

LITOLOGIA I SEDYMENTACJA MARGLI ŁĄCKICH WSCHODNIEJ CZĘŚCI PŁASZCZOWINY MAGURSKIEJ (KARPATY FLISZOWE)

Jan Bromowicz & Katarzyna Górniak

Instytut Geologii i Surowców Mineralnych AGH, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Bromowicz, J. & Górniak, K., 1988. Litologia i sedymentacja margli łąckich wschodniej części płaszczowiny magurskiej (Karpaty fliszowe). Lithology and sedimentation of the Łącko Marls in the eastern part of the Magura nappe, Flysch Carpathians, Poland. (In Polish, English summary). *Ann. Soc. Geol. Polon.*, 58: 385-421

Abstract: Structural and textural features of the Lower and Middle Eocene Łącko Marls intercalated with the flysch of the Magura Nappe indicate that they were resedimented from the shallow margin of the South-Magura cordillera. The mineralogical and petrographical composition of the marls and accompanying rocks suggests that highly calcareous muds and sands were present in the source area, and these were inhabited by siliceous sponges. The occurrence of smectite between the clay minerals of the muds is related to volcanic ash. Submarine slumps preceded the redeposition of the muds with sponge spicules and smectite that gave rise to the Łącko-Marls. The slumps descended from the southern slope of the basin, transversally to the longitudinal westward transport of the material of sandstones and shales. The Łącko Marls were deposited in a narrow belt corresponding to the axial part of the basin.

Key words: flysch, source areas, petrography, marls, Outer Carpathians, Poland.

Manuscript received January 1987, accepted September 1987

Abstract: Cechy strukturalne i teksturalne margli łąckich wskazują, że powstały one w wyniku redepozycji osadów z płytkiego obrzeżenia kordyliery południowo-magurskiej. Skład mineralogiczno-petrograficzny margli i skał im towarzyszących sugeruje obecność w strefie źródłowej silnie wapnistych mułów i piasków, na których żyły gąbki krzemionkowe. Występowanie smektytu wśród minerałów ilastych mułów związane jest z pyłami wulkanicznymi. Redepozycja mułów z igłami gąbek i smektytem, z których powstały margle łąckie, poprzedzona była podmorskimi osuwiskami. Schodziły one z południowego skłonu basenu, prostopadle do transportowanego od wschodu materiału fliszu piaszczysto-lupkowego. Margle łąckie osadzały się w wąskim pasie odpowiadającym osiowej części zbiornika.

WSTĘP

Obecność wydzielonych przez Uhliga (1888) łupków z Łącka, później nazwanych marglami była podstawą do wydzielenia przez J. Nowaka (1924) strefy facjalnej w obrębie utworów paleogeńskich płaszczowiny magurskiej. Strefa ta, znana najczęściej jako sądecka lub bystrzycka (Węclawik, 1969b), szerokości około 10 km pojawia się na obszarze Polski na wschód od Krynicy

i ciągnie się poprzez Stary Sącz, Łącko, Rabkę, Jordanów aż po tereny na południe od Węgierskiej Górki, gdzie ponownie przechodzi na obszar Czechosłowacji (Fig. 1). Margle w tej strefie pojawiają się w dolnym eocenie i rozwijają się głównie w środkowym eocenie. Profile równowiekowych osadów sąsiednich stref facjalnych nie zawierają margli lub też zawierają je zupełnie sporadycznie.

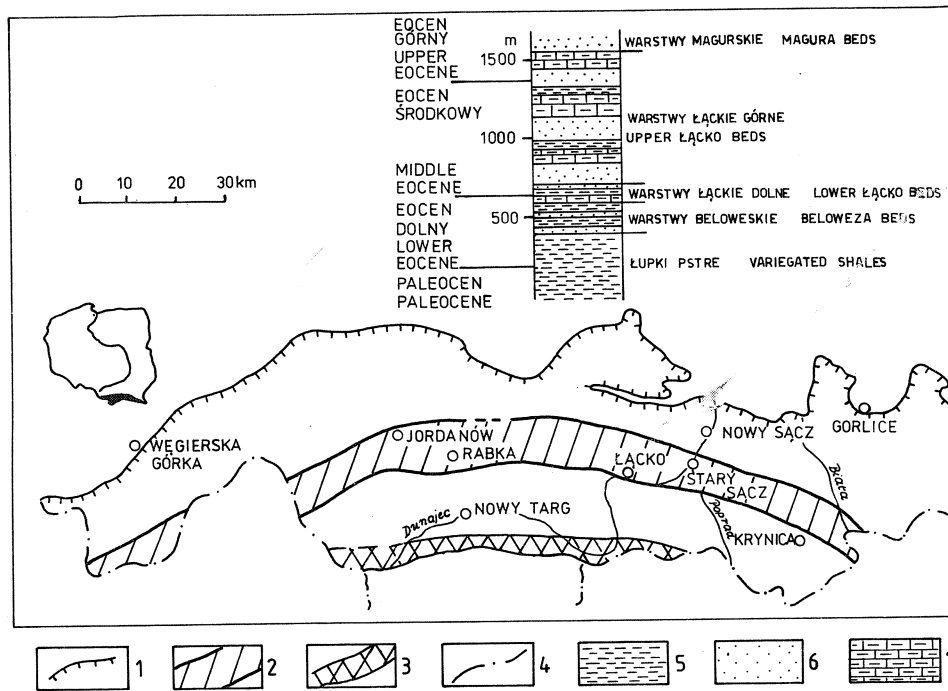


Fig. 1. Położenie sądeckiej strefy facjalnej w płaszczynie magurskiej i jej syntetyczny profil z obszaru na wschód od Dunajca wg Węclawik (1969b). 1 — granica nasunięcia płaszczyny magurskiej; 2 — sądecka strefa facjalna; 3 — pieniński pas skałkowy; 4 — granica państwa; 5 — łupki; 6 — piaskowce; 7 — margle

Fig. 1. Situation of Nowy Sącz facies zone in Magura nappe, and its generalized stratigraphic column in the area east of the Dunajec river (after Węclawik, 1969b). 1 — front of Magura overthrust; 2 — Nowy Sącz facies zone; 3 — Pieniny Klippen Belt; 4 — state boundary; 5 — shales; 6 — sandstones; 7 — marls

Geneza margli z utworów fliszowych, w porównaniu z towarzyszącymi im łupkami i piaskowcami, jest mniej znana. Przeprowadzone przez autorów badania zmierzają do wyjaśnienia pochodzenia osadów marglistych oraz warunków ich sedymentacji. Badania te wykonano w Beskidzie Niskim i Sądeckim, pomiędzy Łąckiem na zachodzie a wsią Izby na wschodzie (Fig. 2), gdzie sprofilowano wybrane odsłonięcia i pobrano próbki margli w celu scharakteryzowania ich zmienności petrograficznej i chemicznej. Bardziej szczegółowe badania skoncentrowano w lewobrzeżnych dopływach Kamienicy między Łabową a Frycową (Fig. 3). Ich celem była analiza profilów

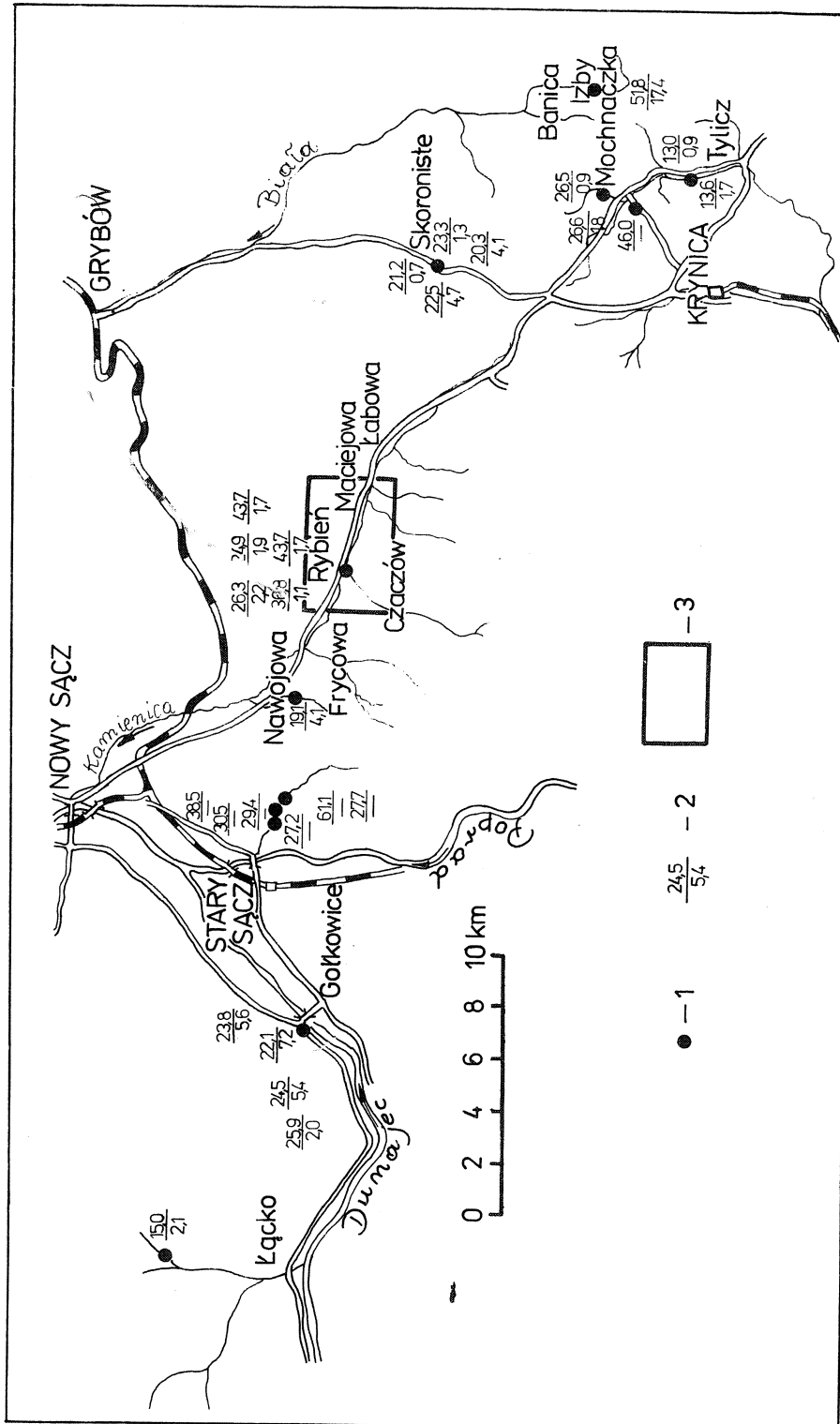


Fig. 2. Lokalizacja badanych odsłoneń margli łąkich. 1 — odsłonięcia; 2 — wyniki oznaczeń zawartości kalcytu (licznik) i dolomitu (mianownik) w marglach (kreska oznacza brak analiz dolomitu); 3 — obszar zdjęcia geologicznego zamieszczonego na Fig. 3

Fig. 2. Situation of studied exposures of Łąka Marls. 1 — exposures; 2 — results of analyses of calcite (numerator) and dolomite (denominator) contents in marls (— means lack of dolomite analysis); 3 — area shown in Fig. 3

dla ustalenia związków genetycznych między marglami a innymi skałami. Zastosowano elementarne metody łańcuchów Markowa. Przeprowadzono również badania porównawcze składu mineralogiczno-petrograficznego wszystkich typów skał profilu. Porównano materiał ilasty piaskowców, margli i łupków stosując metodę rentgenograficzną oraz mikroskopię elektronową.

LITOLOGIA MARGLI ŁACKICH I SKAŁ TOWARZYSZĄCYCH

W Beskidzie Niskim fragment profilu paleogenu płaszczowiny magurskiej zawierający margle łackie został wydzielony przez Węclawika (1969a) jako warstwy łackie. Został on też podzielony na część dolną o litotypie warstw belowskich oraz górną o wykształceniu podobnym do warstw magurskich. W obszarze szczegółowych badań powyższy podział zastosowano przy wykonywaniu mapy geologicznej (Fig. 3).

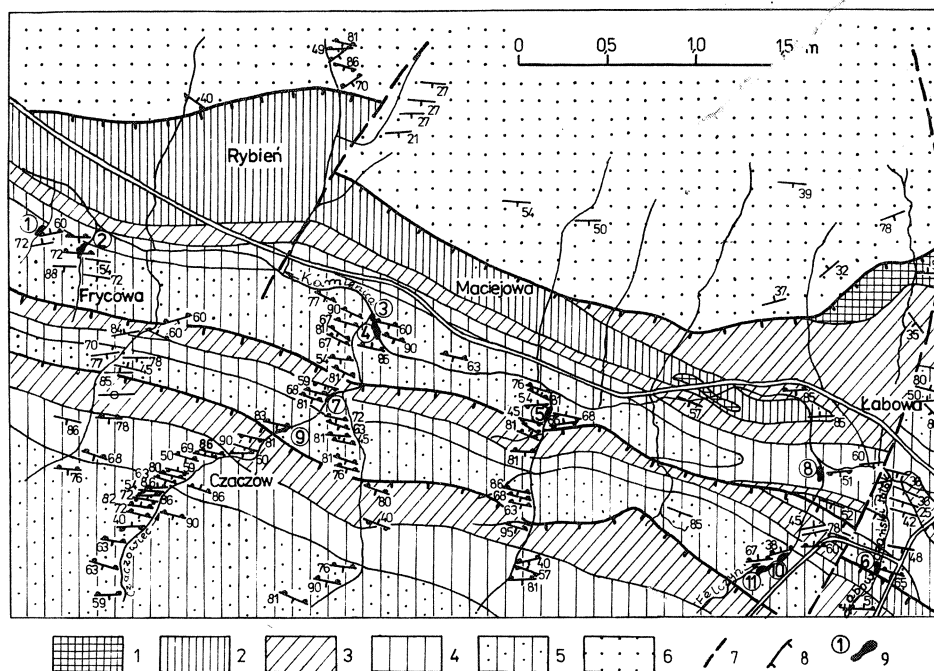


Fig. 3. Mapa geologiczna okolicy Łabowej. 1 — łupki czerwone (paleocen); 2 — łupki pstre (eocen dolny—eocen środkowy); 3 — warstwy belowskie (eocen dolny—eocen górny); 4 — dolne warstwy łackie (eocen dolny—eocen środkowy); 5 — górne warstwy łackie (eocen dolny—eocen górny); 6 — warstwy magurskie (eocen środkowy—eocen górny); 7 — uskoki; 8 — nasunięcia; 9 — odsłonięcia profilowane

Fig. 3. Geological map of the vicinities of Łabowa. 1 — red shales (Paleocene); 2 — variegated shales (Lower—Middle Eocene); 3 — Beloveza Beds (Lower—Upper Eocene); 4 — Lower Łacko Beds (Lower—Middle Eocene); 5 — Upper Łacko Beds (Lower—Upper Eocene); 6 — Magura Beds (Middle—Upper Eocene); 7 — faults; 8 — overthrust; 9 — measured sections

Profilowane odsłonięcia należą do dwóch sąsiadujących łusek. Północna jest brzeżną łuską całej strefy facjalnej i stanowi ją wedle Sikory (1970) złuskowana antyklina Nawojowej-Rybienia. Południową łuskę wymieniony autor oznacza mianem II. Wobec braku zróżnicowania w wykształceniu dolnych warstw łackich obu jednostek opis profilu wykonano w odsłonięciach umiejscowionych w obu jednostkach tektonicznych. Sikora (1970) podkreśla zróżnicowanie wykształcenia ogniwa margli łackich w poszczególnych łuskach.

W związku z powyższym osobno analizowano profile górnych warstw łackich wyróżnionych łusek. W antyklinie Nawojowej-Rybienia badano odsłonięcia nr 1, 2, 3, 4, 5, 6, w łusce II — nr 9, 10 i 11 (Fig. 3).

TYPY SKAŁ W PROFILACH WARSTW ŁACKICH

Wyróżniono piaskowce, łupki i margle. Za osobny typ uznano pakiety osadów o zaburzonem uławiceniu zawierające poprzednio wymienione typy skał, określając je jako podmorskie osuwiska.

Wśród piaskowców wydzielono osady fluksoturbidytowe (F), uziarnione frakcjonalnie (A) oraz laminowane (B i C). Pierwsze z wymienionych zawierają beładnie rozmieszczone blaszki muskowitu i ziarna kwarcu o wielkości 1–2 mm w szaro- i brązowobrunatnej matrix marglisto-piaszczystej. Są zwykle słabo zwarte lub rozsypliwie. Piaskowce uziarnione frakcjonalnie odznaczają się małym udziałem ziarn większych od 1 mm, sporadycznie tylko przekraczających 2 mm. Zanik dużych ziarn następuje w niewielkiej odległości od spągu ławic. Piaskowce te są wapniste, zwarte, a nawet mocno zwarte, o barwie niebieskoszarej. Wśród pozostałych piaskowców w jedną grupę płaczono laminowane poziomo, faliście i skorupowo (B), wydzielając osobno laminowane przekątnie (C). Pierwsze z wymienionych przeważnie są laminowane poziomo. Są drobno- i bardzo drobnoziarniste, zawsze wapniste, zwykle zwarte — niebieskoszare, niekiedy mocno zwarte — niebieskie. Często w płaszczynach laminacji są wzbogacone w detrytus zwęglonych szczątków roślin dający oddzielność poziomą. Zawierają liczne hieroglify organiczne, rzadziej prądowe. Piaskowce laminowane przekątnie nie odbiegają od powyżej omówionych barwą, zwężnością i uziarnieniem. Ich laminacja mieści się w małej skali, zwykle jest złożona z dwóch lub trzech zestawów lamin.

Pośród łupków wyróżniono bezwapniste i margliste, a wśród ostatnich piaszczyste i bezpiaszczyste. Łupki margliste piaszczyste (E-1) są zwykle grubo łupliwe, barwy szarej, niebieskiej, tylko sporadycznie zielonoszarej. Frakcja piaskowa jest rozmieszczona równomiernie lub tworzy laminy jaśniejsze ułożone poziomo lub przekątnie. Łupki margliste bezpiaszczyste (E-2) są zarówno grubo-, jak i drobnołupliwe, niebieskoszare, rzadko zielonoszare, sporadycznie zielone i oliwkowe. Bezwapniste łupki (E-3) są w większości bezpiaszczyste, drobno łupliwe, miękkie, plastyczne, zawsze o barwie zielonej i zielonoszarej.

Wśród margli wyróżniono dwie odmiany: piaszczyste (D-1) i bezpiaszczyste

(D-2). Pierwsze są niebieskoszare, po wietrzeniu brunatne i żółte. Są zwięzłe, bardzo delikatnie, wielokrotnie laminowane poziomo i przekątnie. Wykazują oddzielność wzdłuż płaszczyzn laminacji, zwykle wzbogaconych w drobne blaszki muskowitu. Często w marglach tych obserwowano ślady żerowania w postaci kanałów wypełnionych grubiej uziarnionym materiałem. Margle bezpiaszczyste są ciemnoniebieskoszare, niekiedy ciemnoszare, po zwiertzeniu mają barwę jasnoniebieską z nalotami brunatnymi, żółtymi i granatowymi. Mają przełom muszlowy, są silnie spękane. Wskutek spękania tworzą się drobne okruchy o prostopadłościennym kształcie. Niekiedy są warstwowane przekątnie (Pl. I: 1). Powyższa odmiana obejmuje wydzielone przez Węclawika (1969b) margle jasne i ciemne.

Obecność podmorskich osuwisk w warstwach łąckich Beskidu Niskiego i Sądeckiego była podkreślona w pracach Węclawika (1969a i b), Sikory (1970) i Oszczycki (1973). Szczegółowe ich opisy zawarte są w pracach pierwszego z wymienionych autorów. Większość osuwisk (0) w opracowywanych profilach ma uławicenie rozdrobnione z często zawiniętymi płatami deformacyjnymi. Na podkreślenie zasługuje obecność wśród materiału osuwiskowego fragmentów ławic margli o wymiarach do 40 cm oraz skały węglowej. Ta ostatnia, jak wykazały badania Wagnera (1980), jest węglem brunatnym, twardym, odmiany błyszczącej i stanowi fragment palmy eoceńskiej *Phoenix szaferi*.

Profile warstw łąckich

Dla każdego z badanych profili podano częstość występowania wydzielonych typów i odmian skał, rozkłady ich miąższości oraz macierze częstości przejść między wydzielonymi typami i odmianami skał (Fig. 4–6). Uzyskane wartości χ^2 pozwalają na odrzucenie hipotezy o losowym charakterze następstw warstw w badanych profilach. Równocześnie, wobec braku równowagi po 100-krotnym potęgowaniu macierzy prawdopodobieństw przejść, można wnosić, że badane profile reprezentują utwory o dobrej „pamięci”. Kolejno osadzone w nich warstwy w sposób istotny związane były z obecnością osadów poprzednio zdeponowanych. Do oceny istotności różnic między wartościami prawdopodobieństwa przejść zastosowano statystykę z dotyczącą średnich wedle pracy Radomskiego i Gradzińskiego (1978). Pozwala ona na wyeliminowanie wpływu różnej liczebności ławic poszczególnych typów skał w badanych profilach. Wartość krytyczna z dla poziomu istotności 0,05 wynosi 1,64. Przejścia, dla których wartość statystyki jest większa od 1,64, są uprzywilejowane przez mechanizm procesu sedymentacji. Na ich podstawie skonstruowano diagramy przejść (Fig. 4–6).

W profilu dolnych warstw łąckich przeważają łupki, stanowiąc ponad połowę (52,5%) miąższości. Najczęściej są to margliste łupki piaszczyste (E-1) w pakietach zwykle poniżej 50 cm (Fig. 4). Łupki margliste bezpiaszczyste (E-2), jak i łupki bezwapniste (E-3) mają podobne rozkłady miąższości o maksimach dla przedziałów 2–6 cm i 10–20 cm. Margle są rzadkim

składnikiem profilu i tylko dzięki pojedynczym, ponad 200-centymetrowym ławicom margli bezpiaszczystych (D-2) stanowią 8,3% miąższości profilu.

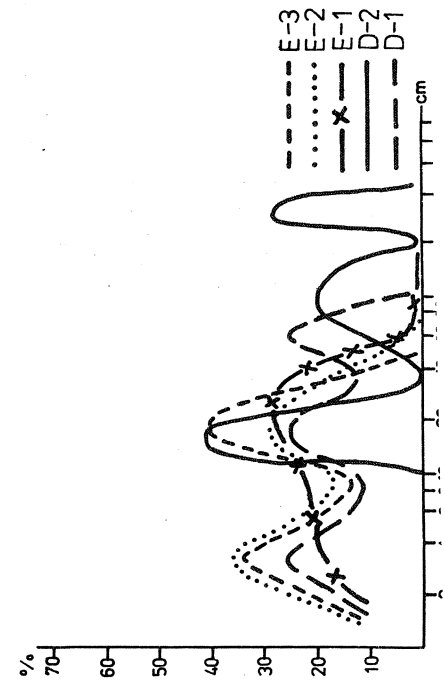
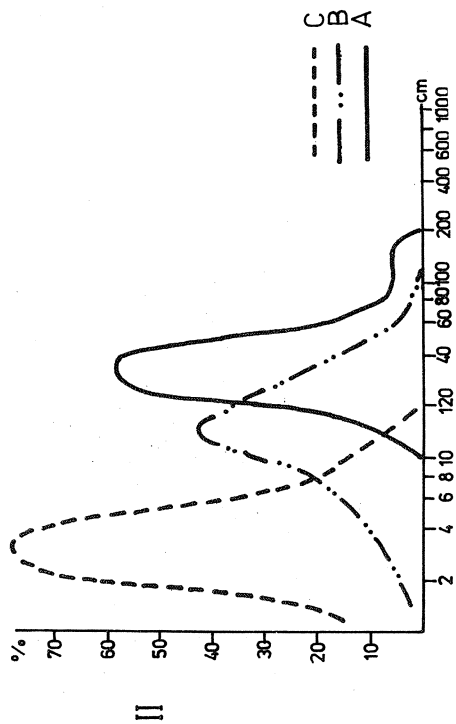
Piaskowce, stanowiące 39,2% miąższości, są reprezentowane najczęściej przez utwory laminowane przekątnie, rzadziej poziomo i sporadycznie przez warstwowane frakcjonalnie, z udziałem tylko pojedynczych ławic fluksoturbidytowych (Fig. 4). Miąższość ławic piaskowców nie przekracza 200 cm, przy czym najczęściej frakcjonalnie warstwowane mają miąższość około 40 cm, laminowane poziomo 15 cm, a laminowane przekątnie – około 4 cm. Najczęściej obserwowane są przejścia między piaskowcami laminowanymi poziomo i przekątnie a wszystkimi rodzajami łupków. Między tak dobranymi parami istnieją silne sprzężenia zwrotne (Fig. 4). Pojawienie się margli piaszczystych (D-1) nie jest w istotny sposób powiązane z osadami je poprzedzającymi. Margle bezpiaszczyste natomiast pojawiają się nad marglami piaszczystymi lub łupkami marglistymi bezpiaszczystymi (E-2) i zwykle tymi ostatnimi są przykryte (Fig. 4).

Profile górnych warstw łackich obu badanych łusek są podobne. W ich miąższości zbliżony udział mają margle, piaskowce, i łupki, stanowiąc po około 30%, podczas gdy na osuwiska przypada 10%. Rozkłady miąższości ławic poszczególnych typów piaskowców są podobne do stwierdzonych dla dolnych warstw łackich, przy czym wzrasta tu udział gruboławicowych piaskowców warstwowanych frakcjonalnie, jak też w większej ilości pojawiają się osady fluksoturbidytów (Fig. 5, 6). Zarówno częstość pojawiania się, jak i rozkłady miąższości pakietów łupkowych są zbliżone do opisanych dla dolnych warstw łackich. Zmniejszenie ich udziału w miąższości profilu wynika z obecności grubych ławic margli bezpiaszczystych, które są najgrubiej uławiconym osadem w profilach (Fig. 5, 6). Margle piaszczyste są z reguły cienko i średnio uławicone, przeważnie nie przekraczają 50 cm. Podobnie jak w poprzednio omówionym profilu, najczęściej występują następstwa ławic piaskowców laminowanych (B i C) oraz łupków marglistych (E-1 i E-2). Na uwagę zasługuje pozycja margli w diagramach przejść. Wchodzą one zawsze w osobną sekwencję i pojawiają się ponad osadami osuwiskowymi. Sekwencja marglista zaczyna się marglem piaszczystym, który poprzez bezpiaszczysty przechodzi do zawsze marglistego łupku, a niekiedy przykryty jest piaskowcem laminowanym.

W okresie sedymentacji górnych warstw łackich obficie rozwijały się podmorskie osuwiska i spływy piaszczyste (por. Węclawik, 1969b). Bezpośrednio nad osadami osuwisk i spływów często zdarzają się grube pakiety margli. W dolnych warstwach łackich przy braku osuwisk i niewielkim udziale piaskowców fluksoturbidytowych udział margli jest niewielki. Widać stąd bezpośredni związek sedymentacji margli z przejawami ruchów masowych w zbiorniku. Potwierdza to pojawienie się margli w osobnych sekwencjach wyraźnie związanych z podmorskimi osuwiskami.

Azymuty kierunków transportu materiału zawarte są w przedziale 225–315°, przy średnim 270°. Pomiarzy te są zgodne z publikowanymi

NUMBER OF MEASURED BEDS	FREQUENCY	ROCK TYPES AND VARIETIES		F	A	B	C	D-1	D-2	E-1	E-2	E-3
		TYPU IODMIANY SKAL	TYPU IODMIANY SKAL									
78	1032	E-3		—	0,02564	0,43590	0,52564	—	—	0,01282	—	—
122	1614	E-2		0,00820	0,04918	0,28689	0,53279	0,01639	0,03279	0,01639	—	0,05738
187	2473	E-1		0,01070	0,06417	0,28877	0,54545	0,01604	0,00535	—	0,02674	0,04278
6	079	D-2		—	—	—	—	—	—	—	100000	—
5	066	D-1		—	—	—	—	—	0,20000	0,40000	0,40000	—
210	2778	C		0,0476	—	—	0,00952	—	—	0,45714	0,30952	0,21905
123	1627	B		—	—	—	—	—	—	0,56911	0,30081	0,13008
21	278	A		—	—	—	—	—	—	0,61905	0,33333	0,04762
4	053	F		—	—	—	—	—	—	0,75000	0,25000	—
Razem 756 Total	10000											



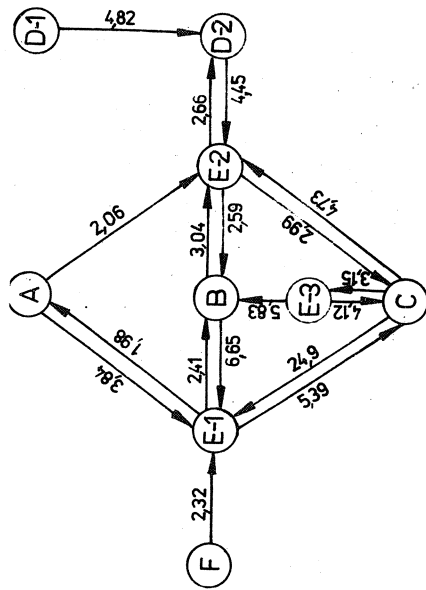


Fig. 4. Charakterystyka profilu dolnych warstw łąckich. *I* — tabela prawdopodobieństw przejść; *II* — rozkłady miąższości ławic; *III* — diagram przejść z wartościami statystyki z. *A* — piaskowce uziarnione frakcjonalnie; *B* — piaskowce laminowane poziomo, faliste i skorupowo; *C* — piaskowce laminowane przekątnie; *D-1* — margle piaszczyste; *D-2* — margle bezwapniowe; *E-1* — łupki margliste piaszczyste; *E-2* — łupki margliste bezpiazczyste; *E-3* — łupki bezwapniowe; *F* — fluksoturbidyty

Fig. 4. Statistical characteristics of the section of Lower Łącko Beds. *I* — table of transition frequencies; *II* — bed thickness distributions; *III* — path diagram of vertical sequence with test z values. *A* — graded sandstones; *B* — horizontally, wavy and convolute laminated sandstones; *C* — cross-laminated sandstones; *D-1* — arenaceous marls; *D-2* — non-arenaceous marls; *E-1* — arenaceous marly shales; *E-2* — non-arenaceous marly shales; *E-3* non-calcareous shales; *F* — fluxoturbidites

NUMBER OF
MEASURED
BEDS

ROCK TYPES
AND
VARIETIES

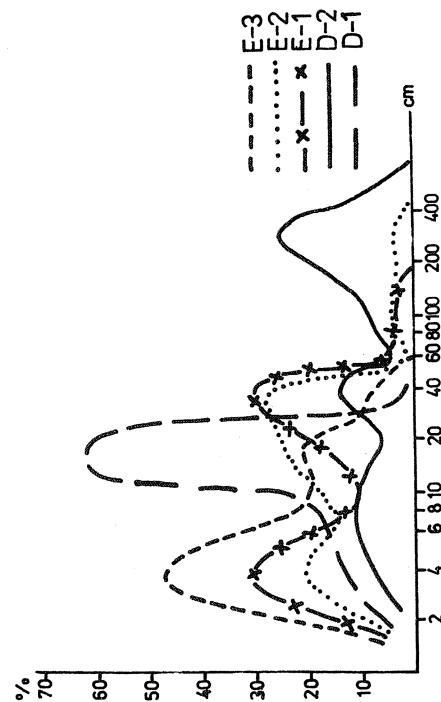
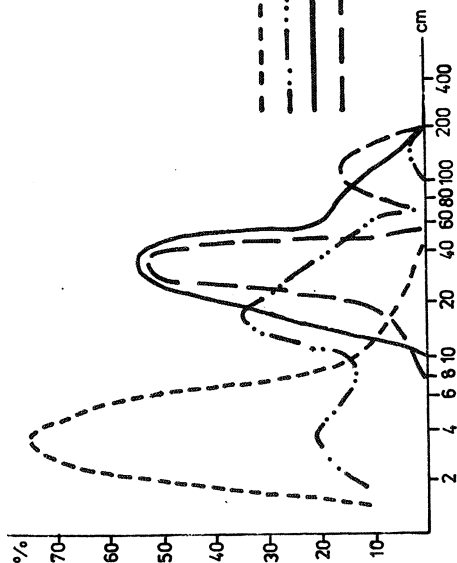
FREQUENCY
VARIETIES

CHĘSTOŚĆ
%

TYPY I ODMIANY
SKAŁ

POMIERZONA
LICZBA
ŁAWIC

		F	A	B	C	D-1	D-2	E-1	E-2	E-3	O
52	E-3	0,05769	0,13462	0,48077	0,23077	—	0,05769	0,03846	—	—	—
77	E-2	0,03947	0,14474	0,24590	0,25000	0,02632	0,06579	—	—	0,22368	0,01316
122	E-1	0,01639	0,24590	0,35246	0,15574	0,04912	0,01639	—	0,05738	0,10656	—
28	D-2	0,03571	—	0,42857	0,03571	0,07143	—	0,03571	0,39286	—	—
17	D-1	—	—	0,29412	—	—	0,41176	0,29412	—	—	—
51	C	—	—	0,01961	—	—	0,01961	0,37255	0,39216	0,19608	—
109	B	0,00917	0,00917	—	—	0,05505	0,08257	0,54128	0,21101	0,06422	0,02752
50	A	0,08000	—	0,02000	—	—	0,02000	0,62000	0,14000	0,04000	0,08000
14	F	—	0,07143	0,07143	—	—	—	0,07143	0,50000	0,21429	0,07143
9	O	—	—	0,22222	—	0,11111	—	0,44444	0,22222	—	—
Razem 529		170									
Total		100,00									



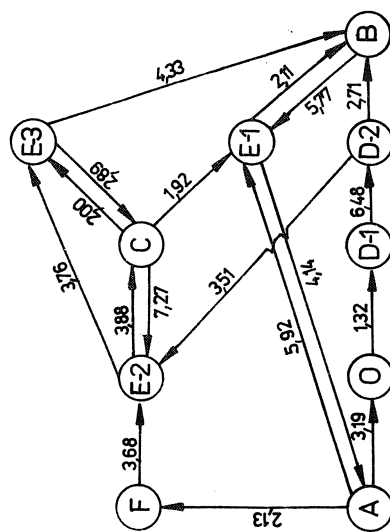


Fig. 5. Charakterystyka profilu górnych warstw łąckich z łuski północnej (antyklina Nawojowej - Rybienia). *O* - osady podmorskich osuwisk. Reszta objaśnień jak na Figurze 4

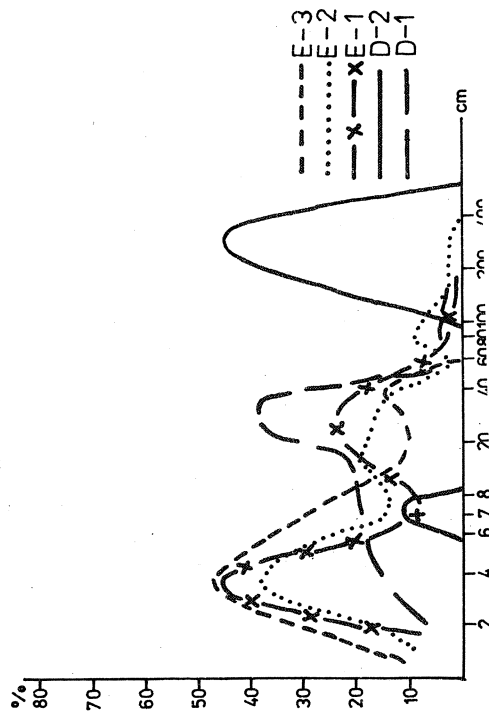
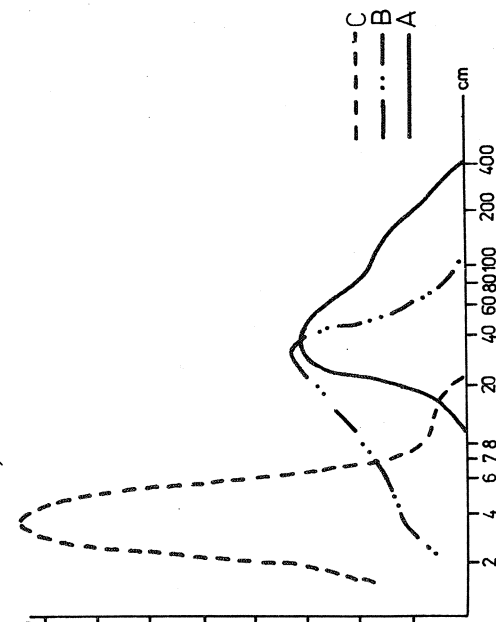
Fig. 5. Statistical characteristics of the section of the Upper Łącko Beds in northern scale (Nawojowa - Rybień anticline). *O* - submarine slumps. Other explanations as in Figure 4

NUMBER OF
MEASURED BEDS
POMIĘRZONA
LICZBA
ŁAWIC

ROCK TYPES
FREQUENCY AND VARIETIES
CZĘSTOŚĆ TYPY I ODMIANY
SKAL

	F	A	B	C	D-1	D-2	E-1	E-2	E-3	O
57	—	0,14035	0,35088	0,45614	0,01754	—	—	0,03509	—	—
49	0,04082	0,04082	0,32653	0,28571	0,14286	0,04082	—	—	0,08163	0,04082
76	0,06579	0,15789	0,31579	0,17105	0,05263	0,01316	—	0,02632	0,15789	0,03947
9	—	0,11111	—	—	0,44444	—	0,11111	0,33333	—	—
21	—	—	—	—	—	0,25000	0,30000	0,45000	—	—
53	—	—	—	—	—	—	0,32075	0,24528	0,41509	0,01887
61	0,03279	—	—	—	0,01639	—	0,44262	0,22951	0,27869	—
26	0,07692	—	—	—	0,03846	—	0,65385	0,07692	0,07692	0,07692
11	—	0,09091	—	—	—	—	0,54545	0,27273	—	0,09091
10	—	0,20000	0,10000	—	0,30000	0,10000	0,20000	0,10000	—	—

Razem 373
Total



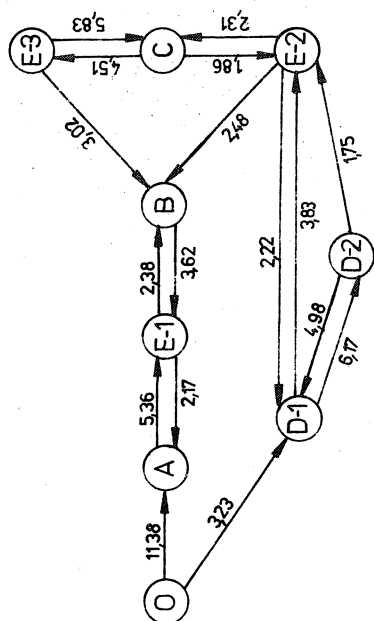


Fig. 6. Charakterystyka profilu górnych warstw łąckich z łuski południowej (łuska II). Objasnienia jak na Figurze 4 i 5

Fig. 6. Statistical characteristics of the section of the Upper Łącko Beds in southern scale (scale II). Explanations as in Figure 4 and 5

III

w pracach Książkiewicza *et al.* (1962), Węławika (1969b) i nieco różne od podawanych przez Sikorę (1970), który stwierdza częste kierunki o azymucie około 225° . Trzeba tu podkreślić, że pomiary te są najczęściej wykonywane dla ławic piaskowców laminowanych, brak ich natomiast dla margli, osadów osuwisk i fluksoturbidytów. Nie można więc wykluczyć, że te trzy ostatnie przemieszczały się w innym kierunku, np. poprzecznym (południe—północ).

Podkreślić trzeba wyraźne zmiany miąższości ławic margli wzdłuż ich biegu, następujące na przestrzeni kilkudziesięciu metrów. Obserwowano je w drogach schodzących do doliny Kamienicy, wzdłuż potoków, w których wykonywano profile. O soczewkowatym kształcie pakietów wspomina też Węławik (1969a).

Margle występują w najgrubszych ławicach, a rozkłady ich miąższości znacznie odbiegają od rozkładów pozostałych skał profili (Fig. 5, 6). Wskazuje to na odrębność osadów marglistych.

PETROGRAFIA

Metody badań

Udział podstawowych składników mineralnych oznaczono w mikroskopie optycznym Polam P-113 przy użyciu stolika integracyjnego Eltinor, stosując 1000 punktów pomiarowych dla każdego szlif.

Zawartość kalcytu i dolomitu oznaczono metodą kompleksometryczną. Dla kilku próbek ustalono metodą Scheiblera całkowitą zawartość węglanów przeliczaną na CaCO_3 .

Badania mineralogiczne przeprowadzono na próbkach naturalnych oraz pozbawionych węglanów. Węglany usunięto przez działanie buforu octanowego metodą Jacksona (1975).

Skład ziarnowy określono przy użyciu wagi sedymentacyjnej Sartorius dla pozbawionej węglanów frakcji poniżej 0,06 mm.

Analizę rentgenograficzną próbek nieorientowanych oraz orientowanych, nasyconych glikolem etylenowym i prażonych w temperaturze 550°C wykonano aparatem DRON 3.0. Stosowano antykatodę miedziową. Szybkość przesuwu licznika wynosiła $2^\circ/\text{min}$.

Mikroanalizę rentgenowską wykonano za pomocą aparatu typu CAMECA MS 46 stosując następujące parametry pomiaru: napięcie przyspieszające 20 kV, prąd wiązki 150 mA, prąd próbki 15 mA. Próbki przygotowane w formie zgładów analizowano na zawartość Si, Al, Ca i Mg.

Obserwacje w elektronowym mikroskopie skaningowym przeprowadzono głównie przy użyciu aparatu Jeol-35 o zdolności rozdzielczej $70 \text{ \AA}$ na próbkach pokrytych warstwą złota o grubości $300 \text{ \AA}$. Posłużono się również mikroskopem Philips wyposażonym w spektrometr rentgenowski systemu LINK połączony z komputerem. Przy jego użyciu uzyskano przybliżone wzory strukturalne minerałów ilastych.

Margle łackie

Próbki pobrane z 12 odsłoneń zawierają bardzo różne ilości węglanów bez względu na ich położenie w porfilu czy też w obszarze badań (Fig. 2). Udział węglanu wapnia w skałach makroskopowo ocenianych jako margle waha się od 13,6 do 61,1%, a dolomitu od 0,2 do 17,4%. Wedle klasyfikacji proponowanej przez Gerocha *et al.* (1979) duża liczba próbek (około 30%) znajduje się poza polem margli, a tylko pojedyncze w obrębie pól margli wapnistych i dolomityczno-wapnistych (Fig. 7).

Margle łackie składają się z tła ilasto-węglanowego oraz z pojawiającego się w zmiennych ilościach materiału klastycznego i biogenicznego.

Materiał klastyczny reprezentowany jest głównie przez kwarc we frakcji pylastej. Tylko w marglach piaszczystych, zwykle w niewielkich ilościach, pojawia się kwarc we frakcji bardzo drobnoziarnistego piasku. Udział kwarcu nie przekracza 3,5% dla margli uznanych makroskopowo za bezpiaszczyste,

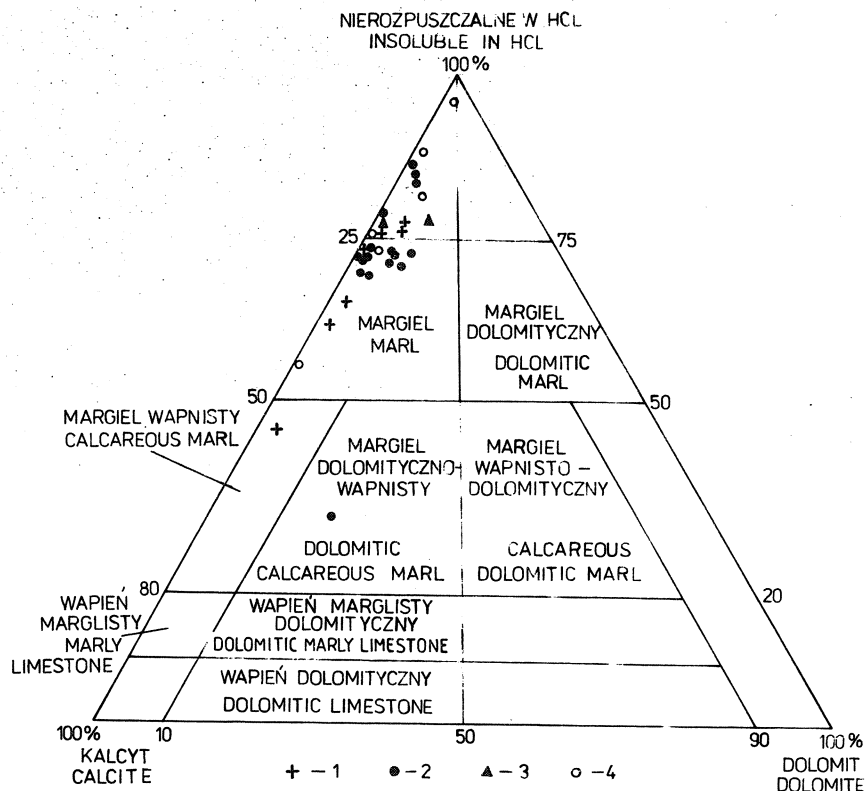


Fig. 7. Klasyfikacja margli i łupków z warstw łackich (wydzielenia wg Gerocha *et al.*, 1979). 1 — margle piaszczyste (D-1); 2 — margle bezpiaszczyste (D-2); 3 — łupki margliste piaszczyste (E-1); 4 — łupki margliste bezpiaszczyste (E-2)

Fig. 7. Classification of marls and shales from Łącko Beds (subdivisions after Geroch *et al.*, 1979). 1 — arenaceous marls (D-1); 2 — non-arenaceous marls (D-2); 3 — arenaceous marly shales (E-1); 4 — non-arenaceous marly shales (E-2)

osiągając zawartość 14,2% dla margli piaszczystych (Tab. 1). Jego ziarna ściemniają światło prosto, w większości są bez wrostków, niekiedy zawierają niewielką liczbę inkluzji ciekłych i gazowych. Krawędzie ziarn są nierówne i świadczą o rozwoju procesów korozji. Skalenie stwierdzono w pojedynczych ziarnach tylko w kilku próbkach margli piaszczystych. Glaukonit obserwowano w większości badanych próbek. Jego udział jest niewielki, tylko sporadycznie przekracza 1% (Tab. 1). Wielkości ziarn glaukonitu i kwarcu są podobne. Jest on świeży o barwie trawiastzielonej i polaryzacji agregatowej. Miki występują we wszystkich badanych próbkach, przy czym w większej ilości pojawiają się w marglach piaszczystych. Reprezentowane są wyłącznie przez muskowit w blaszkach o maksymalnej długości 0,1 mm. Zupełnie sporadycznie pojawia się biotyt w różnym stopniu zwietrzały. Składniki nieprzezroczyste są w znacznej większości reprezentowane przez zwęglone szczątki organiczne. Występują one w formie wydłużonych okruchów, jak też i drobnego pyłu o wielkości do 0,01 mm. Towarzyszą im skupienia piritowe, zwykle izometryczne.

Materiał bioklastyczny stanowią igły gąbek, otwornice i peloidy oraz kokolity stwierdzone w mikroskopie skaningowym. Igły gąbek znacznie przeważają, stanowiąc niekiedy ponad 20% objętości skały (Tab. 1). Ich średnice osiągają 0,1 mm, a średnio 0,05 mm. W znacznej większości są one zbudowane z kalcytu (P. I: 2–5). Obecność zwykle znacznie poszerzonego kanału centralnego, na ogół wypełnionego opalem, chalcedonem, glaukonitem lub pirytem, świadczy o zastąpieniu przez kalcyt igieł pierwotnie krzemionkowych. Otwornice w większości są kalcytowe, tylko sporadycznie pojawiają się osobniki o ściankach krzemionkowych. Bogacz i Węclawik (1963) w marglach łąckich z Gołkowic stwierdzają obecność *Globorotalia* sp., *Globigerina* sp., *Nodosaria* sp., *Cristelaria* sp., s. lato. Do peloidów zaliczono owalne skupienia o wielkości do 0,1 mm, drobnych (0,01–0,03 mm) kryształów kalcytowych.

Masa węglanowo-ilasta stanowiąca spoiwo opisanych składników składa się z drobnych kryształów kalcytowych (poniżej 0,002 mm) oraz równomiernie rozmieszczonej substancji ilastej. Tylko w marglach piaszczystych spotyka się pojedyncze kryształy kalcytu o wielkości do 0,05 mm.

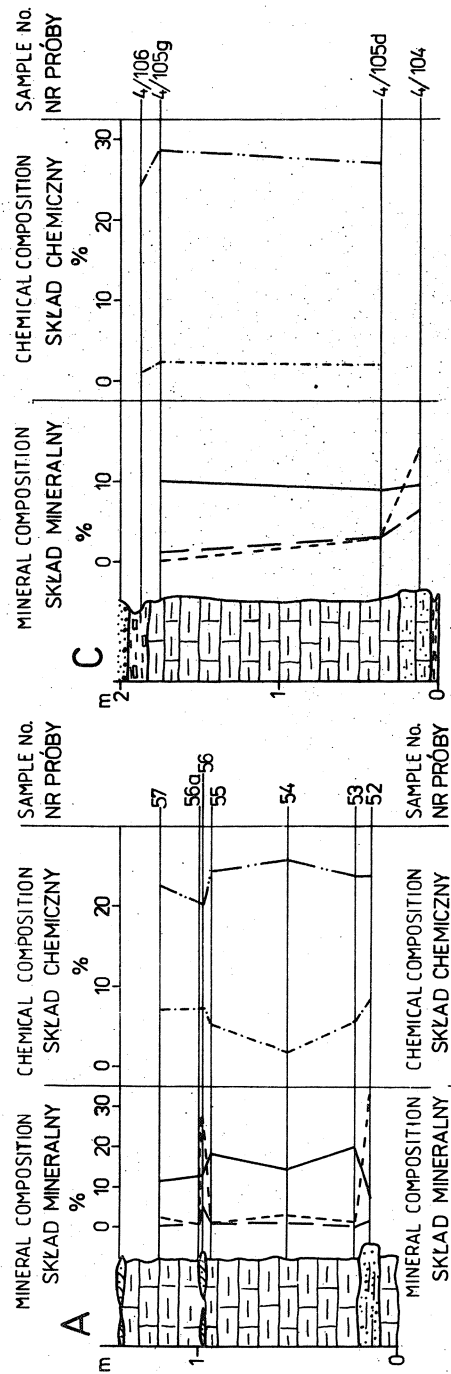
Tekstura margli podkreślona jest ułożeniem wydłużonych składników okruchowych. Blaszki mik oraz wydłużone fragmenty zwęglonych szczątków organicznych układają się równolegle do płaszczyzn uławicenia. Podobne ułożenie wykazują igły gąbek zwykle obserwowane w przekrojach świadczących o ułożeniu osi równolegle do uławicenia (Pl. I: 2). Laminacja, częsta w marglach piaszczystych, jest rzadko obserwowana w bezpiaszczystych. Ma charakter smug o podwyższonym udziale pyłu kwarcowego i składnika węglanowego. Występują też ślady działalności infauny. Mają one charakter korytarzy wypełnionych materiałem wzbogaconym w kwarc, węglan wapnia i glaukonit. Ich średnice wahają się od milimetrów do centymetra (P. I: 6).

Zawartość omówionych powyżej składników mineralnych i chemicznych zmienia się w profilu ławic margli (Fig. 8). O rozfrakcjonowaniu materiału

Tabela — Table 1

Skład petrograficzny oraz zawartość dolomitu i kalcytu w marglach łackich
Petrographic composition and dolomite and calcite content in Łącko Marls

Odmiana Variety	Miejsce pobrania próbki Sample locality	Numer próbki Sample number	Skład petrograficzny w % obj. Petrographical composition in volume percent								Skład chemiczny w % wag. Chemical composition in weight %		
			kwarc quartz	glaukonit glauconite	miki micas	igły sponge spicules	otwor- nice forami- nifers	peloidy peloids	minerale ciemne opaque	inne other	masa węgl- nowo- -ilasta carbonate- arg- illaceous mass	dolomit dolomite	kalcyt calcite
Bezpiaszczysta Non-arenaceous	Gólkowice	57	2,2	0,2	0,8	10,0	0,6	0,6	2,4	0,0	83,0	7,17	22,09
		56	0,8	0,2	1,2	10,0	1,2	1,4	0,8	0,0	84,4	7,37	20,03
		55	1,2	0,4	1,0	16,6	1,6	1,0	2,6	0,0	75,6	5,36	24,54
		54	3,0	0,4	1,8	13,6	0,4	0,6	2,2	0,4	77,6	1,97	25,90
		53	1,8	0,4	0,6	17,8	1,8	0,4	0,8	0,0	76,4	5,62	23,82
	Rybień	4/105g	0,0	0,0	1,0	7,0	3,0	0,0	6,0	0,0	83,0	2,23	26,33
		4/105d	2,8	0,2	2,8	7,6	0,8	0,4	2,8	0,6	82,0	1,88	24,95
	Skoroniste	15	0,8	0,4	0,2	4,4	0,2	0,0	1,6	0,0	92,4	0,68	21,19
		14	1,8	0,2	1,2	5,8	0,6	0,6	1,6	0,0	88,2	4,70	22,46
	Izby	Iz-1	3,4	0,0	5,0	1,4	1,6	0,0	2,6	0,4	85,6	17,43	51,84
Średnio Mean			1,8	0,2	1,6	9,4	1,2	0,5	2,3	0,1	82,8	5,44	26,31
Piaszczysta Arenaceous	Rybień	4/104	14,2	0,2	6,4	6,8	2,8	0,2	3,4	2,2	63,8	—	—
		4/39d	4,0	0,0	3,8	14,6	0,8	0,6	4,0	0,0	72,2	2,23	33,08
		4/37	5,0	0,4	2,8	23,8	2,8	1,0	4,6	0,8	58,8	—	—
	4/20	6,0	0,4	3,6	9,8	4,6	0,4	2,6	0,6	72,0	1,09	36,82	
	Skoroniste	13	4,2	0,8	1,2	6,8	2,4	0,0	1,8	0,0	82,8	1,33	23,27
12		8,4	1,8	1,0	6,2	1,6	2,8	2,0	1,0	75,2	4,07	20,33	
	11	11,9	1,9	2,3	9,3	1,8	1,2	3,2	1,4	67,0	0,22	26,85	
	Średnio Mean		7,7	0,8	3,0	11,0	1,7	0,9	2,2	0,6	49,2	1,78	28,07



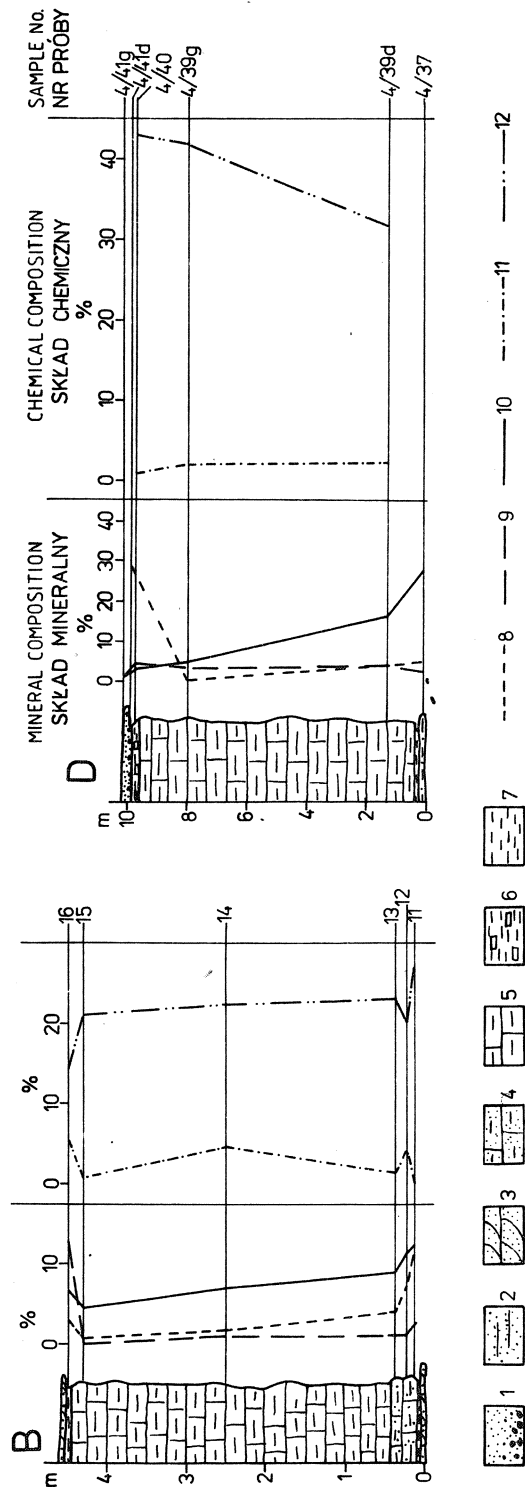


Fig. 8. Zmienność składu mineralnego i chemicznego w profilach ławic margli łąckich. *A* – odsłonięcie w Gólkowicach; *B* – odsłonięcie w Skoronistym; *C*, *D* – odsłonięcia w Rybieniu; *1* – piaskowce uziarnione frakcjonalnie (*A*); *2* – piaskowce laminowane poziomo (*B*); *3* – piaskowce laminowane przekątnie (*C*); *4* – margle piaszczyste (*D-1*); *5* – margle bezpiaszczyste (*D-2*); *6* – łupki margliste bezpiaszczyste (*E-2*); *7* – łupki bezwapiaste (*E-3*); *8* – zawartość kwarcu; *9* – zawartość miki; *10* – zawartość szczątków organicznych; *11* – zawartość dolomitu; *12* – zawartość kalcytu.

Fig. 8. Variability of mineral and chemical composition in the sections of beds of Łącko Marls. *A* – exposure in Gólkowice; *B* – exposure in Skoronistym; *C*, *D* – exposure in Rybieniu; *1* – graded sandstones (*A*); *2* – horizontally laminated sandstones (*B*); *3* – cross-laminated sandstones (*D-1*); *4* – arenaceous marls (*D-1*); *5* – non-arenaceous marls (*D-2*); *6* – non-arenaceous marly shales (*E-2*); *7* – non-calcareous shales (*E-3*); *8* – quartz content; *9* – content of micas; *10* – content of organic remains; *11* – dolomite content; *12* – calcite content.

okruchowego wspominają Żytka (1961), Węclawik (1969a) i Sikora (1970). Zwykle ku stropowi ławic maleje udział kwarcu i szczątków organicznych. Szczególnie wyraźny jest skok ich zawartości na granicy marglu piaszczystego i bezpiaszczystego (Fig. 8: B,C,D). Wahania zawartości mik są mniej wyraźne. Generalnie wyższą zawartością węglanu wapnia charakteryzują się spągowe części ławic zbudowane z marglu piaszczystego. W części bezpiaszczystej wahania są niewielkie z tendencją do wzrostu zawartości kalcytu ku stropowi (Fig. 8). Zawartość dolomitu nie wykazuje wyraźnego związku z położeniem w profilu ławic, często jego udział jest w odwrotnej proporcji do ilości węglanu wapnia.

Zasadniczym składnikiem badanych skał jest masa węglanowo-ilasta, która stanowi zwykle znacznie ponad połowę ich objętości (Tab. 1). Jeśli uwzględnić w niej zawartość węglanów, to wyraźnie widoczny jest przeważający udział minerałów ilastych z pyłem kwarcowym. Jak wykazała analiza granulometryczna pozbawionej węglanów frakcji poniżej 0,06 mm, zawartości frakcji pylastej i ilastej są zbliżone. Udział pierwszej z wymienionych w marglu piaszczystym wynosi 62,8%, w marglu bezpiaszczystym 50,8%. Wskazuje to na zróżnicowanie wielkości składników również w obrębie drobnych frakcji (Fig. 9).

Materiał ilasty margli łączkich składa się w większości próbek z minerału grupy smektytu, któremu towarzyszą minerały grupy mik (muskowit, biotyt, illit) i chloryt (Fig. 10, 11, Tab. 2). W odmianie bezpiaszczystej występuje

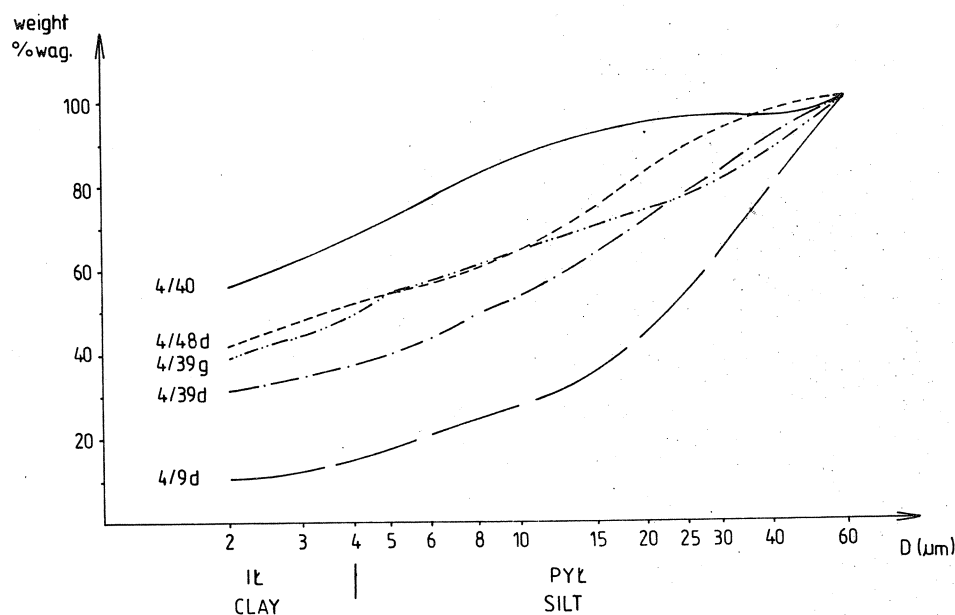
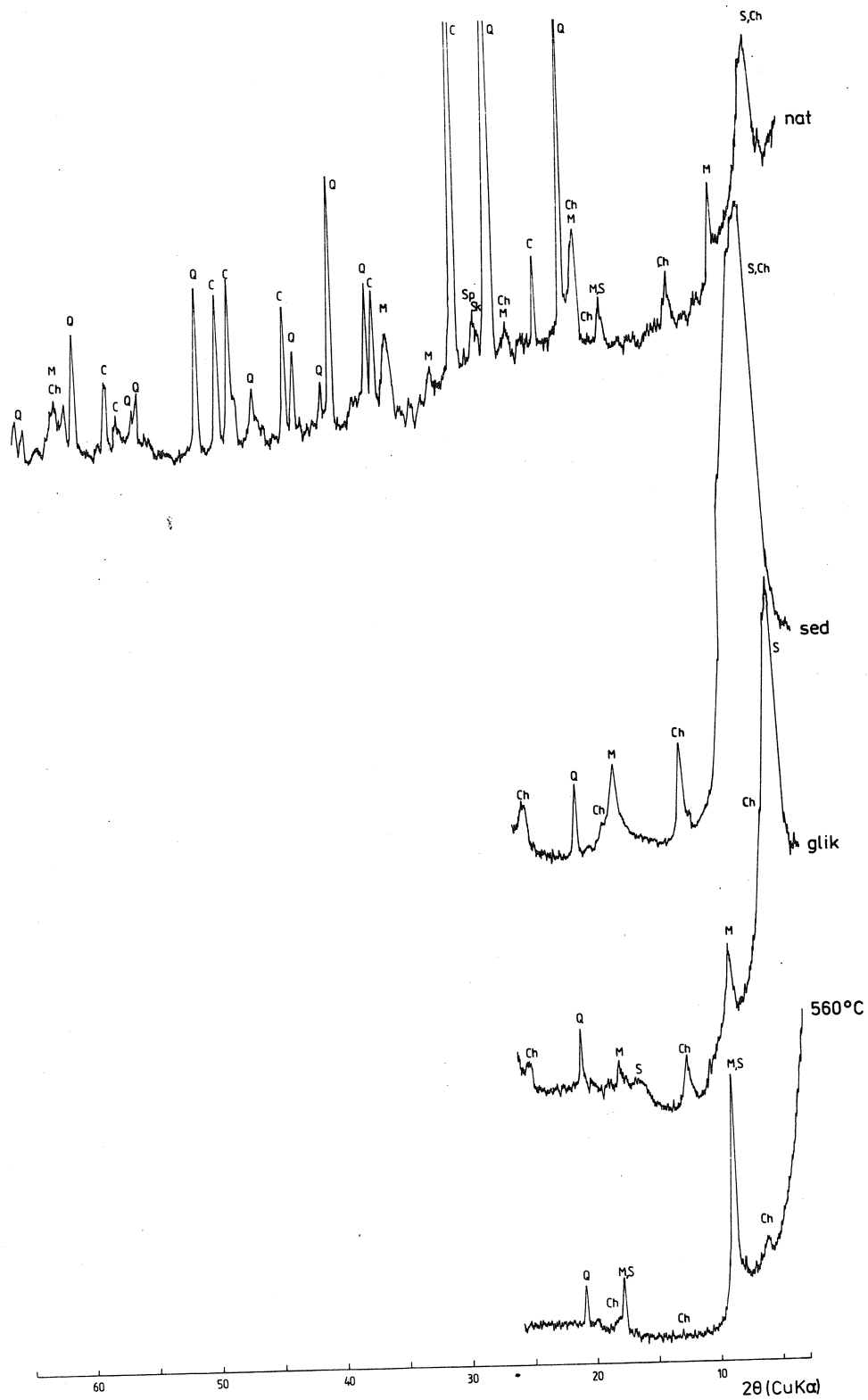


Fig. 9. Uziarnienie frakcji ilastej i pylastej w pozbawionych węglanów skałach warstw łączkich.

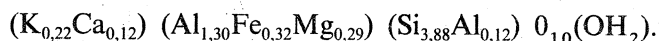
4/9d — piaskowiec, 4/39g, 4/39d — margle, strop i spąg ławicy, 4/48d, 4/40 — łupki

Fig. 9. Grain-size of clay and silt fraction in decalcified rocks of Łącko Marls. 4/9d — sandstone;

4/39g, 4/39d — marls, top and bottom of bed; 4/48d, 4/40 — shales



podwyższona zawartość minerału smektytowego (Fig. 10, Tab. 2). Na podstawie badań rentgenograficznych można stwierdzić, że jest to minerał mieszanopakietowy illit-smektyt z przewagą pakietów smektytowych. Zawiera on, jak wynika z oceny metodą Środonia (1981), około 70% pakietów pęczniących. Jego przybliżony wzór strukturalny, obliczony na podstawie punktowej analizy chemicznej, jest następujący:



W odmianie piaszczystej wzrasta udział minerałów grupy mik (Fig. 11, Tab. 2). Podobnie wysoki udział powyższej grupy notuje Korczyńska-Oszacka (1969).

Bardziej szczegółowe obserwacje masy węglanowo-ilastej przeprowadzono w mikroskopie skaningowym. Uzupełniono je mikroanalizą rentgenowską w celu ustalenia rozmieszczenia podstawowych minerałów badanych skał. W odmianie bezpiaszczystej (Pl. II: 1a–f) widoczny jest duży udział minerałów ilastych. Stanowią one tło dla drobnych skupień minerałów bogatych w wapń (kalcyt, zeolity?), kwarcu i mik. W odmianie piaszczystej marglu (Pl. III: 1a–d) minerały ilaste tworzą niewielkie skupienia wśród ziarn kwarcu, skaleni oraz kryształów kalcytu.

W obrazach uzyskanych w mikroskopie elektronowym masa węglanowo-ilasta jest mieszaniną mikrytu i minerałów ilastych. Te ostatnie wykazują morfologię charakterystyczną dla minerałów grupy smektytu o przewadze pakietów pęczniących, tworzących cienkie blaszki o pozawijanych brzegach (Keller *et al.*, 1986). Nierówna wielkość blaszek, jak też ich kierunkowe ułożenie zgodnie z laminacją skały (Pl. III: 2) skłaniają do przypuszczenia o jego detrytycznym pochodzeniu. Towarzyszy mu materiał smektytowy występujący w agregatach typu "plaster miodu", co wedle Wilsona i Pittmana (1977) wskazuje na jego autigeniczne pochodzenie. W większej ilości autigeniczny minerał smektytowy występuje w marglach piaszczystych wypełniając przestrzeń między ziarnami mikrytu (Pl. III: 3). W marglach bezpiaszczystych wypełnia on jedynie komory szczątków organicznych (Pl. IV: 1). Nie można wykluczyć, że jest to czysty smektyt, który przy znacznym udziale minerału mieszanopakietowego I/S metodą rentgenograficzną nie daje się wykryć.

Fig. 10. Rentgenogramy marglu bezpiaszczystego (próbka 4/105d) w stanie naturalnym oraz jego frakcji ilastej wydzielonej po usunięciu węglanów (preparat sedymentowany, nasycony glikolem etylenowym oraz prażony w temperaturze 560°C). *Q* – kwarc; *Sk* – skałen potasowy; *Sp* – plagioklaz; *C* – kalcyt; *D* – dolomit; *S* – minerał smektytowy; *M* – minerały grupy mik; *Ch* – chloryt; *Ko* – kaolinit

Fig. 10. X-ray powder diffractograms of non-arenaceous marl (sample 4/105d) natural (*nat*) and of its clay fraction separated after elimination of carbonates (*sed* – oriented, *glik* – saturated with ethylene glycol, 560°C – heated in 560°C). *Q* – quartz; *Sk* – potassium feldspar; *Sp* – plagioclase; *C* – calcite; *D* – dolomite; *S* – smectite-group mineral; *M* – mica-group minerals; *Ch* – chlorite; *Ko* – kaolinite

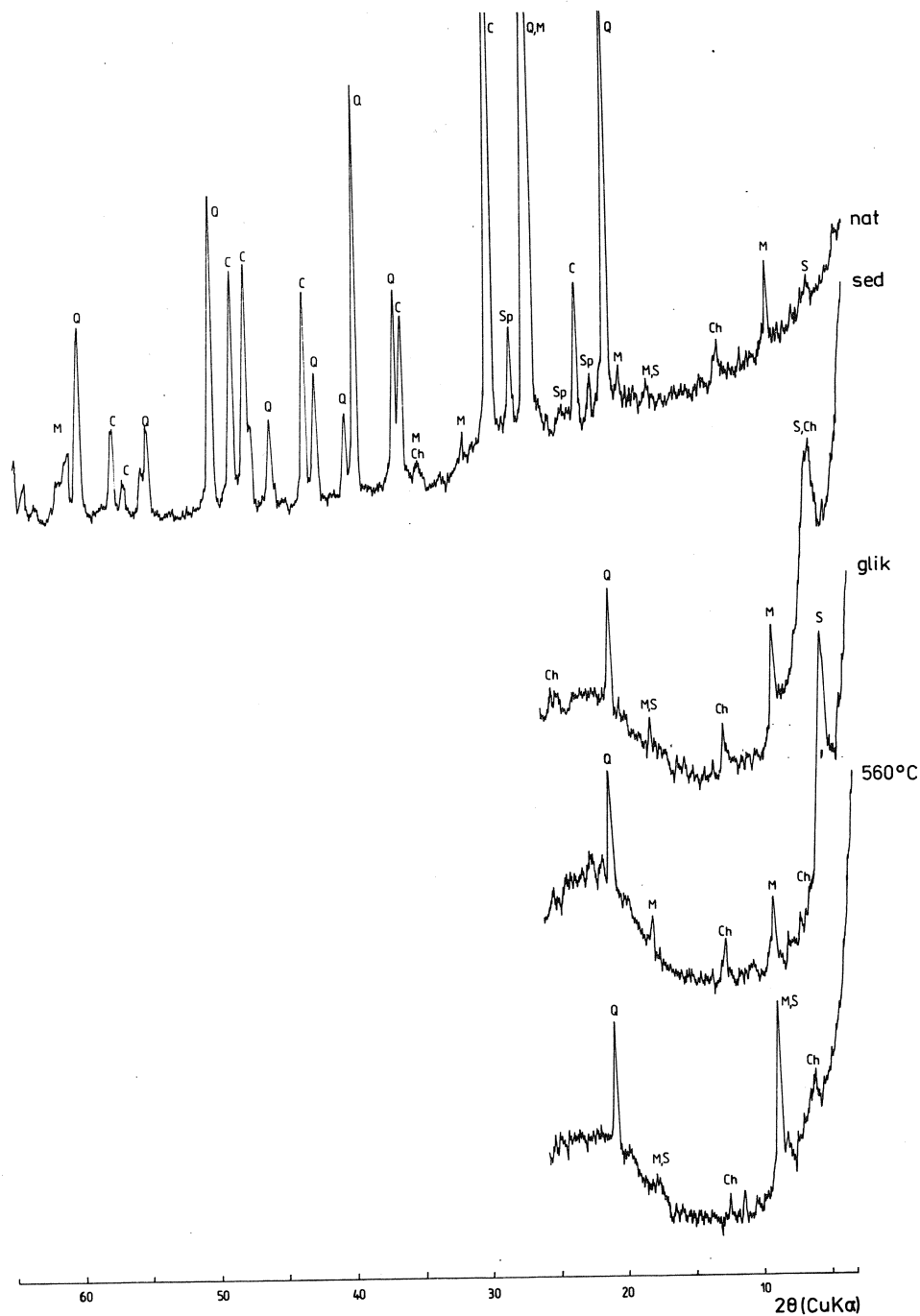


Fig. 11. Rentgenogramy marglu piaszczystego (próbka 4/20). Objaśnienia jak na Figurze 9
 Fig. 11. X-ray powder diffractograms of arenaceous marl (sample 4/20). Explanations as in
 Figure 9

Wśród minerałów ilastych w mniejszej lub w większej ilości występuje mikryt węglanowy (Pl. IV: 2), rekrystalizujący w większe kryształy kalcytu (Pl. IV: 3). W marglach bezpiaszczystych spotykane są drobne pory wypełnione kryształami o postaci przypominającej kalcyt lub zeolity (Pl. IV: 4). Te ostatnie żywo przypominają pokrojem zeolity z pracy Jakobsson & Moor (1986).

W mikroskopie skaningowym stwierdzono również obecność kokolitów. Na uwagę zasługuje ich różnorodność i dobry stan zachowania (Pl. IV: 5 i 6, Pl. V: 1). Kokolity były już opisywane z margli łąckich zachodniej części płaszczowiny magurskiej przez Radomskiego (1969).

Skąły towarzyszące

Piaskowce

Materiał okruchowy badanych piaskowców reprezentuje głównie frakcja piasku średnioziarnistego. Przeciętne średnice ziarn dla poszczególnych próbek wahają się od 0,88 do 1,88 ϕ (Tab.3). Wartości graficznego standardowego odchylenia oscylują wokół 1,00 świadcząc o umiarkowanym i złym wysortowaniu materiału. Ziarna są zwykle półobtoczone i ostrokrawędziste, chociaż zdarza się też przewaga dobrze obtoczonych (próbka 4/9d). Wśród materiału okruchowego, oprócz przeważającego kwarcu, w znacznej liczbie występują skalenie i okruchy skał (Tab. 3). Te ostatnie reprezentowane są głównie przez fragmenty skał osadowych i magmowych, przy niewielkim udziale metamorficznych. Okruchy magmowe są najczęściej fragmentami skał granitoidowych, podczas gdy osadowe to najczęściej okruchy wapieni. Miki reprezentuje jedynie muskowit. Glaukonit jest rzadki zwykle bez oznak wietrzenia. Pojawia się również detrytus zwęglonych szczątków roślin, piryty oraz węglanowe szczątki organiczne. Większe nagromadzenia igieł gąbek są rzadkie i wyłącznie związane ze stropowymi częściami ławic piaskowców, które sporadycznie przechodzą w piaszczyste margle.

Spoiwo piaskowców jest prawie wyłącznie węglanowo-ilaste o strukturze zbliżonej do masy węglanowo-ilastej margli. Sporadycznie tylko pojawiają się większe skupienia drobnokrystalicznego kwarcu dając spoiwo krzemionkowo-ilaste. Niewielka liczba kontaktów międzynarodowych, i to głównie punktowych, jak też brak odkształceń blaszek mik, świadczą o słabym rozwoju procesów kompaktacji i szybkiej lityfikacji skały.

Analiza granulometryczna frakcji drobniejszej od piaszczystej wykazała niewielki tylko udział frakcji ilastej, przy przewadze pylastej (Fig. 9). Minerale ilaste reprezentowane są przez minerał smektytowy, illit, kaolinit i chloryt (Fig. 12, Tab. 2). W obrazach uzyskanych w mikroskopie skaningowym widoczny jest, wśród detrytycznych minerałów ilastych, autogeniczny minerał smektytowy poprzątkany ziarnami kalcytu (Pl. V: 2). Niektóre przestrzenie porowe

Tabela — Table 3

Skład petrograficzny oraz charakterystyka uziarnienia piaskowców górnych warstw łąckich
 Petrographical composition and granulometry of sandstones in Upper Łącko Beds

	Numer próbki Sample number						
	4/115g	4/115d	4/51d	4/66d	4/41g	4/41d	4/9d
	% objętościowe — volume percent						
Kwarc quartz	31,2	34,0	34,0	38,0	36,6	29,4	57,0
Skalenie feldspars	9,8	10,6	9,6	10,8	6,0	6,6	6,4
Okruchy skał rock fragments							
Suma total	11,4	12,6	17,2	14,0	9,8	6,2	7,2
Magmowe magmatic	53	36	38	52	55	50	28
Osadowe sedimentary	36	38	42	38	24	31	51
Metamorficzne metamorphic	11	26	20	10	21	19	21
Miki micas	1,8	2,6	2,6	1,8	1,4	4,0	0,0
Glaukonit glauconite	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	1,4
Inne other	1,2	1,2	0,2	1,0	1,0	4,2	0,4
Spoivo cement							
Węglanowo-ilaste							
Carbonate-argillaceous	33,2	36,8	30,0	31,0	45,2	49,0	26,2
Krzemionkowo-ilaste							
Siliceous-argillaceous	11,2	2,2	6,2	3,4	0,0	0,4	1,4
Graficzna przeciętna średnica							
graphic mean diameter Ø	1,78	1,78	1,55	1,45	1,45	1,88	0,88
Graficzne standardowe odchylenie							
graphic standard deviation Ø	1,38	1,03	1,44	1,33	0,91	0,91	1,01

wypełnia wyłącznie autigeniczny minerał smektytowy (Pl. V: 3, 4), w innych zaś koncentrują się kryształy węglanów (Pl. V: 5). Na podkreślenie zasługuje homogeniczny charakter spoiva piaskowców fluksoturbidytowych (Pl. V: 6) oraz podwyższona w nich zawartość kaolinitu i chlorytu (Fig. 13, Tab. 2).

Łupki

Łupki wykazują dużą zmienność zawartości węglanów. Obok bezwapniowych pojawiają się też silnie wapniste o charakterze margli, gdzie zawartość kalcytu przekracza 40%. W większości jednak łupków wapnistych, i to zarówno piaszczystych, jak i bezpiaszczystych, węglany stanowią poniżej 25%. Dolomit zwykle nie przekracza 5% udziału sporadycznie osiągając 7% (Fig. 7).

Skład mineralny i ziarnowy łupków badano w dwóch próbkach, różnie położonych w profilu górnych warstw łąckich. Jedna z nich (4/40) reprezentuje łupek bezpiaszczysty przykrywający margiel, druga zaś (4/48d) łupek piaszczysty z pakietu podścielonego ławicą piaskowca. Są to łupki margliste, przy czym

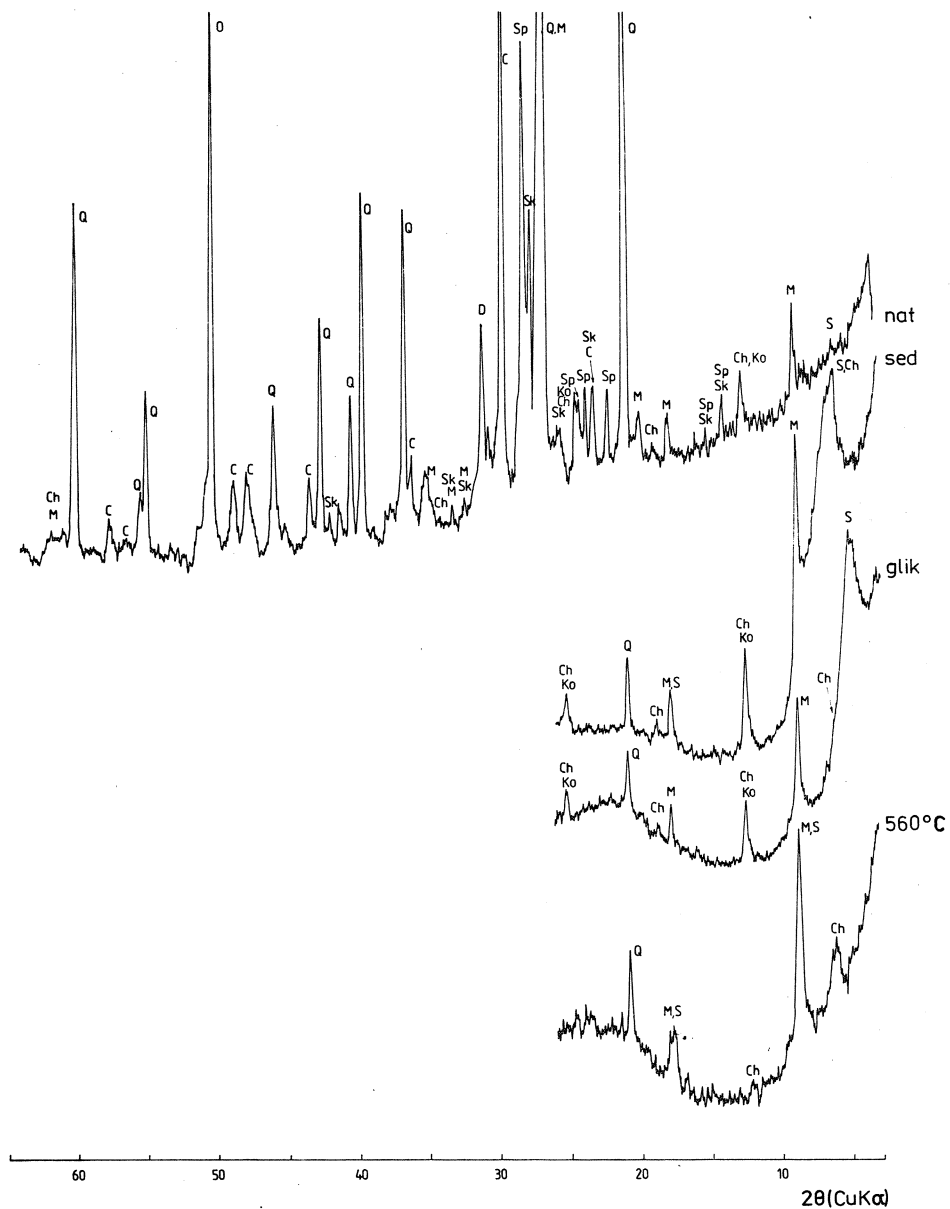


Fig. 12. Rentgenogramy piaskowca uziarnionego frakcjonalnie (próbka 4/51d). Objaśnienia jak na Figurze 9

Fig. 12. X-ray powder diffractograms of graded sandstone (sample 4/51d). Explanations as in Figure 9

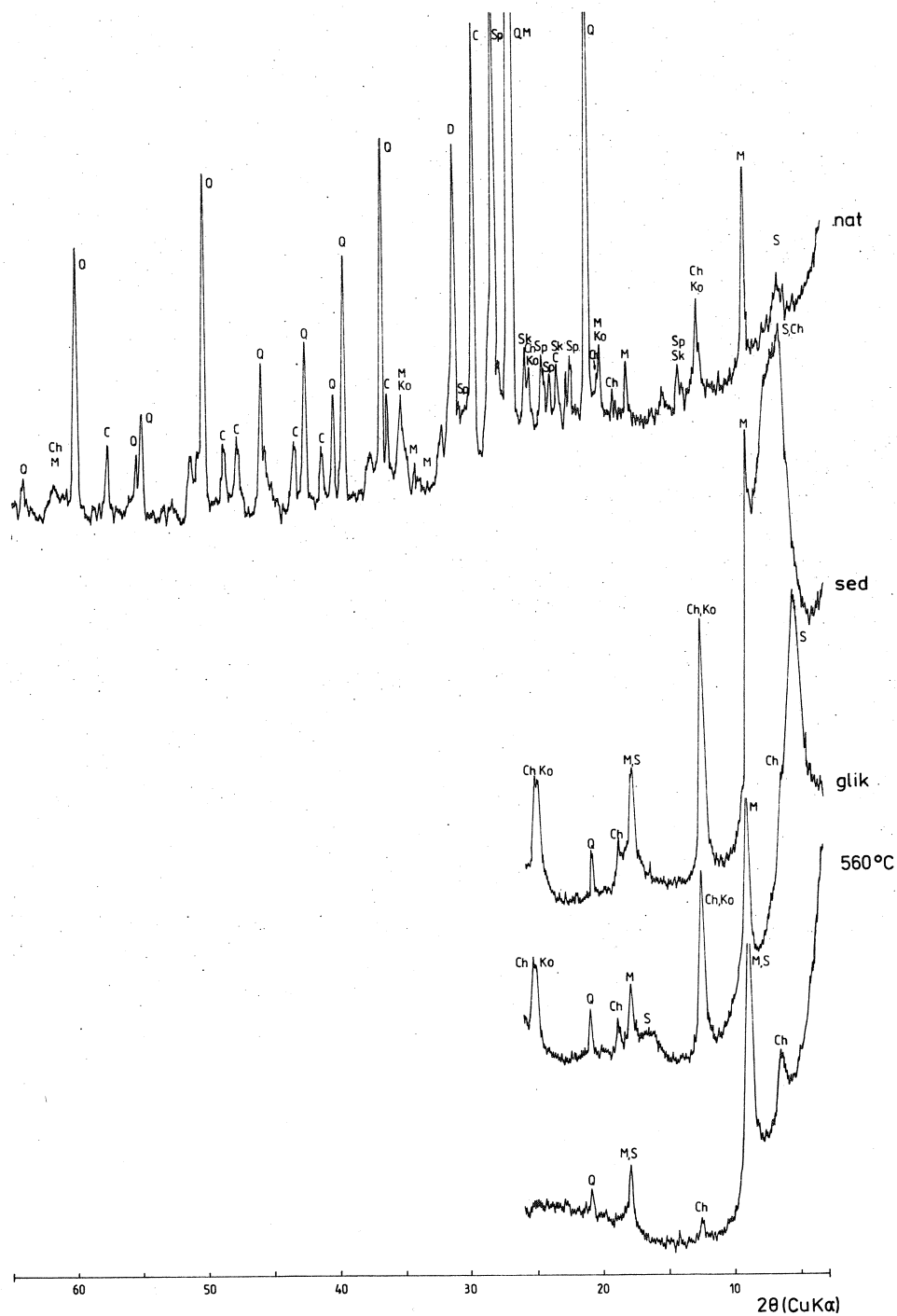


Fig. 13. Rentgenogramy piaskowca fluksoturbidytowego (próbka 4/77). Objaśnienia jak na Figurze 9

Fig. 13. X-ray powder diffractograms of fluxoturbidite sandstone (sample 4/77). Explanations as in Figure 9

wyraźnie silniej wapnisty jest łupek ponad marglem. Zawiera on 43,7% CaCO_3 i 1,5% $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, podczas gdy odpowiednie wartości dla drugiej próbki wynoszą 22,9 i 7,4%. Łupki są najdrobniej uziarnionymi skałami profilu (Fig. 9). W pozbawionym węglanów i frakcji piaszczystej materiale badanych próbek przeważa frakcja ilasta i wyraźnie duże są udziały bardzo drobnoziarnistego i drobnoziarnistego pyłu (poniżej 15 μm).

W badaniach rentgenograficznych oprócz dużego udziału kalcytu stwierdzono obecność minerałów ilastych, kwarcu i śladowych ilości skaleni. W próbkach pozbawionych węglanów i sedymentowanych występuje w podwyższonej zawartości minerał z grupy smektytu, któremu towarzyszą w niewielkiej ilości minerały grupy mik, kaolinit i chloryt (Tab. 2).

Sedymentacja

Margle łackie według Żytki (1961), Węclawika (1969a, b) i Sikory (1970) powstały w wyniku redepozycji osadu złożonego na zboczu nasypu litoralnego. Wieser (1966) przyjmuje natomiast, że są one osadem pelagicznym. Obecność warstwowania przekątnego (Pl. I: 1), uziarnienie frakcjonalne (Fig. 8), kierunkowe ułożenie igieł gąbek (Pl I: 2) przy znikomej zawartości frakcji piaszczystej w badanych marglach wskazują na transport przez prądy zawieszinowe o małej gęstości (Rupke, 1975; Stanley, 1974). Osady, z których powstały margle łackie, rozwijały się w obrębie płytkiej strefy – szelfu w znaczeniu użytym przez Unruga (1979) – okalającej kordylierę południowomagurską.

Charakterystyczną cechą margli łackich jest podwyższona zawartość igieł gąbek (do 23,8%, Tab. 1), która pozwala w wielu przypadkach na stosowanie nazwy geza wapnista lub piaszczysta (podział Alexandrowicza, 1973).

Współczesne utwory gezone wedle Alexandrowicza (1973) oraz Gillot *et al.* (1984) powstają w strefie nerytycznej, przy dolnym końcu szelfu. Współwystępowanie w marglach łackich wysokiej zawartości smektytu z igłami gąbek krzemionkowych pozwala przypuszczać, że rozwojowi organizmów o szkielecie krzemionkowym sprzyjały przemiany szkliwa wulkanicznego uwalniające SiO_2 (Walton, 1975, 1977). Wskaźnikiem pierwotnej obecności szkliwa jest według Louaila (1981) powszechna obecność smektytu autigenicznego.

Obok ilów smektytowych na szelfie powstawały osady piaszczyste i mułowe, w których obok minerału smektytowego obecny był illit i kaolinit. Facja mułowa była usytuowana w obrębie szelfu środkowego i zewnętrznego (Kulm *et al.*, 1975). Skały węglanowe znoszone na obszar szelfu w znacznym procencie reprezentowane były przez drobne frakcje, które tworzą obecnie spoiwo wapienne piaskowców i masę węglanowo-ilastą margli. Klimat, w którym rosły palmy, zapewniał wysoką koncentrację węglanu wapnia w ciepłych wodach szelfowych.

Sedymentacja osadów pierwotnych margli łackich na szelfie i ich redepozycja w głębsze strefy basenu przypomina sedymentację utworów opisanych przez Labaume *et al.* (1983), a także sposób powstawania margli z Węgierki

(margle bakulitowe) opisany przez Gerocha *et al.* (1979). Mimo genetycznego podobieństwa, margle te przy szczegółowych porównaniach wykazują wyraźne różnice. Margle z Węgierki zawierają znacznie więcej węglanu wapnia, z czym wiąże się duży udział tak mikro-, jak i makrofauny wapiennej. Ich frakcja ilasta jest skąpa i zbudowana z minerału mieszanopakietowego illit/smektyt. Charakterystyczną cechą margli z Węgierki jest ich występowanie w formie bloków, toczeńców i olistolitów obok odmian uławiconych. Świadczy to o obecności na szelfie, prócz łatwo unoszonego przez prąd materiału luźnego, również osadów już silnie zdiagenezowanych. Sporadyczne tylko występowanie margli łąckich w materiale osuwiskowym świadczy o słabym stopniu diagenezy materiału na szelfie. Mogło to być spowodowane niższą zawartością węglanów.

Analiza profili wykazała, że akty depozycji margli poprzedzone były zejściem podmorskich osuwisk. Być może ten sam czynnik inicjował ruchy masowe oraz powodował mieszanie i redepozycję mułów szelfowych. Debroas *et al.* (1983) i Labaume *et al.* (1983) przyjmują, że powstanie podobnych osadów we fliszu Pirenejów było wywołane trzęsieniami ziemi. Szczególne nasilenie tych zjawisk w Karpatach przypadało według Węclawika (1969b) na środkowy eocen. W okresie tym wedle prac Oszczypki (1973), Marschalki (1975) i Bogacza *et al.* (1979) w obrębie wydłużonego równoleżnikowo basenu magurskiego prześledzić można przejście od facji fliszu bliskiego na południu do facji fliszu dalekiego na północy. Pierwszą reprezentują zlepieńce i piaskowce warstw strichowskich oraz piaskowce krynickie i magurskie, drugą warstwy belowskie. Warstwy łąckie występują na granicy obu facji. Obszarem źródłowym była w tym okresie kordyliera południowomagurska o plutonicznym jądrze otoczonym przez skały metamorficzne, piaskowce i wapienie (Bromowicz, 1986). Taka jej budowa wynika z obserwacji zlepieńców warstw strichowskich i magurskich (Marschalko, 1975; Oszczypko, 1975) oraz składu okruszków skał w piaskowcach warstw łąckich.

Basen fliszowy miał charakter wydłużonej rynny zapadającej ku zachodowi. Przeważał w nim longitudinalny kierunek transportu, zgodny z azymutem upadu dna basenu. Obserwowane w warstwach łąckich osuwiska i fluksoturbydyty są, podobnie jak w pracy Labaume *et al.* (1983), przejawem bocznej dostawy materiału do osiowej części basenu, alimentowanej od wschodu. Skojarzone z osuwiskami margle łąckie są, sądząc po soczewkowatym ich kształcie, wypełnieniami kanałów rozprowadzających podmorskich stożków rozwiniętych u stóp skłonu kordyliery południowomagurskiej (Fig. 14). Iły smektytowe z igłami gąbek były uruchamiane sporadycznie, jako wynik zjawisk o charakterze katastrofalnym (wstrząsy sejsmiczne). Pojawiały się one po zejściu osuwisk podmorskich jako drobny materiał niesiony w kanale przez prądy zawiesinowe. Przemiany smektytu w minerał mieszanopakietowy I/S należy wiązać z procesami diagenezy (Środoń, 1984).

Pojawienie się margli łąckich w pasie o niewielkiej szerokości, stanowiącym dziś strefę sądecką świadczy o nagłej (wzdłuż drogi spływów) zmianie

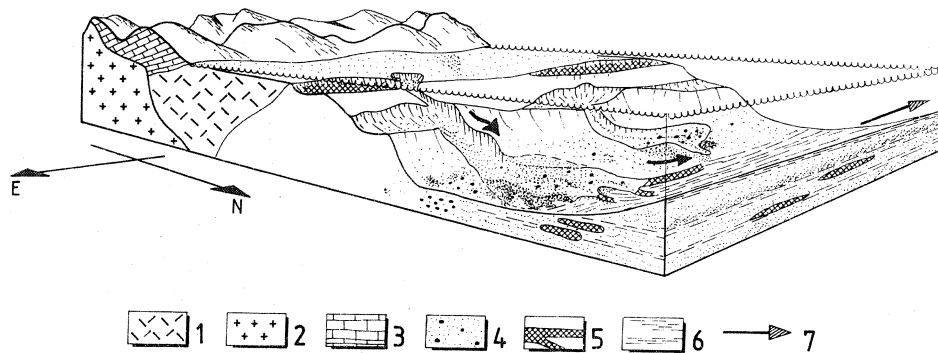


Fig. 14. Model sedimentacji margli Łąckich. Czarne strzałki pokazują drogi redepozycji materiału margli Łąckich. 1 – skały metamorficzne; 2 – skały głębinowe; 3 – wapień; 4 – piaski i żwiry; 5 – muły margliste; 6 – muły i ily; 7 – główny kierunek transportu osadów towarzyszących marglom Łąckim

Fig. 14. Sedimentary model of Łącko marls. Black arrows show redeposition paths of material of Łącko Marls. 1 – metamorphic rocks; 2 – plutonic rocks; 3 – limestones; 4 – sands and gravels; 5 – marly muds; 6 – muds and clays; 7 – main palaeotransport direction of sediments accompanying Łącko Marls

warunków transportu materiału w kanałach. Można przypuszczać, że do depozycji materiału dochodziło w osiowej części zbiornika, gdy zanikał spadek kanałów. Brak margli Łąckich w sąsiadującej od północy strefie facjalnej wywołany był prawdopodobnie również zmianą w konfiguracji dna. Polegała ona na podnoszeniu się dna poza oś rynny sedymentacyjnej. Nasunięcia obserwowane na granicy stref facjalnych podkreślają jedynie różnice wywołane warunkami sedymentacji.

Podziękowania. Autorzy dziękują gorąco Pani Prof. Janinie Estéoule-Chaux z Instytutu Geologii Uniwersytetu w Rennes za pomoc w interpretacji zdjęć skaningowych, a Panu Prof. Norbertowi Trouthowi z Instytutu Geologii Uniwersytetu Paryskiego – Centre Orsey za umożliwienie wykonania badań przy użyciu spektrometru rentgenowskiego i pomoc w interpretacji wyników oraz Dr. hab. J. Środoniowi za dyskusję i cenne uwagi dotyczące identyfikacji minerałów mieszanopakietowych. Serdecznie dziękujemy też Panu Joe Le Lannickowi z Centrum Mikroskopii Elektronowej Uniwersytetu w Rennes za wykonanie zdjęć skaningowych.

LITERATURA CYTOWANA – REFERENCES

- Alexandrowicz, S. W., 1973. Gaize-type sediments in the Carpathian flysch. *Neues Jb. Geol. Paläontol. Mn.* 1973: 1–17.
- Bogacz, K., Dziewański, J., Jednorowska, A., & Węclawik, S., 1979. Osady paleogenu płaszczowiny magurskiej w rejonie Owczar (Beskid Niski). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 49: 43–65.
- Bogacz, K. & Węclawik, S., 1963. Excursion C-1 Nowy Sącz–Gołkowice–Tylmanowa–Krościenko. *Karpates Externes, guide des excursions. Assoc. Géol. Karp.-Balk., VI Congrès, Varsovie – Cracovie*, pp. 180–190.
- Bromowicz, J., 1986. Zróżnicowanie petrograficzne obszarów źródłowych warstw ropianieckich na wschód od Dunajca (Polskie Karpaty Zewnętrzne). *Ann. Soc. Geol. Polon.*, 56: 253–276.

- Debroas, E. J., Lagier, Y. & Souquet, P., 1983. Turbidites calcaires exceptionnelles dans le flysch turone-coniacien du versant nord des Pyrénées occidentales. *Bull. Soc. Géol. France*, (7) 25: 911–919.
- Geroch, S., Kryszowska-Iwaszkiewicz, M., Michalik, M., Prochazka, K., Radomski, A., Radwański, Z., Unrug, Z., Unrug, R. & Wiczonek, J., 1979. Sedymentacja margli z Węgierki. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 49: 105–133.
- Gillot, E., Magniez-Jannin, F., Pascal, A. & Rat P., 1984. Peuplements et critères sédimentologiques d'environnement dans l'interprétation d'une séquence transgressive à partir du Barémien du sondage D.S.D.P., leg 80, site 549 (Atlantique NE). *Bull. Soc. Géol. France*, (7) 26: 1349–1356.
- Jackson, M. L., 1975. *Soil Chemical Analysis. Advanced Course*. Publ. by the author, Madison, Wisconsin, 895 pp.
- Jakobsson, S. P. & Moor, J. G., 1986. Hydrothermal minerals and alteration rates at Surtsey volcano, Iceland. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 97: 648–659.
- Keller, W. D., Reynolds, R. C. & Inoue, A., 1986. Morphology of clay minerals in the smectite to illite conversion series by scanning electron microscopy. *Clays Clay Miner.*, 34: 187–197.
- Korczyńska-Oszacka, B., 1969. Badania mineralogiczne skał marglistych przy zastosowaniu kompleksu III. *Pr. Miner.*, 19, 67 pp.
- Książkiewicz, M. (ed.), 1962. *Atlas geologiczny Polski. Zagadnienia stratygraficzno-facjalne*, z. 13. Inst. Geol., Warszawa.
- Kulm, L. D., Rousch, R. C., Neudeck, R. H., Chambers, D. M. & Runge, E. J., 1975. Oregon continental shelf sedimentation: interrelationships of facies distribution and sedimentary processes. *J. Geol.*, 83: 145–176.
- Labaume, P., Mutti, E., Séguret, M. & Rosell, J., 1983. Mégaturbidite de l'Eocène inférieur et moyen sud-pyrénéen. *Bull. Soc. Géol. France*, (7) 25: 927–941.
- Louail, J., 1981. La transgression crétacée du Sud du Massif Armoricain. Cénomaniens de l'Anjou et du Poitou, Crétacé supérieur de Vendée. Etude stratigraphique, sédimentologique et minéralogique. *Mém. Soc. Géol. Minér. Bretagne*, 29, 300 pp.
- Marschalko, R., 1975. Sedimentologický výskum paleogénnych zlepcov bradlového pásma prilahlých tektonických jednotiek a prostredie ich vzniku (východne Slovensko). *Nauka o Zemi*, 9, *Geol.* 10, 146 pp.
- Nowak, J., 1924. Geologia Krynicy. *Kosmos*, 49: 449–501.
- Oszczypko, N., 1973. Budowa geologiczna Kotliny Sudeckiej. *Biul. Inst. Geol.*, 271: 101–170.
- Oszczypko, N., 1975. Egzotyki w paleogenie magurskim między Dunajcem i Popradem. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 45: 403–431.
- Radomski, A., 1969. Pozimy nannoplanktonu wapiennego w paleogenie polskich Karpat zachodnich. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 28: 546–605.
- Radomski, A., & Gradziński, R. 1978. Lithologic sequences in the Upper Silesia Coal-Measures (Upper Carboniferous, Poland). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 48: 193–210.
- Rupke, N. A., 1975. Deposition of fine-grained sediments in the abyssal environment of the Algero-Balearic Basin, western Mediterranean Sea. *Sedimentology*, 22: 95–100.
- Stanley, D. J., 1974. Pebbly mud transport in the head of Wilmington Canyon. *Marine Geol.*, 16: M1-M8.
- Sikora, W., 1970. Budowa geologiczna płaszczowiny magurskiej między Szymbarkiem Ruskim a Nawojową. *Biul. Inst. Geol.*, 235: 5–122.
- Środoń, J., 1981. X-ray identification of randomly interstratified illite-smectite in mixtures with discrete illite. *Clay Miner.*, 16: 297–304.
- Środoń, J., 1984. Mixed-layer illite-smectite in low-temperature diagenesis: data from the Miocene of the Carpathian Foredeep. *Clay Miner.*, 205–215.
- Uhlig, V., 1888. Ergebnisse geologischer Aufnahmen in der westgalizischen Karpathen. *Jb. Geol. Reichsanstalt*, 38: 85–264.
- Unrug, R., 1979. Palinspastic reconstruction of the Carpathian arc before the Neogene tectogenesis. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 49: 3–21.

- Wagner, M., 1980. Utwory węglonośne jednostki magurskiej okolic Jordanowa i Nowego Sącza. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 50: 99–117.
- Walton, A. W., 1975. Zeolitic diagenesis in Oligocene volcanic sediments, Trans-Pecos Texas. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 86: 615–624.
- Walton, A. W., 1977. Petrology of volcanic sedimentary rocks, Vieja Group, Southern Rim Rock Country, Trans-Pecos Texas. *J. Sedim. Petrol.*, 47: 137–157.
- Węclawik, S., 1969a. Rozwój osadów paleogenu sądeckiej strefy płaszczowiny magurskiej w Beskidzie Niskim. *Zesz. Nauk. AGH, Geologia*, 11: 7–32.
- Węclawik, S., 1969b. Budowa geologiczna płaszczowiny magurskiej między Uściem Gorlickim a Tyliczem. *Pr. Geol.*, 59: 96 pp.
- Wieser, T., 1966. Z petrografii regionu Babiej Góry. *Przewodnik 39 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego*: 91–100.
- Wilson, M. D. & Pittman, E. D., 1977. Autigenic clays in sandstones, recognition and influence on reservoir properties and paleoenvironmental analysis. *J. Sedim. Petrol.*, 47: 3–31.
- Żytko, K., 1961. Uwagi o sedymentacji warstw beloweskich i margli łąckich w Beskidzie Wyspowym. *Spraw. Pos. Komis. Nauk. PAN, Oddz. w Krakowie*: 230–232.

Summary

LITHOLOGY AND SEDIMENTATION OF THE ŁĄCKO MARLS IN THE EASTERN PART OF THE MAGURA NAPPE, FLYSCH CARPATHIANS, POLAND

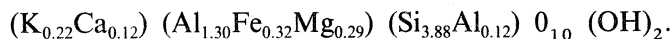
Jan Bromowicz & Katarzyna Górniak

The Łącko Marls, distinguished by Uhlig (1988) are a distinctive element of a facies zone distinguished by Nowak (1924) within the Magura nappe, and known as Nowy Sącz or Bystrica zone. The marls belong to the Lower and Upper Łącko Beds of Węclawik (1969a,b). They are mainly developed in the Middle Eocene strata (Fig. 1).

The marls are bluish-grey, compact, strongly fractured, sometimes arenaceous, may have some lamination or feeding channels (Pl. I: 1, 6). The marls are composed of clastic and biogenic material embedded in argillaceous-carbonate mass. The clastic components comprise: quartz, rare feldspars, glauconite, muscovite, pyrite, and coalified plant debris. The biogenic material consists mainly of sponge spicules (Tab. 1), accompanied by foraminifers, peloids and coccoliths (Pl. IV: 5, 6; Pl. V: 1). The spicules are calcified spicules of siliceous sponges (Pl. I: 3–5). Their content is so high that the rocks can be often classified as arenaceous or calcareous gaizes (Pl. I: 2).

The argillaceous-carbonate mass consists of fine calcite crystals (<0.002 mm; Pl. II; Pl. III: 1). The calcite and dolomite contents are highly variable (Figs. 2, 7; Tab. 1). The clayey material of the Łącko Marls consists in most samples of a smectite-group mineral, accompanied by mica-group minerals (muscovite, biotite, illite) and chlorite (Figs. 10, 11; Table 2). Non-arenaceous marls have elevated content of an expandable mineral (Fig. 10; Table 2). X-ray analyses

indicate that this is a mixed-layer illite-smectite mineral, containing about 70% of expandable layers. Its approximate structural formula is:



Uneven size of the smectite mineral flakes, and their arrangement, following the lamination of the rock (Pl. III: 2), suggests its detritic provenance (Pl. III: 3; Pl. IV: 1). It may be pure smectite, but with a significant content of the mixed-layer illite/smectite mineral, its rentgenographical identification is impossible.

The Łącko Marls occur within a normal flysch sequence. They appear rarely, but in thick beds, so that they make up eight percent of the thickness of the section of the Lower, and thirty percent in the Upper Łącko Beds. The sandstones accompanying marls are lithic wackes (Table 3) with a mainly carbonate-clayey matrix whose structure is similar to that of the carbonate-clayey mass in the marls (Pl. V: 2-5). Clay minerals are represented by smectite, illite, kaolinite and chlorite (Figs. 12, 13; Pl. V: 6). Similarly as in the marls, autigenic smectite is present besides the detrital one. The carbonate content in the shales is highly variable, from non-calcareous to strongly calcareous marly shales (Fig. 7). The composition of clay minerals is dominated by smectite, accompanied by micas, kaolinite and chlorite (Table 2).

Sedimentary features of the Łącko Marls indicate their redeposited nature: cross lamination (Pl. I: 1), graded bedding (Figs. 8, 9) and preferred orientation of sponge spicules (Pl. I: 2). Apparently the sediments were originally laid down in the neritic zone, near the shelf margin, similarly to modern gaize sediments.

The high content of spicules of siliceous sponges suggests that the development of the organisms with siliceous skeletons was favoured by transformation of volcanic glass. The original presence of volcanic material seems to be indicated by the ubiquitous occurrence of the smectite-group mineral with predomination of expandable layers together with the sponge spicules as well as by the probable zeolite crystals (Pl. IV: 4). Besides the smectite clays, there were also sandy and muddy sediments on the shelf, with illite and kaolinite. The smectite clays with sponge spicules, the original sediments of the Łącko Marls were in a little advanced diagenetic stage, as is indicated by the rare occurrence of marl clasts in submarine slumps.

The analysis of the Łącko Marls sections by means of Markov chains (Figs 3–6) indicated that the marls form separate sequences, clearly related to submarine slumps. The lenticular form of the marl bodies, as well as characteristic distributions of their thicknesses, distinct from the distributions of the other rocks in the sections (Figs. 5, 6), mark the extraneousness of the marly sediments.

The source area for the flysch of this zone was the South-Magura cordillera; the flysch basin had a form an elongated through deepening westwards. Longitudinal westward paleotransport prevailed. Submarine

slumps and fluxoturbidites reflect lateral supply of clastic material. The sediments of the Łącko Marls which accompany them, represent the fills of distributary channels on submarine fans situated at the feet of the shelf slope of the South-Magura cordillera (Fig. 14).

The sudden appearance of marly sediments in a narrow belt, now represented in the Nowy Sącz facies zone, reflects a rapid lateral change in the transport conditions in the channels. The deposition of the marly sediments resulted from a change in slope of the distributary channels and occurred in the axial part of the basin.

OBJAŚNIENIA PLANSZ – EXPLANATIONS OF PLATES

Plansza – Plate I

- 1 – Laminacja marglu bezpiaszczystego (próbka Iz-1)
Lamination in non-arenaceous marl (sample Iz-1)
- 2 – Igły gąbek w marglu bezpiaszczystym (próbka 53). Jeden nikol
Sponge spicules in non-arenaceous marl (sample 53). One nicol
- 3 – Igła gąbki zbudowana z promieniście wykształconego kalcytu (próbka 4/20). Elektronowy mikroskop skaningowy
Sponge spicule built of radially arranged calcite crystals (sample 4/20). Scanning electron microscope
- 4 – Fragment igły gąbki z Pl. I: 3. Elektronowy mikroskop skaningowy
Fragment of sponge spicule from Pl. I: 3. Scanning electron microscope
- 5 – Igła gąbki zbudowana z promieniście wykształconego kalcytu z kanałem centralnym wypełnionym grubokrystalicznym kalcytem (próbka 4/20). Elektronowy mikroskop skaningowy
Sponge spicule built of radially arranged calcite crystals with central channel filled with coarse calcite crystals (sample 4/20). Scanning electron microscope
- 6 – Kanały żerowiskowe w marglu bezpiaszczystym wypełnione piaskiem (próbka Iz-1) oraz w marglu piaszczystym wypełnione pyłem kwarcowym (próbka 12). Jeden nikol
Feeding channels in non-arenaceous marl filled with sand (sample Iz-1) and in arenaceous marls filled with quartz silt (sample 12). One nicol

Plansza – Plate II

- 1 – Wyniki badań wybranego mikroobszaru marglu bezpiaszczystego w mikroanalizatorze rentgenowskim (próbka 4/105d). *a* – obraz elektronowy topograficzny, *b* – rozpoznane minerały: 1 – minerały ilaste, 2 – mika, 3 – kalcyt, 4 – kwarc, *c-f* – rozmieszczenie Si, Ca, Al, Mg
Results of X-ray analyses in a microregion of non-arenaceous marl (sample 4/105d). *a* – topographic electron microgram, *b* – identified minerals: 1 – clay minerals, 2 – mica, 3 – calcite, 4 – quartz, *c-f* – distribution of Si, Ca, Al, Mg

Plansza – Plate III

- 1 – Wyniki badań wybranego mikroobszaru marglu piaszczystego w mikroanalizatorze rentgenowskim (próbka 4/20). *a* – obraz elektronowy topograficzny, *Q* – kwarc, *C* – kalcyt, *Sk* – skałki, *I* – minerały ilaste; *b-d* – rozmieszczenie Ca, Si, Al

Results of X-ray analyses in a microregion of arenaceous marl (sample 4/20). *a* — topographic electronic microgram, *Q* — quartz, *C* — calcite, *Sk* — feldspar, *I* — clay minerals; *b* — *d* — distribution of Ca, Si, Al

- 2 — Kierunkowe ułożenie zmiennej wielkości blaszek minerału smektytowego w marglu bezpiazczystym (próbka 4/105d). Elektronowy mikroskop skaningowy
Directional arrangement of blades of various size of smectite-group mineral in non-arenaceous marl (sample 4/105d). Scanning electron microscope
- 3 — Autigeniczny minerał smektytowy z mikrytem w marglu piaszczystym (próbka 4/20). *S* — smektyt, *C* — kalcyt. Elektronowy mikroskop skaningowy
Autigenic smectite group mineral with micrite in arenaceous marl (sample 4/20). *S* — smectite, *C* — calcite. Scanning electron microscope

Plansza — Plate IV

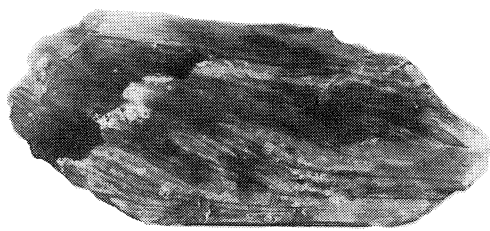
- 1 — Autigeniczny minerał smektytowy w formie agregatu typu "plaster miodu" wypełniający komorę otwornicę(?) zbudowanej z promienistego kalcytu (margiel bezpiazczysty, próbka 4/105d). Elektronowy mikroskop skaningowy
Autigenic smectite-group mineral in from "honeycomb" aggregates, filling (?) foraminiferal chamber built of radial crystals (non-arenaceous marl, sample 4/105d). Scanning electron microscope
- 2 — Mikryt z minerałami ilastymi w marglu piaszczystym (próbka 4/20). Elektronowy mikroskop skaningowy
Micrite with clay minerals in arenaceous marl (sample 4/20). Scanning electron microscope
- 3 — Rekrystalizacja mikrytu w marglu piaszczystym (próbka 4/20)
Recrystallization of micrite in arenaceous marl (sample 4/20)
- 4 — Zeolity(?) w porach otoczonych minerałami ilastymi (margiel bezpiazczysty, próbka 4/105d). *G* — glaukonit. Elektronowy mikroskop skaningowy
(?) Zeolites in pores surrounded with clay minerals (non-arenaceous marl, sample 4/105d). *G* — glauconite. Scanning electron microscope
- 5 — Kokolity na powierzchni laminacji w marglu bezpiazczystym (próbka 4/105d). Elektronowy mikroskop skaningowy
Coccolithes on lamination surface in non-arenaceous marl (sample 4/105d). Scanning electron microscope
- 6 — Kokolit wśród minerałów ilastych w marglu bezpiazczystym (próbka 4/105d). Elektronowy mikroskop skaningowy
Coccolith among clay minerals in non-arenaceous marl (sample 4/105d). Scanning electron microscope

Plansza — Plate V

- 1 — Kokosfera otoczona minerałami ilastymi w marglu bezpiazczystym (próbka 4/105d). Elektronowy mikroskop skaningowy
Coccosphere among clay minerals in non-arenaceous marl (sample 4/105d). Scanning electron microscope
- 2 — Autigeniczny minerał smektytowy w spoiwie piaskowca warstwowanego frakcjonalnie (próbka 4/51d). *S* — smektyt, *C* — kalcyt. Elektronowy mikroskop skaningowy
Autigenic smectite-group mineral in the matrix of graded sandstone (sample 4/51d). *S* — smectite, *C* — calcite. Scanning electron microscope
- 3 — Skupienie autigenicznego minerału smektytowego w przestrzeni porowej piaskowca warstwowanego frakcjonalnie (próbka 4/51d). *S* — smektyt, *M* — blaszka miki. Elektronowy mikroskop skaningowy
Aggregate of autigenic smectite-group mineral in pore space of graded sandstone (sample 4/51d). *S* — smectite, *M* — mica flake. Scanning electron microscope

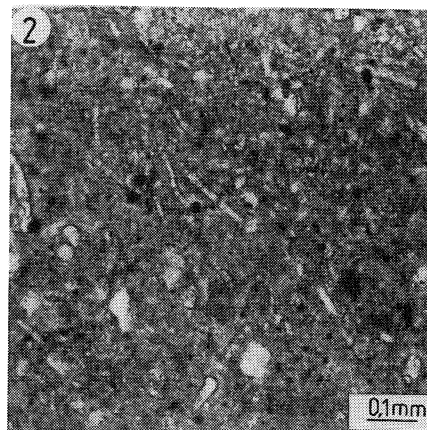
- 4 — Autigeniczny minerał smektytowy z Pl. V: 3. Elektronowy mikroskop skaningowy
Autigenic smectite-group mineral from Pl. V: 3. Scanning electron microscope
- 5 — Rekrytalizacja mikrytu w przestrzeni porowej piaskowca warstwowanego frakcjonalnie (sample 4/51d). Elektronowy mikroskop skaningowy
Recrystallization of micrite in pore space of graded sandstone (sample 4/51d). Scanning electron microscope
- 6 — Minerale ilaste w spoiwie piaskowca fluksoturbidytowego (próbka 4/77). Elektronowy mikroskop skaningowy
Clay minerals in the matrix of fluxoturbidite sandstone (sample 4/77). Scanning electron microscope

1



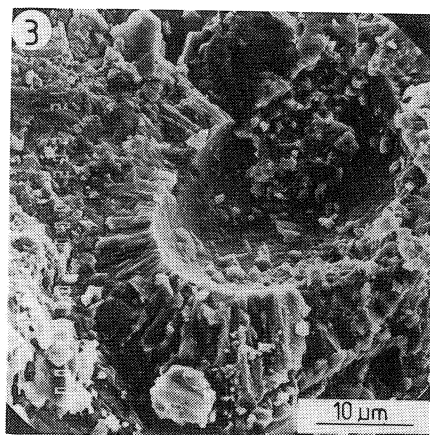
10 cm

2



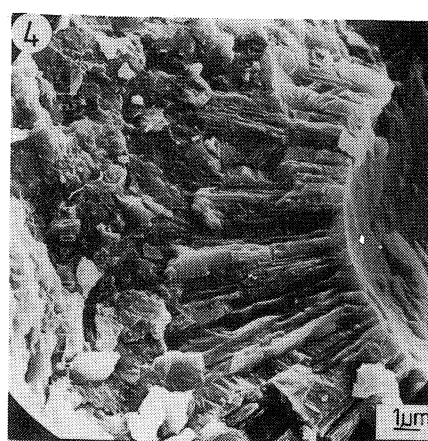
0.1mm

3



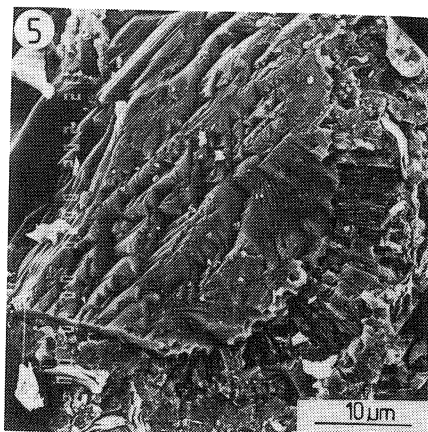
10 μm

4



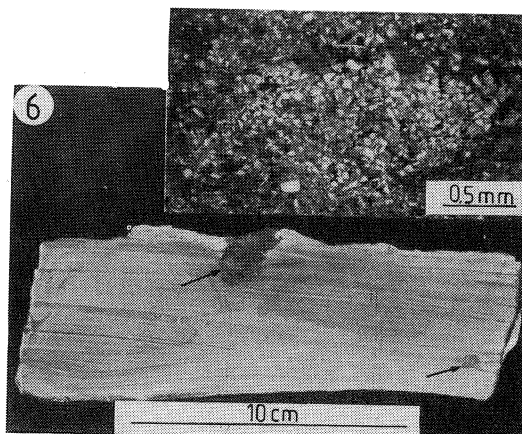
1 μm

5



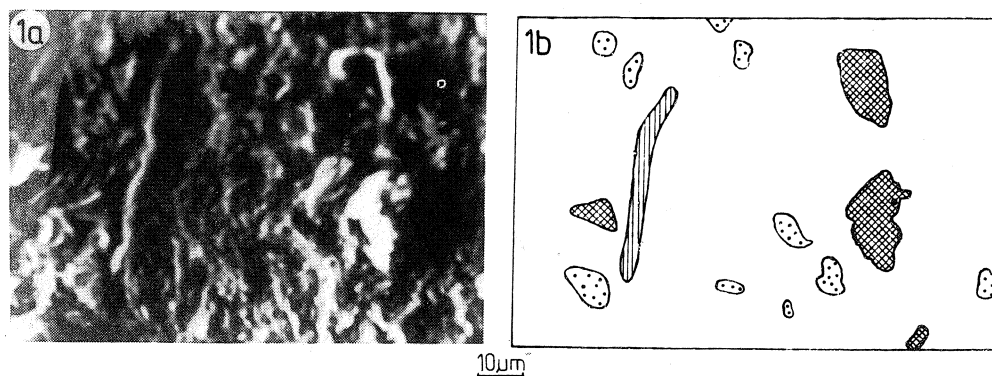
10 μm

6

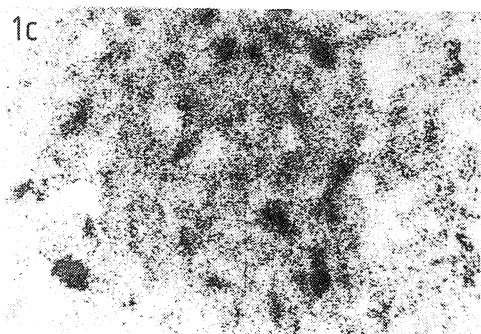


10 cm

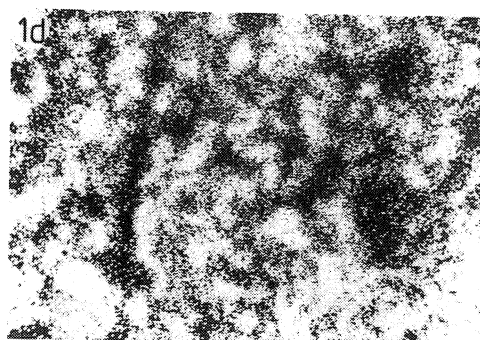
0.5mm



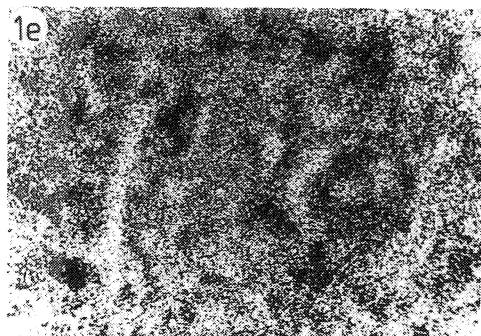
Topografia
(Topography)



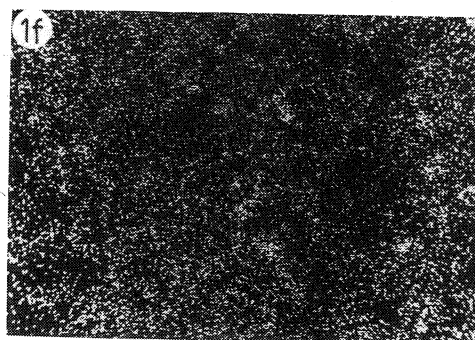
Si



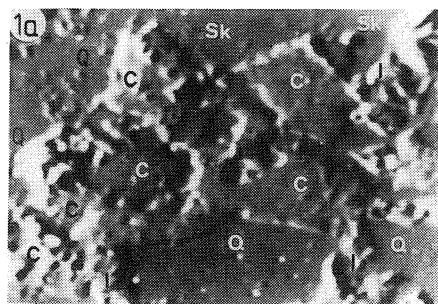
Ca



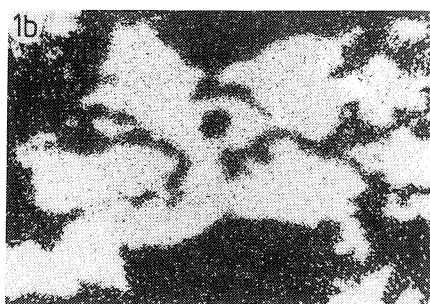
Al



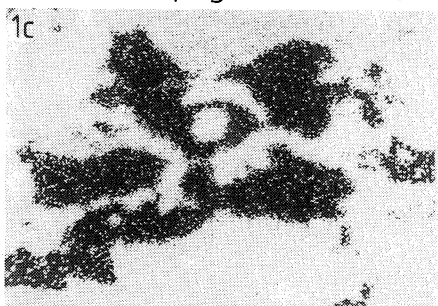
Mg



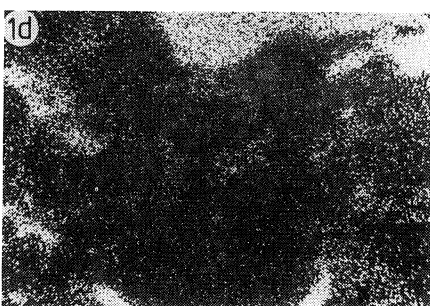
Topografia (Topography)



Ca



Si



Al

10µm

