

WIEŚLAW BEDNARCZYK i MARIA TURNAU-MORAWSKA

Litostratygrafia osadów kambru i wendu w rejonie Łeby

CAMBRIAN FORMATIONS IN THE ŁEBA AREA (NORTHERN POLAND)

STRESZCZENIE: W pracy wyróżniono osiem jednostek litostratygraficznych rzędu formacji i dwa ogniwa. Uzyskany schemat litostratygraficzny skorelowano z lokalnym podziałem biostratygraficznym i nawiązano do regionalnego podziału stratygraficznego południowej Skanii i Bornholmu. W osadach kambru górnego zasygnalizowano obecność luki stratygraficznej między Zonami *Homagnostus obesus* i *Peltura scarabeoides*.

WSTĘP

Cztery dalsze wierceńia wykonane w latach 1972 i 1973 w rejonie Łeby przyczyniły się do uzyskania uzupełniających materiałów paleontologicznych i petrograficznych kambru. Dzięki temu zaistniała możliwość wydzielenia w obrębie osadów kambryjskich zarówno jednostek bio- jak i litostratygraficznych. Te ostatnie ustalone zostały w oparciu o zasady polskiej klasyfikacji, terminologii i nomenklatury stratygraficznej. Wyróżniono łącznie osiem formacji i dwa ogniwa litostratygraficzne, których nazwy pochodzą od miejscowości i jezior znajdujących się w zachodniej części Pobrzeża Słowińskiego i na Pobrzeżu Kaszubskim (fig. 1). Jednostki litostratygraficzne odniesiono do lokalnego podziału biostratygraficznego (Bednarczyk 1972, 1974), który skorelowano z analogicznym południowej Skanii i Bornholmu.

Materiały do obecnej publikacji zebrano w ramach współpracy naukowo-badawczej między Zjednoczeniem Górnictwa Naftowego a Zakładem Nauk Geologicznych PAN. Materiały dokumentacyjne przechowywane są w Pracowni Stratygrafii Zakładu Nauk Geologicznych PAN.

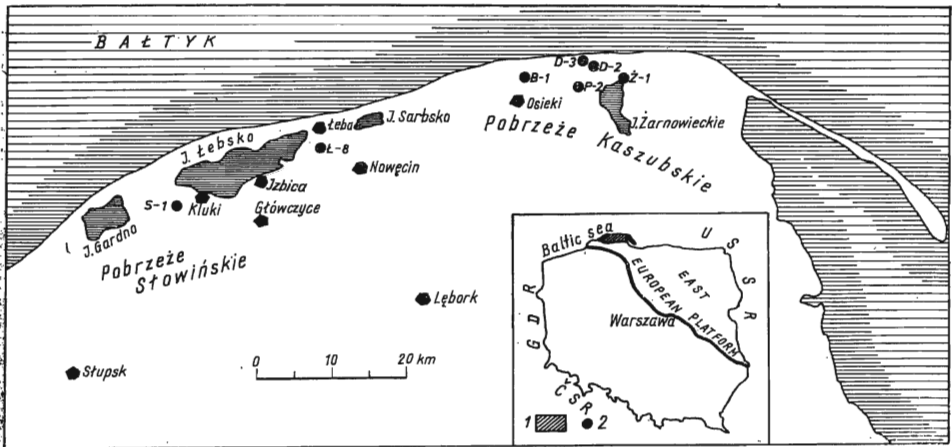


Fig. 1. Lokalizacja wierceń (Location of boreholes)

1 — obszar badań (investigated area), 2 — otwory wiertnicze (boreholes)

Za udostępnienie materiałów wiertniczych oraz możliwość korzystania z danych archiwalnych autorzy dziękują Dyrekcji i geologom Zjednoczenia Górnictwa Naftowego w Warszawie oraz Przedsiębiorstwa Poszukiwań Naftowych w Pile.

FORMACJE OSADOWE WENDU I KAMBRU

WEND

Formacja smółdzińska (fm)

NAZWA

Pochodzi od miejscowości Smółdzino nad rzeką Łupawą na Pobrzeżu Słowińskim w północnej Polsce.

DEFINICJA

Formacja składa się z piaskowca pstrego, w dolnej części zlepieńcowatego i arkozowego, a w górnej — z piaskowca pstrego kwarcowego z wkładkami piaskowca zlepieńcowatego arkozowego.

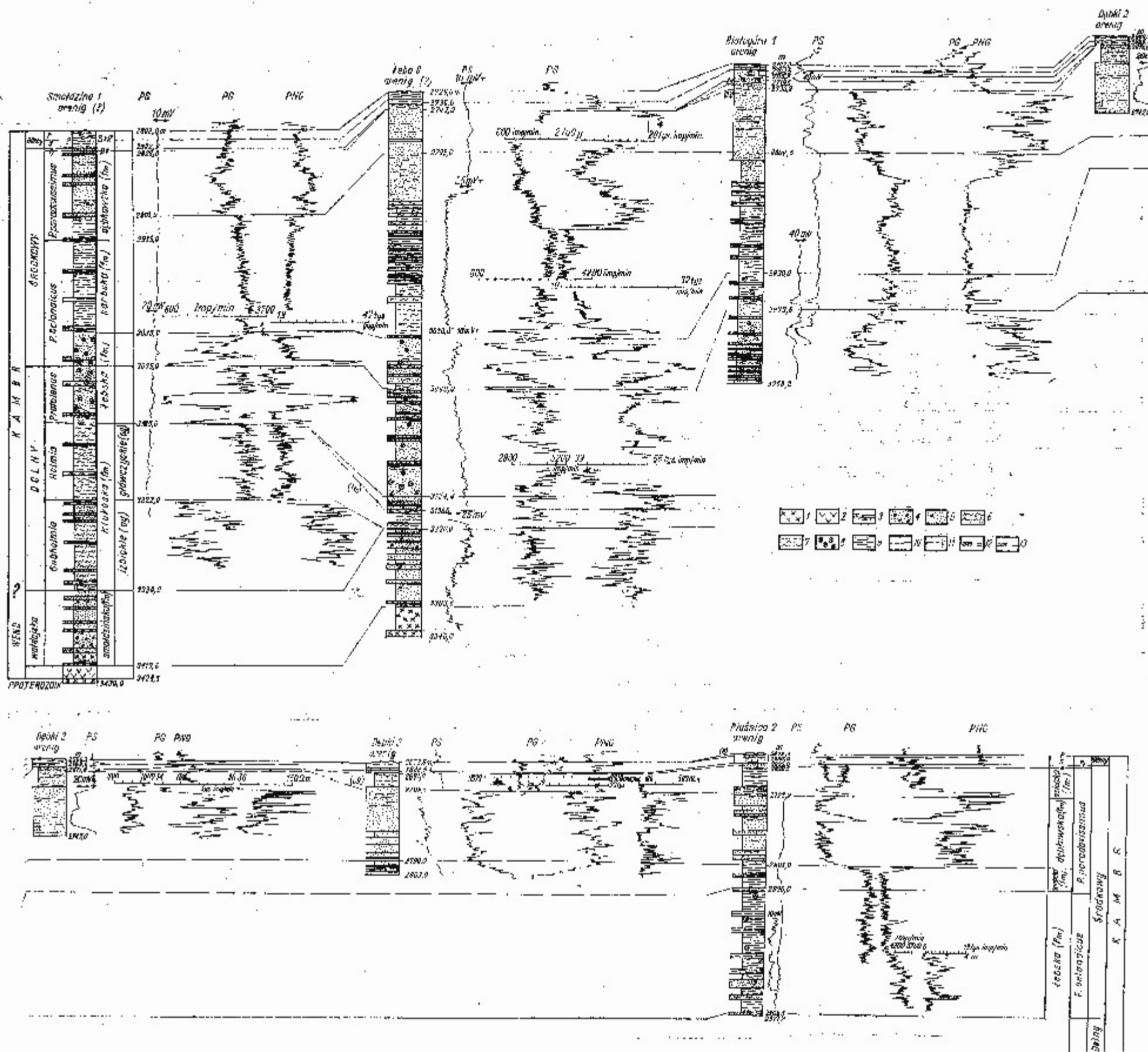
STRATOTYP

Stratotypem jest wycinek profilu wiercenia Smółdzino 1, na głębokości od 3330,0 do 3417,6 m (fig. 2 oraz Bednarczyk 1972, s. 696—697, fig. 2b). Położenie geograficzne profilu stratotypowego ilustruje fig. 1.

SZCZEGÓŁOWY OPIS GEOLOGICZNY

Formacja smółdzińska w profilu stratotypowym reprezentowana jest przez piaskowiec zlepieńcowaty arkozowy, barwy szaroróżowej lub szarzielonej z występującą, na głębokości od 3410,0 do 3416,3 m, około 6 m miąższości ławicą zlepieńca kwarcowo-skaleniewego.

Fig. 2. Korelacja kambru i wendy w profilach ułameń z rejonu Łeba (Correlation of the Vendian and Cambrian sediments in the columns of the Łeba area)



1 - granitognejsy (granite-gneisses), 2 - szaleńce (gneissstones), 3 - zlepienie (conglomerates), 4 - piaskowce zlepieniowate (conglomeratic sandstones), 5 - piaskowce z wklęsłymi glaukocytami (sandstones with interbeds of glauconitic sandstones), 6 - mniłowce arkozowe (arkosic siltstones), 7 - mniłowce kwarcowe (quartz siltstones), 8 - glaukonit (glauconite), 9 - ilowce (claystones), 10 - powierzchnia erozyjna stwardniała (erosion surface), 11 - powierzchnia erozyjna porzuczona (abandoned erosion surface)
 No - formacja nowocześniejsza (the Nowocześniejsza Formation), K - formacja kłukowska (the Kłuk Formation), B - formacja biłogórska (the Biłogóra Formation), S - formacja słowińska (the Słowińska Formation), P - formacja piastka (the Piastka Formation), S+P - formacja słowińska i formacja piastka (the Słowińska and Piastka Formations undivided), P₁ - piętro (stage) *Paradoxides forchhammeri*, PS - profil potencjałów polaryzacji naturalnej (profile of the natural polarization potentials), PG - profil natężenia naturalnego promieniowania gamma (profile of natural gamma radiation intensity), PNG - profil neutron-gamma - wtórnego promieniowania gamma (profile of neutron gamma - secondary gamma radiation)

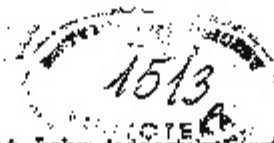


Tabela (Table) 2

Pozycja wydzielonych w kambrze rejonu Feby jednostek biostratygraficznych w odniesieniu do podziału biostratygraficznego Skandynawii, z uwzględnieniem lokalnego podziału biostratygraficznego opracowanego przez W. Bednarczyka

Position of the Cambrian lithostratigraphic units of the Feba area as compared to the Scandinavian biostratigraphic subdivision (Local biostratigraphic subdivision by W. Bednarczyk)

Ścisłość	SKANDYNAWIA		LOKALNY PODZIAŁ			PROFILE WIERCEŃ						
	PERIÓD	ZONK /wg. Martinssona 1974/	Biostratygraficzny		Litostatygraficzny	Soczka-SIWA-1	Feba-B	Białogóra-1	Dębki-2	Lębki-3	Żarnowiec 10-1	Piastów-2
			Zona	Formacja								
KAMBR GÓRNY		Aerobocera										
		Peltura scandinavica	P. scandinavica	plasnicka /fa/			2700,3-2736,0 /fa/ /16 m/	2702,0-2704,3 /fa/ /2,3 m/	2660,3-2661,3 /fa/ /1 m/			
		Peltura minor	P. minor									
		Protopeltura praecursor										
		Leptoplasticus										
		Parabolina spinulosa										
KAMBR ŚRODKOWY	P. forabhameri	Lejopyge laevigata										
		Zinnella brachyostoma										
	P. paradoxissimus	Triplagnostus lundgreni & Gonagnostus andrewsi										
		Ptychagnostus pustuosus										
		Kypagnostus parvifrons	P. paradoxissimus	dębkiwka /fa/			2025,0-2301,0 /fa/ /28,5 m/	2747,0-2750,0 /fa/ /3 m/	2730,3-2802,0 /fa/ /71,7 m/	2671,6-2747,0 /fa/ /75,4 m/		
		Tonnagnostus fuscus & Ptychagnostus sturus										
	K. oelandicus	Triplagnostus gibbus										
		Escaperadoxides pinus	E. pinus	sarbka /fa/								
		Escaperadoxides insularis	E. insularis									
	KAMBR DOLNY		Stromedra lamarsoni									
Helma kjerulfii												
Valborinella & Schmidtella nickwidi			Kolnia	lebaka /fa/								
Wobergella boloti												
Doły nazięg Klatschenites /brak podziału na zony/												
Ward adner												

(K) - koniec wiercenia w otworach kambru (termination of borehole in Cambrian sediments), fm - formacja smolczyńska (the Smolczyńska Formation), kl - formacja lebaka (the Lebaka Formation), kb - ogniwó izabickie (the Izabicka Member), kg - ogniwó głowczyckie (the Głowczyce Member), l - formacja lebaka (the Lebaka Formation), sa - formacja sarbka (the Sarbka Formation), d - formacja dębkiwska (the Dębki Formation), o - formacja osiecka (the Osiecka Formation), b - formacja białogórska (the Białogóra Formation), z - formacja słowińska (the Słowińska Formation), p - formacja plasnicka (the Plasnicka Formation); Z - seria żarnowiecka wg Leandera (1970) (the Żarnowiec Series of Leander 1970)

Piaskowiec ma strukturę beładną, a teksturę psamitowo-psefitową. Jego skład mineralny w przeanalizowanych trzech próbach przedstawia się następująco (w % objętościowych):

Głębokość (m)	Kwarc (%)	Skalenie (%)	Muskowit (%)	Turmalin + cyrkon (%)	Spoiwo (%)
3344,7–3349,6	65	3,5	5	0,5	26
3391,0–3400,0	57	5	11	1	26
3416,3–3417,6	49	24	10	2	15

Piaskowiec zlepieńcowaty występujący w piaskowcu pstrym kwarcowym w postaci wkładek, w próbie pobranej z głębokości od 3330,0 do 3368,0 m, charakteryzuje się składem mineralnym jak następuje (w % objętościowych): kwarc 67, skalenie 19, muskowit 4, turmalin + cyrkon 0,5, spoiwo ok. 9,5.

Ziarna kwarcu w obu typach piaskowca są słabo obtoczone, a ich kształty nieregularne. Wymiary ziarna wahają się w granicach od 0,1 do 5 mm. Skalenie są często całkowicie rozłożone lub podległy przemianie w serycyt. Spoiwo piaskowca zlepieńcowatego jest ilasto-chlorytowe, a kwarcowego krzemionkowo-ilaste.

Zlepienieć występujący w dolnej części formacji smółdzińskiej ma barwę szaroróżową, strukturę beładną i teksturę psefitową. Zbudowany jest z dobrze lub średnio obtoczonych otoczków kwarcu i skaleni potasowych o wymiarach od 1 do 15 mm. Ponadto w skład zlepieńca wchodzi okruchy skał metamorficznych, łupków kwarcytowych, niewielkie ilości muskowitu oraz znaczne ilości minerałów akcesorycznych, jak tytanit, ilmenit i tytano-magnetyt. Spoiwo zlepieńca stanowią agregaty chlorytu i hydromika. Miąższość osadów formacji smółdzińskiej w profilu stratypowym wynosi 117 metrów.

Formację smółdzińską rozpoznano także w profilu Łeba 8 na głębokości od 3220,0 do 3303,6 m (fig. 2 oraz Bednarczyk 1972, s. 699–700, fig. 2a). Reprezentuje ją tutaj piaskowiec kwarcowy pstry z wkładkami piaskowca zlepieńcowatego brunatnoszarego, przechodzący ku stropowi w piaskowiec zlepieńcowaty z ziarnami kwarcu o średnicy od 0,2 do 3 mm. W piaskowcu kwarcowym ziarna te mają średnicę od 0,1 do 1,2 mm i zwykle są ostrokrawędziste o kształtach nieregularnych. Piaskowiec kwarcowy pstry ma strukturę beładną i teksturę psamitową lub aleurytowo-psamitową.

Skład mineralny obu wyróżnionych piaskowców przedstawia się następująco (w % objętościowych):

Głębokość (m)	Kwarc (%)	Muskowit (%)	Turmalin + cyrkon (%)	Spoiwo (%)	Substancja żelazista (%)	Chloryty (%)
Piaskowiec kwarcowy						
3223,8–3226,2	84	—	—	9	—	7
3243,0–3253,0	60	5	2	30	3	—
Piaskowiec zlepieńcowaty						
3226,2–3227,7	86	1	1	7	1	4

Formację podściela zlepienieć kwarcowy szaroróżowy o miąższości 5 m. Występuje on w interwale od 3298,6 do 3303,6 m. Struktura zlepieńca jest słabo zaznaczona, a tekstura psefitowo-psamitowa. Zlepienieć zbudowany w 60% objętościowo-

wych z ziarn i otoczków kwarcu o średnicy od 0,1 do 5 mm, a 28% stanowi spoiwo agregatowo-hydromikowe. Muskowitu jest około 10%, a z minerałów akcesorycznych występuje głównie cyrkon w ilości 2%.

Odpowiednikiem formacji smołdzińskiej są zapewne, występujące we wschodniej części omawianego obszaru, osady opisane przez Lendzion (1970, s. 343) pod nazwą warstw żarnowieckich. Występują one w profilu Żarnowiec IG-1 na głębokości od 3201,1 do 3236,5 m, a ich miąższość wynosi 35,4 m. W porównaniu z osadami występującymi w profilach Smołdzino 1 i Łeba 8 warstwy żarnowieckie mają około trzykrotnie mniejszą miąższość, a sądząc z podanej charakterystyki niewiele się różnią litologicznie od tworzących formację smołdzińską.

OPIS GRANIC FORMACJI

Dolną granicę formacji smołdzińskiej w profilu stratotypowym podkreśla kontakt piaskowca zlepieńcowatego z silnie zwietrzałym i przesyconym związkami żelaza (hematytem) brunatnym diabazem dolnego wendu (Bednarczyk 1972, s. 697).

W profilu Łeba 8 dolna granica jest bardzo podobna, gdyż zlepieniec leży na zwietrzalej powierzchni brunatnoczerwonego granitognejsu zapewne dolnoproterozoicznego (Bednarczyk 1972, s. 697). Identyczną sytuację stwierdzono również w profilu Żarnowiec IG-1 (fig. 2 oraz Lendzion 1970, s. 343). Górna granica formacji smołdzińskiej wyznaczona została w spągu niewątpliwie morskich osadów formacji klukoskiej. Ze względu na luki w rdzeniowaniu w profilach Smołdzino 1 i Łeba 8 bezpośredni kontakt nie mógł być obserwowany.

INTERPRETACJA GENEZY OSADÓW STRATOTYPU

Zlepieniec i piaskowiec formacji smołdzińskiej charakteryzują się złym wysortowaniem i słabą obróbką mechaniczną materiału. Przypuszczać należy, że reprezentują one lądowy osad rezydualny, niedaleko transportowany przez wody powierzchniowe. W osadach brak jest struktur typowych dla osadów morskich oraz organizmów morskich i śladów ich działalności życiowej.

DANE O WIERCENIU PROFILU STRATOTYPOWEGO

Wiercenie Smołdzino 1 wykonało Przedsiębiorstwo Poszukiwań Naftowych w Pile, w miejscowości Smołdzino, województwo Słupsk. Wiercenie otworu usytuowanego na wysokości 3 m n.p.m. ukończono w roku 1971 na głębokości 3430,0 m.

KAMBR

Formacja klukoska (fm)

NAZWA

Pochodzi od miejscowości Kluki nad jeziorem Łebsko, na Pobrzeżu Słowińskim w północnej Polsce.

DEFINICJA

Formacja reprezentowana jest przez mułowiec kwarcowy szary, w dolnej części z odcieniem różowym lub zielonym o spoiwie ilasto-chlorytowym. Dolną część formacji reprezentuje ogniwo izbickie, a górną — ogniwo główczyckie. Nazwy ogniw pochodzą od miejscowości Izbica i Głwoczycze w okolicach jeziora Łebsko na Pobrzeżu Słowińskim.

STRATOTYP

Stratotyp wydzielono w profilu Smołdzino 1, w interwale od 3135,0 do 3330,0 m (fig. 2 oraz Bednarczyk 1972, s. 695—696). Położenie geograficzne profilu stratotypowego pokazano na fig. 1.

SZCZEGÓŁOWY OPIS GEOLOGICZNY

Ogniwo izbickie (og.). Ogniwo to reprezentowane jest przez mułowiec arkozowy szary z odcieniem różowym o strukturze równoległej i teksturze aleurytowej. Ziarna kwarcu są ostrokrawędziste i wykazują ślady obróbki mechanicznej. Część z nich ma wklęsłe boki i ostre naroża oraz jest skorodowana na skutek resorpcji magmy. Skład mineralny mułowca z głębokości 3316,0 do 3318,0 m przedstawia się następująco: kwarc 45%, skażeń potasowy 13%, plagioklaz 3%, łyszczyki 7%, minerały akcesoryczne 2%, spoiwo 30%. Występowanie osadów ogniwa izbickiego w profilu Smołdzino 1 ograniczone jest do głębokości od 3222,0 do 3330,0 m. Jego miąższość wynosi 108 m.

Ogniwo główczyckie (og.). Wydzielone zostało w profilu Smołdzino 1 na głębokości od 3135,0 do 3222,0 m. Jego miąższość wynosi 87 m. Tworzy je mułowiec kwarcowy szary o strukturze równoległej i teksturze aleurytowo-psamitowej. Ziarna kwarcu są słabo zaokrąglone, a ich średnica wynosi od 0,03 do 0,1 mm; sporadycznie od 0,5 do 0,7 mm. Materiał grubszy jest laminowany drobniejszym z nagromadzeniami cienkich blaszek muskowitu. Spoiwo stanowią minerały ilaste. Procentowy udział poszczególnych składników mułowca z głębokości 3246,1 do 3247,4 m przedstawia się następująco: kwarc 65%, skażeń potasowy 6%, plagioklaz 3,5%, łyszczyki 5%, minerały akcesoryczne 0,5% i spoiwo 20%. W profilu Łeba 8, ogniwo główczyckie występuje na głębokości od 3198,0 do 3220,0 m i ma zaledwie 22 m miąższości. Mułowiec budujący to ogniwo charakteryzuje się strukturą równoległą i teksturą aleurytową. Ziarna kwarcu o kształtach nieregularnych mają średnicę od 0,01 do 0,1 mm. Liczne cienkie blaszki muskowitu ułożone smugowo podkreślają strukturę skały. W laminach zaobserwowano nagromadzenia minerałów akcesorycznych. Spoiwo mułowca stanowi mieszanina ilitowo-kaolinitowa z chlorytem i z domieszką krzemionki lub substancja krzemionkowa.

Skład mineralny dwóch prób przedstawia się następująco:

Głębokość (m)	Kwarc (%)	Skażeń potasowy (%)	Plagioklaz (%)	Łyszczyki (%)	Glaukonit (%)
3211,0–3247,4	70	6	2	3	0,5
3198,0–3202,3	56	6	0,5	9	—
	Minerały akcesoryczne (%)		Węglany (%)	Spoiwo (%)	
3211,0–3247,4	1,5		2	15	
3198,0–3202,3	3,5		1,5	23,5	

OPIS GRANIC FORMACJI

Granice dolną formacji klukoskiej wyznaczono w oparciu o występujące różnice litologiczne i genetyczne między jej osadami a utworami podścielającej ją formacji smoldzińskiej.

Górną granicę formacji klukoskiej ustalono w oparciu o kryteria litologiczne i jest ona dosyć wyraźna. Leżąca wyżej formacja łebska charakteryzuje się bowiem masowym występowaniem glaukonitu w piaskowcach kwarcowych. W jednym przypadku jednakże formacja klukoska przykryta jest przez wyróżniającą się w profilu serię piaskowców reprezentujących formację nowęcińską (fig. 2, tab. 1).

Granica między ogniwami izbickim i głowczyckim została ustalona na podstawie różnicy w ilościowej zawartości skaleni. Osady formacji izbickiej bowiem zawierają dwukrotnie większą ich ilość.

INTERPRETACJA GENEZY OSADÓW STRATOTYPU

Materiał tworzący mułowce wchodzące w skład formacji klukoskiej charakteryzuje się znacznym stopniem obróbki mechanicznej i jest dobrze wysortowany. Mułowce posiadają strukturę równoległą oraz obecne są w nich typowe dla osadów morskich epiglyfy. Obecność znacznej ilości skaleni w mułowcach izbickich i ich zmniejszenie się o około 50% w mułowcach ogniwa głowczyckiego wskazywać może bądź na oddalenie się źródła dopływu materiału, co mogło być związane z postępowaniem transgresji morskiej, bądź też na przykrycie obszarów alimentacyjnych osadami. W okresie sedymentacji mułowców ogniwa głowczyckiego odnotować można działalność wulkaniczną, na co wskazuje obecność kwarcu wulkanogenicznego. Za morskim pochodzeniem osadów formacji klukoskiej przemawia także obecność w jej osadach problematycznych, lecz uznawanych za morskie, organizmów planktonicznych — akrytarch.

Formacja nowęcińska (fm)

NAZWA

Pochodzi od miejscowości Nowęcina na Pobrzeżu Słowińskim w północnej Polsce.

DEFINICJA

W skład formacji wchodzi piaskowiec szary naprzemianległy z piaskowcem kwarcytowym i z iłowcem czarnym, w dolnej części zlepionowaty, jasnoszary.

STRATOTYP

Jako stratotyp przyjęto osady z profilu Łeba 8, zawarte w interwale od 3184,4 do 3198,0 m (fig. 1 oraz Bednarczyk 1972, s. 692, fig. 2b). Położenie profilu stratotypowego ilustruje fig. 1.

SZCZEGÓŁOWY OPIS GEOLOGICZNY

Formacja nowościńska do głębokości 3194,9 m wykształcona jest w postaci piaskowca zlepieńcowatego, jasnoszarego o strukturze równoległej i teksturze psamitowej. Ziarna kwarcu stanowiące główny składnik tego piaskowca są zróżnicowane jeśli chodzi o stopień ich obtoczenia i średnicę. Ta ostatnia waha się w granicach od 0,09 do 25 mm. Mniejsze ziarna są ostrokrawędziste i słabo obtoczone, większe dobrze. Materiał grubszy jest laminowany drobniejszym, podkreślając strukturę skały. Wśród dużych ziarn kwarcu częste są okruchy skał o strukturze kwarcytowej. W laminach zbudowanych z grubszego materiału występują toczeńcowate skupienia minerałów ilastych. Spoiwo tworzą minerały ilaste zbliżone do kaolinitu.

Górną część formacji tworzy piaskowiec kwarcowy szary o spoiwie ilastym i strukturze miejscami równoległej. Tekstura piaskowca jest psamitowa. Ziarna kwarcu mają średnicę od 0,09 do 0,7 mm. W piaskowcu widoczne są miejscowe przemieszania materiału mułkowego z piaszczystym. Na płaszczynach ławic widoczne są pograży i powierzchnie erozyjne. W przeławieniach ilowcowych można obserwować fragmenty rozmytych i przemieszczonych riplemarków.

Skład mineralny dwóch prób piaskowca zlepieńcowatego i kwarcowego formacji nowościńskiej przedstawia się następująco:

Głębokość (m)	Kwarc (%)	Skalenie potasowe (%)	Łyszczyki (%)	Cyrkon, turmalin (%)	Spoiwo (%)
3184,4–3186,0	68	2,5	0,5	1	28
3194,9–3198,0	76	10	2	—	12

Mięszczość osadów formacji nowościńskiej wynosi 13,6 m.

OPIS GRANIC FORMACJI

Dolną granicę przyjęto w spągu piaskowców formacji nowościńskiej kontaktujących z mułowcem kwarcowym ogniwa główczyckiego formacji klukoskiej. Granicę górną przyjęto na kontakcie tychże piaskowców z piaskowcem kwarcytowym formacji łebskiej. Ten ostatni różni się od piaskowca formacji nowościńskiej składem mineralnym, a szczególnie obecnością glaukonitu.

INTERPRETACJA GENEZY UTWORÓW GEOLOGICZNYCH STRATOTYPU

Osady wchodzące w skład formacji nowościńskiej tworzyły się, w niegłębokim zbiorniku morskim, w strefie działania fal i prądów, na co wskazują zarówno rozmyte i przemieszczone riplemarki jak i nisze erozyjne, powierzchnie rozmywania i temu podobne formy powstałe w wyniku zakłócenia rytmu sedymentacji. Na niepokój sedymentacyjny wskazują ponadto częste okruchy skał o strukturze kwarcytowej i toczeńce ilaste. Nieznaczące początkowo, w porównaniu z osadami formacji klukoskiej, zwiększenie się ilości skaleń wskazuje na ponowne uaktywnienie się źródeł materiału skaleniowego, związane być może z ich odsłonięciem w wyniku podmorskiej erozji lub przerobieniem skał wcześniej osadzonych i wzbogaceniem między innymi w skalenie osadów formacji nowościńskiej.

DANE O WIERCENIU PROFILU STRATOTYPOWEGO

Wiercenie Łeba 8 wykonało Przedsiębiorstwo Poszukiwań Naftowych w Pile w roku 1970 w miejscowości Łeba, województwo Słupsk. Głębokość końcowa otworu wiertniczego wynosiła 3340,0 m. Wysokość — 3 m n.p.m. Wiercenie osiągnęło granitognejsy dolnego proterozoiku (Bednarczyk 1972, s. 699).

Formacja łebska (fm)

NAZWA

Od jeziora Łebsko na Pobrzeżu Słowińskim w północnej Polsce.

DEFINICJA

Formacja łebska (fm) zbudowana jest w dolnej części z piaskowców kwarcowo-glaukonitowych z konkrekcjami fosforytów, a w górnej z mułowców kwarcowo-glaukonitowych ze skupieniami węglanów.

STRATOTYP

Stratotyp ustalono w profilu Łeba 8, na głębokości od 3003,0 do 3184,4 m (fig. 2 oraz Bednarczyk 1972, s. 690—692). Położenie geograficzne profilu stratotypowego ilustruje fig. 1.

SZCZEGÓŁOWY OPIS GEOLOGICZNY

Dolna część formacji łebskiej zbudowana jest z piaskowców kwarcytowych z glaukonitem. Występują one od 3168,4 do 3184,4 m. Strukturę mają masywną i bezładną, a teksturę psamitową. Ich skład mineralny w % objętościowych jest następujący: kwarc 80%, glaukonit 6%, skalenie 6%, spoiwo 8%. W piaskowcach tych spotykane są konkrekcje fosforytowe oraz toczące i rzadko cienkie wkładki skał ilastych.

Piaskowiec występujący na głębokości od 3167,4 do 3168,4 m zawiera większy procent glaukonitu, a jego struktura staje się równoległa, podczas gdy tekstura psamitowo-psamitowa. Skład mineralny przedstawia się następująco: kwarc 45%, glaukonit 28%, skalenie 4%, łyszczyki 2,5%, minerały akcesoryczne 1,5%, spoiwo 8%. Do głębokości 3165,4 m piaskowiec glaukonitowy przechodzi w węglanowo-glaukonitowy o strukturze miejscami bezładnej i charakteryzuje się warstwowaniem skośnym (pl. 4, fig. 2) oraz o teksturze aleurytowo-psamitowej. Skład mineralny w % objętościowych jest następujący: kwarc 46%, glaukonit 13,5%, skalenie 8%, łyszczyki 1,5%, minerały akcesoryczne 5,5%, spoiwo 25,5%. Ziarna kwarcu są rzędu od 0,01 do kilku milimetrów. Ziarna glaukonitu są świeże lub całkowicie rozłożone i zastąpione węglanami, a niekiedy związkami żelaza. Z łyszczyków występuje muskowitz, a wśród minerałów akcesorycznych rozpoznano rutyl, epidot i turmalin. Tworzą one wraz ze związkami żelaza smugowate skupienia. Miejscami występują konkrekcje fosforytowe z kollofanu i drobnodziarnistego kwarcu. Spoiwo piaskowca jest kalcytowe.

Górna część formacji łebskiej wykształcona jest głównie w postaci mułowców kwarcowo-glaukonitowych z węglanami. Piaskowiec kwarcytowy z glaukonitem stanowi w nich jedynie podrzędne przeławicenia. Dwie próby pobrane z różnych głębokości wykazują dość znaczne różnice w składzie mineralnym:

Głębokość (m)	Kwarc (%)	Glaukonit (%)	Skalenie (%)	Łyszczyki (%)	Węglany (%)	Spoiwo (%)
3037,5–3040,0	86	2	0,5	—	8	3,5
3157,1–3158,0	44	17	11	1	—	27

Ziarna kwarcu w piaskowcu mają średnicę od 0,2 mm, a miejscami nawet 1,5 do 2 mm, rzadko zaś powyżej 2 mm. Są one zazwyczaj lekko lub dobrze obtoczone. Glaukonit z próby pochodzącej z głębszego interwału jest autogeniczny i występuje w postaci owalnych skupień i wydłużonych do 1 mm płatów. Glaukonit z próby wyższego interwału występuje w postaci okrągłych ziarn o średnicy od 0,2 do 0,3 mm. Wśród skaleni liczniejszy jest ortoklaz. Spoiwo jest krzemionkowe.

Wyróżniono dwa typy mułowca: kwarcytowy szary z pogrążami na powierzchni ławic (pl. 4, fig. 1) i kwarcowo-glaukonitowy ciemnoszary.

Mułowiec kwarcytowy występuje do głębokości około 3141,0 m naprzemianlegle z iltowcem czarnym i piaskowcem glaukonitowym. Mułowiec ma strukturę równoległą, zbitą, a teksturę aleurytowo-psamitową. Ziarna kwarcu o średnicy od 0,03 do 0,05 mm spojone są krzemionką i ściśle przylegają do siebie. W smugach kwarcowo-glaukonitowych średnica ziarn kwarcu wynosi od 0,5 do 0,8 mm. Skalenie reprezentowane są przez skalenie potasowe i plagioklasy. Łyszczyki reprezentuje biotyt, a minerały akcesoryczne turmalin i cyrkon. W masie skały stwierdzono wykryształizowane wtórnie węglany. Skład mineralny mułowca z głębokości 3151,7–3157,1 m w % objętościowych jest następujący: kwarc 73%, glaukonit 8%, skalenie 3%, łyszczyki 0,5%, minerały akcesoryczne 0,5%, węglany 6,5%, spoiwo 8,5%.

Ku stropowi do głębokości 3049,8 m mułowiec kwarcytowy przechodzi w mułowiec kwarcowo-glaukonitowy o strukturze bezładnej i teksturze aleurytowej. Ziarna kwarcu o kształtach nieregularnych mają wymiary od 0,02 do 0,05 mm. Spoiwo jest krzemionkowe. Glaukonit jest autogeniczny bądź powstały wtórnie w procesie glaukonityzacji łyszczyków. Wśród skaleni są skalenie potasowe (mikroklin lub ortoklaz) oraz plagioklasy. Minerały akcesoryczne stanowią cyrkon i turmalin. Spora-dycznie występują epidot i anataz. Częste są skupienia romboedrów kalcytowych.

Skład mineralny dwóch prób jest następujący:

Głębokość (m)	Kwarc (%)	Glaukonit (%)	Skalenie (%)	Łyszczyki (%)	Minerały akces. (%)	Węglany (%)	Spoiwo (%)
3049,8–3052,3	50	4	—	1	—	—	45
3064,8–3066,8	60	12	4	1	2	9	14

W stropie formacji mułowiec kwarcowo-glaukonitowy przechodzi w kwarcowy. Struktura tego ostatniego jest równoległa i podkreślona pasmowymi przełwiczeniami iltowca i drobnych ziarenek glaukonitu oraz kwarcu. Tekstura jest aleurytowa lub aleurytowo-pelitowa. Średnica ziarn kwarcu waha się od 0,01 do 0,02 mm. W stropie formacji średnica ziarn kwarcu od 0,06 do 0,1 mm. Spoiwo jest krzemionkowe, bądź węglanowe. Skład mineralny próby pobranej z interwału 3037,5 do 3040,0 m przedstawia się następująco: kwarc 60%, glaukonit 8%, skalenie 2,5%, łyszczyki 2%, minerały akcesoryczne 0,5%, spoiwo 27%.

Osady formacji łębskiej o podobnym wykształceniu rozpoznano także w profilu Smoldzino 1, na głębokości od 3035,0 do 3135,0 m (Bednarczyk 1972, s. 694–695). Reprezentowana jest ona tutaj głównie przez mułowce kwarcowo-glaukonitowe i glaukonitowe przechodzące w stropowej części profilu w piaskowiec kwarcowy

z wkładkami mułowca arkozowego z glaukonitem, którego skład mineralny w próbie pobranej z głębokości 3059,7 do 3062,9 m jest następujący: kwarc 60%, glaukonit 2%, skalenie 13%, łyszczyki 1,5%, minerały akcesoryczne 1,5%, spoiwo 22%. Mułowiec w spągowej partii profilu ma strukturę równoległą, wyżej bezładną, a teksturę aleurytowo-psamitową, zaś w środkowej części aleurytową. Ziarna kwarcu są niejednorodnie obtoczone, ostrokrawędziste lub słabo obtoczone. Ich średnice wahają się w granicach od 0,3 do 0,1 mm. Glaukonit występuje w postaci kulistych ziarn lub strzępiastych skupień. Jego zawartość procentowa maleje ku stropowi. Wśród skaleni występują skalenie potasowe (mikroklin, pertyt, ortoklaz) oraz plagioklasy. Z minerałów akcesorycznych występują cyrkon i turmalin, a z łyszczyków biotyt i muskowit. Spoiwo jest ilasto-węglanowe i zawiera miejscami domieszki krzemionki oraz fosforanów. Skład mineralny dwóch prób jest następujący:

Głębokość (m)	Kwarc (%)	Glaukonit (%)	Skalenie (%)	Łyszczyki (%)	Minerały akces. (%)	Węgłany (%)	Spoiwo (%)
3088,0–3091,5	60	14	1,5	4,0	0,5	—	20
3091,5–3092,3	65	16	—	1,5	0,5	17	—

W mułowcach występują wkładki i przeławicenia ilaste, podkreślające warstwowanie niekiedy konwolutive. Liczne są też ślady żerowania mułodjadów.

W położonym dalej na wschód profilu Białogóra 1 (fig. 1) formację łębską wydzielono na głębokości od 3058,2 do 2930,2 m. Reprezentowana jest ona tutaj przez (od dołu):

Piaskowiec kwarcytowy z glaukonitem i z przeławiczeniami mułowca kwarcowego szarego o warstwowaniu konwolutywnym oraz sporadycznie z ławicą piaskowca kwarcowo-glaukonitowego o laminacji przekątnej.

W oparciu o próbę z głębokości 3057,2 m można stwierdzić, że piaskowiec kwarcytowy jest skałą jasnoszarzieloną nierównoziałnistą o ziarnach kwarcu przeciętnej średnicy od 0,1 do 1 mm. Mają one niekiedy szerokie obwódki regeneracyjne uzupełniające je często do kształtów automorficznych (pl. 1, fig. 1). Kalcyt miejscami tworzy spoiwo piaskowca. Glaukonit występuje w niewielkich ziarnach o średnicy 0,1 mm. Jest on bładozielony i powstał przez glaukonityzację łyszczyków. Spotyka się jednakże i ziarna o kształtach ostrokrawędzistych. Fosforany występują w postaci kongrecji kwarcowo-fosforanowych (pl. 1 fig. 2) lub dobrze obtoczonych fragmentów zbudowanych z prawie czystych fosforanów żółtobrunatnych, izotropowych.

Występujący na głębokości od 3051,0 do 3051,7 m piaskowiec kwarcowo-glaukonitowy ma ziarna kwarcu o przeciętnej średnicy od 0,02 do 0,2 mm i kształtach ostrokrawędzistych. Ziarna te dłuższą osią ułożone są równoległe do warstwowania. Glaukonit wykazuje formy charakterystyczne dla ziarn automorficznych, gdyż kontury są silnie zdeformowane wskutek zetknięcia się z ziarnami kwarcu, wśród których występuje niekiedy w charakterze spoiwa. Ziarna glaukonitu czasem skupiają się w warstewki tworząc formy wydłużone lub zespoły o charakterze łańcuskowym. Widać stąd, że dostały się do osadu w stanie plastycznym. Ziarna kalcytu występują pojedynczo wśród spoiwa. Minerały ilaste należą do serycytu, skalenie do albitu lub mikroklinu. W skale występują ponadto minerały nieprzezroczyste tworzące rozproszone grudki. Skład mineralny piaskowca w % objętościowych jest następujący: kwarc 76,4%, glaukonit 16,2%, kalcyt 3,1%, skalenie 1,5%, mine-

rały ilaste 2,5% i minerały nieprzezroczyste 0,3%. Miąższość opisaney serii piaskowca wynosi 28,2 m. Interwał występowania od 3030,0 do 3058,2 m.

Wyżej na głębokości od 3030,0 do 2982,0 m występuje mułowiec ciemnoszary mikowy z nieregularnymi wkładkami mułowca ciemnoszarego mikowego i ponownie piaskowiec kwarcytowy z rozproszonym glaukonitem. Miąższość mułowca wynosi 48 m.

Stropowa część formacji łebskiej w profilu Białogóra 1 reprezentowana jest na głębokości od 2982,0 do 2930,2 m przez 49,8-metrową serię iłowca mułkowego z glaukonitem i węglanami.

Iłowiec mułkowy jest skałą ciemnoszarą, zwięzłą, drobnodziarnistą i wyraźnie laminowaną. Składa się on z ostrokrawędzistych ziarn kwarcu o średnicy około 0,05 mm, minerałów blaszkowatych o silnie wysokiej dwójłomności i ziarn glaukonitu o charakterze allochtonicznym. Węglany koncentrują się niekiedy w spoiwie lub wypełniają drobne fragmenty szczątków organicznych. Sporadycznie widać pręcikowate skupienia fosforanów oraz grudki i pręciki nieprzezroczyste zbudowane prawdopodobnie z siarczków żelaza. Całkowitą miąższość formacji łebskiej w profilu Białogóra 1 wynosi 128 m.

W najdalej na wschód położonym profilu Piaśnica 2 (fig. 1) formacja łebska występuje na głębokości od 2971,2 do 2830,0 m. Są to (od dołu):

Piaskowiec kwarcytowy z glaukonitem i z fosforanami barwy szarej, zwięzły z wtrąceniami iłowca czarnego. Piaskowiec ten często stanowi wkładki, zazwyczaj z niszami erozyjnymi, w iłowcu czarnym. W oparciu o próbę z głębokości 2969,5 m można stwierdzić, że piaskowiec składa się z ziarn kwarcu o średnicy od 0,2 do 0,8 mm, z szerokimi obwódkami regeneracyjnymi. Ziarna te są klarowne, a kształty ziarn detrytycznych wykazują dobre obtoczenie. Regeneracja natomiast tworzy ziarna kanciaste, niekiedy o tendencji do ziarn automorficznych. Dzięki regeneracji, ziarna są pozazębiane tak, że można mówić o spoiwie kwarcowym. Ziarna glaukonitu są mniejsze od kwarcu i na ogół nie przekraczają 0,2 mm średnicy. Barwę mają żywozieloną, ale na powierzchni tworzy się zawsze postrzępiona skorupka brunatnoszara; izotropowa, zbudowana z fosforanów. Sporadycznie spotykane są otoczaki o średnicy 1,2 mm, których rdzeń zbudowany jest z fosforanów i mułku kwarcowego. Drobne ziarna fosforanów zdarzają się także w spoiwie, rzadko natomiast spotyka się skupienia węglanów — przypuszczalnie kalcytu. Z minerałów ciężkich sporadycznie występują ziarna brunatnego turmalinu. Miąższość piaskowca wynosi 19,2 m. Interwał występowania od 2971,2 do 2952,0 m.

Wyżej na głębokości od 2952,0 do 2945,0 m występuje piaskowiec kwarcowo-glaukonitowy, miejscami z przeławiczeniami glaukonitytu. Piaskowiec ten jest skałą ciemnoszarozieloną, miejscami z otoczkami piaskowca jasnoszarego o średnicy do 2 mm i o wyraźnej strukturze warstewkowej. Skład mineralny piaskowca z głębokości 2949,4 m w % objętościowych jest następujący: kwarc 54,6%, glaukonit 19%, kalcyt 10%, fosforany z pelitem kwarcowym 15,2%, minerały nieprzezroczyste 1,2%. Ziarna kwarcu są przeważnie dobrze obtoczone i mają średnicę od 0,02 do 2,2 mm. Glaukonit jest barwy żywozielonej, tworzy agregaty drobnych ziarn powciskanych między ziarna kwarcu, formując często spoiwo zmieszane z węglanami i z fosforanami. Zarówno fosforany jak i kalcyt skupiają się w niektórych partiach w formy o charakterze konkrecji lub okruchów przetkanych ziarnami kwarcu i glaukonitu. Minerale nieprzezroczyste występują w postaci sprasowanych skupień towarzyszących fosforanom lub węglanom. Całkowita miąższość piaskowca wynosi 7 m.

Na głębokości od 2945,0 do 2925,0 m napotkano iłowiec mułkowy ciemnoszary z odcieniem zielonym, z wkładkami i przeławiczeniami glaukonitu. Glaukonit z głębokości 2937,6 m jest skałą zwięzłą, drobnodziarnistą, prawie afanitową, barwy ciemnoszarozielonej. Średni skład mineralny w % objętościowych jest następujący: glau-

konit 46,8%, kwarc 33,5%, fosforany 6,1%, węglany 13,6%. Glaukonit w skale występuje najczęściej w postaci ziarn pozgniatanych i bardzo wydłużonych o średnicy 1 mm, a niekiedy pozlepianych w łańcuszki. Inne ziarna są postrzępione i dostosowane do kształtu minerałów, między które są powciskane, tworząc jakby spoiwo (pl. 2, fig. 2). Kwarc występuje w ziarnach ostrokrawędzistych o średnicy od 0,2 do 0,5 mm, rzadziej obtoczonych. Fosforany i węglany (kalcyt, syderyt) impregnują relikty organizmów. Niekiedy spotykane są otoczaki zbudowane z żółtobrunatnego izotropowego fosforanu oraz ze strzępów substancji nieprzezroczystej, węglanów i pelitu kwarcowego. Miąższość serii iłowcowej z glaukonitem wynosi 20 m.

W stropie profilu od głębokości 2925,0 do 2830,0 m występuje iłowiec mułkowy z rozproszonym glaukonitem, szarozielony zwięzły, prawie afanitowy z połykającymi na powierzchni drobnymi blaszkami miki o warstwowaniu niewyraźnym. W partiach bardziej ilastych widoczne są wałeczkowate skupienia piaszczyste będące śladami po mułojadach. W partiach mułkowych zaznacza się warstwowanie konwolutive, a w ilastych poziome. Przeważającym składnikiem jest kwarc w ziarnach o średnicy 0,02 mm, któremu towarzyszą minerały ilaste drobnouseczkowe i dość silnie dwójłomne, należące przypuszczalnie do illitu. Miejscami skupiają się one w agregaty. Glaukonit jest żywozielony bez obwódek fosforanowych, rozproszony. Przeważają ziarna autochtoniczne wielopłatowe o krótszej średnicy 0,2 mm i dłuższej 0,5 mm. W dolnej partii ziarna glaukonitu są na ogół drobniejsze i nie przekraczają 0,06 mm średnicy. Są one ostrokrawędziste i mają charakter ziarn allochtonicznych, przyniesionych być może z niedaleka. Obficie występują grudki minerałów nieprzezroczystych. Miąższość iłowca wynosi 95 m.

OPIS GRANIC FORMACJI

Granica dolna formacji łebskiej została wyznaczona w spągu piaskowca kwarcytowego z glaukonitem, a w stropie piaskowca kwarcytowego formacji nowościńskiej. Zasadnicza bowiem różnica między tym ostatnim, a piaskowcem kwarcytowym formacji łebskiej polega na występowaniu glaukonitu. Granicę górną formacji łebskiej przeprowadzono w profilu Piaśnica 2, gdzie iłowiec mułkowy z rozproszonym glaukonitem kontaktuje zgodnie z iłowcem ciemnoszarym bez glaukonitu. Przy wyznaczeniu granicy w pozostałych profilach wzięto pod uwagę zarówno litologię i petrografię skał sąsiadujących ze skałami formacji łebskiej, jak i zapis karotażowy (fig. 2) odcinków granicznych.

INTERPRETACJA GENEZY OSADÓW

Osady formacji łebskiej tworzyły się w warunkach zwolnionej i niekiedy przerywanej sedymentacji, w morzu w którym z zawiesiny koloidalnej wytrącał się autochtoniczny glaukonit. Niepokój sedymentacyjny między innymi związany z działalnością prądów morskich wyrażony jest obecnością warstwowań przekątnych i konwolutnych, izolowanych i rozmytych riplemarków, nisz erozyjnych oraz występowaniem toczeńców i otoczków skał fosforanowych. Sporadyczność śladów działalności organizmów wskazuje na niedogodne dla rozwoju fauny bentonicznej warunki życiowe. Lokalnie występujące szkielety organizmów planktonicznych, np. hyolity lub problematyczne akrytarchy mogły być przyniesione przez prądy morskie.

Formacja sarbska (fm)

NAZWA

Pochodzi od jeziora Sarbsko na Pobrzeżu Kaszubskim w północnej Polsce.

DEFINICJA

W skład formacji wchodzi mułowce kwarcowe szare naprzemiangle z iłowcem czarnym i piaskowcem kwarcytowym szarym.

STRATOTYP

Stratotypem formacji jest profil rozpoznany wierceniem Łeba 8, na głębokości od 2793,0 do 3003,0 m (fig. 2 oraz Bednarczyk 1972, s. 688—689). Położenie geograficzne profilu stratotypowego ilustruje fig. 1.

SZCZEGÓŁOWY OPIS GEOLOGICZNY

Formacja sarbska składa się z mułowcą kwarcowego szarego o strukturze równoległej i teksturze aleurytowej lub aleurytowo-pelitowej z cienkimi przeławieniami i wkładkami iłowca czarnego. Mułowiec zbudowany jest z drobnych ziarn kwarcu o średnicy od 0,01 do 0,02 mm, niekiedy od 0,05 do 0,1 mm. Spoiwo jest ilaste, a czasami krzemionkowe. Wśród ziarn kwarcu występują skupienia węglanów. Ponadto spotykany jest muskowit, a z minerałów akcesorycznych cyrkon i rzadziej turmalin. Skład mineralny dwóch prób przedstawia się następująco:

Głębokość (m)	Kwarc (%)	Skalenie potasowe (%)	Muskowit (%)	Minerały akces. (%)	Węgłany (%)	Spoiwo (%)
2801,0–2807,7	63	1,5	4,5	3,0	5,0	23
2853,0–2866,1	60	—	2	3	13	22

Mułowiec od głębokości 2850,9 m aż ku stropowi zawiera liczne przeławienia i wkładki piaskowca kwarcytowego jasnoszarego oraz iłowca czarnego. Piaskowiec kwarcytowy ma strukturę zbitą i beżładną, a teksturę aleurytowo-psamitową. W składzie mineralnym zwraca uwagę obecność skalenia (ok. 2,5%). W mułowcu i w iłowcu występują liczne ślady żerowania oraz wleczenia.

W profilu Białogóra 1, formacja sarbska rozpoznana została na głębokości od 2930,2 do 2802,8 m. Wykształcona jest ona w dolnej partii z iłowca czarnego z przeławieniami piaskowca kwarcytowego szarego z odcieniem niebieskim i z cienkimi przeławieniami mułowca kwarcowego czarnego o warstwowaniu riplemarkowym ukośnym. Od głębokości 2846,2 m ku górze iłowiec przechodzi w mułowiec czarny z miką o strukturze równoległej, ze śladami płynięcia i przeławieniami piaskowca kwarcowego jasnoszarego o warstwowaniu riplemarkowym i z przemieszczonymi i rozmytymi riplemarkami.

Formację sarbską zidentyfikowano także w profilach Smóldzino 1, Dębki 3 i Piaśnica 2.

W profilu Smóldzino 1 występuje ona w interwale od 3035,0 do 2901,0 m. Reprezentuje ją tu iłowiec czarny, miejscami laminowany piaskowcem drobnoziarnistym jasnoszarym. Licznie występują w nim ślady działalności mułojadów. Miąższość osadów formacji wynosi 134 m.

W profilu Piaśnica 2, formacja sarbska reprezentowana jest przez iłowiec mułkowy ciemnoszary, prawie czarny, niewyraźnie laminowany blaszkami illitu, miąższości 29 m. Występuje on w interwale od 2830,0 do 2801,0 m.

W profilu Dębki 3, osady formacji sarbskiej występują na głębokości od 2803,0 do 2790,0 m i mają miąższość 13 m. Jest to iłowiec mułkowy ciemnoszary lub szary z przeławieniami piaskowca kwarcytowego szarego. Iłowiec mułkowy jest skałą drobno warstwowaną o teksturze afanitowej. Przeważającym składnikiem jest kwarc o wielkości ziarn od 0,01 do 0,06 mm. Strukturę iłowca podkreśla równoległe ułożenie wydłużonych ziarn kwarcu oraz blaszek muskowitu i biotyту. W spoiwie skały rozsiane są liczne skupienia węglanów, głównie w postaci ziarn i sferolitów. Z minerałów akcesorycznych stwierdzono obecność cyrkonu, turmalinu i rutylu.

Występujący w przeławieniach piaskowiec kwarcytowy ma strukturę równoległą zaznaczoną występowaniem warstewek białych, wśród szarych. Składa się on z ostrokrawędzistych pozazębianych ziarn kwarcu z niewyraźnymi obwódkami regeneracyjnymi. Wydłużone i równoległe ułożone ziarna kwarcu podkreślają jego strukturę. Oprócz kwarcu w skale występują cyrkon, turmalin i muskowit oraz rozsiane skupienia węglanów, głównie kalcytu i częściowo syderytu. Te ostatnie mają charakter diagenetycznej infiltracji w spoiwie.

OPIS GRANIC FORMACJI

Granice dolna i górna formacji sarbskiej wyrażone są zmianami w litologii osadów. Występująca w spągu formacja łebska charakteryzuje się obecnością glaukonitu, którego w osadach formacji sarbskiej całkowicie brak. W stropie natomiast ciemnoszare lub szare mułowce i iłowce formacji sarbskiej pokrywają piaskowce formacji dębkowskiej. Różnice litologiczne w przypadku dolnej granicy formacji sarbskiej doskonale dają się obserwować w profilu Dębki 3, a w przypadku górnej w profilu Łeba 8. Odzwierciedla je także zapis karotażowy, co umożliwia przeprowadzenie granicy, nawet w przypadku luk w rdzeniowaniu (fig. 2).

INTERPRETACJA GENEZY UTWORÓW GEOLOGICZNYCH

Osady formacji sarbskiej tworzyły się w warunkach raczej spokojnej sedymentacji, którą zakłócała jedynie działalność prądów zawieszinowych. Efekty tej działalności obserwowano w profilach zachodniej części omawianego obszaru. Zbiornik morski zasiedlała dość liczna fauna bentoniczna reprezentowana przez brachiopody z gr. Inarticulata oraz trylobity (Bednarczyk 1972, 1974). Nagromadzenie i rozkład szkieletów tej fauny, szczególnie w końcowym okresie tworzenia się formacji sarbskiej, spowodowało zmianę środowiska na bardziej redukcyjne. Stąd występowanie ciemnych iłowców, często z dużym nagromadzeniem siarczków żelaza. Mimo masowego miejscami występowania łyszczyków, zwłaszcza biotyту, nie tworzył się glaukonit. Świadczyć to może o ciągłej sedymentacji uniemożliwiającej glaukonityzację łyszczyków, czy też tworzenie się tego minerału ze skupień koloidalnych. Glaukonit wymaga bowiem przerywanej sedymentacji (Smulikowski 1954).

Formacja dębkowska (fm)

NAZWA

Pochodzi od miejscowości Dębki nad Bałtykiem na Pobrzeżu Kaszubskim w północnej Polsce.

DEFINICJA

Formację tworzy mlecznobiały piaskowiec z przeławieniami piaskowca szarobeżowego i podrzędnie iłowca ciemnoszarego.

STRATOTYP

Stratotyp ustalono w profilu Dębki 3 na głębokości od 2709,5 do 2790,0 m. Położenie profilu stratotypowego ilustruje fig. 1.

SZCZEGÓŁOWY OPIS GEOLOGICZNY

W profilu stratotypowym formacja dębkowska rozpada się na dwie nieco różniące się między sobą części: dolną i górną.

Część dolna rozpoznana na głębokości od 2790,0 do 2763,5 m wykształcona jest jako piaskowiec kwarcytowy szarobeżowy z przeławieniami piaskowca kwarcytowego mlecznobiałego, miejscami z wkładkami iłowca ciemnoszarego i z otoczkami szarego mułowca.

Piaskowiec szarobeżowy jest skałą zwięzłą, droбноziarnistą o wyraźnym warstwowaniu podkreślonym białymi równoległymi smugami. Jest on zbudowany z pozazębianych ze sobą ziarn kwarcu o średnicy od 0,1 do 0,2 mm, a w niektórych wyższych partiach od 0,08 do 0,5 mm. Obwódki regeneracyjne są rzadko wyrażone, natomiast niektóre ziarna kwarcu mają tendencję do przybierania kształtów automorficznych. Struktura równoległa zaznacza się równoległym ułożeniem wydłużonych osi ziarn kwarcu. Wśród ziarn większych widać dobrze obtoczone kuliste. Węglały tworzą w piaskowcu gniazda, a niekiedy spoiwo. Wśród skupień syderytu zaznaczają się ziarna o budowie romboedrycznej. Niektóre gniazda są zbudowane ze skupień kalcytu. Poza tym węglały występują w skale w rozproszeniu, w formie romboedrów, zaś syderyt niekiedy w postaci drobnych sferolitów. Z minerałów akcesorycznych najpospolitsze są dobrze obtoczone ziarna cyrkonu i zielono-oliwkowego turmalinu. Ponadto stwierdzono obecność rutylu i dystenu. Liczne są także rozproszone ziarna siarczków żelaza.

Piaskowiec kwarcytowy mlecznobiały jest skałą zwięzłą droбноziarnistą do średnioziarnistej, ze słabo miejscami zaznaczoną strukturą równoległą. Zbudowany jest z pozazębianych ze sobą ziarn kwarcu, niekiedy z obwódkami regeneracyjnymi. Ziarna te mają różnicowaną wielkość od 0,1 do 0,2 i od 0,2 do 1 mm. Większe ziarna są dobrze obtoczone, kuliste. Struktura równoległa jest podkreślona ułożeniem dłuższych osi ziarn kwarcu. Wśród minerałów ciężkich rozpoznano dobrze obtoczone ziarna cyrkonu, rzadziej oliwkowego, jasnobrunatnego lub żywozielonego turmalinu i rutylu. Sporadycznie występują blaszki muskowitu. W skład piaskowca wchodzi także nieprzezroczyste minerały tworzące nieregularne grudki czarne lub brunatne.

Miąższość dolnej części formacji dębkowskiej wynosi 26,5 m.

Część górna formacji, występująca w interwale od 2763,5 do 2709,5 m, reprezentowana jest przez piaskowiec kwarcytowy mlecznobiały średnioziarnisty z wkładkami iłowca ciemnoszarego i z przeławieniami piaskowca kwarcytowego szarobeżowego. W dolnej partii tej części formacji, w piaskowcu mlecznobiałym występują płaskie, owalne otoczki mułowca syderytowego (pl. 5, fig. 3). Piaskowiec jest skałą bez wyraźnie zorientowanej struktury, zbudowaną z pozazębianych ziarn kwarcu o średnicy 0,3 mm i wyraźnych obwódkach regeneracyjnych. Obok kwarcu występują rzadkie grudki minerałów nieprzezroczystych oraz skupienia węglanów.

Mułowiec syderytowy występujący w postaci otoczek składa się z ziarn kwarcu o średnicy od 0,05 do 0,1 mm, ziarn żółtawego syderytu o średnicy poniżej 0,01 mm i z licznych rozproszonych blaszek bezbarwnej miki oraz z rzadkich grudek czarnej substancji.

Mięszość górnej części formacji wynosi 54 m. Ogólna mięszość formacji dębrowskiej w profilu stratotypowym wynosi 80,5 m.

W profilu Białogóra 1, na głębokości od 2802,5 do 2730,2 m, formacja dębrowska zbudowana jest głównie z piaskowca kwarcytowego mlecznobiałego, miejscami z przeławiczeniami piaskowca szarobeżowego lub iłowca ciemnoszarego. Lokalnie w piaskowcu występują toczne skały ilastych, nisze erozyjne i fragmenty przemieszczonych ławic tegoż piaskowca.

Piaskowiec mlecznobiały jest skałą zwięzłą, drobnoziarnistą o strukturze fałisto-równoległej, miejscami z mikrodeltowo-riplemarkowym warstwowaniem; tworzą go zazębione wzajemnie ziarna kwarcu o średnicy od 0,08 do 0,15 mm, miejscami oddzielone kalcytowym spoiwem. Te agregaty kalcytowo-kwarcowe mają niekiedy charakter drobnych konkrecji. Obok kalcytu występują w rozproszeniu ziarna syderytu niekiedy tworzące postać sferolitów. Minerale ciężkie reprezentowane są przez cyrkon, oliwkowy lub jasnobrunatny turmalin, rutyl i dysten. Poza tym obecne są liczne automorficzne nieprzezroczyste ziarna skupiające się w gniazda.

Piaskowiec szarobeżowy występujący w przeławiczeniach składa się z pozazębionych ziarn kwarcu niekiedy ze śladami obwódek regeneracyjnych, o przeciętnej średnicy 0,2 mm, czasem 0,4 mm. Obok kwarcu rozpoznano drobne ziarna węglanów, cyrkonu i jasnobrunatnego turmalinu.

Mięszość formacji wynosi 72,3 m.

Do formacji dębrowskiej zaliczone zostały także wcześniej opisane przez autora (Bednarczyk 1972, s. 687 i 694) piaskowce występujące w profilu Smołdzino 1, na głębokości od 2901,0 do 2826,7 m i w profilu Łeba 8 na głębokości od 2793,0 do 2747,0 m. Bardziej reprezentatywnym z dwu wymienionych powyżej profili jest profil Łeba 8. W profilu tym piaskowiec kwarcytowy mlecznobiały jest przeławicony iłowcem ciemnoszarym.

Piaskowiec ma strukturę zbitą, bezładną i teksturę aleurytowo-psamitową. Zbudowany jest z ziarn kwarcu o średnicy od 0,05 do 0,4 mm, ściśle przylegających do siebie i mających wtórną obwódkę regeneracyjną. Minerale akcesoryczne, jak turmalin, cyrkon, rzadziej anataz i piryt, występują niekiedy w koncentracjach. Również węglany tworzą skupienia. Spoiwo jest krzemionkowe. Skład mineralny dwóch prób tego piaskowca jest następujący:

Głębokość (m)	Kwarc (%)	Muskowit (%)	Minerale akces. (%)	Węglany (%)	Spoiwo (%)
2754,4-2775,2	78	—	6	10	6
2788,0-2791,2	71,5	1	8,5	13	6

Íłowiec występujący w piaskowcu w przeławiczeniach zbudowany jest z minerałów ilastych z domieszką kryptokrystalicznej krzemionki i z rozproszonych węglanów oraz ze skupień pirytu i wodorotlenków żelaza. Na powierzchniach ławic piaskowca widoczne są liczne ślady wleczenia, zadziory uderzeniowe, pogrąży, nisze erozyjne i ślady żerowania mułojadów. W dolnej partii występują w piaskowcu toczne ilaste.

Mięszość ogólna formacji w profilu Łeba 8 wynosi 46 m.

W profilu wiercenia Dębki 2, formacja dębrowska występuje na głębokości od 2747,0 do 2671,8 m. Składa się ona z trzech części (od dołu):

Piaskowiec kwarcytowy beżowo-szary z przeławiczeniami iłowca ciemnoszarego lub piaskowca kwarcytowego mlecznobiałego występuje na głębokości od 2747,0 do 2722,3 m.

Piaskowiec beżowo-szary ma strukturę nie zorientowaną, jest drobnoziarnisty, zwięzły o przełamie cukrowym. Składa się z ziarna kwarcu o średnicy od 0,2 do 0,25 mm, ale zdarzają się ziarna, najczęściej dobrze obtoczone, o średnicy od 0,4 do 0,8 mm. Ziarna kwarcu są pozazębiane, niekiedy mają obwódki regeneracyjne oraz wykazują tendencję do przybierania kształtów automorficznych. Skalenie są w piaskowcu rzadkie i zmętniałe. Węgłany stanowią niekiedy spoiwo skały, ale spotykane są także izolowane romboedry syderytu. Minerale akcesoryczne reprezentują cyrkon i jasnożółty turmalin.

Piaskowiec mlecznobiały do jasnoszarego jest zwięzły, często laminowany ciemnoszarym iłowcem, niekiedy o warstwowaniu konwolucyjnym (pl. 4, fig. 3) i z piaszczystymi riplemarkami w materiale ılastym. Ziarna kwarcu mają przeciętną wielkość 0,25 mm, są pozazębiane, często ze śladami obwódek regeneracyjnych, niekiedy z tendencją do tworzenia ziarn automorficznych. Miejscami gniazda węglanów tworzą spoiwo skały. Liczne są ziarna cyrkonu i oliwkowego turmalinu. Miąższość opisanych osadów wynosi 24,7 m.

Środkową część formacji występującą w interwale od 2722,3 do 2698,9 m zajmuje piaskowiec kwarcytowy mlecznobiały. Piaskowiec jest skałą zwięzłą drobno- i średnioziarnistą, miejscami o strukturze nie zorientowanej, a miejscami o równoległej podkreślonej ułożeniem dłuższych osi ziarn kwarcu. Ziarna kwarcu są pozazębiane o średnicy od 0,1 do 0,7 mm, często z obwódkami regeneracyjnymi. W skale rzadko spotykane są okruchy rogowców i skalenie, które najczęściej są zmętniałe. Węgłany występują w rozproszeniu (syderyt tworzy czasem sferolity) lub w skupieniach w postaci spoiwa. Minerale ciężkie reprezentowane są przez cyrkon i oliwkowy turmalin. Piaskowiec często charakteryzuje się warstwowaniem konwolucyjnym podkreślonym laminacją ıłowca ciemnoszarego i obecnością różnego typu epiglyfów na powierzchni ławic (pl. 3, fig. 1). Rozmyte i przemieszczone riplemarki piaszczyste tworzą w ıłowcu strukturę chmurzastą, lub formy zwane silty balls. Sam ıłowiec jest skałą ciemnoszarą, afanitową, zwięzłą, drobno warstewkowaną, składającą się ze słabo przeświecającego agregatu minerałów brunatnoszarych należących oyc może do zwietrzałego biotyty. W warstewkach równoległych występują blaszki bezbarwnej miki, skąpego pelitu kwarcowego oraz drobne ciemne pyłki. Miąższość opisanej części profilu wynosi 23,4 m.

Górną część formacji zajmuje piaskowiec kwarcowy jasnoszary. Występuje on w interwale od 2698,9 do 2671,8 m. Piaskowiec jest skałą drobnoziarnistą, laminowaną ıłowcem (pl. 5, fig. 1) podkreślającym warstwowanie konwolucyjne typowe dla tej części profilu. W ıłowcu obserwowano misze erozyjne prostopadłe do warstewek ıłowcowych, wypełnione materiałem piaszczystym (pl. 5, fig. 2). Ponadto spotykane są izolowane i rozmyte piaszczyste riplemarki tworzące strukturę chmurzastą, lub formy silty balls (pl. 6, fig. 2).

W płytkach cienkich widać, że piaskowiec składa się z naprzemianległych warstewek jasnych ıłowcowo-piaszczystych i ılastych. Warstewki jasne zbudowane są z pozazębianych za siebie lub ostrokrawędzistych ziarn kwarcu, przeważnie nie przekraczających 0,1 mm średnicy. W niektórych partiach ziarna są większe, około 0,2 mm i półobtoczone. Obok kwarcu widoczne są skalenie zmętniałe od przerostów drobnołuseczkowatego serycyty. Liczne są ziarna cyrkonu i oliwkowego turmalinu. W warstewkach ciemnych ılastych zbudowanych z drobno rozartego biotyty przetkanego muskowitem widoczne są rozproszone ostrokrawędziste ziarenka kwarcu. Ponadto występują tu drobne nieprzezroczyste gruzełki tworzące agregaty kuleczek, będące być może siarczkami żelaza.

Całkowita miąższość formacji w profilu Dębki 2 wynosi 75,2 m, a części górnej 27,1 m. W profilu Piaśnica 2, formacja dębkowska występuje w interwale od 2801,0 do 2723,2 m i reprezentują ją podobne osady jak w profilu Dębki 2. Podzielono ją tutaj na dwie części (od dołu):

Kwarcyt jasnoszary z otoczkami skał żelazisto-iłastych. Interwał występowania od 2801,0 do 2797,2 m. Kwarcyt jest skałą drobnoziarnistą jasnoszarą zbudowaną z pozazębianych za siebie ziarn kwarcu o średnicy około 0,2 mm. W masie skały widoczne są rzadkie ziarna węglanów, rozproszone drobne pyłki nieprzezroczyste oraz strzepy minerałów iłastych, a także liczne ziarna cyrkonu. Lokalnie widać nagromadzenie minerałów iłastych, które tworzą spoiwo, bądź wkładki. Barwa minerałów iłastych jest brunatnoszara, a dwójłomność miejscami dość silna. W kwarcycie są częste nisze erozyjne wypełnione materiałem piaszczystym z otoczką iłastą. Miąższość kwarcytu wynosi 3,8 m.

Piaskowiec kwarcytowy szarobezowy z przeławiczeniami piaskowca kwarcytowego mlecznobiałego i w dolnej partii iłowca ciemnoszarego. Interwał występowania od 2797,2 do 2723,2 m. Piaskowiec szarobezowy jest skałą drobnoziarnistą o strukturze nieznacznie zaburzonej — równoległej. Ziarna kwarcu o średnicy 0,1 do 0,15 mm są pozazębiane, rzadko z obwódkami regeneracyjnymi. Sporadycznie występują w piaskowcu postrzępione agregaty kalcytu, oliwkowy turmalin oraz rozproszone drobne czarne pyłki. Struktura równoległa zaznaczona ułożeniem dłuższych osi ziarn kwarcu. Piaskowiec mlecznobiały jest skałą zlewną, zwięzłą, bez struktury zorientowanej. Składa się z pozazębianych za siebie ziarn kwarcu o średnicy od 0,06 do 0,5 mm, w wyższych partiach od 0,1 do 0,15 mm, z przeważnie obecnymi obwódkami regeneracyjnymi. Sporadycznie widoczne są ziarna cyrkonu i brunatnego turmalinu. W piaskowcu liczne są wtrącenia i przeławiczenia iłowca żelazistego zbudowanego z minerałów blaszkowatych o wysokiej dwójłomności i z drobnych ziarenek węglanów, przypuszczalnie syderytu. Miejscami węglany występują gniazdowo, lub tworzą spoiwo skały. W tej części profilu częste są w osadach ślady żerowania mułodajów oraz rozmyte i przemieszczone riplemarki. Miąższość wynosi 74,0 m.

Ogólna miąższość formacji 77,8 m.

OPIS GRANIC FORMACJI

Zarówno granica dolna jak i górna ustalone są na podstawie różnic litologicznych między osadami formacji dębrowskiej a utworami formacji sarbskiej w spągu i osieckiej w stropie. Granice te są dość ostre i dają się prześledzić zarówno bezpośrednio w profilach wierceń, jak i w zapisach karotażowych (fig. 2).

INTERPRETACJA GENEZY UTWORÓW GEOLOGICZNYCH

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że w okresie tworzenia się osadów formacji dębrowskiej ich sedymentacja zachodziła w zbiorniku morskim, w którym dużą rolę odgrywała działalność prądów zawieszinowych. Stąd różnego rodzaju struktury skał oraz struktury powierzchniowe (pl. 6, fig. 1) stwierdzone w poszczególnych profilach wierceń. Przewaga materiału czystego, piaszczystego, wskazuje na zbiornik dobrze przewietrzany, a miąższość osadów może nasuwać myśl o warunkach subsydenyjnych. Brak glaukonitu oraz sporadycznie jedynie występujące siarczki żelaza wskazują na sedymentację ciągłą.

W zbiorniku tym nie było, zapewne sprzyjających warunków dla rozwoju fauny bentonicznej. Wskazują na to jedynie sporadyczne i fragmentaryczne szczątki trylobitów przywleczone do zbiornika przez prądy denne.

DANE O WIERCENIU STRATOTYPOWYM

Wiercenie Dębki 3 wykonało w miejscowości Dębki, województwo gdańskie, Przedsiębiorstwo Poszukiwań Naftowych w Pile. Wiercenie usytuowano 1,75 m n.p.m. i zakończono na głębokości 2803,0 m w 1972 roku nie przebijając utworów kambru.

Formacja osiecka (fm)

NAZWA

Pochodzi od miejscowości Osieki na Pobrzeżu Kaszubskim w północnej Polsce.

DEFINICJA

Formację buduje mułowiec kwarcowy z węglanami, niekiedy zastąpiony piaskowcem z konkrekcjami węglanów oraz z wtrąceniami i przeławieniami iłowca ciemnoszarego.

STRATOTYP

Stratotypem jest profil Dębki 3 w interwale od 2691,0 do 2709,5 m. Położenie profilu stratotypowego ilustruje fig. 1.

SZCZEGÓŁOWY OPIS GEOLOGICZNY

Formację osiecką w profilu stratotypowym reprezentuje mułowiec kwarcowo-węglanowy szary z odcieniem zielonym, ze śladami żerowania mułojadów, z wtrąceniami i przeławieniami iłowca ciemnoszarego. W profilu widoczne są na powierzchniach ławic riplemarki; często izolowane i rozmyte tkwią w masie ilastej. Napotkano także nisze erozyjne.

Mułowiec jest skałą zwięzłą afanitową o strukturze miejscami równoległe laminiowanej. W płycie cienkiej pod mikroskopem widoczne są agregaty kwarcu o średnicy nie przekraczającej 0,01 do 0,05 mm z rzadka rozszanymi ziarnami o średnicy 0,2 mm. Ziarna kwarcu są ostrokrawędziste, a ułożenie ich wzdłuż dłuższej osi jest równoległe. W mułowcu występują agregaty węglanów, przypuszczalnie syderytu, w których czasami można wyróżnić romboedry. Występujące w skale ciemne ziarenka należą przypuszczalnie do siarczków żelaza. Poza tym stwierdzono obecność ziarn pirytu osiagających wielkość 0,3 mm. Znaleziono też spirytyzowane kuleczki opatrzone kolcami, być może organicznego pochodzenia. Rzadko występują ziarna nisko dwójłomnego chlorytu.

W profilu Białogóra 1, osady formacji osieckiej wyodrębniono na głębokości od 2730,2 do 2719,5 m. Reprezentuje je mułowiec kwarcowy o miąższości 6,7 m przykryty przez 4-metrową serię iłowca mułkowego prawie czarnego z przeławieniami mułowca kwarcowego. Mułowiec kwarcowy jest skałą zwięzłą, afanitową, drobnoziarnistą o niewyraźnej strukturze równoległej. W płycie cienkiej widać wśród bezładnie zorientowanych kuseczek minerałów ilastych o dość wysokiej dwójłomności liczne ostrokrawędziste ziarna kwarcu o średnicy 0,02 do 0,1 mm oraz bardzo liczne utwory czarne, nieprzezroczyste, występujące głównie w postaci kuleczek lub rzadziej wydłużonych pręcików. Niekiedy te ostatnie zbudowane są z fosforanów. W całym profilu na powierzchniach ławic częste są ślady żerowania mułojadów, a także ślady wleczenia oraz erozji w postaci nisz erozyjnych i przemieszczonych fragmentów skał piaszczystych tkwiących w masie ilastej. Miąższość ogólna formacji wynosi 10,7 m.

Formacja osiecka w profilu Piaśnica 2 występuje na głębokości od 2723,2 do 2692,5 m. Formacja wykształcona jest jako iłowiec ciemnoszary z przeławiczeniami piaskowca kwarcytowego jasnoszarego z konkrecjami węglanów. Piaskowiec jest skałą zwięzłą i zlewną o strukturze niewyraźnie zorientowanej. Zbudowany jest on z ziarn kwarcu o średnicy około 0,15 mm. Wśród nich występują konkrecje węglanów oraz liczne drobne ziarna, przypuszczalnie syderytu, ułożone w pofałdowane równoległe względem siebie warstewki. Niekiedy piaskowiec wykazuje warstwowanie konwolutive podkreślone laminami ilastymi. Miąższość formacji wynosi 30,7 m.

OPIS GRANIC FORMACJI

Granice dolna i górna formacji osieckiej są ostre z uwagi na odmienne wykształcenie jej osadów w stosunku do utworów leżących pod i nad nią. Cechy litologiczne znajdują swoje odbicie w zapisie karotażowym (fig. 2). Ze względu na niepełne rdzeniowanie trudno dociec, czy osady formacji osieckiej występują także w profilach Smołdzino 1, Łeba 8 i Dębki 2. Z analizy miąższościowej wynika, że najpełniej formacja ta wykształcona jest w profilu Piaśnica 2, gdzie osiąga 30,7 m. W kierunku zachodnim miąższość maleje (w profilu Dębki 3 do 18,5 m, a w profilu Białogóra 1 do około 11 m), a w skrajnych profilach zachodnich wierceń Łeba 8 i Smołdzino 1 osadów formacji osieckiej zapewne brak.

INTERPRETACJA GENEZY UTWORÓW GEOLOGICZNYCH

Podobnie jak w okresie tworzenia się osadów formacji dębkowskiej do zbiornika sedymentacyjnego docierały prądy denne, w tym prądy zawieszinowe. Erozyjna działalność tych prądów pozostawiła ślady w postaci rozmytych i przemieszczonych riplemarków oraz nisz erozyjnych. Pod koniec okresu tworzenia się formacji osieckiej zbiornik musiał ulec izolacji i powstały warunki redukujące. Wskazuje na to pojawienie się siarczków żelaza oraz śladów procesów bakteryjnych.

Formacja białogórska (fm)

NAZWA

Pochodzi od miejscowości Białogóra na Pobrzeżu Kaszubskim w północnej Polsce.

DEFINICJA

W skład formacji wchodzi wyłącznie piaskowiec glaukonitowy laminowany poziomo lub przekątnie ziarnami glaukonitu, lokalnie z toczkami ciemnoszarych skał ilastych.

STRATOTYP

Stratotyp występuje w profilu Białogóra 1, w interwale od 2715,7 do 2719,5 m. W pozostałych profilach, z uwagi na luki w rdzeniowaniu, obserwacji bezpośrednich dokonać nie było można, lecz analiza zapisu karotażowego (fig. 2) wskazuje na obecność osadów glaukonitowych. Położenie profilu stratotypowego ilustruje fig. 1.

SZCZEGÓŁOWY OPIS GEOLOGICZNY

Płaskowiec glaukonitowy jest skałą jasnoszarą o odcieniu zielonym, laminowaną niewyraźnie poziomo lub przekątnie glaukonitem. Niekiedy laminy są pofałdowane. Lokalnie występują płaskie, owalne toceńce skał ilastych, ciemnoszarych.

Makroskopowo wyróżniają się warstewki szare ubogie w glaukonit i warstewki szarzielone, w których można rozpoznać jeszcze laminy bogatsze i uboższe w glaukonit. Grubość jaśniejszych warstewek osiąga 1 cm, a drobniejsze laminy są milimetrowe. Niewyraźnie zaznacza się struktura przekątna oraz lekkie pofałdowanie lamin. Skład mineralny w % objętościowych piaskowca glaukonitowego przedstawia się następująco: kwarc 72,00%, glaukonit 24,10%, siarczki żelaza 1,10%, fosforany 1,80%, węglany 1,00%. Ziarna kwarcu mają przeciętną średnicę około 0,3 mm i z reguły widoczne są obwódki regeneracyjne. Ziarna detrytyczne są półobtoczone, czasami dobrze, a rzadko bywają ostrokrawędziste. Ziarna wraz z obwódką są pozazębiane, przeważnie bez spoiwa. Glaukonit występuje bądź w rozproszeniu, bądź tworzy skupienia nie mające jednak charakteru spoiwa. Średnica ziaren wynosi od 0,2 do 0,3 mm. Kształty ziaren, niekiedy wielopłatowe, wskazują na ich charakter autochtoniczny. Barwę mają żywozieloną, ale na brzegach są częściowo przerośnięte substancją izotropową. Siarczki żelaza występują w pojedynczo rozproszonych ziarenkach o kształtach automorficznych układu regularnego; stąd można przypuszczać, że należą do pirytu. Fosforany są barwy żółtawej, izotropowe lub nisko dwójłomne i wypełniają najczęściej szczątki ramienionogów. Węglany występują w postaci ziaren rozproszonych lub tworzą gniazda w spoiwie.

OPIS GRANIC FORMACJI

Granice dolna i górna są silnie i wyraźnie podkreślone zmianą barwy i litologii osadów. Dolna umiejscowiona jest w spągu osadów glaukonitowych, a górna w spągu czarnych iłowców zaliczonych już do formacji słowińskiej (fm). W niektórych profilach zachodzi możliwość istnienia powierzchni erozyjnej, która wyznacza granicę dolną (fig. 2).

INTERPRETACJA GENEZY UTWORÓW GEOLOGICZNYCH

Osady formacji białogórskiej tworzyły się w warunkach sedymentacji przerywanej. Pojawienie się fosforanów obok glaukonitu autochtonicznego wskazuje na warunki typowe dla morza płytkiego, do którego prądy podmorskie przyniosły materiał wyjściowy dla tworzenia się tego ostatniego minerału. Przekątne warstwowanie może świadczyć o obecności równoległych do brzegu prądów dryftowych.

DANE O WIERCENIU STRATOTYPOWYM

Wiercenie Białogóra 1 wykonało Przedsiębiorstwo Poszukiwań Naftowych w Pile, w miejscowości Białogóra, województwo gdańskie, w 1973 roku. Wiercenie usytuowano na wysokości 10 m n.p.m. Głębokość otworu wiertniczego wyniosła 3058,2 m. Utworów kambru nie przebito.

Formacja słowińska (fm)

NAZWA

Pochodzi od regionu w północnej Polsce zwanego Pobrzeżem Słowińskim.

DEFINICJA

Formacja składa się z czarnego iłowca żelazistego z wkładkami szarego wapienia organogenicznego.

STRATOTYP

Stratotypem jest profil Białogóra 1, w interwale od 2704,5 do 2715,7 m. Miąższość formacji nie przekracza 11,2 m. Położenie profilu stratotypowego ilustruje fig. 1.

SZCZEGÓŁOWY OPIS GEOLOGICZNY

W profilu stratotypowym formacja słowińska rozpoczyna się iłowcem żelazistym ciemnoszarym do prawie czarnego z wkładkami lub przeławieniami wapienia organogenicznego występującego do głębokości 2706,1 m. Wyżej do głębokości 2705,1 m występuje wapień zrekrytalizowany drobnokrystaliczny i bitumiczny, miejscami szary i grubokrystaliczny przechodzący w wapień szary laminowany nieregularnie iłowcem czarnym. Wapień ten przykryty jest przez iłowiec ciemnoszary w stropie zerodowany. Wapienie stanowią zapewne przeławienia w iłowcu, bowiem rozpoznano je we wszystkich omawianych w tej pracy profilach.

W profilu Dębki 2, na głębokości od 2661,3 do 2669,0 m formacja słowińska reprezentowana jest przez iłowiec żelazisty, prawie czarny z ławicą szarego wapienia organogenicznego. Łączna miąższość osadów wynosi 7,7 m.

Iłowiec żelazisty jest skałą afanitową o strukturze równoległej. W płytce cienkiej pod mikroskopem widać brunatne lub czerwobrunatne agregaty wodoro-rotlenków żelaza z rozproszonymi drobnymi sferolitami brunatnymi, które być może należą do utlenionego syderytu. W niewielkiej ilości rozsiany jest pelit kwarcowo-serycytowy oraz widoczne są pojedyncze ziarna węglanów. Struktura równoległa zaznacza się wyraźnie w ułożeniu wydłużonych agregatów żelazistych i w zmiennym nagromadzeniu pelitu ilastego.

Wapień występujący w przeławieniu jest skałą zwięzłą, drobnokrystaliczną, zbudowaną z ziarn kalcytu o przeciętnej średnicy około 0,4 mm. Każde ziarno jest otoczone ciemną obwódką. Ciemna substancja ją tworząca skupia się miejscami w większe gniazda. Ziarna kalcytu są polisyntetycznie zbliżniaczone, niektóre z nich wykazują jednak charakterystyczną smużystość, dzięki czemu można się domyślać pierwotnej struktury organicznej.

Osady formacji słowińskiej rozpoznano także w profilach Dębki 3 i Piaśnica 2. W dwu dalszych profilach, ze względu na luki w rdzeniuowaniu, na obecność osadów tej formacji wskazuje jedynie zapis karotażowy (fig. 2).

W profilu Dębki 3, formacja słowińska występuje na głębokości od 2678,6 do 2688,5 m. Reprezentowana jest ona tutaj przez iłowiec czarny z wkładkami ciemnoszarego prawie czarnego zrekrytalizowanego wapienia bitumicznego zoogenicznego. W wapieniu zaznacza się struktura równoległa w ułożeniu nieznacznie wydłużonych ziarn kalcytu z ciemnymi obwódkami. Żyłki czystego kalcytu przebiegają w dwu prostopadłych kierunkach. W licznych ziarnach kalcytu widać ślady zatartej struktury włóknistej, co może wskazywać na ich organiczne pochodzenie.

W profilu Piaśnica 2, na głębokości od 2680,0 do 2690,0 m formacja słowińska reprezentowana jest przez 10-metrowej miąższości iłowiec czarny, z wkładkami wapienia ciemnoszarego wypełnionego fragmentami trylobitów.

OPIS GRANIC FORMACJI

Granica dolna formacji słowińskiej, między piaskowcem glaukonitowym formacji białogórskiej a czarnym iłowcem formacji słowińskiej, jest wyraźna i ostra. Górna granica jest erozyjna.

INTERPRETACJA GENEZY UTWORÓW GEOLOGICZNYCH

Osady formacji słowińskiej tworzyły się w warunkach izolowanego zbiornika morskiego. Środowisko redukujące nie sprzyjało rozwojowi organizmów. Okresowe i krótkotrwałe połączenia umożliwiały migrację monotonnej i uboższej fauny, głównie trylobitów.

Formacja piaśnicka (fm)

NAZWA

Pochodzi od miejscowości Piaśnica Wielka na Pobrzeżu Kaszubskim w północnej Polsce.

DEFINICJA

Formacja zbudowana jest z iłowca czarnego z przeławiczeniami wapienia czarnego zrekrystalizowanego, bitumicznego, z porwakami wapieni organogenicznych w spągu.

STRATOTYP

Stratotyp ustalono w profilu Dębki 2, na głębokości od 2660,3 do 2661,3 m. Miąższość osadów wynosi 1 m. Położenie geograficzne profilu stratotypowego ilustruje fig. 1.

SZCZEGÓŁOWY OPIS GEOLOGICZNY

Formacja piaśnicka w profilu stratotypowym reprezentowana jest przez wapień zrekrystalizowany bitumiczny ciemnoszary z nieregularnymi warstewkami czarnego iłowca. Grubość warstewek iłowcowych wynosi średnio 2 mm. W spągu wapienia występuje ławica zbudowana z porwaków wapienia organogenicznego jasnoszarego, przepelnionego fragmentami trylobitów i wapienia ciemnoszarego z licznymi muszlami brachiopodów (pl. 3, fig. 2).

Wapień zrekrystalizowany zbudowany jest z ziarn kalcytu nie przekraczających na ogół 0,2 mm średnicy. W smugach ciemnych widoczny jest niekiedy odcień brunatny świadczący o obecności tlenków żelaza.

W wapieniu jasnoszarym z trylobitami występują naprzemianległe warstewki jasnoszare prawie białe i warstewki ciemnoszare. Struktura jest drobnokrystaliczna. Składnikami mineralnymi są kalcyt oraz rozproszona substancja nieprzezroczysta czarna, tworząca postrzępione gruzełki lub zwarte gniazda. Na brzegach ich substancja przybiera barwę brunatną. Przypuszczać można, że jest to tlenek manganu ze względu na dendrytowe formy występowania. Szczątki organiczne są pokruszone, częściowo zrekrystalizowane lub przerośnięte substancją nieprzezroczystą.

W profilu Piaśnica 2, formacja piaśnicka występuje w postaci iłowca żelazistego czarnego z porwakami obu wymienionych powyżej typów wapieni oraz ze skupieniami pirytu. Głębokość występowania formacji zawarta jest w interwale od 2678,4 do 2680,0 m, a miąższość wynosi 1,6 m.

W profilu Białogóra 1, formacja piaśnicka występuje na głębokości od 2702,0 do 2704,5 m. W spągu znajduje się ciemnoszary zrekrystalizowany wapień bitumiczny zastąpiony w stropie iłowcem czarnym.

W profilu Łeba 8, formację piaśnicką reprezentuje iłowiec afanitowy czarny zawierający substancję węglistą z rozproszonym pyłem kwarcowo-łyszczykowym. o średnicy poniżej 0,01 mm oraz drobne kryształki węglanów i skupienia pirytu. W iłowcu występuje 30-centymetrowa wkładka wapienia zrekrystalizowanego.

średnio- i grubokrystalicznego, bogatego w substancję węglistą i zawierającego rozproszone kryształki pirytu. Ze względu na luki w rdzeniowaniu spąg i strop formacji nie były obserwowane. Interwał występowania od 2730,0 do 2736,0 m, a miąższość poznana 6 m.

OPIS GRANIC FORMACJI

Granica dolna formacji piasnicznej za wyjątkiem profilów Łeba 8 i Smoładzino 1, gdzie występują luki w rdzeniowaniu, została ustalona w spągu ławicy porwakowej. Między osadami formacji słowińskiej a piasnicznej istnieje jednakże znaczna luka erozyjna.

Granica górna przebiega w spągu glaukonitytu arenigu i również ma charakter erozyjny, gdyż osadów tremadoku jak również najwyższego kambru na omawianym obszarze nie stwierdzono.

INTERPRETACJA GENEZY UTWORÓW GEOLOGICZNYCH

Osady formacji piasnicznej tworzyły się w warunkach zmniejszającego się zbiornika morskiego o ruchliwym, z tendencją do dźwignia się, dnie. Redukujące środowisko nie sprzyjało rozwojowi organizmów, co wyraźnie zaznacza się w charakterze monotonnych i lokalnie występujących zespołów trylobitów (Bednarczyk 1972, s. 687; 1974, s. 3, 6).

DANE O WIERCENIU STRATOTYPOWYM

Wiercenie Dębki 2 wykonało Przedsiębiorstwo Poszukiwań Naftowych w Pile w miejscowości Dębki, województwo gdańskie, w latach 1971 i 1972. Zakończono je na głębokości 2747,0 m nie przebijając utworów kambru. Wiercenie usytuowane zostało 1,41 m n.p.m.

POZYCJA WYDZIELONYCH JEDNOSTEK LITOSTRATYGRAFICZNYCH W ODNIESIENIU DO PODZIAŁU BIOSTRATYGRAFICZNEGO SKANDYNAWII

Najstarsze osady w rejonie Łeby zdefiniowane jako formacja smołdzińska nie mają dokumentacji paleontologicznej. Lendzion (1970, s. 343) i Bednarczyk (1972, s. 699) wyrazili pogląd, że reprezentują one utwór złożony w warunkach lądowych, wiekowo odpowiadający eokambryjskim piaskowcom Nexø na wyspie Bornholm (Poulsen 1967). Cechą charakterystyczną osadów formacji smołdzińskiej jest słaba obróbka mechaniczna materiału wskazująca na niedaleki transport przy udziale wód powierzchniowych oraz brak w niej jakichkolwiek śladów życia organicznego. Po przeanalizowaniu odcinków kontaktujących między formacją smołdzińską i wyżej leżącą klukoską, można przyjąć ciągłość sedymentacyjną osadów między nimi, aczkolwiek w zmienionych warunkach środowiska. Wynika stąd wniosek, że formacja smołdzińska nie może być starsza od górnego wendy (serii wałdajskiej), przy czym niewykluczone, że — przynajmniej częściowo — należy już do najniższego kambru dolnego — subholmiowego (piętro klimontowskie, Areń & Lendzion 1974).

Sedymentację pstrych piaskowców arkozowych budujących formację smołdzińską poprzedził długi okres denudacji, w czasie którego uległy zniszczeniu zapewne osady wendu dolnego (serii wołyńskiej). Dowodzi tego obecność okruchów skał metamorficznych i łupków kwarcytowych w zlepieńcach rozpoczynających formację smołdzińską, a spoczywających bądź na granitognejsach dolnego proterozoiku (wiercenia Łeba 8 i Żarnowiec IG-1), bądź na zieleńcach jeszcze wendu dolnego (wiercenie Smołdzino 1 — Bednarczyk 1972, s. 702).

Odpowiednikiem wiekowym formacji smołdzińskiej w północno-wschodniej Polsce są, wykazujące pewne podobieństwa litologiczne, pstre osady piaszczysto-mulaste warstw suwalskich (Znosko 1965, 1973, 1974). W osadach formacji smołdzińskiej rejonu Łeby nie znaleziono jednakże tak charakterystycznych dla warstw suwalskich kryształków gipsu i soli kamiennej. Ponadto różnią się one od tych ostatnich arkozowo-zlepieńcowatym wykształceniem.

Przy porównywaniu osadów formacji smołdzińskiej z utworami serii lubelskiej (Areń & Lenzion 1974) trudno dopatrzeć się cech zbieżnych litologicznie. Najbliższe podobieństwo litologiczne wykazują piaskowce Nexø na Bornholmie, lub arkozy bazalne formacji Lunkaberg Sandstein w profilach Simrishamm w południowo-wschodniej Skanii (Hadding 1929; Lindström & Staude 1971). Arkozy bazalne rozpoczynają jednakże morski cykl sedymentacyjny kambru dolnego, natomiast w profilach rejonu Łeby niewątpliwie morskimi są dopiero osady młodszej formacji klukoskiej. Napotkane w niej organizmy nie pozwalają jednakże spręczyć dokładnie wieku. Znalezione pojedyncze egzemplarze *Kildinella hyperboreica* Tim., *Kildinella* sp., *Leiosphaeridia undulata* Tim. i *L. volynica* Tim.¹ charakteryzują się dużym zasięgiem pionowym i znane są od ryfeju aż po kambr dolny włącznie.

Pośrednio można sądzić, że mułowce formacji klukoskiej wraz z piaskowcami wyżej leżącej formacji nowościńskiej odpowiadają piętru klimontowskiemu (subholmiowemu) północno-wschodniej Polski. W osadach obu formacji brak jest glaukonitu, który pojawia się dopiero w formacji łebskiej. W tej ostatniej znaleziono faunę: *Indiana* sp., *Circotheca* cf. *billingsi* (Sys.) i *Anabarites* sp. wskazującą na obecność ekwiwalentów kambru subholmiowego, a nie wykluczone, że pogranicza holmiowego (Bednarczyk 1972, s. 703, Areń & Lenzion 1974; Meshkova 1974).

Zarówno napotkane skamieniałości jak i masowe występowanie glaukonitu w osadach formacji łebskiej świadczy, że przynajmniej jej część dolna odpowiada formacji Norretorp Glaukonit-Sandstein w profilu Hardeberga i Simrishamn w południowej Skanii (Lindström & Staude 1971) oraz "Green Shales" na Bornholmie (Poulsen 1967). Formacje te reprezentują w podziale biostratygraficznym Zonę ?*Wanneria lundgreni* &

¹ Oznaczenia palinologa radzieckiej służby geologicznej E. Vanderflit z Leningradu.

Schmidtellus mickwitzi (Martinsson 1974). Korelację osadów kambru dolnego rejonu Łeby z osadami analogicznego wieku południowo-wschodniej Skanii i Bornholmu przedstawiono na tabeli 1. Pozostała część osadów formacji łebskiej odpowiada Zonie *Holmia kjerulfi* i *Strenuaeva linnarssonii* (*Protolenus*), przy czym w dwu profilach, Smółdzino 1 i Białogóra 1, także dolnym ogniwom Zony *Eccaparadoxides insularis* kambru środkowego (tab. 2).

Tabela (Table) 1

Skania południowo-wschodnia		Bornholm	Rejon Łeby
Hardeberga	Simrishamn		
iłowce i wapienie dol. kambru		Hiatus	
“Rispebjerg” 12,5 m	Rispebjerg 1 m	Rispebjerg 3 m	formacja łebska (fm) 100–181,4 m
Norretorp 14–15 m	Norretorp 4 m	Green Shales 100 m	
Hardeberga 25 m	Hardeberga 25 m	?	formacja nowościńska (fm) 13,1 m
?	Brantevik 3 m	Hiatus	
Bioturbater Sandstein	Vik 25 m	?	formacja klukoska (fm) 22–195 m
	Lunkaberg 60 m	Balka 60 m	
		Nexø sandstone 100 m	formacja smółdzińska (fm) 84,6–87,6 m
			granitognejsy lub zieleńce prekambru
gnejsy hornblendowe prekambru			

W przypadku formacji sarbskiej, dębrowskiej, osieckiej i białogórskiej szczegółowych porównań litologicznych z kambrem środkowym południowej Skanii i Bornholmu dokonać nie można. W profilach rejonu Łeby występują bowiem facje iłowcowo-mułowcowo-piaskowcowe, a w profilach Skandynawii wapienno-iłowcowe. Dzięki jednak wspólnym elementom faunistycznym można ustalić dokładniejszą korelację biostratygiczną ze Skandynawią.

Formacja sarbska wydzielona w profilach Smółdzino 1, Dębki 3 i Piaśnica 2 odpowiada Zonie *Eccaparadoxides insularis* i częściowo *Eccaparadoxides pinus*, zaś w profilach Łeba 8 i Białogóra 1 obejmuje także najniższe ogniwa piętra *Paradoxides paradoxissimus* (Zona *Triplagnostus gibbus*).

Formacja dębrowska tworzyła się wyłącznie w piętrze *Paradoxides paradoxissimus*, lecz dokładnej korelacji, ze względu na skąpe dane pa-

leontologiczne, przeprowadzić nie można. Przyjęto, że sedymentację osadów reprezentujących ostatnie zony piętra *Paradoxides paradoxissimus* kończą utwory formacji osieckiej. Pozycję obu wymienionych formacji precyzuje w odniesieniu do podziału biostratygraficznego tabela 2.

Wiek formacji białogórskiej wynika z jej położenia. Występuje ona w spągu paleontologicznie udokumentowanych osadów Zony *Olenus*, a powyżej skał zawierających trylobity piętra *Paradoxides paradoxissimus* (Bednarczyk 1972, 1974). Fakty te świadczą, że reprezentuje ona w rejonie Łeby piętro *Paradoxides forchhammeri*.

Kambr górny rejonu Łeby stanowią (od dołu) formacje słowińska i piasznicka. Górne granice obu tych formacji są erozyjne, lecz różnowiekowe. Granica górna formacji słowińskiej jest bowiem wynikiem erozji przed sedymentacją skał Zony *Peltura scarabeoides*, a formacji piasznickiej przed transgresją arenigu (Bednarczyk 1972, 1974). Litologicznie osady obu wymienionych formacji nie różnią się od równowiekowych utworów Skandynawii. Ze względu na inwentarz faunistyczny formacja słowińska odpowiada Zonie *Olenus* (lub Zonom *Agnostus pisiformis* i *Homagnostus obesus*, Martinsson 1974), a w profilu Białogóra 1 także Zonie *Parabolina spinulosa* (tab. 2). Formacja piasznicka natomiast, to przede wszystkim osady Zony *Peltura scarabeoides*, a nie wykluczone, że i częściowo Zony *Acerocare*. W porwakach występujących w dolnej części formacji piasznickiej znaleziono trylobity i brachiopody reprezentujące Zonę *Parabolina spinulosa* i Zonę *Peltura minor* (Bernarczyk 1974).

Polska Akademia Nauk
Zakład Nauk Geologicznych
Pracownia Stratygrafii

Uniwersytet Warszawski
Wydział Geologii
Instytut Geochemii, Mineralogii i Petrografii
Al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa
Warszawa, w grudniu 1974 r.

LITERATURA CYTOWANA

- AREŃ B. & LENDZION K. 1974. Organic remains at the Vendian-Cambrian boundary in the platform sediments in Poland. *Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Sci. de la Terre*, 22 (1). Varsovie.
- BEDNARCZYK W. 1972. Prekambr i kambr wymieszenia Łeby (NW Polska). *Acta Geol. Pol.*, 22 (4). Warszawa.
- 1974. Biostratygrafia osadów kambryjskich z wierceń Dębki 2 i Dębki 3. Praca archiwalna w maszynopisie. Warszawa.
- HADDING A. 1929. The Pre Quaternary sedimentary rocks of Sweden. 3. The Paleozoic and Mesozoic sandstones of Sweden. *Lunds Univ. Arsskr., N. F. Avd. 2*, 25 (3), 287 pp. Lund.
- LENDZION K. 1970. Eokambr i kambr w otworze Żarnowiec IG-1 *Przepl. Geol.*, 7. Warszawa.
- LINDSTRÖM M. & STAUDE H. 1971. Beitrag zur Stratigraphie der unterkambri-schen Sandsteine des südlichsten Skandinaviens. *Geologica et Palaeontologica*, 5. Marburg.

- MARTINSSON A. 1974. *The Cambrian of Norden (in Lower Palaeozoic Rocks of the World)*. Vol. 2, edit. C. H. Holland. London — New York — Sydney — Toronto.
- MESHKOVA N. P. 1974. Hólity nizhnego kembrija sibirskoj platformy. *Trudy Inst. Geol. i Geof. Akad. Nauk SSSR — Sibirskoe otdelenie*, 97. Novosibirsk.
- POULSEN CH. 1967. Fossils from the Lower Cambrian of Bornholm. *K. Danske Vidensk. Selskab, Matemat. Fys. Meddel.*, 36 (2), 1—48. København.
- SMULIKOWSKI K. 1954. The problem of glauconite. *Arch. Miner.*, 18. Warszawa.
- ZNOSKO J. 1965. Sinian i kambr północno-wschodniej Polski. *Kwart. Geol.*, 9 (3). Warszawa.
- 1973. Proterozoik górny — wend górny. Paleozoik. W: Profile głębokich otworów wiertniczych Instytutu Geologicznego. Z. 16. Suwałki IG-1 (Szlinoekiemie IG-1, red. J. Znosko). Warszawa.
- & JUSKOWIAKOWA M. 1974. Proterozoik górny. Wend górny — seria wałdajska. W: Atlas litologiczno-paleogeograficzny obszarów platformowych Polski. Część I — Proterozoik i Paleozoik, red. Czermański J. i Pajchłowa M. (Wydanie tymczasowe). Warszawa.

SUMMARY

A lithostratigraphic subdivision of the Cambrian sediments in the area of Łeba (Pomerania) is presented. Eight units of formation rank are distinguished among which two members. These units are correlated to local biostratigraphic subdivision and to those established in Scandinavia. A stratigraphic gap in the Upper Cambrian is ascertained comprising an interval between the *Homagnostus obesus* Zone and the *Peltura scarabeoides* one. The sediments of the *Acerocare* Zone have been partly eroded hence the Arenigian sediments rest on them unconformably.

THE SMÓLDZINO FORMATION

The formation consists of variegated sandstone conglomeratic and arkosic in its lower portion, and variegated quartz sandstone with interbeds of arkosic, conglomeratic one in the top part.

THE KLUKI FORMATION

The formation is represented by grey, quartz siltstone, slightly pink or greenish in the lower part of clayey-chloritic cement. The lower part has been distinguished as the Izbica Member, the upper one — the Główny Member.

THE IZBICA MEMBER

The member is represented by arkosic grey siltstone of pink shade of parallel texture and aleuritic structure.

THE GŁÓWCZYCE MEMBER

The member is composed of quartz grey siltstone of parallel texture and aleuritic-psammitic structure.

THE NOWECIN FORMATION

The formation consists of grey sandstone alternating with quartzitic sandstone and black claystone, conglomeratic light grey in the lower part.

THE ŁEBSKO FORMATION

The formation consists of quartz-glauconitic sandstone with phosphorite concretions in its lower part, and quartz-glauconitic siltstones with carbonate concentration in the upper part.

THE SARBSKO FORMATION

Grey quartz siltstones alternating with black claystone and grey quartzitic sandstone make the formation.

THE DĘBKI FORMATION

The formation consists of milk-white sandstone with intercalations of buff sandstone and dark-grey claystone.

THE OSIEKI FORMATION

The formation consists of quartz siltstone with carbonates, partly replaced by sandstone with carbonate concretions and intercalations of dark-grey claystone.

THE BIAŁOGÓRA FORMATION

The formation consists of glauconitic, laminated sandstone with glauconite grains, locally with balls of dark-grey clayey material.

THE SŁOWIŃSKA FORMATION

The formation consists of black ferruginous claystone with interbeds of grey organogenic limestone.

THE PIAŚNICA FORMATION

Black claystone interbedded with black recrystallized, bituminous limestone with blocks of organogenic limestone at bottom form the formation.

The Lower Cambrian marine sediments start with the Kluki Formation which rests normally on the continental arkosic sandstones of the Smółdzino Formation (Tables 1 and 2).

Such a position of the Kluki Formation has been stated in the profiles of three boreholes, namely: Smółdzino 1, Leba 8 (Figs 1 and 2) and Żarnowiec IG-1 (Fig. 1, Table 1). The Smółdzino Formation corresponds to Upper Vendian, and possibly to some extent to the lowermost Cambrian (Table 1 and 2). Its lithology makes it similar to the Nexø sandstone of the Island of Bornholm (Table 1, Poulsen 1967). The Kluki Formation contains locally Acritarchs and traces of mudeaters. It has been observed in columns of the following boreholes: Smółdzino 1 and Leba 8 (Figs 1 and 2, Table 2). The formation has been correlated with the units distinguished by Hadding (1929) and Lindström & Staude (1971) in southern Scania and by Poulsen (1967) in the Island of Bornholm (Table 1). In the biostratigraphic subdivision the Kluki Formation corresponds to the *Mobergella holsti* and *Platysolenites* Zones (Table 2).

The Nowećin Formation has been stated only in the Leba 8 borehole (Figs 1 and 2, Table 2). The Hardeberga sandstone is its equivalent (Table 1). In the biostratigraphic subdivision it covers the uppermost part of the *Subholmia* Zone (Table 2).

The Lebsko Formation is characterized by presence of *Indiana* sp., *Circotheca* cf. *billingsi* (Sys.) and *Anabarites* sp. as well as Acritarchs (*Kildinella hyperboreica* Tim., *Leiosphaeridia undulata* Tim. and *L. volynica* Tim.). The sediments of the Lebsko Formation are lithologically most similar to the Norretorp Formation of southern Scania and to the so-called Green shales in the Island of Bornholm (Table 1). In the biostratigraphic subdivision the Lebsko Formation equals the Zones uppermost *Subholmia*, *Holmia* and *Strenueva linnarsoni* (profiles: Leba 8 and Piaśnica 2, Fig. 2). In some cases it may embrace also the lower members of the *Eccaparadoxides insularis* Zone (profiles: Smółdzino 1 and Białogóra 1, Table 2).

The Middle Cambrian of the borehole profiles in the area in question is subdivided into four formations (Table 2).

The Sarbsko Formation abounds in Inarticulata brachiopods, Hyolita and Trilobita pointing to its biostratigraphic position within the *Eccaparadoxides insularis* Zone and partly the *Eccaparadoxides pinus* one (Table 2). In the columns of the Łeba 8 and Białogóra 1 boreholes the formation embraces the lowermost part of the *Paradoxides paradoxissimus* Zone as well (Table 2).

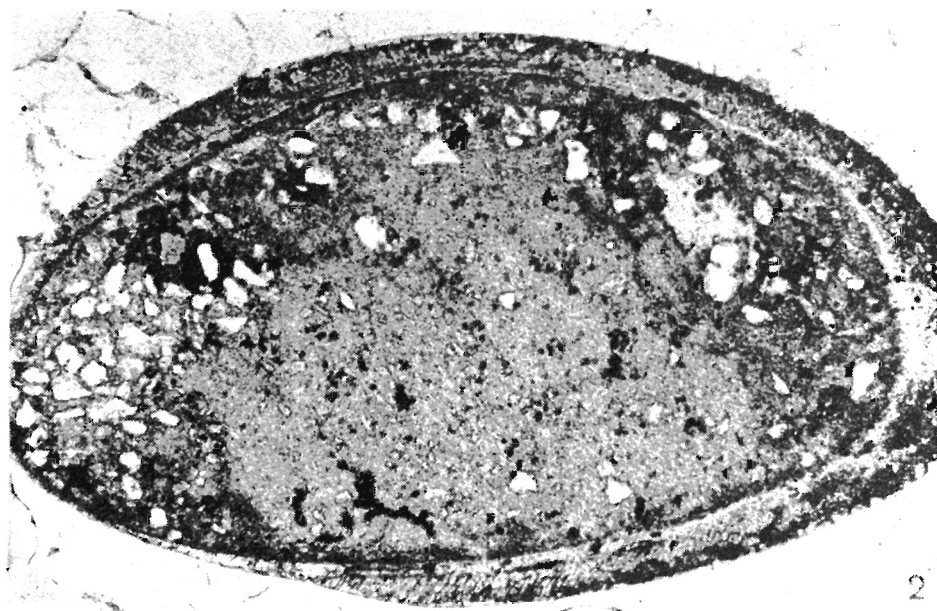
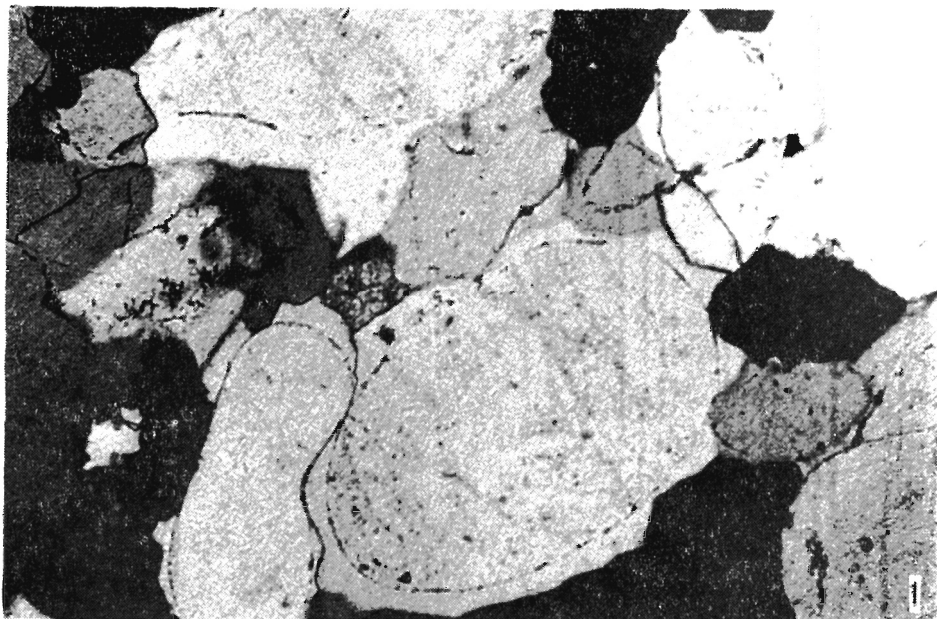
Inarticulate brachiopods and trilobites found in sandstone of the Dębki Formation allow to state that those sediments correspond to the *Paradoxides paradoxissimus* Zone. The uppermost members of the *Paradoxides paradoxissimus* Zone are named the Osieki Formation.

The Białogóra Formation as a whole corresponds to the *Paradoxides forchhammeri* stage. In the Białogóra 1 column the glauconitic sandstone of that formation concordantly covers the sediments of the *Paradoxides paradoxissimus* Zone and at top is covered by the claystone with fauna of the *Olenus* Zone (Fig. 2, Table 2).

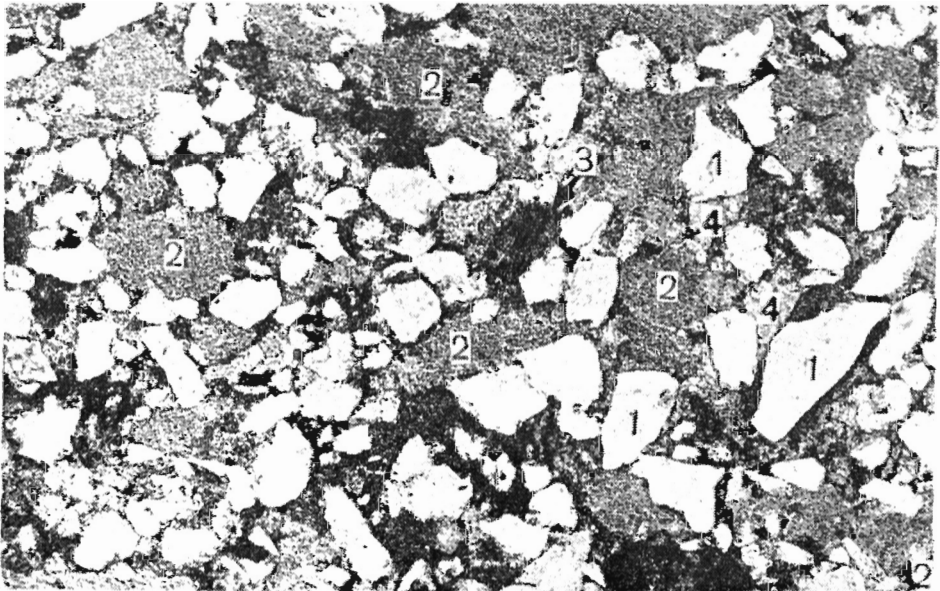
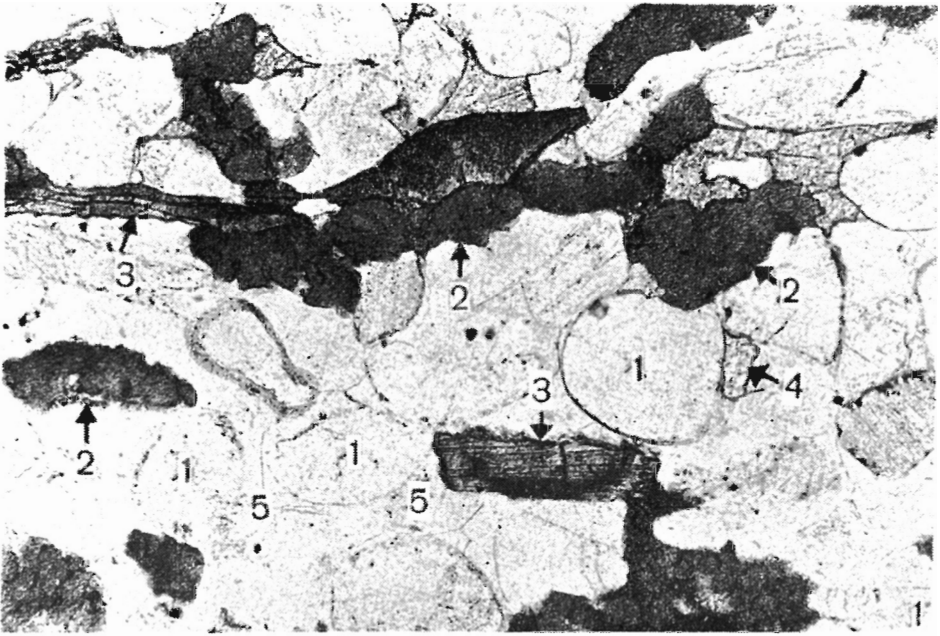
Two formations have been distinguished in the Upper Cambrian of the Łeba area, namely: the Słowińska Formation and the Piaśnica one (Table 2).

The Słowińska Formation contains abundant in places trilobites and ostracods (Cyclotron, Bednarczyk 1974) in interbeds of organogenic limestone. These fossils allow to determine its age as corresponding to the *Aagnostus pisiformis* and *Homagnostus obesus* (= *Olenus* Zone) Zones. In the Białogóra 1 column the Słowińska Formation embraces also the sediments corresponding to the *Parabolina spinulosa* Zone.

The Piaśnica Formation unconformably overlies the Słowińska one (Fig. 2). Black claystone of the Piaśnica Formation contains in places abundant fossils of the *Peltura scarabeoides* Zone (Bednarczyk 1972, 1974). Abundant trilobites and brachiopods have been found in a layer composed of pebbles of organogenic limestones at the bottom of the formation. Those fossils point to the *Peltura minor* and *Parabolina spinulosa* (Fig. 2) Zones. Consequently, the sediments representing the Zones from the *Parabolina spinulosa* (with the exception of the Białogóra 1 borehole) up to the *Peltura minor* one inclusively have been denuded prior to the deposition of the Piaśnica Formation. Because of its fossil content the Piaśnica Formation should be correlated with the *Peltura scarabeoides* Zone. It may, as well, contain some equivalents of the *Acerocare* Zone the latter being at least in part eroded prior to the Arenigian transgression.



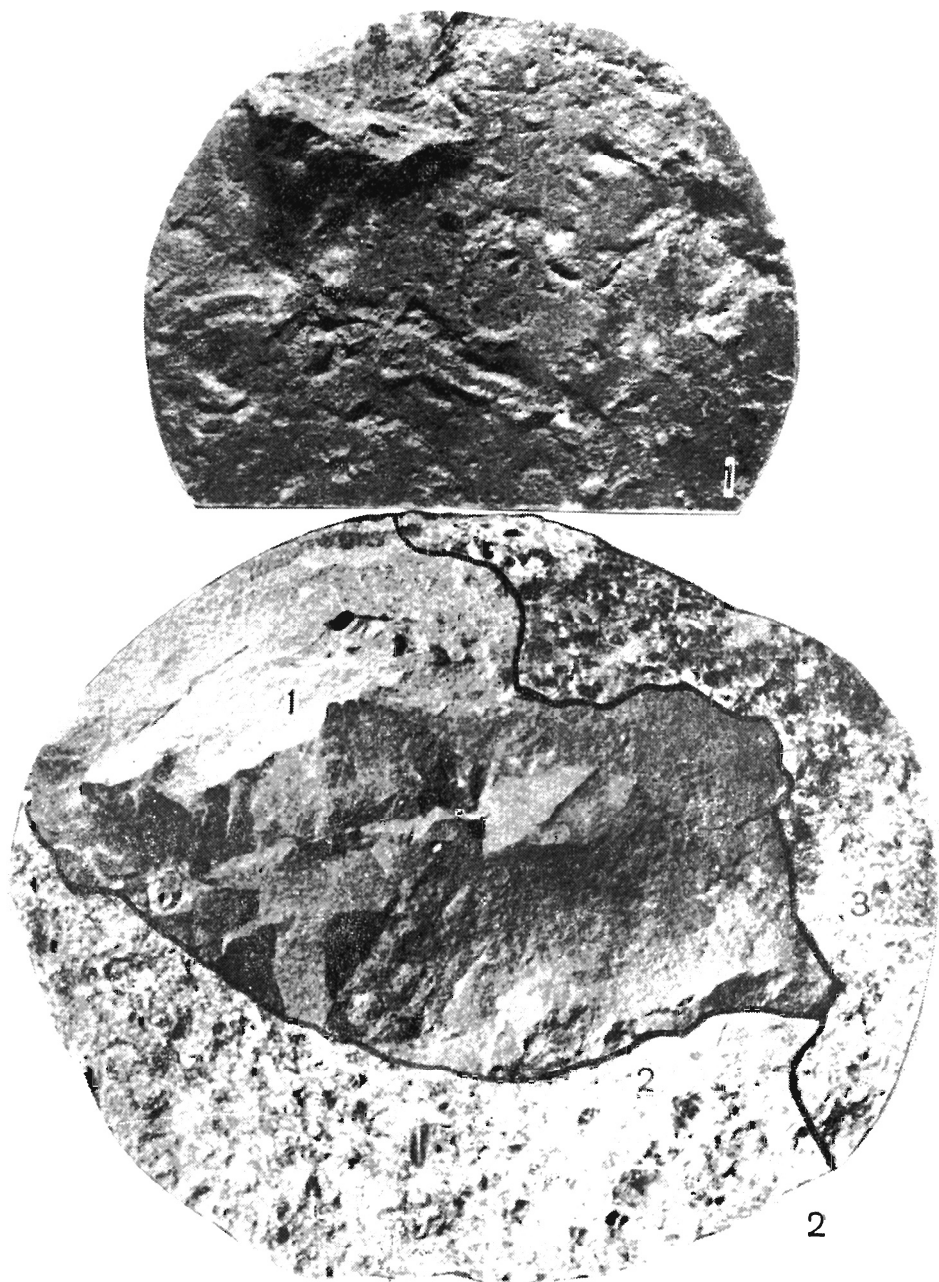
- 1 — Piaskowiec kwarcytowy z glaukonitem formacji łebskiej (Quartzitic sandstone with glauconite, Łebsko Formation) Zona *Holmia*, wiercenie (borehole) Białogóra 1, głębokość (depth) 3057,2 m, ziarna kwarcu z obwódkami regeneracyjnymi (quartz grains with regeneration rims), światło spolaryzowane (polarised light), ca $\times 65$.
- 2 — Konkrecja kwarcowo-fosforanowa w piaskowcu kwarcytowym z glaukonitem (Quartz-phosphoritic concretion in quartzitic sandstone with glauconite), formacja łebska (the Łebsko Formation), Zona *Holmia*, Białogóra 1, 3051,0 m, światło zwyczajne (normal light), ca $\times 65$.



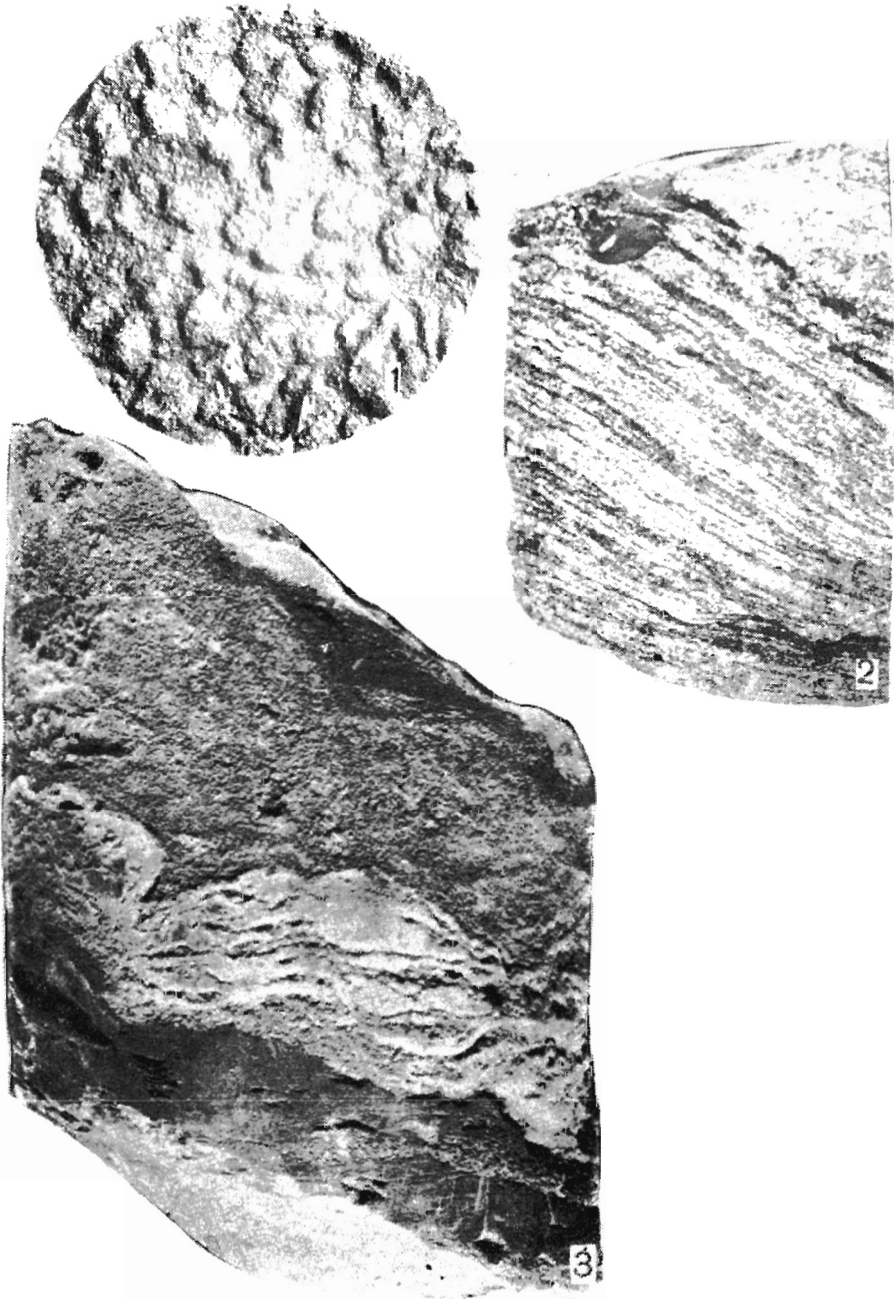
1 — Piaskowiec glaukonitowy formacji białogórskiej (Glauconitic sandstone of the Białogóra Formation), piętro (stage) *Paradoxides forchhammeri*, Białogóra 1, 2715,7 m; widoczne w polu widzenia (observable are): 1 — kwarc z obwódką regeneracyjną (quartz with regeneration rim), 2 — glaukonit (glauconite), 3 — szczątki fosforanowe (phosphoritic remnants), 4 — węglany (carbonates), 5 — spoiwo krzemionkowe (siliceous cement); światło zwykłe (normal light), ca $\times 75$.

2 — Glaukonityt formacji lebskiej (Glauconitic sandstone of the Lebsko Formation), Zona *Holmia* Piaśnica 2, 2937,6 m; widoczne są (observable are): 1 — kwarc (quartz), 2 — glaukonit płatowy (glauconite), 3 — szczątki fosforanowe (phosphoritic remnants), 4 — węglany (carbonates); światło zwykłe (normal light), ca $\times 70$.

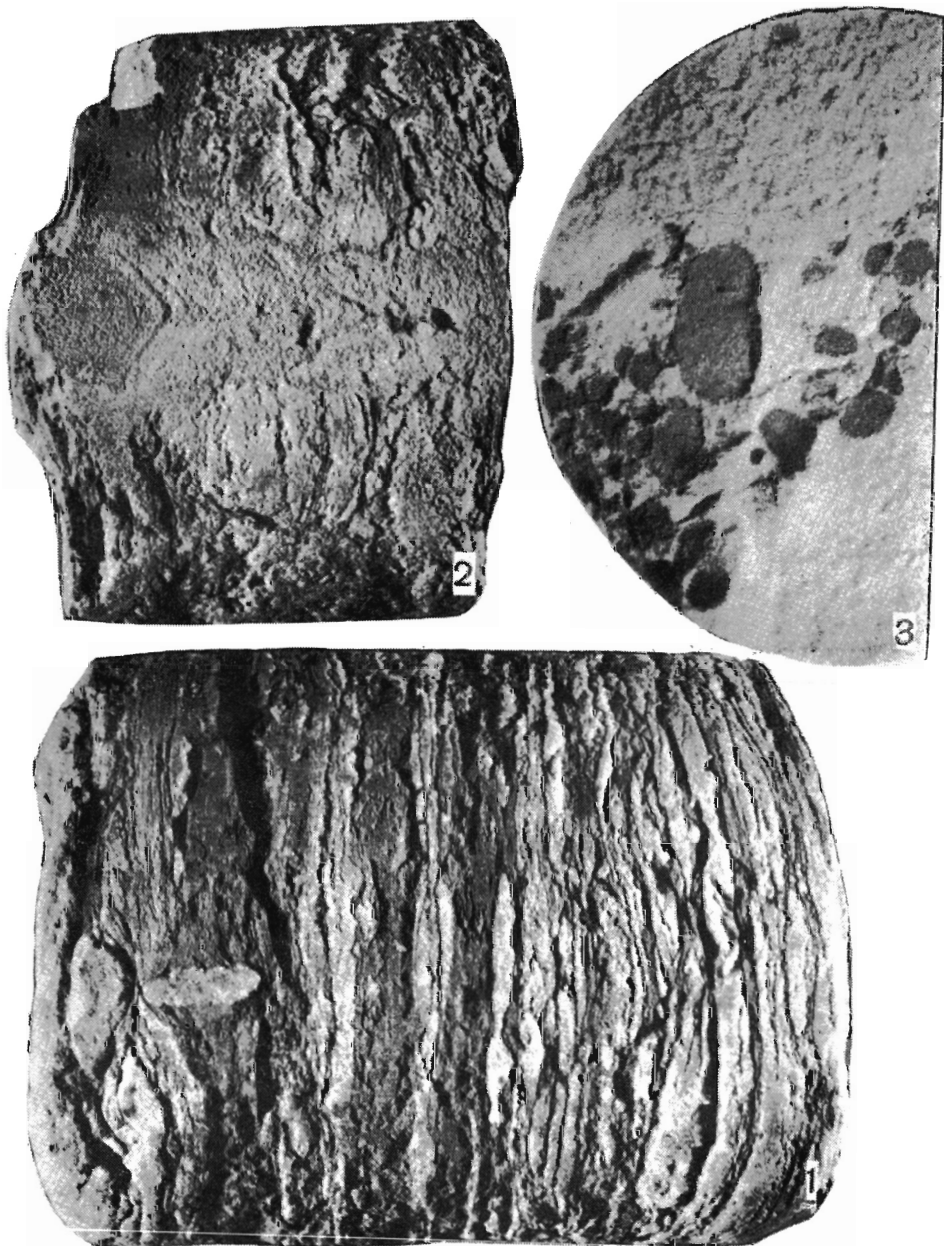
Fotografie wykonał i opisał (Photo and description) R. Chlebowski



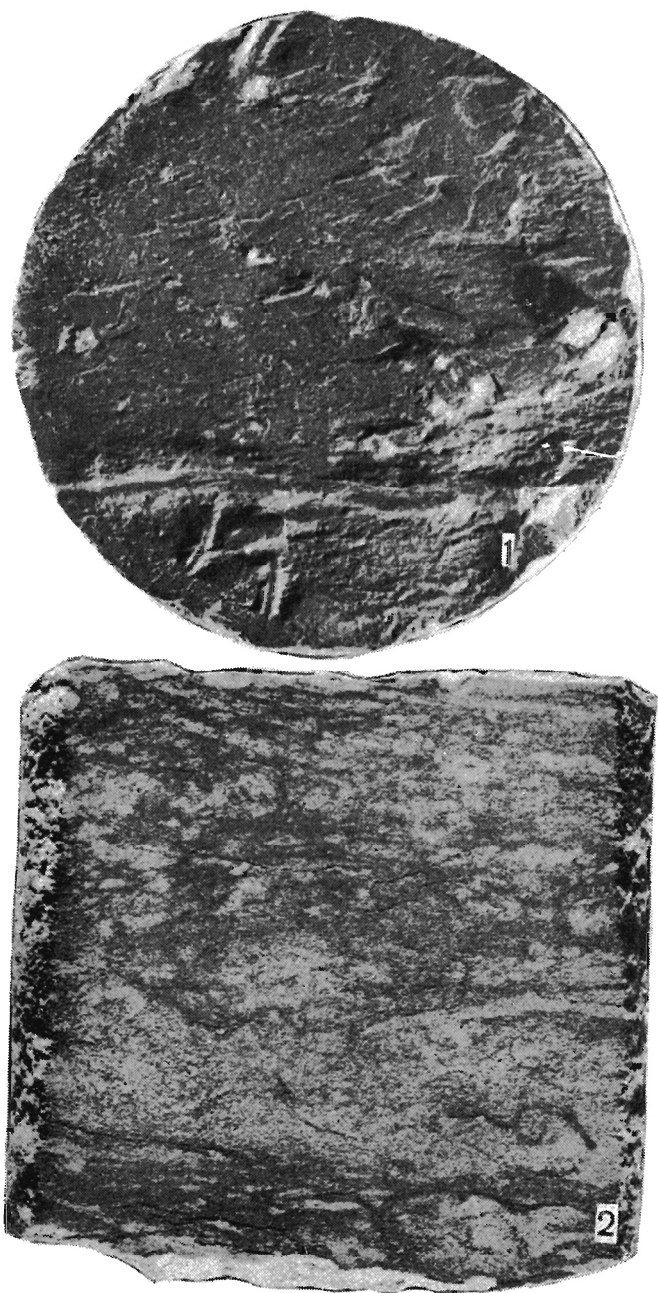
- 1 — Epiglyfy na powierzchni ławicy piaskowca formacji dębrowskiej (Epiglyphes on layer face of sandstone of the Dębki Formation), piętro (stage) *Paradoxides paradoxissimus*, Dębki 2, 2698,2 m wielkość naturalna (natural size).
- 2 — Porwaki wapienia z (Fragments of limestone with) *Orustia lenticularis* Wahlenberg (of the Zone) Zony *Parabolina spinulosa*, 3, i wapienie z (and of limestone with) *Peltura minor* Brögger & *Sphaerophthalmus alatus* (Boeck), 2, (of the Zone) Zony *Peltura minor* w wapieniu formacji piaszniczej (in a limestone of the Piaśnica Formation), 1 — Zona *Peltura scarabeoides* + *Acerocare*?, Dębki 2, 2661,2 m, ca. $\times 1,5$.



- 1 — Pograży na powierzchni ławicy mułowca formacji łebskiej (Load casts on layer face of a siltstone of the Leba Formation), Zona *Holmia/Protolenus*, Leba 8, 3145,1 m, wielkość naturalna (natural size).
- 2 — Warstwowanie skośne w piaskowcu glaukonitowym formacji łebskiej (Cross-lamination in glauconitic sandstone of the Leba Formation), Zona *Holmia/Protolenus*, Leba 8, 3166,5 m, wielkość naturalna (natural size).
- 3 — Wa:stwowanie konwolutive w osadach formacji dębrowskiej (Convolute lamination in sediments of the Dębki Formation), piętro (stage) *Paradoxides paradoxissimus*, Dębki 2, 2734,4 m, ca $\times 1,5$.



- 1 — Zaburzenia rytmu sedymentacyjnego w osadach formacji dębrowskiej (Disturbances of depository rhythm in sediments of the Dębki Formation), piętro (stage) *Paradoxides paradoxissimus*, Dębki 3, 2696,6—2697,2 m; widoczne rozmyte i miejscami przemieszczone fragmenty ławic i riplemarków piaszczystych (visible are eroded and partly displaced fragments of layers and ripplemarks), ca $\times 1,5$.
- 2 — Struktury erozyjne w postaci niszy prostopadłej do warstwowania, wypełnionej materiałem piaszczystym; obok owalnego do owalnie-kwadratowego kształtu fragmenty piaskowca laminowanego tzw. slump balls (Erosion structures in form of a niche perpendicular to bedding filled with arenaceous material; slump balls aside of oval to oval-quadrate shaped fragments of laminated sandstone), formacja dębrowska (the Dębki Formation), piętro (stage) *Paradoxides paradoxissimus*, Dębki 2, 2696,6—2697,0 m, ca $\times 1,5$.
- 3 — Otoczaki mułowca syderytowego w piaskowcu formacji dębrowskiej (Pebbles of sideritic siltstone in the sandstone of the Dębki Formation), piętro (stage) *Paradoxides paradoxissimus*, Dębki 3, 2747,0 m, ca $\times 1,5$.



- 1 — Powierzchnia ławicy piaskowca formacji dębrowskiej (Sandstone face, Dębki Formation), piętro (stage) *Paradoxides paradoxissimus*, Dębki 3, 2747,5 m; widoczne zadziory uderzeniowe i ślady wleczenia (visible are brush casts and drag rolls), $\times 1,5$.
- 2 — Struktura chmurzasta w osadach formacji dębrowskiej (Cloudy structure in sediments of the Dębki Formation), piętro (stage) *Paradoxides paradoxissimus*, Dębki 2, 2698,9 m, $\times 1,5$.

Fotografie wykonał (Photos by) L. Dwornik