

JÓZEF DOMAŃSKI

NIEKTÓRE CECHY PETROGRAFICZNE IŁÓW WARWOWYCH Z OPALENIA (K. TCZEWA)

(Tabl. XXIII i 7 fig.)

*Some petrographic features of varved clays from Opalenie
near Tczew (Northern Poland)*

(Pl. XXIII and 7 fig.)

Streszczenie. Iły warwowe z Opalenia należą do osadów interglacjału Mazovien II lub interstadiu Varsovien II.

Warwy mułkowo-piaszczyste składają się w 91% z ziarn o średnicy poniżej 0,075 mm, a warwy ilaste zawierają średnio 43,7% ziarn o średnicy poniżej 0,003 mm. Frakcja lekka zawiera głównie kwarczec oraz zmiennie co do ilości występują w niej skalenie, kalcyt i glaukonit o różnym stopniu obtoczenia.

Zawartość minerałów ciężkich jest niewielka. Świadczą one, że źródłowym materiałem były skały magmowe i metamorficzne pochodzenia północnego.

Obecność dobrze zachowanych otwornic (szczególnie w środkowej części profilu) i glaukonitu wskazuje na domieszkę materiału kredowego i trzeciorzędowego.

WSTĘP

Iły warwowe występujące na terenie Polski nie były przedmiotem szerszego zainteresowania polskich badaczy czwartorzędu. Z przeglądu dotychczasowej literatury (Limanowski 1922, Lewiński 1924, Hallicki 1932 i 1933, Krygowski 1934, 1938 i 1950, Wawryk 1956, Błachowski 1957) wynika, że opracowania iłów warwowych ujmowane były raczej od strony geologicznej, ograniczając się przeważnie do wyjaśnienia bądź ustalenia zagadnienia stratygrafii i chronologii.

Praca niniejsza stanowi fragment opracowań dotyczących tych osadów, będąc przyczynkiem do określenia jakości i typu iłu warwowego z punktu widzenia petrograficznego dla późniejszego porównania ich z iłami warwowymi występującymi w innych miejscach Polski.

W artykule tym jako pierwszej części pracy opisano iły warwowe z Opalenia.

Miejscowość Opalenie położona jest w powiecie tczewskim woj. gdańskiego, na lewym brzegu północnej doliny Dolnej Wisły. Próby iłu warwowego do badań zostały pobrane z profilu ściany czynnej kopalni znajdującej się w odległości około 300 metrów od cegielni Opalenie. Próby pobierano z miejsc profilu różniących się makroskopowo od siebie wykształceniem warw i jakością materiału w ilości po około 3 kg każda, z zachowaniem nie naruszonej struktury. Oddzielnie z tego samego profilu zostały pobrane próbki warw piaszczysto-mułkowych z tych miejsc profilu ściany,

w których były one wyraźnie wykształcone i o miąższości umożliwiającej pobranie co najmniej 20 g próby jako koniecznej ilości do przeprowadzenia badań laboratoryjnych.

Iły warwowe Opalenia (fig. 1, 2) występują w brzegu wysoczyzny dyluwialnej, która jest tu rozcięta doliną dolnej Wisły. Iły te (E. Rühle i M. Sokołowska 1954) wchodzi w skład serii rzecznej i jeziornej utworów interglacjału młodszego (Mazovien II) lub utworów interstadiału zlodowacenia północno-polskiego (Varsovien II).

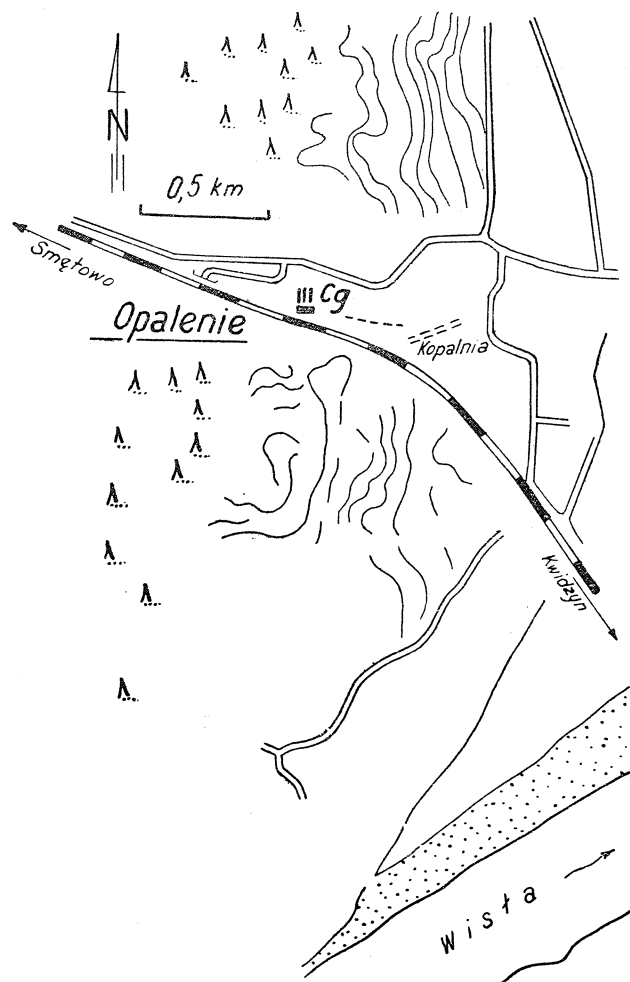


Fig. 1. Mapka rejonu kopalni ilów warwowych w Opaleniu

Fig. 1. Sketch-map showing the localisation of the clay-pit in which the varved clays are exposed

Według Galona (1934) lewy brzeg doliny dolnej Wisły wykazuje pod górną i dolną gliną lodowcową serie fluwioglacjalne w postaci warstwowanych piasków i ilów. Do serii tej — według tego autora — zaliczyć należy iły warwowe Opalenia. R. Galon — charakteryzując teren między Widlicami a Opaleniem — podaje, że na zniszczonej powierzchni dyluwialnej pod trzynastometrową warstwą jasnych warstwowanych piasków i dolną gliną lodowcową występuje pokład iłu warwowego o szerokich warwach, zaliczony do dolnego fluwioglacjału. Na terenie cegielni Opalenie iły te, o warwach drobniejszych, wykazują sfałdowania i uskokowe przesunięcia. Na tych utworach bazuje obecnie czynna cegielnia w Opaleniu.

Temat do pracy uzgodniłem z Prof. drem Wł. Wawrykiem, któremu zawdzięczę szereg cennych uwag oraz opiekę nad całokształtem pracy. Jednocześnie pragnę przekazać podziękowanie kol. mgr Wiesławowi Wajdzie za udzieloną pomoc przy oznaczaniu minerałów ciężkich.

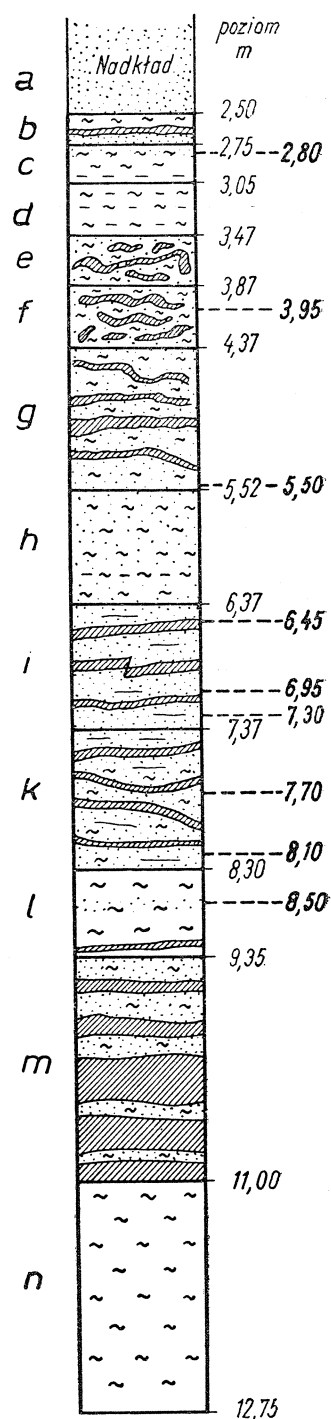
CZĘŚĆ OPISOWA

Na fig. 2. przedstawiony jest profil iłu warwowego z Opalenia, którego materiał poddany został badaniom analitycznym. Profil ten w schematycznym ujęciu przedstawia zmiany konfiguracji i wykształcenia warw oraz ich rozmieszczenie w stosunku do materiału nie uwarstwionego. Oznaczone liczbowo i literowo poziomy profilu — jako różniące się makroskopowo od siebie jakością materiału — stanowią miejsca, z których pobrano próby iłu warwowego do badań (liczby cieniem drukiem) jak też próby warw mułkowo-piaszczystych (liczby tłustym drukiem).

W metodyce pracy analitycznej, uwzględniającej badania składu granulacyjnego, chemicznego i petrograficznego oddzielnie zbadano warwy mułkowo-piaszczyste i warwy ilaste, jak również próby iłu nie uwarstwionego. Ustalając taki program pracy kierowano się chęcią stwierdzenia ewentualnych różnic w badanych materiale, jakie zachodzić mogą w zależności od środowiska i warunków sedymentacji.

Fig. 2. Profil iłu warwowego z Opalenia z zaznaczonymi poziomami pobrania prób. Litery oznaczają różniące się litologicznie poziomy; liczby tłustym drukiem oznaczają miejsca pobrania próbek z warw mułkowo-piaszczystych; liczby cieniem drukiem znaczą próby z warw ilastych

Fig. 2. Profile of the varved clays at Opalenie. Letters are denoting layers differing in lithology, bold numbers — location of samples of sandy silts, thin numbers — location of samples of clays



Warwy mułkowo-piaszczyste

Próby warw mułkowo-piaszczystych stanowią materiał makroskopowo dość wyraźnie zróżnicowany. Barwa warw w stropie jasnożółta, ku dołowi jaśniejsza, bądź żółtawa, w spągu profilu od głębokości 8,35 m/l staje się siwa. W warwach mułkowych, występujących na głębokościach 2,80 m/c do 4,20 m/f, obserwujemy występowanie nieregularnie ułożonych

i zaburzonych mikrowarw, których grubość waha się w granicach od 0,1 do 2,0 mm. Ten typ uwarstwienia określić można mianem skośno-krzyżowego (fig. 3 a). Próba na głębokości 4,20 m/f wykazuje już uwarstwienie poziome, przy czym zlimonityzowane mikrowarwy przedzielone są warwą siwą o miąższości 1,5 mm (fig. 3 b).

Na głębokości 8,35 m/l poziomo ułożone mikrowarwy posiadają miąższość od 0,3 do 1,8 mm i odcinają się od siebie mniej lub bardziej intensywnym zabarwieniem. Makroskopowo wymienione warwy mułkowo-piaszczyste na przestrzeni profilu są zbudowane ze zmiennej ilości substancji ilastych i miękkiego piasku. Fig. 3 a, b przedstawia mikrowarwy występujące w warwach mułkowo-piaszczystych.

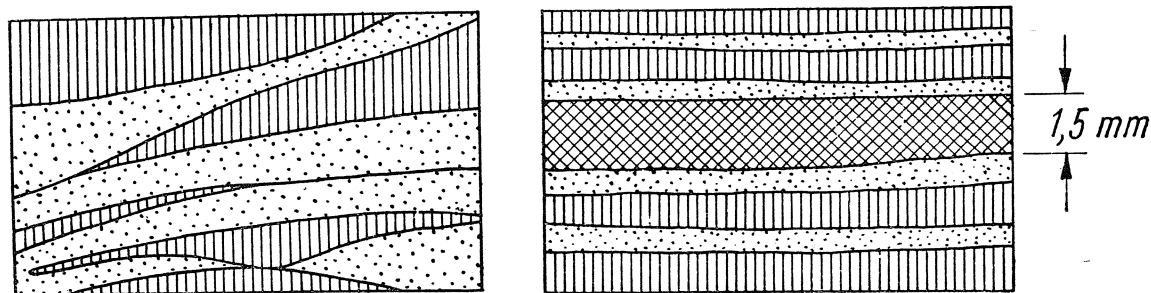


Fig. 3. Warstwowanie skośno-krzyżowe — (a), warstwowanie poziome — (b), w ilach warwowych. Warwy mułkowe — kropkowane; warwy ilaste — kreskowane

Fig. 3. Cross stratification (a); horizontal stratification (b) in the varved clays. Silty varves — dotted, the clayey ones — hatched

Wszystkie warwy wyraźnie reagują z kwasem solnym. Począwszy od głębokości 4,20 m/f w kierunku spągu obserwujemy w nich zmienną jednak niewielką zawartość blaszek muskowitu.

Analiza granulacyjna (sitowa)

Próby do analizy granulacyjnej (sitowej) pobrano z profilu przedstawionego na fig. 2 z poziomów wyszczególnionych w tabeli 1.

Rozpatrując wyniki analizy sitowej, widzimy, że materiał warw mułkowo-piaszczystych zbudowany jest głównie z ziarn o średnicy poniżej 0,075 mm, które w skrajnym przypadku stanowią 98,80% składu próby. Materiał nie wykazuje zasadniczo wielkiego zróżnicowania granulacyjnego, jedynie jak przedstawiono na fig. 4, w poziomie 5,50 m/g frakcja 0,10 — 0,075 mm odcina się od pozostałych zawartością 14,20%, w mniejszej zaś ilości (7,00%) frakcja powyżej 0,2 mm w poziomie profilu 8,10 m/k.

Skład mineralny frakcji mułkowo-piaszczystej określono za pomocą lupy binokularnej. Dominującym minerałem jest tu kwarczec.

Przeważnie jest on obtoczony we frakcjach o średnicy ziarna powyżej 0,1 mm, poniżej zaś głównie ostrokrawędzisty. Na przestrzeni całego profilu, najczęściej we frakcji 0,1 — 0,2 mm, spotykamy się ze zmiennymi ilościami zlepków zbudowanych z pelitu kwarcowego, scementowanego limonitem i kalcytem. Dość pospolitym minerałem jest tu glaukonit, którego obecność w różnych poziomach jest ilościowo różna. Na głębokości 3,95 m/f nie spotykamy go wcale, w niższych partiach występuje pojedynczo, natomiast w poziomach od 5,50 m/g do 6,45 m/i oraz od 7,70 m/k do 8,50 m/l nagromadzenie tego minerału jest najobfitsze. Najbardziej za-

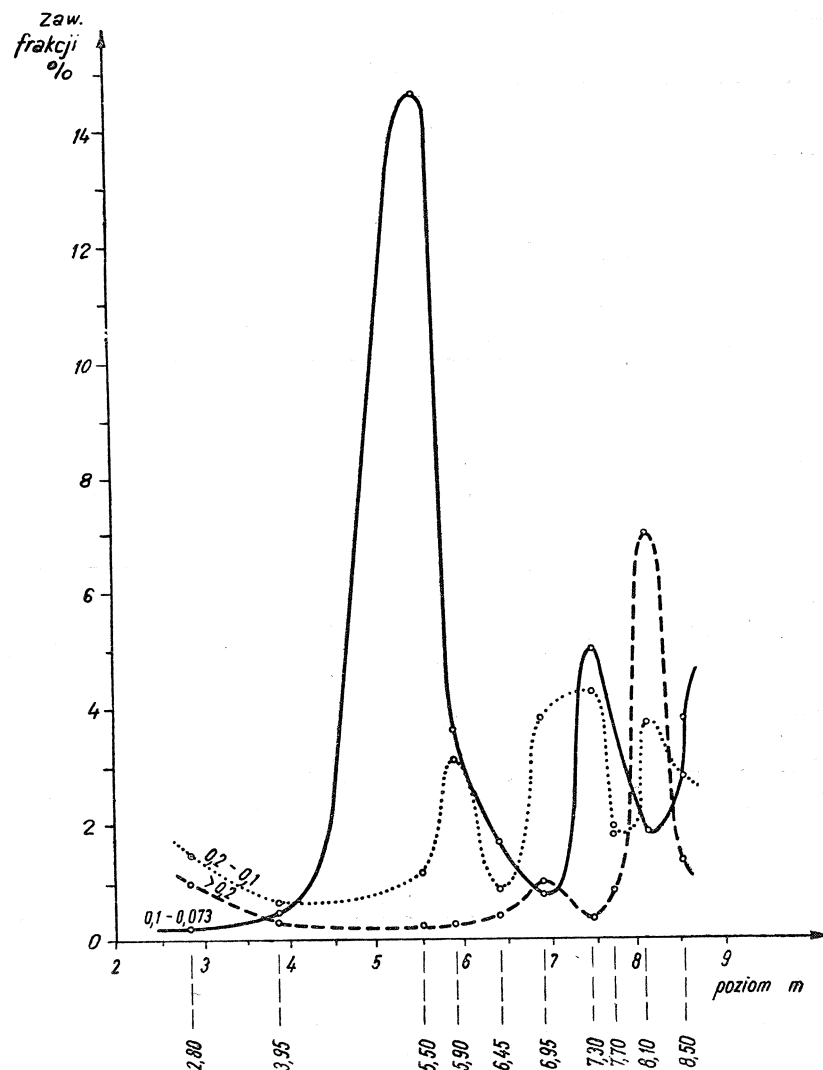
Tabela 1

Zestawienie wyników analizy sitowej warw mułkowo-piaszczystych

Poziom w m	Procentowa zawartość frakcji			
	> 0,20 mm	0,20 — 0,10 mm	0,10—0,075 mm	< 0,75 mm
2,80/c	1,00	1,50	0,20	97,30
3,95/f	0,27	0,56	0,32	98,80
5,50/g	0,20	1,08	14,20	84,52
5,90/h	0,25	3,10	3,60	93,05
6,45/i	0,30	0,92	1,60	97,17
6,95/i	1,00	3,90	0,95	94,15
7,30/i	0,35	4,30	5,00	90,35
7,70/k	0,80	1,80	1,85	95,45
8,10/k	7,00	3,75	1,80	87,45
8,50/l	1,45	2,87	3,90	91,17

Fig. 4. Zmiany składu frakcyjnego warw mułkowo-piaszczystych w zależności od pobranych prób

Fig. 4. Changes of granulometric compositions of the silts with increasing depth



sobna w glaukonit jest frakcja poniżej 0,075 mm, o wiele mniej stwierdzono go we frakcji 0,2 — 0,075 mm, najmniej zaś występuje ten minerał we frakcji powyżej 0,2 mm. Poza glaukonitem występuje tu mniej licznie muskowit, rzadziej biotyt, a także nie określone bliżej minerały ciemne.

W warwach mułkowo-piaszczystych została stwierdzona obecność otwornic. Fakt ten jest o tyle interesujący, że jak dotąd (W ł. W a w r y k 1956, O. P a z d r o 1956) w polskich iłach warwowych fauny tej nie znaleziono. Nie ulega wątpliwości, iż fauna ta będąca charakteru kredowo-trzeciorzędowego została wymyta w sposób delikatny z lodowca i osadzona w zastoisku po przebyciu odpowiednio spokojnej drogi transportu, a następnie w warunkach cyklicznej sedymentacji zasilila osady warwowe Opalenia.

W badanym osadzie nagromadzenie otwornic pojawia się na głębokości 5,50 m/g i zanika prawie zupełnie w poziomie 8,90 m/l. Wstępne badania wykazały, że najliczniej występują one we frakcjach o średnicy ziarna 0,1 mm.

Według dokonanego oznaczenia otwornic (O. P a z d r o 1956) najliczniej występują tu gatunki *Gümbelina globulosa* oraz *Globigerinella* sp. i *Globigerina* sp., a następnie gatunki rodzajów: *Elphidium*, *Nonion*, *Cibicides*, *Buliminella*, *Bolivina* i inne. Dla ilościowego określenia zawartości otwornic przemyto określone próbki materiału przez sito 0,063 mm, a pozostałość po wysuszeniu rozfrakcjonowano. Analiza wykazała, że otwornice znajdują się głównie we frakcji 0,063 — 0,125 mm, przy czym stan zachowania ich jest we frakcjach o grubszym ziarnie dobry we frakcjach zaś drobniejszych obserwuje się większą ilość fragmentów otwornic.

Tabela 2

Zestawienie ilościowe otwornic występujących w warwach mułkowo-piaszczystych

Frakcja w mm	Zawartość otwornic (sztuk) w profilu na głębokości (w m)				
	5,90 m/h	6,95 m/i	7,70 m/k	8,10 m/k	8,50 m/l
0,5 — 0,25	—	10 szt.	—	—	—
0,25 — 0,125	2,050 szt.	1050 szt.	60 szt.	150 szt.	15 szt.
0,125 — 0,063	3,240 szt.	4210 szt.	900 szt.	4,450 szt.	1,325 szt.
Ogółem w 1 g materiału szlamow.	5,290 szt.	5370 szt.	960 szt.	4,600 szt.	1,340 szt.

W zestawieniu (tabela 2.) wykazano ilość otwornic w 1 g materiału szlamowanego. Należy zaznaczyć, iż w ilościowym określeniu uwzględniono otwornice całe, z pominięciem fragmentów skoruppek.

Analiza areometryczna

Analiza sitowa wykazała, iż materiał badany zbudowany jest głównie z ziarn o średnicy poniżej 0,075 mm. W celu dalszego rozfrakcjonowania wykonane zostały punktowe analizy areometryczne. Na tej podstawie stwierdzono (tabela 3, fig. 5) że zawartość ziarn o średnicy 0,063 mm jest prawie dwukrotnie większa w partiach stropowych badanego osadu i zmniejsza się ku dołowi. Uderzająco różni się frakcja 0,02 — 0,003 mm, gdzie w poziomie górnym wynosi 41,30%, zaś w dolnym zaledwie 2,40%. W mniejszym stopniu stwierdzamy różnicę we frakcji 0,5 — 0,2 mm.

Tabela 3

Zestawienie wyników analizy areometrycznej warw mułkowo-piaszczystych

Poziom w m	Procentowa zawartość ziarn o średnicy w mm				
	1,0 — 0,5	0,5 — 0,2	0,2 — 0,02	0,02 — 0,003	< 0,003
2,80/c	ślady	0,70	29,60	41,30	28,30
3,95/f	ślady	0,30	45,90	31,80	22,00
6,95/i	ślady	0,30	85,10	2,40	12,20

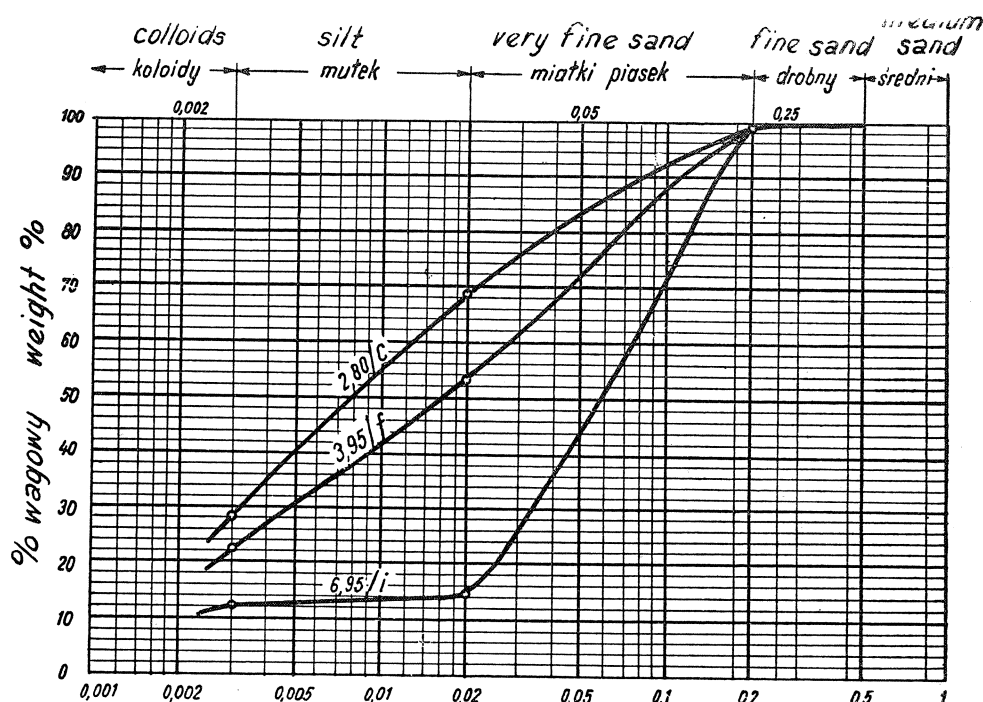


Fig. 5. Krzywe kumulacyjne składu ziarnowego
Fig. 5. Cumulative curves of grain-size distribution

Analiza chemiczna

Do badań chemicznych wytypowano warwy mułkowo-piaszczyste ze stropu i spągu profilu kierując się zmiennością barwy prób i odmiennym składem granulacyjnym określonym na podstawie analizy areometrycznej.

Wyniki analiz chemicznych stropu i spągu warw mułkowo-piaszczystych ilustrują nam dość odmienny charakter analizowanych prób.

Zawartość krzemionki w stropowych partiach profilu warw jest znacznie mniejsza od zawartości tego składnika w spągu. Mała zawartość glinki w spągu świadczy o wyraźniejszym mułkowym charakterze tego osadu. Zawartość CO_2 wskazuje na marglisty charakter osadu, szczególnie w partii stropowej. Zawartość glinki w stropie jest prawie trzykrotnie wyższa niż w spągu. Uwzględniając przy tym stosunkowo wysoką ilość alkali, a zwłaszcza w partii spągowej, możemy sądzić o występowaniu skaleni, a przede wszystkim minerałów ilastych typu illitowego oraz łyśczyku, które to minerały stwierdzono za pomocą mikroskopu.

Tabela 4

Zestawienie wyników analiz chemicznych warw mułkowo-piaszczystych

Oznaczenie	Procentowa zawartość składników w poziomach profilu	
	2,80 m/c	6,95 m/i
SiO ₂	59,03	76,71
Al ₂ O ₃	9,93	3,50
TiO ₂	0,56	0,12
Fe ₂ O ₃	5,62	3,61
MnO	0,03	0,01
P ₂ O ₅	0,04	0,03
CaO	9,79	5,99
MgO	0,36	śl.
K ₂ O	1,75	2,08
Na ₂ O	0,60	1,20
SO ₃	0,75	0,61
CO ₂	8,78	5,07
— H ₂ O	0,70	0,25
+ H ₂ O	2,31	0,49
Org.	0,09	0,12
Suma	100,65	99,79

Na podstawie wyników analiz areometrycznych stwierdzono, że zawartość ziarn o średnicy poniżej 0,003 mm — które nazywamy substancjami ilastymi — jest w próbie stropowej dwukrotnie większa niż w spągu. Ziarna o wyższej granulacji, a więc frakcje mułkowe i piaszczyste, wykazują jeszcze większe zróżnicowanie. Wyniki analiz chemicznych i areometrycznych (tabela 3 i 4.) potwierdzają charakter zróżnicowania warw piaszczysto-mułkowych. Na tej podstawie można by przypuszczać, iż warunki sedimentacji, jakie istniały w czasie kształtowania się warw stropowych, przebiegały spokojniej, osadzając materiał o mniejszej średnicy ziarna. Dlatego bardziej trafne byłoby określenie tych warw jako mułkowo-ilaste. W spągu natomiast nagromadzony został materiał o grubszym ziarnie, bogatszy w kwarzec, kształtujący warwy w mniej spokojnych warunkach sedimentacyjnych.

Oznaczanie minerałów ciężkich

Do wydzielania minerałów ciężkich wzięto frakcję o średnicy ziarna poniżej 0,063 mm, ponieważ frakcje o wyższej średnicy ziarna były zbyt skąpe.

Próbki warw stropowych zawierają ca 0,1%, spągowych zaś — 0,2% minerałów ciężkich (tabela 5). Zestawienie minerałów ciężkich (tabela 6) wykazuje, iż przewodnimi minerałami są amfibol, zoizyt i minerały nieprzeźroczyste. Pozostałe występują w nieznaczących i zmiennych ilościach.

Stopień obtoczenia tych minerałów na przestrzeni profilu nie wykazuje istotnych różnic. Obserwujemy przeważnie ziarna nieobtroczone, w mniej-

Tabela 5

Zestawienie procentowej zawartości minerałów frakcji ciężkiej i lekkiej

Poziom w m	Średnica ziarna w mm	Procentowa zawartość minerałów frakcji	
		ciężkiej	lekkiej
2,80/c	0,063	0,06	99,94
3,95/f	0,063	0,08	99,92
6,95/i	0,063	0,14	99,86
8,50/l	0,063	0,18	99,82

Tabela 6

Zestawienie zawartości minerałów ciężkich i stopień obtoczenia:

Frakcja poniżej 0,063 mm

Minerał	Procentowa zawartość minerałów ciężkich (warwy mułkowo-piaszczyste) w poziomach			
	2,80 m/c	3,95 m/f	6,95 m/i	8,50 m/l
Amfibol	29	26	33	28
zoizyt	11	10	13	10
min. nieprzezr.	17	20	5	15
biotyt	9	2	6	4
rutyl	6	3	—	2
epidot	4	13	5	9
cyrkon	4	3	4	2
chloryt	3	2	6	2
glaukonit	3	—	—	2
apatyt	2	2	—	—
agregat	3	2	11	9
turmalin	1	3	4	2
granat	4	9	5	9
piroksen	—	1	—	—
dysten	—	1	3	1
nieoznacz.	4	3	5	5
stopień obtoczenia ziarn	% zawartość ziarn			
nie obtoczone	55	46	43	49
średnio obtoczone	33	41	36	32
dobrze obtoczone	12	13	21	19

szych ilościach średnio, i najmniej dobrze obtoczone. Najliczniej występujący amfibol jest w 65% nie obtoczony. Godna uwagi jest stosunkowo duża ilość epidotu i granatu w poziomie 3,95 m/f i 8,50 m/l oraz konglomeratu mineralnego, który najczęściej przedstawia sobą ziarna kwasu scementowane limonitem. Konglomerat ten — nazwany wyżej agregatem — koncentruje się w poziomie 6,95 m/i.

Frakcja minerałów lekkich (tabela 7.) składa się przeważnie z kwarcu ostrokrawędzistego i średnioobtoczonego. Dość liczne są tu skalenie, głów-

nie ortoklaz, rzadziej mikroklin i plagioklaz. Stosunkowo licznie występuje tu kalcyt, pojedynczo stwierdzono ziarna glaukonitu i chlorytu.

Minerały frakcji lekkiej charakteryzują się przewagą ziarn nieobtoczonych, jedynie kalcyt w większych ilościach jest średnio obtoczony.

Tabela 7

Procentowa zawartość minerałów frakcji lekkiej o średnicy ziarn 0,063 mm i stopień obtoczenia

Minerał	Procentowa zawartość minerałów frakcji lekkiej			
	2,80 m/c	3,95 m/f	6,95 m/i	8,50 m/l
Kwarczec	Materiał bardzo drobny zbudowany głównie z kwarcu ostrokrawędzistego. Obserwujemy stosunkowo dużą ilość kalcytu. Poza tym w zmieniających się ilościach minerały ciemne i skalenie. Z powodu bardzo drobnego materiału nie można było wykonać planimetrowania.		57	60
Ortoklaz			12	13
Kalcyt			16	12
Plagioklaz			2	3
Glaukonit			2	5
Mikroklin			5	2
Chloryt			1	1
Agregat			5	4
Stopień obtoczenia	Procentowa zawartość ziarn			
nie obtoczone	69	57	46	66
średnio obtoczone	22	36	45	26
dobrze obtoczone	9	7	9	8

Analiza spektralna

Na podstawie wyników analizy spektralnej stwierdzono śladowe występowanie takich pierwiastków jak baru, bizmutu, cynku, miedzi i antymonu, przy czym w poziomie na głębokości 8,50 m/l nie stwierdzono baru, lecz bizmut. Również w poziomie 5,50 m/g zaobserwowano śladowe występowanie baru.

Warwy ilaste i próby średnie ilów warwowych

Na głębokości 2,50 m/g (fig. 2) pod nadkładem żelazistych piasków występuje il barwy brunatnej. Część stropowa łu bez różnicowania warstwowego jest ku dołowi uwarstwiona w sposób niewyraźny. Warwy ilaste o grubości od 0,2 do 1,3 cm są porozrywane i wzajemnie pomieszane z warwami mułkowymi. Miejscami widoczne są mniej lub więcej intensywne wtrącenia nacieków żelazistych. Najsilniej zaburzone uwarstwienie występuje na głębokości 3,80 m/e. Tutaj zarówno warwy mułkowe, jak też ilaste będące o zmiennej grubości od 0,3 do 0,8 cm stanowią zespół zaburzonych warw, (tabl. XXIII, fig. 1), pozbawionych ciągłości i jedno-

litego wykształcenia. W kierunku spągu występuje całkowity zanik warw ilastych i powstaje warwa wybitnie mułkowa o grub. 7,5 cm, pod którą obserwujemy już nieco wyraźniejsze warstewkowanie.

Ił o najbardziej wyraźnym wykształceniu warw spotykamy na głębokości 5,52 m/g, 7,37 m/i i 8,30 m/k. Grubość tych warw — przeważnie o falistym ułożeniu — waha się w granicach od 1 do 5 cm dla warw mułkowych, zaś od 0,2 do 1,0 cm dla warw ilastych. Warwy te ulegają ciągłym zmianom grubości, jak też ciągłości ułożenia, a nawet zaniku jednych na korzyść drugich. W poziomie 5,52 m/g obok warw mułkowych o średniej miąższości 5 cm, obserwujemy 0,5 cm warwy ilaste, które ku dołowi stopniowo zanikają przechodząc w mułek o miąższości 1 m. Mułek ten, początkowo barwy lekko żółtawej, przybiera barwę siwą, a następnie wzbogacając się w materiał ilasty tworzy na głębokości 7,37 m/i siwy ił o względnym zróżnicowaniu warw. Warwy te nie wykazują jednak ciągłości, a odznaczają się zaburzonym ułożeniem i zmienną grubością. Ił o odmiennym wykształceniu warw spotykamy na głębokości od 8,30 m do 9,35 m/l. Początkowo nie wykazuje on zupełnie zróżnicowania warstwowego. W partii niższej zaczynają pojawiać się warwy mułkowo-ilaste nieregularne, porwane, o zmiennej miąższości i wzajemnie pomieszane. Dopiero na głębokości około 9 m występują wyraźniejsze warwy ilaste grub. do 1 cm oraz mułkowe do 3 cm (tabl. XXIII, fig. 2) o falistym ciągłym ułożeniu. W partiach mułkowych obserwujemy mniej lub więcej wyraźnie soczewkowate wkładki miążkiego piasku o odcinającym się żelazistym zabarwieniu. W przeciwieństwie do wyżej opisanych prób, gdzie miąższość warw mułkowych była znacznie większa od ilastych, materiał zalegający na głębokości 11,0 m/m zbudowany jest z warw ilastych, posiadających miąższość 1,3 cm i mułkowych zaledwie 0,5 cm. Warwy te nie są jednak ciągle. Widoczne są ugięcia, uskoki oraz miejscami zanik warw ilastych, a pojawienie się mułkowych i odwrotnie. Ten sedymentacyjny „chaos” został ustabilizowany w samym spągu, gdzie widzimy początkowo stopniowy, a następnie całkowity zanik warw mułkowych i ostatecznie pojawienie się tłustego iłu siwego o miąższości kilku metrów.

Analiza areometryczna

Z poziomów 7,37 m/i i 8,30 m/k — gdzie uwarstwienie osadu było dobrze wykształcone — wyodrębniono do badań warwy ilaste. Z pozostałych poziomów profilu pobrano próby średnie z całości osadu.

Tabela 8

Zestawienie wyników analizy areometrycznej

Poziom w m	Procentowa zawartość we frakcjach o średnicy — w mm					
	2,0 — 1,0	1,0 — 0,5	0,5 — 0,2	0,2 — 0,02	0,02 — 0,003	< 0,003
2,75 m/b	—	0,50	0,20	24,82	20,29	54,64
3,47 m/d	0,18	0,52	2,44	35,69	28,31	32,86
4,37 m/f	0,18	0,42	0,40	17,91	34,99	46,10
7,37 m/i	—	—	0,09	6,84	10,66	82,41
8,30 m/k	—	—	0,07	5,28	7,47	87,18
11,00 m/m	0,10	0,16	0,84	13,70	32,93	52,27

Poziomy profilu 2,75 m/b, 4,37 m/f i 11,00 m/m (tabela 9 fig. 6, 7) są zbliżone składem granulacyjnym. Zawartość substancji ilastych jedynie na głębokości 4,37 m/f jest niższa od pozostałych. Frakcja mułkowa i piaszczysta wykazuje już znaczniejsze różnicowanie. W poziomie 3,47 m/d materiał jest najmniej zasobny w substancje ilaste. Poziom 7,37 m/i i 8,30 m/k to wyizolowane warwy ilaste. Obie te próby pod względem granulacyjnym przedstawiają podobny osad.

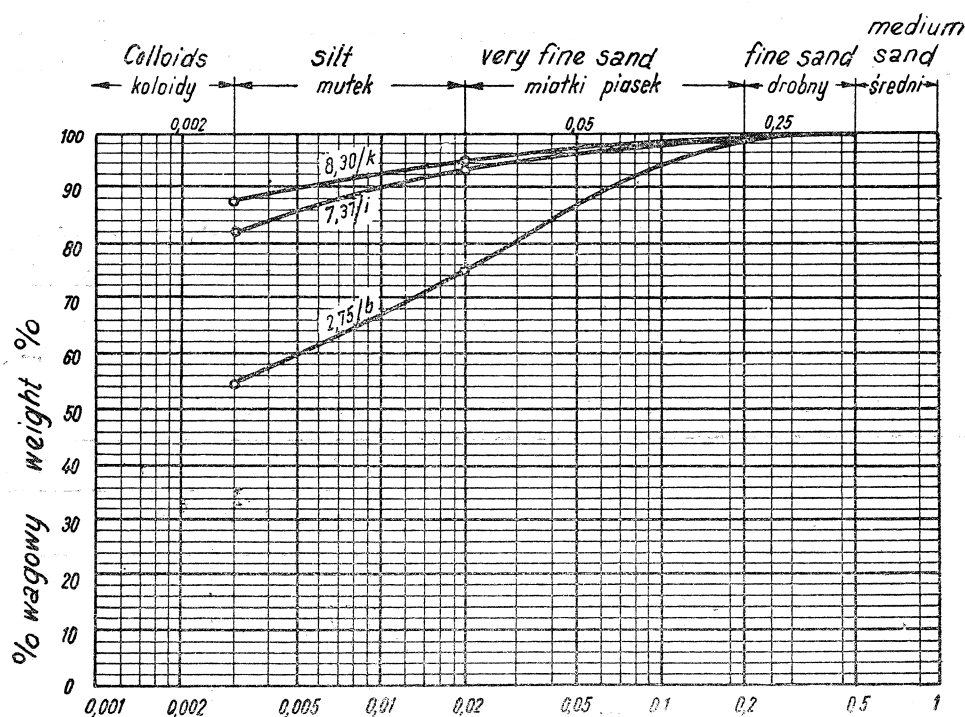
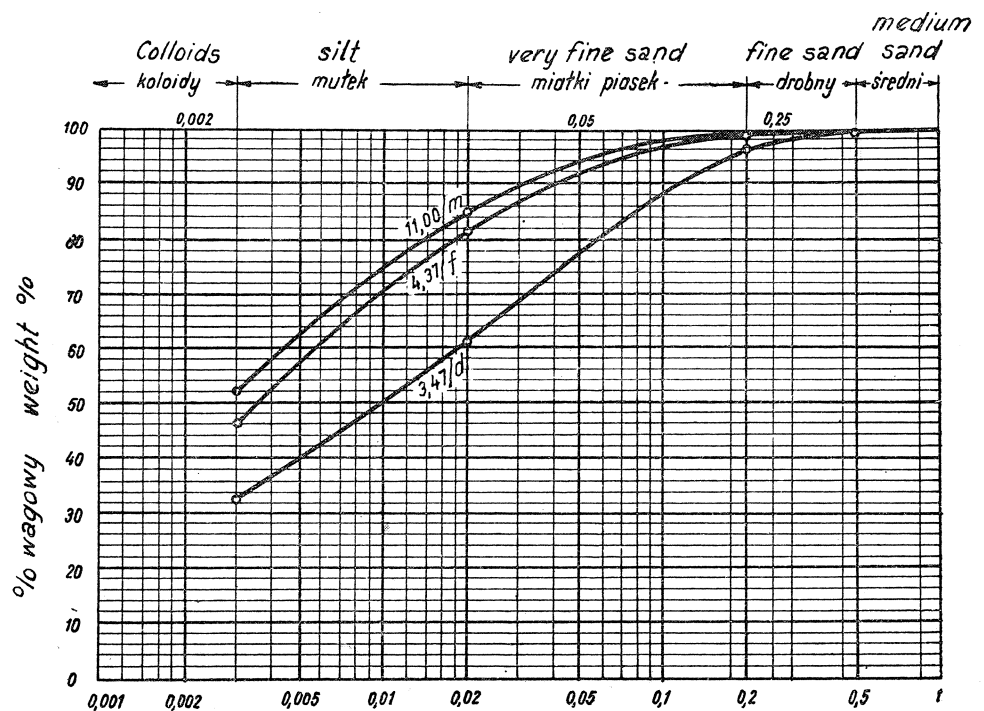


Fig. 6, 7. Krzywe kumulacyjne składu ziarnowego
Fig. 6, 7. Cumulative curves of grain-size distribution

Zawartość frakcji powyżej 0,2 mm jest stosunkowo niewielka. Maksymalnie wynosi ona około 3% dla poziomu 3,47 m/d, minimalnie — 0,25% dla poziomu 2,75 m/b. Skład mineralny tej frakcji to głównie kwarczec barwy jasno-szarej, niekiedy żelazistej, obtoczony dla grubszych ziarn i ostrokrawędzisty dla drobniejszych. W poziomie 3,47 m/d i 7,37 m/i spotykamy dość licznie występujące żelaziste zlepy pelitu kwarcowego oraz pojedyncze skalenie i ziarna glaukonitu. Podobne zlepy obserwujemy na głębokości 8,30 m/k — jednak o barwie siwej.

Analiza chemiczna

W badaniach chemicznych uwzględniono dwa warianty prób analizowanego osadu:

1. Próby średnie, pobrane z partii stropowych (2,75 m/b), środkowych (5,52 m/g) i spągowych (11,00 m/m), przedstawiające materiał o zaburzonem wykształceniu warw.
2. Próby wyizolowanych warw ilastych pobrane z poziomu profilu 7,37 m/i i 8,30 m/k.

Ad 1. Z analiz chemicznych (tabela 9) wynika, że materiał w partii stropowej i spągowej posiada na ogół odmienny charakter. Zawartość krzemionki w próbie stropowej jest wyższa. Mała stosunkowo ilość CO_2 w porównaniu ze znacznie większą ilością CaO jak też alkaliów pozwala przypuszczać między innymi o zawartości minerałów ilastych typu ilitowego jak też niewielkiej ilości skalen. Uwzględniając zawartość SO_3 można spodziewać się występowania gipsu. W spągu natomiast obserwujemy węglanowy charakter osadu. Przeliczając dużą stosunkowo ilość CO_2 na CaCO_3 stwierdzamy obecność kalcytu, który występuje tu raczej w for-

Tabela 9

Zestawienie wyników analiz chemicznych średnich prób ilu warwowego

Oznaczenie	Procentowa zawartość składników w poziomach profilu		
	2,75 m/b	5,52 m/g	11,00 m/m
SiO_2	60,18	75,10	52,27
Al_2O_3	14,55	7,11	14,10
TiO_2	0,50	0,37	0,50
Fe_2O_3	8,02	2,81	7,62
MnO	0,05	0,01	0,04
P_2O_5	0,18	0,02	0,10
CaO	4,41	4,30	7,11
MgO	1,24	0,72	1,18
K_2O	2,19	2,09	3,28
Na_2O	0,84	0,89	0,80
SO_3	0,75	0,79	1,05
CO_2	0,93	4,86	6,09
— H_2O	3,00	0,91	2,24
+ H_2O	3,75	0,70	4,55
Org.	—	—	0,06
Suma	100,63	100,68	100,46

mie rozproszonej, gdyż obecności większych ziarn nie stwierdzono. Duża zawartość glinki w wymienionych próbach pozwala sądzić o występowaniu znacznej ilości minerałów ilastych, co potwierdzają zresztą wyniki analiz areometrycznych (tab. 8).

Wyniki analizy chemicznej środkowej partii profilu (5,52 m/g) już na podstawie zawartości krzemionki i glinki — wskazują na mułkowy charakter osadu. Dużą zawartość kwarcu potwierdza zarówno analiza mikroskopowa frakcji lekkiej (tabela 14) jak też szlif mikroskopowy (tabl. XXIII, fig. 3). Osad ten jest mniej żelazisty, a węglanowy charakter przypisać należy między innymi obecności otwornic, których nagromadzenie stwierdzone zostało właśnie na tym poziomie.

Ad 2. Wyniki analiz chemicznych warw ilastych świadczą, że mamy tu do czynienia z tłustym materiałem ilastym, gdyż zarówno wyniki analizy areometrycznej (tabela 8, fig. 7), jak i opis szlifów mikroskopowych są zgodne co do tej oceny. Skład chemiczny obu prób jest podobny, co pozwala sądzić, iż skład mineralny tych prób jest zbliżony do siebie. Charakter węglanowy jest wspólną cechą obu prób.

Rozpatrując ogólnie profil iłu warwowego należy stwierdzić, że pod względem chemicznym jest on zróżnicowany.

Tabela 10

Zestawienie wyników analiz chemicznych wyizolowanych warw ilastych

Oznaczenie	Procentowa zawartość składników w poziomach profilu	
	7,37 m/i	8,30 m/k
SiO ₂	47,62	46,56
Al ₂ O ₃	17,38	15,74
TiO ₂	0,56	0,62
Fe ₂ O ₃	9,63	9,63
MnO	0,04	0,03
P ₂ O ₅	0,06	0,08
CaO	6,06	7,11
MgO	0,30	1,26
K ₂ O	2,56	2,92
Na ₂ O	0,80	0,60
SO ₃	1,13	0,83
CO ₂	2,45	5,52
— H ₂ O	4,83	3,05
+ H ₂ O	6,53	5,94
Org.	0,05	0,04
Suma	100,00	99,93

Oznaczanie minerałów ciężkich

Próby przemyto na sicie o średnicy oczek 0,063 mm. Pozostałość po wysuszeniu rozfrakcjonowano. Wydzielenie minerałów ciężkich przeprowadzono z frakcji 0,063 mm, ponieważ ziarn o wyższej średnicy uzyskano w ilościach niewystarczających. Analizowano próby z poziomów profilu 3,47 m/d, 4,37 m/f, 5,52 m/g i 7,37 m/i.

Skład mineralny frakcji ciężkiej (tabela 12) dowodzi, że przewodnimi minerałami są: amfibol, minerały nieprzeźroczyste, granat, biotyt i chloryt. Występują one w zmiennych ilościach. Ilość granatu i epidotu jest w poziomie 3,47 m/d — 4,37 m/f znacznie wyższa niż w partiach niżej leżących, zawartość zaś biotytu i chlorytu, jak również glaukonitu przedstawia się odwrotnie. Godna uwagi jest duża zawartość biotytu na głębokości 5,52 m/g. Pozostałe minerały występują w niewielkich, równie zmiennych ilościach.

Stopień obtoczenia ziarn jest tutaj odmienny, niż to stwierdzono w materiale mułkowym. W większości to minerały dobrze i średnioobto-

Tabela 11

Procentowa zawartość minerałów ciężkiej i lekkiej frakcji

Poziom w m	Średnica ziarna w mm	% zawartość frakcji	
		ciężkiej	lekkiej
3,47 m/d	0,063	0,46	99,54
4,37 m/f	0,063	0,73	99,27
5,52 m/g	0,063	0,23	99,77
7,37 m/i	0,063	0,30	99,70

Tabela 12

Procentowy skład minerałów ciężkich frakcji 0,063 mm i stopień obtoczenia

Minerał	Procentowa zawartość minerałów ciężkich w poziomach			
	3,47 m/d	4,37 m/f	5,52 m/g	7,37 m/i
1	2	3	4	5
Amfibol	23	19	14	25
Minerały nieprzeźroczyste	16	18	8	14
Granat	16	11	5	6
Epidot	14	8	5	5
Turmalin	6	4	2	2
Zoizyt	6	5	3	4
Cyrkon	4	3	2	2
Chloryt	2	6	11	10
Agregat	2	2	2	1
Biotyt	5	16	37	18
Rutyl	2	2	1	2
Staurolit	1	1	—	—
Dysten	1	—	—	—
Glaukonit	1	4	9	10
Nieoznaczony	1	1	—	1
Stopień obtoczenia	Procentowa zawartość ziarn			
Nie obtoczone	12	11	16	2
Średnio obtoczone	41	35	31	28
Dobrze obtoczone	47	54	53	70

czone. Bardzo wyraźnie odcina się poziom 7,37 m/i, gdzie stwierdzono 70% ziarn obtoczonych, tylko zaś 2% nie obtoczonych. Ta różnorodność minerałów ciężkich i wysoka procentowo zawartość dobrze obtoczonych jest niewątpliwie związana ze środowiskiem i zmiennymi warunkami sedymentacji.

Materiał frakcji lekkiej (tabela 13) zbudowany jest głównie z kwarcu, zmiennej ilości skaleni i glaukonitu. Stopień obtoczenia ziarn wyraźnie odmienny niż minerałów ciężkich.

Tabela 13

Procentowa zawartość minerałów frakcji lekkiej o średnicy ziarn 0,063 mm i stopień obtoczenia

Minerał	Procentowa zawartość minerałów frakcji lekkiej — w poziomach			
	3,47 m/d	4,37 m/f	5,52 m/g	7,37 m/i
Kwarczec	83	86	87	84
plagioklaz	5	3	6	6
kalcyt	3	1	2	3
glaukonit	3	2	1	1
ortoklaz	4	2	2	3
muskowit	1	1	1	—
agregat	1	3	1	3
mikroklin	—	2	—	—
stopień obtoczenia	Procentowa zawartość ziarn			
nie obtoczone	33	51	50	63
średnio obtoczone	46	36	41	23
dobrze obtoczone	21	13	9	14

Szczególnie interesujący jest poziom 7,37 m/i, gdzie wysoki procent ziarn nie obtoczonych wyróżnia się — podobnie jak i we frakcji ciężkiej — od pozostałych poziomów profilu. Jest to niewątpliwie wskaźnikiem różnych warunków, w jakich następowała akumulacja materiału.

Analiza spektralna

Badania spektralne dla poziomów profilu 2,75 m/b, 5,52 m/g i 11,00 m/m wykazały śladową zawartość pierwiastków bizmutu, cynku, miedzi, antymonu we wszystkich próbach oraz baru w poziomie 2,75 m/b i 11,00 m/m. W partii środkowej baru nie stwierdzono.

Analiza mikroskopowa

Do badań mikroskopowych wykonano szlify:

1. warw mułkowych z poziomów profilu 5,52 m/g i 8,30 m/k,
2. warw ilastych z poziomów 5,52 m/g, 7,37 m/i i 8,30 m/k,
3. prób iłu nie uwarstwionego ze stropu (2,75 m/b) i spagu 11,00 m/m.

Ad 1. Szlif warwy mułkowej z poziomu 5,52 m/g (Tabl. XXIII, fig. 3) przedstawia ziarna średniej wielkości, przeważnie kwarcu, dość licznych skałeni oraz pojedynczego kalcytu i glaukonitu. Stopień zachowania ziarn różny. Obserwujemy ziarna zaokrąglone oraz znaczną ilość zniszczonych (skorodowanych). Obok wymienionych obserwujemy cząsteczki drobno-ziarnistej substancji charakteru pelitowego. W poziomie 8,30 m/k (Tabl. XXIII, fig. 4) warwa mułkowa przedstawia znacznie drobniejszy materiał, zbudowany głównie z pelitu kwarcowego i nie dających się bliżej określić substancji ilastych. W polu widzenia obserwujemy liczny, drobny kalcyt oraz skupienia żelaziste zaciemniające preparat. Obecne są również drobne ziarenka piryty, minerałów ciemnych, a także pojedyncze ziarna glaukonitu i minerałów ciężkich (przeważnie amfibol i epidot). W preparacie zaznacza się kierunkowe ułożenie minerałów w niektórych partiach szlifu.

Ad 2. Obraz preparatu wykonanego z warwy ilastej poziomu 5,52 m/g jest zbliżony do wyżej opisanego, jednak zaznacza się tu różnoziarnistość, a przede wszystkim ziarna kwarcu o większej średnicy, obok których występują liczne skupienia substancji ilastej. Pojedynczo stwierdzono paryt, glaukonit i amfibol oraz sporadycznie skałeni. Ziarna te są najczęściej nie obtoczone. Zupełnie odmienny materiał obserwujemy na preparatach poziomu 7,37 m/i i 8,30 m/k (tabl. XXIII, fig. 5). Jest on wybitnie drobno-ziarnisty w postaci zagęszczonej masy ilastej, w której dostrzegamy dość drobne ziarenka kalcytu oraz miejscowe zaciemnienia żelaziste.

Ad 3. Szlify przedstawiające osad stropu i spągu to materiał ilasty, nie uwarstwiony. Widzimy tu ziarenka kwarcu, wokół których zgromadzona jest substancja ilasta, nie dająca się bliżej oznaczyć z powodu zaciemnienia preparatu żelazistymi naciekami.

Poza tym obserwujemy nieliczne skałenie, ziarna kalcytu oraz minerałów ciężkich. W partii spągowej (tabl. XXIII, fig. 6) ogólna charakterystyka osadu zbliżona jest do poprzednio opisaney. Zaznacza się jedynie obecność większej ilości minerałów ciężkich, przeważnie granatu i amfibolu, a także drobnych i stosunkowo liczniejszych ziarenek kalcytu.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania i otrzymane wyniki pozwoliły na scharakteryzowanie ilów warwowych z Opalenia w sposób następujący. Materiał jest zróżnicowany pod względem chemicznym, mineralnym jak też wykształcenia warw i rozmieszczenia ich w osadzie. Skład chemiczny zmienia się zależnie od granulacji. Partie łu zbudowane z ziarn o najmniejszej granulacji oraz o wyraźnym i drobnym uwarstwieniu odznaczają się materiałem mniej lub bardziej tłustym. Ten rodzaj osadu występuje w mniejszej ilości w części stropowej, w większej zaś w spągu. Partie środkowe zbadanego profilu zarówno uwarstwione, jak też pozbawione warw, przedstawiają naprzemian chudy łu bądź mułek ilasty. Charakteryzując zmiany facjalne osadu, wyróżniono w profilu sześć poziomów warstwowanego osadu i sześć poziomów pozbawionego warw, przy czym idąc od góry ku środkowi profilu, następowało wzbogacanie się osadu w mułek, od środka zaś w kierunku spągu zachodziło stopniowe nagromadzanie substancji ilastych. Punktem zwrotnym dotyczącym warunków sedymentacji jest środkowa partia profilu w poziomie od 5,52 m/g do 6,37 m/h. Tutaj,

jak wykazały analizy — mamy do czynienia z mułkiem. Wyjątkowo dobry stan zachowania otwornic jak również wysoki procent nie obtoczonych minerałów świadczy o spokojnej, lecz szybkiej sedymentacji oraz krótkiej drodze transportu. Warunki te ulegają zmianie w czasie akumulacji materiału ilastego. Tutaj obserwujemy wyższy procent ziarn obtoczonych, co wskazywać może, że akumulacja materiału przebiegała w warunkach wielocyklicznej sedymentacji, odznaczającej się zmiennością parametrów sedymentacyjnych. Wyraz temu daje urozmaicone wykształcenie osadu przedstawiające nieregularne i porwane warwy. Nie jest również wykluczone, że na to ukształtowanie mogłyby mieć również wpływ zjawiska wtórne spowodowane ponownym przemieszczeniem osadu.

Źródło materiału można by przedstawić następująco. Obecność w osadzie minerałów ciężkich (amfibol, biotyt, zoizyt) pozwala przypuszczać, iż materiał genetycznie związany jest ze skałami typu magmowego i metamorficznego nieokreślonego wieku, który na skutek mechanicznego roz-tarcia nagromadzony został przez lodowiec. Opierając się na obecności glaukonitu i charakterze otwornic należy sądzić, iż środowisko sedymentacji zostało częściowo zasilone materiałem pochodzącym ze skał starszych niż utwory czwartorzędowe. A zatem glaukonit jak i otwornice znalezione w ilach warwowych Opalenia są elementami na wtórnym złożu.

Być może, przedstawione wyniki badań ilów warwowych z Opalenia okażą się bardziej interesujące przy porównywaniu osadów warwowych z innych miejsc zalegania, które to utwory znajdują się obecnie w opracowaniu.

Katedra Mineralogii i Petrografii
Politechniki Gdańskiej

WYKAZ LITERATURY REFERENCES

- Błachowski R. (1938), Geneza i znaczenie ilów warwowych odkrytych we wnętrzu ozu. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 13.
- Galon R. (1934), Dolina dolnej Wisły. *Bad. geogr.* 12/13.
- Halicki B. (1932), Próba zastosowania metody geochronologicznej w Polsce. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* T. 8, z. 2.
- Halicki B. (1933), Iły wstępowe w Plecewicach nad Bzurą. *Zabyt. Przyr. nieożyw.* 2, Warszawa.
- Illies H. Die Schrägschichtung in fluviatilen und litoralen Sedimenten, ihre Ursachen, Messung und Auswertung. *Mitt. Geol. Staatsinstitut.*, H. 19, Hamburg.
- Krygowski B. (1934), Iły warwowe z okolicy Poznania. *Bad. geogr. Pol. pñ-zach.* Z. 8, Poznań.
- Krygowski B. (1938), Badania nad czwartorzędowym materiałem klastycznym przy pomocy metod geologiczno-petrograficznych. *Bull. intern. Acad. Pol. Sc.*, Kraków.
- Krygowski B. (1950), Kilka spostrzeżeń nad warstwowaniem i spękaniem glin morenowych. *Bad. fizjogr. Pozn. TPN*, 2, z. 1, Poznań.
- Krygowski B. (1950), Materiały do chronologii dyluwium. *Bad. fizjogr. Pozn. TPN*, 2, Poznań.
- Limanowski M. (1922), O znaczeniu ilów wstępowych Chełmna dla stratygrafii dyluwialnej polskiego Pomorza. *Posiedz. nauk. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.

- Lewiński J. (1924), O wieku i pochodzeniu ilów wstęgowych Niżu Polskiego. *Posiedz. nauk. Państw. Inst. Geol.* 8, Warszawa.
- Lewiński J. (1924), Czwartorzędowe ruchy tektoniczne i morena dolinowa w okolicach Włocławka. *Posiedz. nauk. Państw. Inst. Geol.* 7, Warszawa.
- Pazdro O. (1956), O otwornicach w ilach warwowych okolic Kwidzyna. *Prz. geol.* nr 6, Warszawa.
- Rühle E. & Sokołowska M. (1954), Mapa utworów czwartorzędowych Polski 1:1 000 000. *Inst. Geol.*, Warszawa.
- Smulikowski K. (1954), Zagadnienie glaukonitu. *Arch. miner.* T. 18, z. 1, Warszawa.
- Turnau-Morawska M. (1952), Przegląd współczesnych zagadnień petrografii skał osadowych. *Wiad. Muzeum Ziemi.* T. 6, Warszawa.
- Turnau-Morawska M. (1952), Utwory rzeczne doliny Bugu między Terespołem a Wyszkiem. *Biul. Państw. Inst. Geol.* 68, Warszawa.
- Turnau-Morawska M. (1955), Znaczenie analizy minerałów ciężkich w rozwiązywaniu zagadnień geologicznych. *Acta geol. pol.* T. 5, Warszawa.
- Wawryk Wł. (1959), Uwagi na temat surowców ilastych województwa gdańskiego. *Prz. geol.*, Warszawa.
- Wawryk Wł. (1956), Otwornice w polskich ilach warwowych. *Prz. geol.* nr 6, Warszawa.
- Wawryk Wł., Piotrowicz Wł., Domański J. (1960), Surowce ilaste z Bysewa i znad Zalewu Gdańskiego. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* T. 29, z. 4, Kraków.

SUMMARY

Abstract: The varved clays from Opalenie were deposited either during the Masovien II interglacial, or during an interstadial period of the Varsovien II glaciation. Sandy-silty varves and the clayey ones were analysed separately. Grain-size distribution, mineralogy, and chemical composition are discussed. The heavy minerals are indicating igneous and metamorphic rocks of Scandinavia as a probable source of the detrital material, while the presence of glauconite and foraminifera indicate that some of the materials is derived from Cretaceous and Paleogene sedimentary rocks.

The profile of the varved clays exposed at Opalenie is composed of varved clays and unstratified clay. The latter is prevailing in the lower part of the profile. The varves are deformed in the upper part of the profile, and both wavy and horizontal in its lower part. Sandy-silty varves are reaching the thickness of 1 — 5 cm in the upper and middle part of the profile, while the clayey ones are 0,2 — 1,0 cm thick. A different situation exist in the lower part of the profile, where the silty varves are thin, and gradually disappear, while the clayey ones are thicker. In the upper and lower part of the profile the sandy-silty varves are displaying the presence of laminae 0,1 — 2,0 mm thick. In the middle part of the profile the silty varves have no internal lamination. The sandy-silty varves and the clayey ones as well as the unstratified clays were analysed separately.

The sandy-silty varves are composed of very fine-grained material, 84,5 — 98,8 per cent of the grains having diameters inferior to 0,075 mm. The silts are composed chiefly of angular quartz grains, but some quartz is showing a moderate degree of rounding. Glauconite is common, and small admixtures of feldspar, muscovite and biotite are also present. The

sandy-silty varves contain well preserved foraminifera belonging to the species *Gümbelina globulosa*, *Globigerinella*, and others. Heavy minerals are rare, and their assemblage is composed of amphibole, zoisite and opaque minerals. Chemical analyses proved that the varves of the lower part of the profile are richer in silica than those from the upper part of the profile. Carbonate material is prevailing in some portions of the profile rich in foraminifera. The presence of traces of Ba, Bi, Zn, Cu, and Sb was stated by mean of spectral analysis.

In the clayey varves 32,86 per cent to 54,64 per cent of the material consist of grains smaller than 0,03 mm. The assemblage of heavy minerals is more diversified than in the sandy-silty varves. It is composed of amphibole, opaque minerals, garnet, epidote, and biotite. The light minerals are represented by quartz, rare grains of concretionary calcite and glauconite. The grains are better rounded than in the sandy-silty varves. The trace elements are the same as in the silty varves.

The chemical, mineralogical nad granulometric differentiation of the varved clays from Opalenie indicate changing conditions of sedimentations. The heavy minerals assemblage indicate the igneous and metamorphic rocks of Scandinavia as a possible source of the detrital material. The presence of glauconite which occurs in the whole profile, and of foraminifera points out to the fact, that some material was also derived from sedimentary rocks of Cretaceous and Paleogene age.

*Polytechnic School in Gdańsk
Department of Mineralogy
and Petrography*

translated by R. Unrug

OBJAŚNIENIE TABLICY XXIII EXPLANATION OF PLATE XXIII

- Fig. 1. II warwowy o zaburzonym warstwowaniu. Poziom profilu 3,80 m/e. Dwa × zmniejsz.
- Fig. 2. II warwowy o najwyraźniejszym wykształceniu warw. Poziom profilu 9,50 m/m. 3 × zmniejsz.
- Fig. 3. Warwa mułkowa z poziomu profilu 5,52 m/g. Pow. × 160
- Fig. 4. Warwa mułkowa z poziomu profilu 8,30 m/k. Pow. × 160
- Fig. 5. Warwa ilasta z poziomu profilu 8,30 m/k. Pow. × 160
- Fig. 6. II nie uwarstwiony z partii spagowej profilu. Pow. × 160
- Fig. 1. Varved clays with disturbed stratification. Half natural size
- Fig. 2. Well stratified varved clay, $\frac{1}{3}$ natural size
- Fig. 3. Silty varve, × 160
- Fig. 4. Silty varve, × 160
- Fig. 5. Clayey varve, × 160
- Fig. 6. Unstratified clay from the lowest part of the exposed profile, × 160

