	1,0 ÷ 0,5	0,5 ÷ 0,25	0,25 ÷ 0,10	0,10 ÷ 0,05	0,05 ÷ 0,01	0,01 ÷ 0,002	<0,002		
1	Gлина rdzawa	—	0,1	0,2	2,2	9,5	19,0	36,0	35,2	7,3	20,5	0,070	4,65
2	Ил szarozielonkawy	—	—	0,1	2,0	4,2	3,4	9,8	14,5	16,2	49,8	0,002	5,00
3	Piasek przewiany	0,8	2,2	2,1	17,7	29,7	21,1	3,8	11,9	10,7	—	0,270	2,45
4	Piasek przewiany	—	0,8	0,9	16,5	36,9	26,0	2,4	9,1	7,4	—	0,280	1,84
5	Piasek z głębokości 5,0 m	14,3	—	15,6	16,0	23,1	19,6	4,8	6,6	—	—	0,430	2,74
6	Mulek soliflukcyjny	12,3	—	6,7	3,4	6,7	15,7	11,2	44,0	—	—	0,075	4,47

Tabela 2

Obróbka mechaniczna i skład mineralny utworów czwartorzędowych z kieszeni kopalnych w Rejowcu (frakcja 1,0 ÷ 0,5 mm)

Nr próbki	Obtroczenie ziarna			Współczynnik obtroczenia	Charakter powierzchni ziarna			Współczynnik zmatowienia	Skład mineralny (w % ilościowych)			
	K	CO	O		M	CM	B		SiO ₂	skalenie	minerale ciemne	wapienie
1	7,0	35,8	57,2	0,33	71,4	20,4	8,2	4,40	82,0	1,0	17,0	—
2	1,6	19,0	79,4	0,12	63,8	23,2	13,0	3,10	93,0	2,0	5,0	—
3	7,0	22,2	70,8	0,22	74,8	17,6	7,6	5,10	95,3	4,0	0,5	—
4	1,0	13,4	85,6	0,08	61,0	24,0	15,0	2,70	96,9	2,0	1,1	—
5	9,0	35,0	56,0	0,36	43,4	35,0	21,6	1,55	94,0	4,2	1,2	0,6
6	5,0	56,6	38,4	0,49	63,9	21,8	14,3	2,96	39,6	—	1,6	58,8

Wszystkie jamy i kieszenie wypełnione są luźnymi osadami czwartorzędowymi. Zróznicowaniu kształtu i wielkości form towarzyszy zróznicowanie osadów, które je wypełniają. Różnice te pozwalają wydzielić trzy generacje form. Każda generacja jest wypełniona innym rodzajem osadów (tab. 1 i 2 podają wyniki analiz granulometrycznych wszystkich utworów).

Przykładem form najstarszej generacji jest kieszeń przedstawiona na figurze 5 (tabl. II). Formy tego rodzaju są wypełnione żółtawoszarym mułkiem. Mułek ten zawiera dużą ilość okruchów marglu kredowego i wykazuje cienkie warstewkowanie spływowce; maksymalna miąższość tego utworu wynosi 1,7 m. Ważną cechą jest to, że we frakcji o średnicy ponad 1,0 mm znajdują się wyłącznie okruchy miejscowego marglu, a i frakcja 1,0÷0,5 mm zawiera je w ogromnej przewadze. W okresie akumulacji mułku skały kredowe musiały więc być odsłonięte na powierzchni w bezpośrednim sąsiedztwie kieszeni (zagłębienia). Brak jakiegokolwiek obróbki okruchów miękkiego marglu przemawia za bardzo krótkim transportem, co więcej — za powolnością tego transportu. Można przypuścić, że mułek ten stanowi osad soliflukcyjny. Występowanie w nim dużej ilości okruchów marglu można interpretować jako wynik równoczesnego działania silnego wietrzenia mrozowego ewentualnie w warunkach peryglacjalnych.

Między mułkiem a powierzchnią kredy leży zielonawoszary ił, będący rezyduum po rozpuszczeniu margli i wapieni². Ił ten tworzy ramkę wokół wszystkich kieszeni i szczelin we wszystkich trzech generacjach. Wskazywałoby to, że wszystkie generacje form tworzyły się wskutek działania podobnego procesu wytwarzającego rezyduum ilaste. Podobne obwódki ilaste są znane z form krasowych jako tzw. „kora krasowa“ (S. Gilewska, 1960; A. Hornig, 1956; A. Malicki, 1949). Oczywiście, mają one różny skład mineralny (i barwę), zależny od warunków klimatycznych towarzyszących wietrzeniu wapieni i od rodzaju wietrzącej skały. Ramka ilasta jest dobrze widoczna zarówno w przekroju pionowym, jak i poziomym form; wyjątkowo ił wypełnia całe formy (fig. 1b). W dolnej części kieszeni i jam grubość obwódki jest wyraźnie większa. Wiąże się to zapewne z nasileniem procesu rozpuszczania skały w dolnej części form. Opisujący ił zawiera około 70% frakcji pelitowej i koloidalnej oraz kilkanaście procent pyłastej krzemionki (tab. 1). W zewnętrznej części obwódki ilastej można niekiedy natrafić na sporą ilość węgla wapnia (ponad 20%). Im dalej na zewnątrz od granicy kieszeni, tym bardziej wzrasta zawartość CaCO₃, czyli ił przechodzi stopniowo w skałę wapienną. Podany w tabeli 1 skład mechaniczny takiego iłu ma zwiększony udział frakcji piaszczystej; przyczyną tego jest osypywanie się ziarn nadległego piasku w szczelinki, tworzące się podczas wysychania iłu. Także wymieniona w tabeli 2 obróbka materiału (frakcja 1,0÷0,5 mm) i skład mineralny odnoszą się do tychże allochtonicznych ziarenek. Dowodzi tego zresztą identyczna obróbka ziarn piasku leżącego tuż nad iłem (tabela 2, próbka nr 4).

W formach drugiej z kolei generacji występuje piasek fluwioglacjalny (tabl. II, fig. 6). Formy te, to przeważnie zamknięte jamy i posze-

² Spostrzeżenie to zostało potwierdzone eksperymentalnie (próby rozpuszczania margli).

rzęzone szczeliny, nie kontaktujące się bezpośrednio z powierzchnią. W piasku tym znajdują się żwiry (zwykle krystaliczne) o kilkucentymetrowej średnicy ziarn (wyjątkowo znaleziono głaz o średnicy około 30 cm). We frakcji psamitowej przeważają ziarna kwarcu wykazujące wiele podobieństwa do materiału piasków mioceńskich, leżących obecnie na kulminacji garbu powyżej opisywanego spłaszczenia. Wyszortowanie piasku fluwioglacjalnego jest bardzo słabe, ziarna są przeważnie zmatowiałe (próbka nr 5 w tabelach 1 i 2). Parametry granulometryczne tego osadu zostały naniesione na diagramy genetyczne (R. Racinowski i J. Rzechowski, 1960) i okazało się, że osad ten nie mieści się zupełnie w granicach pól genetycznych piasków fluwioglacjalnych. Można na tej podstawie sądzić, że mamy tu do czynienia z fluwioglacjałem na wtórnym złożu.

Tabela 3

Skład chemiczny wapieni i margli w Rejowcu (w % wag.)

Miejsce pobrania próbki	CO ₂	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	CaCO ₃
0,6 m od granicy kieszeni	36,37	14,74	5,63	43,26	77,25
0,1 m poniżej granicy kieszeni	38,95	10,30	3,35	47,40	84,64
głębokość 6,0 m	34,98	18,23	5,69	41,10	73,39
głębokość 6,0 m	36,18	15,77	5,36	42,69	76,23

Formy trzeciej generacji łączą się niekiedy z głębiej występującymi jamami, które zaliczono do drugiej generacji. Są to z reguły drobne kieszenie otwarte ku górze, również wypełnione „fluwioglacjalnym piaskiem”. Ale osad ten — w przeciwieństwie do wyżej opisanego — nosi ślady znacznego przemodelowania eolicznego. Wskazuje na to duża ilość ziarn obtoczonych i matowych, dobre wysortowanie (So poniżej 2,0). Oprócz tego w utworze tym jest znikoma ilość żwirów, a średnica największych z nich nie przekracza 5 mm. Dowodzi to między innymi słabej działalności wody płynącej w okresie akumulacji piasku. W niektórych większych formach w dolnej części występuje piasek ze żwirem, który ku górze przechodzi stopniowo w utwór noszący ślady coraz większej przeróbki eolicznej, czyli między formami drugiej i trzeciej generacji istnieje powiązanie, przejście (oczywiście nie odnosi się to do wszystkich form). A więc między okresami rozwoju obu tych generacji istniała jakaś faza zastoju, osłabienia procesów kształtujących te formy.

Strop przewianych piasków wypełniających najmłodsze kieszenie jest ścięty erozyjnie, wraz z górną częścią skał kredowych, z których stok jest zbudowany. Na tej powierzchni erozyjnej leżą twory deluwialne piaszczysto-pylaste; na nich dopiero wytworzyła się gleba. Głębokość degradacji stoku wzrasta w kierunku doliny Rejowca (ku południowi), tak że formy kieszeniowe znajdujące się w dolnej części stoku mają zniszczony mniejszy lub większy fragment stropowy, ewentualnie uległy całkowitej degradacji (tabl. I, fig. 3). Wynika z tego, że powierzchnia, na której rozwijały się opisywane formy, miała przed degradacją o wiele mniejsze nachylenie przynajmniej w części dolnej.

Miejscami na ostrogach międzykieszeniowych w dolnej części przeziernego piasku pojawia się cienka warstewka osadu gliniastego barwy rdzawobrazowej. Wkracza ona, zwłaszcza na przegubach kieszeni, na rezydualny il opisany już wyżej. Obydwa te utwory różnią się od siebie wyraźnie uziarnieniem (tab. 1). Najlepiej ilustruje tę różnicę figura 2. Krzywa rozsiewu dla iłu (a) ma kształt wypukły, uważany za typowy dla osadów wietrzeniowych, natomiast krzywa dla rdzawej gliny (b) jest wklęsła, z załamaniami charakterystycznymi dla osadów polodowcowych (R. Racinowski, J. Rzechowski, 1960). Warstewka gliny przechodzi stopniowo ku górze w piasek, czyli jest ona po prostu poziomem wzbogacenia w najdrobniejsze cząstki wymyte z wyżej leżącego piasku. Poza tym i w glinie, i w piasku znajdują się drobne ziarna żwiru o analogicznym składzie petrograficznym (skały krystaliczne, piaskowce sarmackie i krzemienie). W świetle powyższego zrozumiała jest niezwykła zbieżność charakteru obróbki ziarn skalnych w piasku i w glinie (tab. 2) we frakcji 1,0÷0,5 mm. Są to po prostu ziarna tego samego osadu. Gлина zawiera jednak aż 17% tlenków i wodorotlenków żelaza, a więc obok wzbogacenia w cząstki ilaste i pylaste odbywało się tu wzbogacenie w związki żelaza.

Pionowy zasięg kieszeni i jam wiąże się z profilem wietrzeniowym margli i wapieni. Można w nim wydzielić dwie części: górną, o miąższości maksymalnej 5,0 m i dolną, przechodzącą stopniowo w podłoże skalne. Opisywane formy występują w górnej części strefy wietrzeniowej. Jedyne zaobserwowany wyjątek stanowi poszerzona szczelina o rozmiarach 0,5 m × 1,5 m (tabl. II, fig. 6), pojawiająca się aż na głębokości 3,8 m od powierzchni, poniżej granicy obu części strefy wietrzeniowej. Wyższa część strefy wietrzeniowej składa się z drobnych okruchów wapienia ilastego przemieszanych z materiałem ilastym; oddziela się ona wyraźnie od dolnej części, złożonej z grubych ciałomów i bloków skalnych. Granica między częściami zwietrzliny jest jednocześnie granicą litologiczną, oddzielającą wyżej leżące wapienie ilaste (zawartość CaCO₃ około 85%) od warstwy margli zawierających tylko 73÷76% węgla wapnia, ale wyróżniających się zwiększoną zawartością krzemionki. Dopiero pod nimi występują margle właściwe miękkie, łatwo lasujące się. Kontrast między ławicą twardych margli, a wyżej leżącymi wapieniami dobrze widać na figurach 3—6 (tabl. I i II).

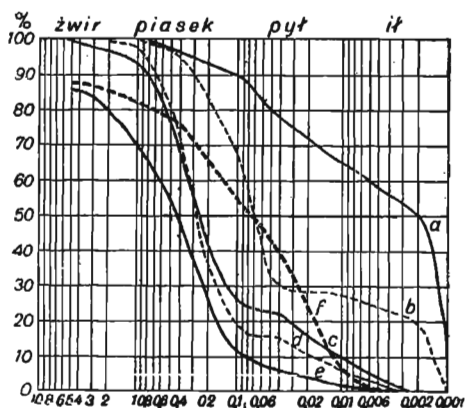


Fig. 2. Krzywe uziarnienia utworów czwartorzędowych z Rejowca
Granulation curves of Quaternary deposits from Rejowiec

a — il rezydualny; b — glina rdzawa z ostrogi międzykieszeniowej; c, d — piasek fluwioglacialny przewiany; e — piasek fluwioglacialny na wtórnym złożu; f — mułek soliflukcyjny
a — residual clay; b — rust-coloured clay from an interpocket spur; c, d — air-sifted fluvioglacial sand; e — reworked fluvioglacial sand; f — silt-fluxion silt

Okruchy wapienia znajdujące się w bezpośrednim sąsiedztwie ścian kieszeni są pozbawione krawędzi. Nasuwa to przypuszczenie, że podlegały one jakiemś przemieszczeniu. Tymczasem w profilu całej strefy wietrzeniowej w Rejowcu nie ma śladów przemieszczenia gruzu wapiennego. Natomiast zanotować można stopniowe zmniejszanie się ilości okruchów o zniszczonych krawędziach wraz z oddalaniem się od kieszeni. Zniszczenie krawędzi należy więc złożyć raczej na karb rozpuszczania wapieni, które atakuje zwykle najpierw naroża i krawędzie.

Wspomniana wyżej duża zawartość węglanu wapnia w stropowej części skał kredowych stwarza potencjalne możliwości dla rozwoju zjawisk krasowych. Rozmieszczenie kieszeni i jam świadczy, że te możliwości zostały wykorzystane. Wszystkie bez mała formy grupują się w ławicy wapienia ilastego. Brak ich w warstwie twardych margli, pojawiają się zaś ponownie (ale rzadko) w marglach, zawierających jeszcze ponad 70% CaCO_3 . Wynika z tego, że nawet kilkunastoprocentowa domieszka części ilastych nie przerywa zupełnie krasowienia skały, natomiast nie sprzyja rozpuszczaniu wapieni duża zawartość krzemionki³. Czynnikiem znacznie potęgującym rozpuszczanie, a nawet czasem je warunkującym jest szczelinowatość skały. Od rodzaju i gęstości szczelin zależy penetracja wód w głąb skał (J. Kunský, 1956; A. Malicki, 1938; D. S. Sokołow, 1951). Silne spękanie stropu skał kredowych Wyżyny Lubelskiej, zwłaszcza margli, jest faktem powszechnie znanym (A. Jahn, 1947, 1956; J. E. Mojski, 1955; J. Morawski, 1960; M. Turnau-Morawska, 1954; T. Wilgat, 1950, 1954). O powiązaniu opisywanych kieszeni ze spękaniami margli rejowieckich świadczy zgodność kierunków tych spękań z kierunkami osi dłuższej form. Szczeliny te, miejscami szerokości 2÷3 cm, były głównymi ośrodkami rozpuszczania skały przez szybko spływające wody. Szybki ruch wody w szczelinach wyraźnie przyspiesza ługowanie CaCO_3 , skała jest bowiem stale wystawiona na działanie świeżej wody, stale zawierającej dużą ilość nie zużytego jeszcze, agresywnego CO_2 . Oczywiście penetracja wód w głąb skały jest znacznie ułatwiona przez istnienie gęstej sieci szczelin krasowianych. Na głębokości 4,0 m od powierzchni długość tych szczelin wynosi przeciętnie 50,0 m/m² (w skrajnym przypadku 48,3÷82,4 m/m²).

Zresztą nie tylko możliwości potencjalne przemawiają za przyjęciem krasowej genezy opisywanych form. Bezpośrednim dowodem jest występowanie brekcji wapiennej pod dolną granicą kieszeni. Brekcja ta jest luźno spojona mączkowatym węglanem wapnia, wyługowanym z wyżej znajdującej się formy. Nad brekcją, w dolnej części kieszeni krasowej, występuje mozaika złożona z brył częściowo już skrasowiałego wapienia, tkwiących w ile — rezydium po rozpuszczeniu innych fragmentów skały (tabl. II, fig. 5).

Za krasowym pochodzeniem opisanych form przemawiają więc następujące fakty:

- 1) skład chemiczny skał (duża zawartość CaCO_3);
- 2) obfitość szczelin wśród wapieni i margli, zwłaszcza w części stropowej;
- 3) kształt form, zróżnicowanie rozmiarów;

³ Podobny pogląd wyraża m.in. D. S. Sokołow (1951).

4) rozmieszczenie form w powiązaniu z rodzajem skały i sytuacją głównych szczelin;

5) występowanie brekcji wapiennej pod kieszeniami;

6) istnienie wokół form ilastej „kory“ stanowiącej rezyduum po rozpuszczeniu wapieni i margli.

Zaobserwowane fakty trudne są do wytłumaczenia przy przyjęciu zmarzlinowej genezy opisanych form. Przede wszystkim cechą charakterystyczną klinów zmarzlinowych jest ich regularność (A. Jahn, 1951; G. Johnsson, 1959). Tak duże zróżnicowanie kształtu i wymiarów kieszeni w Rejowcu jest możliwe do wyjaśnienia tylko przy uwzględnieniu selektywnego przebiegu procesu rozpuszczania skały, tym bardziej że obok kieszeni i w powiązaniu z nimi występują w Rejowcu także zamknięte jamy i szczeliny. Także wobec stwierdzenia nienaruszonego profilu wietrzeniowego skał kredowych nie można opisywanych form zaliczyć do grupy zaburzeń typu inwolucji, zaobserwowanych przez J. E. Mojskiego (1957) w okolicy Piasków Luterskich. Poza tym kliny zmarzlinowe łączą się w swej górnej części, tworząc sieć gleb poligonalnych (A. Jahn, 1951). Tymczasem w Rejowcu kieszenie mają połączenia tylko w dolnej części, co również jest charakterystyczne dla form krasowych. Materiał wypełniający kieszenie i jamy nie wykazuje śladów segregacji mrozowej. Zmarzlinową genezę tych form trzeba więc odrzucić.

Bardziej prawdopodobna jest natomiast hipoteza H. Maruszczaka (1960a,b). Uważa on te formy, a raczej formy występujące w pobliżu, za ewentualny przykład nakładania się wietrzenia tundrowego na formy krasowe. Z przedstawionych faktów wynika raczej, że proces krasowienia odegrał główną rolę w wytworzeniu form i nadaniu im obecnego wyglądu, a warunki związane z panowaniem tundry plamistej stanowiłyby mniej ważny epizod w ich rozwoju.

Jeżeli rzeczywiście środowisko tundry plamistej istniało podczas kształtowania się opisanych form, to wpływ jego wyraził się raczej w rozpuszczaniu stropu skał wapiennych. Brak bowiem dowodów na przemieszczanie materiału wietrzeniowego, wywoływane zwykle zamrażaniem i odmarzaniem. Powstaje tu pytanie, czy w obszarach tundry istnieje ilość wody agresywnej wystarczająca do rozpuszczania wapieni. Obserwacje J. Corbela (1957) pozwalają odpowiedzieć twierdząco. Niskie temperatury panujące w strefie tundry warunkują dużą zawartość w wodach wolnego CO₂, co stanowi o ich agresywności. Poza tym roślinność tundrowa może dostarczyć kwasów humusowych, które odgrywają bardzo ważną rolę przy rozpuszczaniu skał. Sezonowe odmarzanie stwarza możliwość powstania ruchu wody w warstwie nad zmarzliną, a więc mogą tu odbywać się procesy ługowania.

H. Maruszczak (1960a,b) łączy proces biellicowania z tworzeniem się form kieszeniowych, przytaczając na dowód występowanie wyraźnego pozicmu iluwialnego (na obrzeżeniu form), zawierającego koncentrację związków żelaza. W Rejowcu taki poziom iluwialny (warstewka rdzawej gliny w spągu przewianych piasków) występuje prawie wyłącznie na ostrogach międzykieszeniowych. Oprócz tego profil glebowy wydaje się młodszy od samej formy. Może o tym świadczyć fakt, że warstewki orsztynu układają się w kieszeniach poziomo, a nie równoległe do ich

granicy, co powinno mieć miejsce przy synchronizacji procesu bielico-
wania i tworzenia samej formy. Tak więc proces glebotwórczy zaczął
się już po ukształtowaniu przynajmniej głównych zarysów form.

ZARYS ROZWOJU FORM

Zebrane spostrzeżenia pozwalają ustalić następującą kolejność zda-
rzeń (poczynając od najstarszych):

- 1) wietrzeniowe spękanie stropu skał kredowych, nakładające się na starszą sieć spękań tektonicznych;
- 2) utworzenie się zagłębień krasowych najstarszej generacji;
- 3) akumulacja mułku soliflukcyjnego;
- 4) utworzenie się jam i zagłębień krasowych drugiej generacji;
- 5) sedymentacja piasków fluwioglacjalnych (ze żwirami) na wtór-
nym złożu;
- 6) dalszy ciąg sedymentacji wymienionej w punkcie 5, połączony
z zanikaniem działalności spłukiwania powierzchniowego, przy równo-
czesnym wzmaganiu się roli wiatru;
- 7) powstanie najmłodszych form kieszeniowych;
- 8) degradacja stoku;
- 9) osadzenie piaszczysto-pylastej pokrywy deluwialnej;
- 10) wykształcenie bielicowego profilu glebowego.

Powszechnie przyjmuje się, że bielice są typowymi glebami strefy
zwartych lasów klimatu umiarkowanego. Jest rzeczą bardzo prawdo-
podobną, że pokrywa leśna istniała na Wyżynie Lubelskiej już w alle-
rödzie. Tak więc proces bielicowania mógł być zapoczątkowany już
u schyłku plejstocenu. Gleba wykształciła się na utworach deluwialnych
piaszczysto-pylastych. Takie pokrywy deluwialne są datowane na schył-
łek ostatniego glacjału (A. Jahn, 1956; J. E. Mojski, 1957). Przyjęcie
tego poglądu ogranicza czas tworzenia się gleby do postglacjału. Jak
wspomniano poprzednio, utwory deluwialne spoczywają na powierzchni
degradacyjnej, ścinającej m.in. także najmłodsze formy kieszeniowe.
Z powyższego wynika, że formy te powstały raczej przed allerödem.
A. Jahn (1956) i J. E. Mojski (1957) wiążą bowiem z tym okresem fazę
erozji, która jest prawdopodobnie odpowiedzialna za degradację stoku.

Dolną granicę okresu tworzenia się form najmłodszych wyznacza
akumulacja piasków, wypełniających jamy i kieszenie drugiej i trzeciej
generacji. W profilu pionowym tych piasków zaznacza się narastanie
działalności eolicznej, której maksimum przypada na koniec okresu aku-
mulacji. Najlogiczniej byłoby wiązać ten okres z fazą największego roz-
woju lądolodu (A. Jahn, 1956), wtedy bowiem wiatr posiada największe
znaczenie morfogenetyczne.

Tak więc utworzenie najmłodszych kieszeni nastąpiłoby między alle-
rödem a okresem maksymalnego rozwoju lądolodu. Powstanie jam
i szczelin drugiej generacji należałoby więc wiązać z jakimś okresem
wilgotniejszym — z okresem pewnego ożywienia procesów erozji. Wa-
runki sprzyjające tworzeniu kanałów schodzących do głębokości kilku
metrów mogły istnieć tylko przy braku wiecznej zmarzłoci, a więc
w jakimś okresie cieplejszym. Takim cieplejszym i wilgotnym okresem
był prawdopodobnie jakiś interstadią. Kontynuując wyżej nakreśloną
kolejność trzeba by przyjąć, że był to interstadią poprzedzający maksy-

malne rozprzestrzenienie lodolodu bałtyckiego. O tym, że nie mógł to być okres interglacjalny, a raczej interstadiał i to chłodny, mówią rozmiary form drugiej generacji. Wody, które wyłobily tak głęboko schodzące jamy i kanały, musiały być zimne⁴. Tylko działalnością zimnych, agresywnych wód można wytłumaczyć powstanie takich form i osadzenie tak dużych ilości iltu rezydualnego (są formy wypełnione samym iltom — fig. 1b).

Najstarsza generacja form krasowych wypełniona jest mułkiem, który określono jako osad soliflukcyjny, złożony prawdopodobnie w warunkach peryglacjalnych. Ponieważ od dołu ku stropowi mułków zaznacza się zwiększanie ilości okruchów kredowych, więc akumulacja tego utworu odbywała się w warunkach narastania działalności mrozu, czyli podczas transgresji lodolodu, narastania zlodowacenia.

Pozostaje jeszcze do sprecyzowania czas tworzenia się najstarszych zagłębień krasowych. Niewątpliwie istniały one już przed akumulacją mułków soliflukcyjnych. Między uformowaniem tych zagłębień a akumulacją mułków nie mogła jednak istnieć dłuższa przerwa czasowa, bo zagłębienia te nie zawierają żadnych innych osadów. Przy istnieniu dłuższej przerwy między utworzeniem tych form a akumulacją mułków powinny osadzić się jeszcze inne utwory skalne. Trudno tu więc przypuszczać, że najstarsze formy krasowe powstały przed lub w czasie zlodowacenia środkowopolskiego. Wypełnione zostałyby wówczas glinami zwałowymi czy materiałem fluwioglacjalnym *in situ*. Przy braku takich osadów wewnątrz jam krasowych trzeba założyć, że uformowały się one po zlodowaceniu środkowopolskim. Wywody te skłaniają do przyjęcia hipotezy, że okres formowania się tych najstarszych zagłębień krasowych przypada na schyłek ostatniego interglacjalu, wtedy bowiem trwała faza silnej erozji (A. Jahn, 1956).

Krótki przegląd rozwoju form krasowych pozwala wnosić, że natężenie procesu rozpuszczania skał kredowych zmieniało się z biegiem czasu. Wykładnikiem natężenia tych procesów jest w pewnym sensie wielkość form. Jeśli takie ujęcie jest słuszne, to można stwierdzić, że natężenie procesów krasowych zmniejszało się z upływem czasu: w okresie tworzenia najstarszych zagłębień rozpuszczanie wapieni zachodziło najgwałtowniej. Podczas kształtowania jam drugiej generacji nasilenie procesu było już mniejsze, a drobne kieszenie najmłodsze wskazują na nikły rozwój pionowy procesów krasowych.

WNIOSKI

Szczegółowa analiza form kieszeniowych i szczelinowych występujących w stropie skał kredowych w kamieniołomie rejowieckim oraz badania materiału wypełniającego te formy pozwala wysnuć następujące wnioski:

⁴ Wody zimne zawierają kilkakrotnie więcej dwutlenku węgla niż wody w klimacie umiarkowanym (J. Corbel, 1957; M. Klimaszewski, 1958; E. A. Krotowa, 1957; D. S. Sokolow, 1951; J. E. Williams, 1949). Na przykład J. E. Williams (1949) podaje, że w temperaturze 0°C do nasycenia 100 g wody potrzeba 0,3346 mg CO₂, natomiast w temperaturze 20°C — tylko 0,1449 mg. Na znaczenie procesu denudacji chemicznej w warunkach peryglacjalnych zwraca uwagę ostatnio J. Corbel. Wymienia on na przykład, że na Spitzbergenie denudacja chemiczna jest kilkakrotnie większa niż denudacja mechaniczna.

1. Wszystkie formy powstały w wyniku działania procesów krasowych w wapieniach ilastych i marglach. Wśród tych form można wydzielić trzy generacje:

a) najstarsze zagłębienia i leje krasowe wypełnione głównie mułkiem soliflukcyjnym wytworzone zostały prawdopodobnie u schyłku ostatniego interglacjału;

b) formy drugiej generacji — przeważnie zamknięte jamy i szczeliny — wypełnione są piaskiem fluwioglacjalnym leżącym na wtórnym złożu; piasek ten nosi ślady słabej przeróbki eolicznej; powstanie tych form odnieść można do schyłkowej fazy pierwszego stadiau zlodowacenia bałtyckiego;

c) najmłodsze i najmniejsze kieszenie krasowe wypełnione są wyraźnie zeolizowanym piaskiem fluwioglacjalnym i utworzyły się już po akumulacji tego piasku — prawdopodobnie w starszym dryasie.

2. Rozmieszczenie form krasowych wskazuje na zależność od litologicznego zróżnicowania skał kredowych oraz na powiązanie z kierunkami głównych spękań podłoża kredowego.

3. Nasilenie rozwoju zjawisk krasowych wiązało się głównie z okresami panowania zimnego lub chłodnego klimatu, kiedy to w środowisku geograficznym znajdowały się duże ilości zimnych, agresywnych wód.

Na zakończenie miło mi jest podziękować Prof. dr C. Pachuckiemu za życzliwy stosunek do pracy i umożliwienie wykonania analiz chemicznych oraz Koledze Mgr R. Racinowskiemu za szereg cennych uwag i pomoc przy wykonywaniu analiz.

Zakład Geologii Ogólnej UMCS
Nadesłano dnia 25 marca 1961 r.

PIŚMIENNICTWO

- ALEXANDROWICZ S. (1958) — Struktury peryglacjalne na wapieniach triasowych okolicy Tarnowskich Gór i Mierzęcic. Biul. perygl., 6, p. 117—125. Łódź.
- CORBEL J. (1957) — Les karsts du Nord-Ouest de L'Europe et de quelques régions de comparaison. Rev. géogr., Memoires et documents, 12. Lyon.
- CZERMIŃSKI J. (1960) — Kierunkowość form krasowych w dewonie w okolicy Kowali (Góry Świętokrzyskie). Kwart. geol., 4, p. 263—266, nr 1. Warszawa.
- GILEWSKA S. (1960) — Przyczynek do poznania rozwoju krasu w środkowo-triasowym dolomicie kruszczończym na Górnym Śląsku. Prz. geogr., 32, p. 97—110, nr 1—2. Warszawa.
- HORNIG A. (1958) — Z zagadnień krasu w Górnośląskim triasie. Czas. geogr., 27, p. 327—344, nr 4. Warszawa—Wrocław.
- JAHN A. (1947) — Teren krasowy Siemienia w powiecie radzyńskim (Podlasie). Czas. geogr., 17, p. 226—229. Wrocław.
- JAHN A. (1951) — Zjawiska krioturbacyjne współczesnej i plejstocenijskiej strefy peryglacjalnej. Acta geol. pol., 2, p. 159—290. Warszawa.
- JAHN A. (1956) — Wyżyna Lubelska. Rzeźba i czwartorzęd. Pr. geogr. Inst. Geogr. PAN, nr 7. Warszawa.

- JOHNSON G. (1959) — True and false ice-wedges in Southern Sweden. Geogr. Ann. 41, p. 15—33, nr 1. Stockholm.
- KLIMASZEWSKI M. (1958) — Nowe poglądy na rozwój rzeźby krasowej. Prz. geogr., 30, p. 421—434, nr 3. Warszawa.
- КРОТОВА Е. А. (1957) — Определение возраста коррозионных карстовых воронок по растворимости. Уч. Зап. Мол. Гос. Ун., 11, стр. 27—32.
- KUNSKÝ J. (1956) — Zjawiska krasowe. P.W.N. Warszawa.
- MALICKI A. (1938) — Kras gipsowy Podola Pokuckiego. Pr. geogr., 18, p. 3—48. Lwów.
- MALICKI A. (1949) — Kilka przyczynków do poznania warunków i procesów tworzenia się wertebów w krasie dynarskim. Czas. geogr., 20, p. 245—259. Wrocław.
- MARUSZCZAK H. (1960a) — Peryglacialne utwory pokrywowe na obszarze Wzgórz Szeskich. Biul. perygl., 7, p. 19—33. Łódź.
- MARUSZCZAK H. (1960b) — Utwory pokrywowe plejstocenińskiej tundry plamistej na obszarze Polski północnej i środkowej. Ann. UMCS, [B], 14, p. 315—342. Lublin.
- MOJSKI J. E. (1955) — Mapa geomorfologiczna arkusza Rejowiec 1:100 000 (rękopis). Arch. Inst. Geol.
- MOJSKI J. E. (1957) — Struktury krioturbacyjne i utwory pokrywowe w okolicy Piasków Luterskich. Biul. Inst. Geol., 118, p. 419—487. Warszawa.
- MORAWSKI J. (1959) — Z zagadnień sedymentacji i rzeźby trzeciorzędu środkowej i północnej Lubelszczyzny. Ann. UMCS, [B], 12, p. 67—135. Lublin.
- MORAWSKI J. (1960) — Spostrzeżenia nad stropem kredy lubelskiej. Ann. UMCS, [B], 14, p. 283—310. Lublin.
- RACINOWSKI R., RZECHOWSKI J. (1969) — Z badań nad granulometrią osadów plejstocenijskich w okolicy Chełma Lubelskiego. Ann. UMCS, [B], 14, p. 207—270. Lublin.
- SADŁOWSKA A., JERSAK J. (1954) — Struktury peryglacialne w opoce kredowej w Mogilnie. Biul. perygl., 1, p. 82—89. Łódź.
- СОКОЛОВ Д. С. (1951) — Основные условия развития карста. Бюл. Моск. Общ. Исп. Прир., отд. геол., 26, стр. 25—49. Москва.
- TURNAU-MORAWSKA M. (1954) — Petrografia skał osadowych. Wyd. Geol. Warszawa.
- WILGAT T. (1950) — Kras okolic Cysowa. Ann. UMCS, [B], 4, p. 229—252. Lublin.
- WILGAT T. (1954) — Jeziora Łęczyńsko-Włodawskie. Ann. UMCS, [B], 8, p. 37—113. Lublin.
- WILLIAMS J. E. (1949) — Chemical weathering at low temperatures. Geogr. Rev., 39, p. 129—135. New York.

Яв ЖЕХОВСКИ

ИСКОПАЕМЫЕ КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ ИЗ КАМЕНИОЛОМНИ В РЕЙОВЦЕ

Резюме

Автором исследуются формы в виде карманов и трещин появляющиеся в кровле меловых пород (известняки и мергели) в камienioломне в Рейовце, восточнее Люблина. Все эти формы заполнены четвертичными осадками.

Детальное изучение форм проведенное в 1958—1960 годах а также гранулометрический и минералогический анализ материала заполняющего эти формы доказывают, что они возникли в результате карстовых процессов. Высокая карбонатность меловых пород из Райовца (табл. 3) и их обильная трещиноватость обуславливают потенциальные возможности для развития карстовых явлений. Размещение форм совохупно с литологией и расположением главных трещин доказывает, что эти возможности были использованы. Карстовое происхождение форм подтверждается резкой дифференциацией форм и размеров, а также группировкой форм в сеть подземных каналов и трещин. Доказательством карстового происхождения карманов и ям является также залегание под карманами известняковой брекчи, сцементированной углекислым кальцием вымытым из вышезалегающих образований, а также наличие глинистых остаточных пород образовавшихся после растворения мергелей и известняков; эти остаточные породы заполняют наружные части форм.

Среди исследованных форм можно выделить три генерации. Самые старшие углубления и карстовые воронки (табл. II, фиг. 5), заполненные главным образом солифлюкционным алевритом, образовались вероятно в конце последнего межледниковия. Формы второй генерации, преимущественно замкнутые ямы и трещины, наполнены флювиогляциальным песком вторично переотложенным. Возникновение этих форм можно приурочить к концу первой стадии балтийского оледенения. Самые младшие и наименьшие карстовые карманы, заполненные переотложенными ветром флювиогляциальными песками, возникли уже после аккумуляции этого песка, вероятно уже в старшем дриасе.

Развитие карстовых явлений связано главным образом с периодами холодного или прохладного и влажного климата, когда среда обладала большим количеством холодных агрессивных вод.

Jan RZECHOWSKI

FOSSIL KARST FORMS FROM REJOWIEC QUARRY

Summary

The object of the author's investigations were the pocket and fissure forms occurring in the top part of Cretaceous rocks (limestones and marls) of the Rejowiec quarry near Lublin. All these forms are filled with Quaternary deposits.

Detailed examinations of these forms carried out in 1958—1960, as well as granulometric and mineralogical investigations of the material filling the above forms revealed them to be produced by karst processes. The high carbonate content of the Cretaceous sediments at Rejowiec (Table 3) and their abundant fissures created conditions favourable to producing karst features. The distribution of these forms, corroborated by the lithology and the trend of the main fissures, seems to indicate that these favourable conditions have actually led to karst processes. Moreover, a karst origin of these forms is also implied by the clearly noticeable differentiation of their shapes and dimensions as well as their joining into a system of underground channels and fissures. Further proof of the karst origin of the

pockets and caves is the occurrence, underneath the pockets, of calcareous breccias cemented by calcium carbonate that has been washed out from superimposed rocks, and the occurrence of a clayey residuum after dissolution of limestones and marls; this residuum fills the outer fragments of the discussed forms.

Among the examined forms three generations may be distinguished. The oldest depressions and karst sinks (Plate II, Fig. 5), mainly filled with solifluxion silt, were probably formed at the decline of the last Interglacial. The forms of the second generation, mainly closed caves and fissures, are filled with reworked fluvioglacial sands; their formation may be ascribed to the final phase of the first stage of the Baltic Glaciation. The youngest and smallest karst pockets are distinctly filled with a zeolitized fluvioglacial sand reworked by wind; they were formed after accumulation of this sand, presumably during the Older Dryas.

The greatest intensity in the development of karst forms is mainly connected with periods of a cold or cool and humid climate featured by an abundance of cool aggressive waters.

TABLICA I

Fig. 3. Północno-wschodnia część ściany kamieniołomu w Rejowcu; z lewej strony widoczne wyraźne ścienie pokrywy wietrzeniowej
Southeastern part of quarry wall at Rejowiec; the cutting off of the waste cover is clearly visible on left hand side

Fig. 4. Fragment północnej ściany kamieniołomu; zdjęcie wykonano w marcu 1960 r.
Fragment of northern quarry wall; picture taken in March 1960

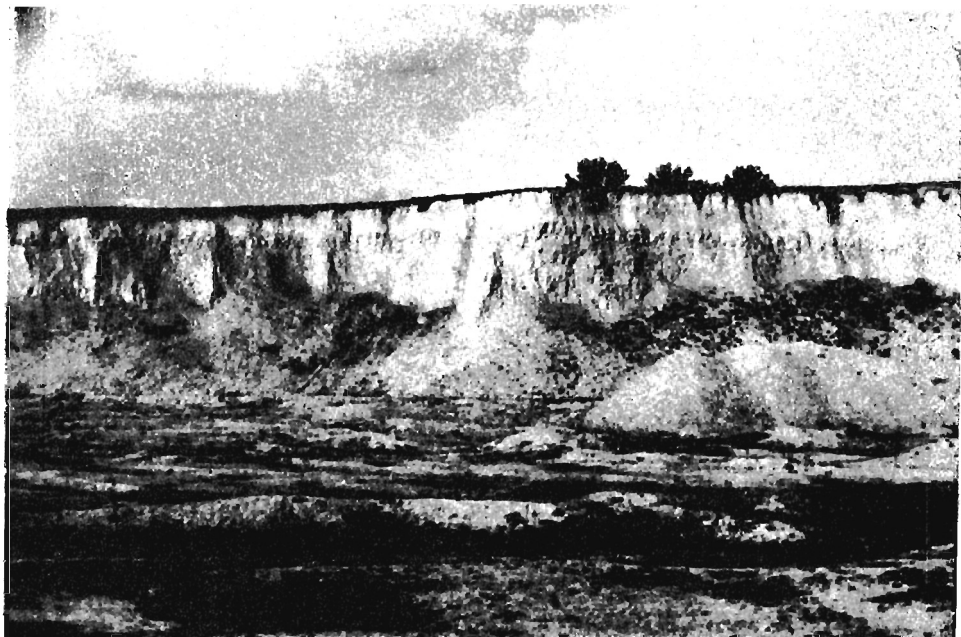


Fig. 3

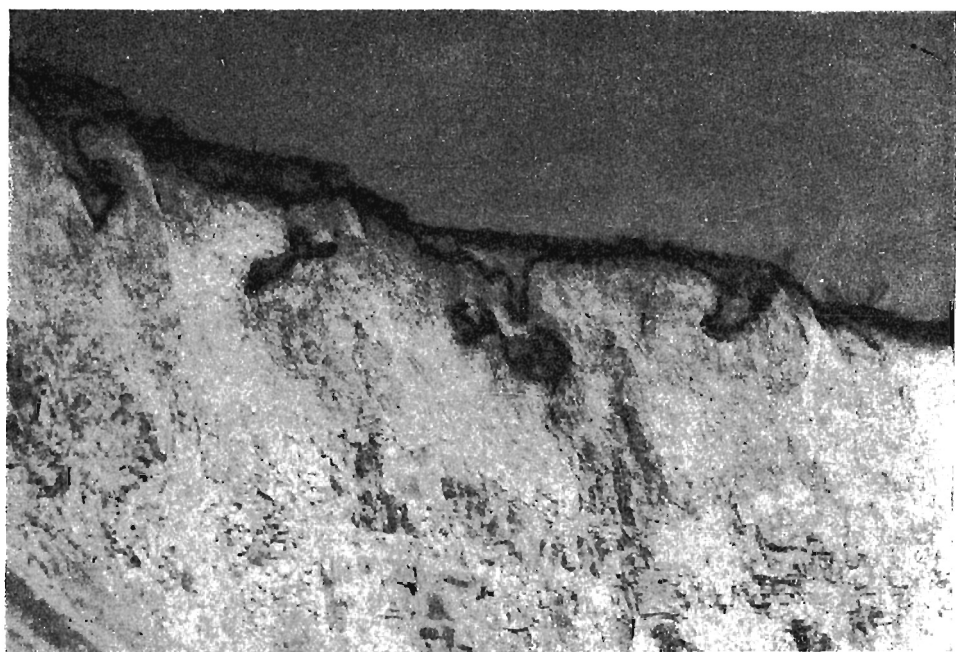


Fig. 4

TABLICA II

Fig. 5. Forma krasowa najstarszej generacji
Karst form of oldest generation

a — poziom humusowy; b — piasek przewiany (w kieszeni najmłodszej generacji); c — poziom iluwialny; d — mułek soliflukcyjny; e — il rezydualny; f — częściowo skrasowiałe kry wapienia; g — wychodnia warstwy twardszych margli

a — humus horizon; b — wind-sifted sand (in pocket of youngest generation); c — illuvial horizon; d — solifluxion silt; e — residual clay; f — partly karsted limestone bloc; g — outcrop of bank of harder marls

Fig. 6. Przekrój poprzeczny przez jamę krasową drugiej generacji
Section across second generation karst cave

a — wychodnia warstwy bardziej odpornych margli; b — wapień ilasty; c — piasek fluwioglacjalny na wtórnym złożu; d — il rezydualny

a — outcrops of bank of more resistant marls; b — clayey limestone; c — reworked fluvioglacial sand; d — residual clay



Fig. 5

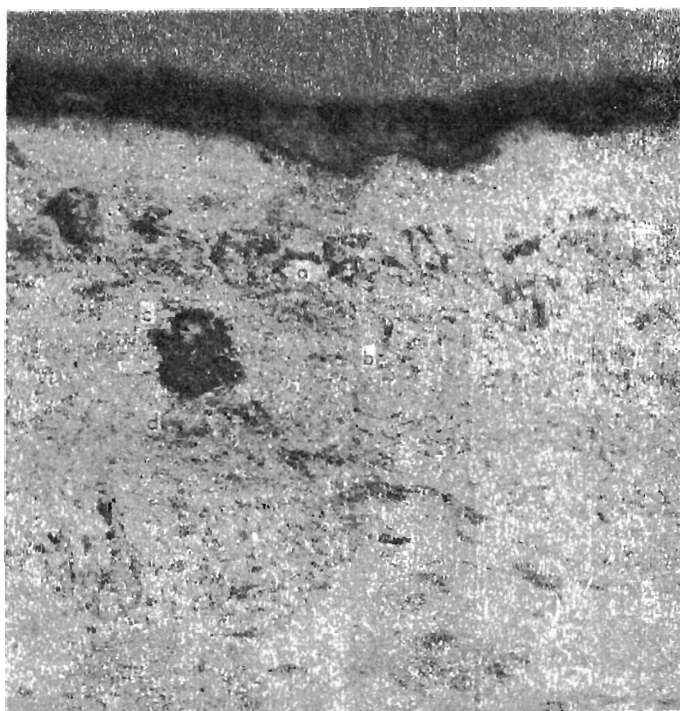


Fig. 6

Jan RZECZOWSKI — Kopalne formy krasowe z kamieniołomu w Rejowcu