BIULETYN PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU GEOLOGICZNEGO 407: 89–111, 2004 R.

Małgorzata MASŁOWSKA[1], Mirosława MICHAŁOWSKA[1]

SKŁAD MINERAŁÓW CIĘŻKICH W OSADACH PODŁOŻA CZWARTORZĘDU PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ POLSKI

(z 15 fig.)

HEAVY MINERALS COMPOSITION OF SEDIMENTS UNDERLYING THE QUATERNARY IN THE NORTHWESTERN POLAND

(with 15 Figs.)

Abstract. The paper presents results of investigations of sediments underlying the Quaternary in northwestern Poland. Sediments of Jurassic, Cretaceous and Tertiary (Oligocene and Miocene) occur under the Quaternary of this area. Lithofacial differentiation of sediments was determined on the basis of grain size data, $CaCO_3$ content and heavy minerals composition. Granulometrical composition of samples is heterogenous. Despite of that all sediments have very low contents of $CaCO_3$ and heavy minerals composition – characteristic for different stratigraphical units. Generally, the heavy minerals associations of sediments underlying of the Quaternary in northwestern Poland are different in relation to other northern and middle regions of Poland. The difference of heavy minerals composition in sediments in various stratigraphic units is also noticed in results of statistic analysis of received data.

Key words: heavy minerals, lithostratigraphy, sediments underlying the Quaternary.

Abstrakt. Praca przedstawia wyniki badań osadów podłoża czwartorzędu w rejonie Polski północno-zachodniej. W podłożu czwartorzędu badanego obszaru występują osady mezozoiczne (jury i kredy) oraz trzeciorzędowe (oligocenu i miocenu). Utwory te wykazują zróżnicowanie facjalne i litologiczne, co potwierdziły wyniki badań składu ziarnowego, zawartości $CaCO_3$ oraz składu minerałów ciężkich. Badane osady podłoża przy różnym rodzaju uziarnienia zawierają bardzo mało lub nie zawierają $CaCO_3$ oraz posiadają indywidualne zespoły minerałów ciężkich, charakterystyczne dla różnych jednostek stratygraficznych. Generalnie osady podłoża czwartorzędu badanego obszaru Polski północno-zachodniej wykazują odrębność

[1] Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Geologii Morza, 80-328 Gdańsk, ul. Kościerska 5

mineralogiczną w stosunku do innych obszarów Polski północnej i środkowej, co również potwierdzają wyniki analizy statystycznej.

Słowa kluczowe: minerały ciężkie, litostratygrafia, osady podłoża czwartorzędu.

WSTĘP

Celem pracy była charakterystyka litologiczna osadów podłoża czwartorzędowego, ze szczególnym uwzględnieniem cech mineralogicznych. Próbki osadów pochodziły z wierceń kartograficznych zlokalizowanych w Polsce północno-zachodniej, wykonanych w trakcie realizacji arkuszy Szczegółowej mapy geologicznej Polski (SMGP) w skali 1:50 000 (fig. 1).

W obszarze Polski północno-zachodniej w podłożu czwartorzędu występują osady mezozoiczne i trzeciorzędowe zróżnicowane pod względem facjalnym i litologicznym (Piwocki, 1995). Osady poszczególnych jednostek stratygraficznych zawierają odrębne, charakterystyczne zespoły minerałów ciężkich (fig. 2, 3). Zespoły te wykazują pewne podobieństwo do zespołów opisywanych w literaturze w osadach Polski północno-wschodniej, północnej i środkowej, na ogół nie są to jednak identyczne asocjacje minerałów, szczególnie dotyczy to osadów trzeciorzędowych i kredowych.

W północnej części obszaru badań, w rejonie wału pomorskiego, w podłożu osadów czwartorzędowych odsłaniają się głównie osady jury i kredy (Butrymowicz, Nosek, 1977; Dobracki, Mojski, 1979). Osady trzeciorzędowe występują jedynie fragmentarycznie na ograniczonej powierzchni w postaci większych lub mniejszych płatów. W pozostałej części obszaru badań, w rejonie niecki szczecińskiej, występują znacznej miąższości osady trzeciorzędowe, głównie oligocenu i miocenu (Uniejewska, Nosek, 1977; Kozłowski, Nosek, 1978; Kurzawa, 2000). Osady mioceńskie zajmują powierzchnie wyniesień typu wysoczyznowego o wysokości rzędu 30–50 m, natomiast osady oligocenu odsłaniają się pod osadami czwartorzędowymi w dnach kopalnych dolin erozyjnych oraz w obniżeniach o charakterze egzaracyjnym.

METODYKA BADAŃ

Dla celów niniejszej pracy zestawiono i przeanalizowano wyniki badań litologicznych 135 próbek reprezentujących przystropową część osadów podłoża z 62 otworów wiertniczych, głównie w zakresie uziarnienia, zawartości $CaCO_3$ i minerałów ciężkich (Masłowska, Michałowska, 2001). W większości badania były wykonywane w laboratorium Oddziału Geologii Morza Państwowego Instytutu Geologicznego według metodyki stosowanej przy opracowaniu Szczegółowej mapy geologicznej Polski (SMGP) w skali 1:50 000.

Stratygrafię osadów ustalono na podstawie oznaczeń biostratygraficznych (metodą pyłkowo-sporową i mikrofaunistyczną) przedstawionych przez autorów arkuszy SMGP.

Dane mineralogiczne uzyskane dla poszczególnych jednostek litostratygraficznych poddano analizie statystycznej, stosując grupowanie metodą Warda (Parysek, 1982). Badane próbki sklasyfikowano najpierw w formie odrębnych skupień, a następnie w postaci wielostopniowej hierarchii. Przeprowadzono również analizę przestrzennego rozmieszczenia minerałów, określając kierunki transportu w poszczególnych piętrach stratygraficznych.

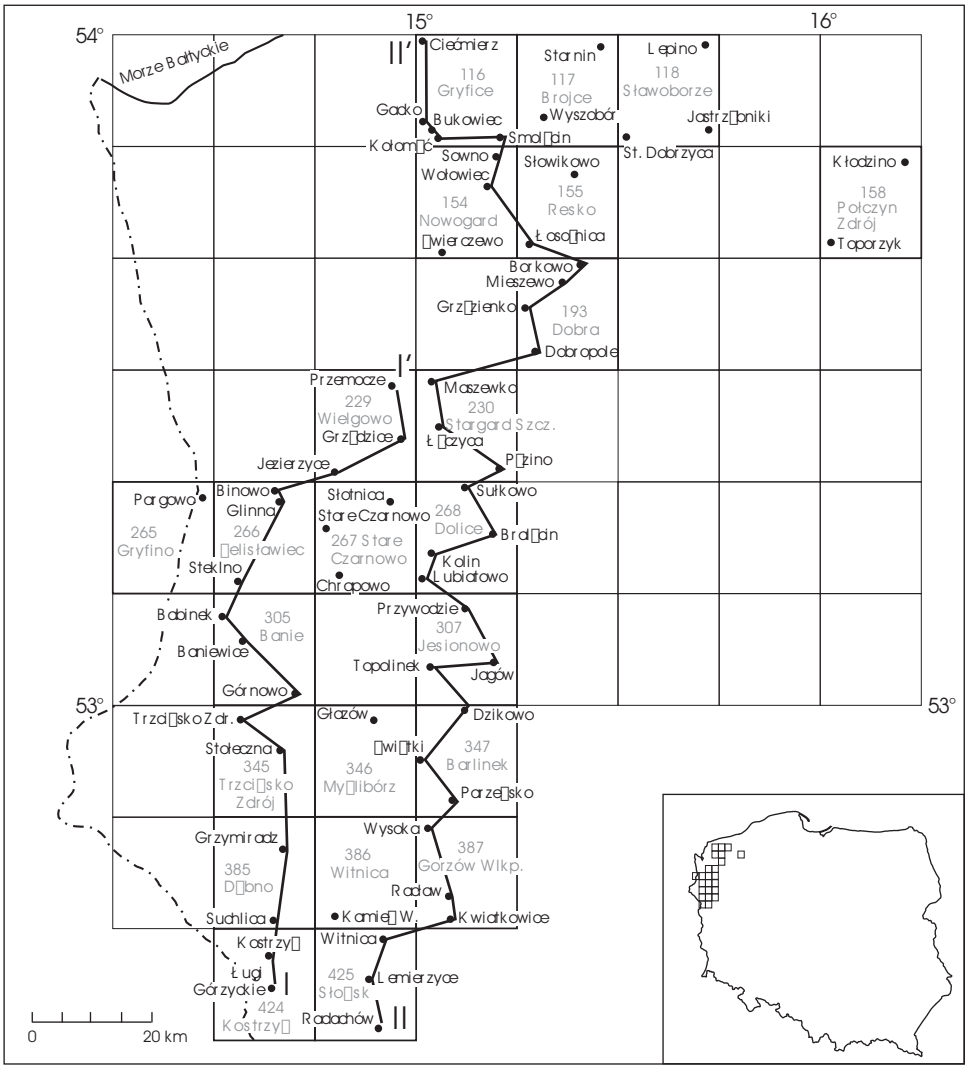


Fig. 1. Lokalizacja otworów wiertniczych na tle arkuszy Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski (SMGP) w skali 1:50 000

Location of boreholes against the background of the sheets of the Detailed Geological Map of Poland (DGMP) 1:50 000

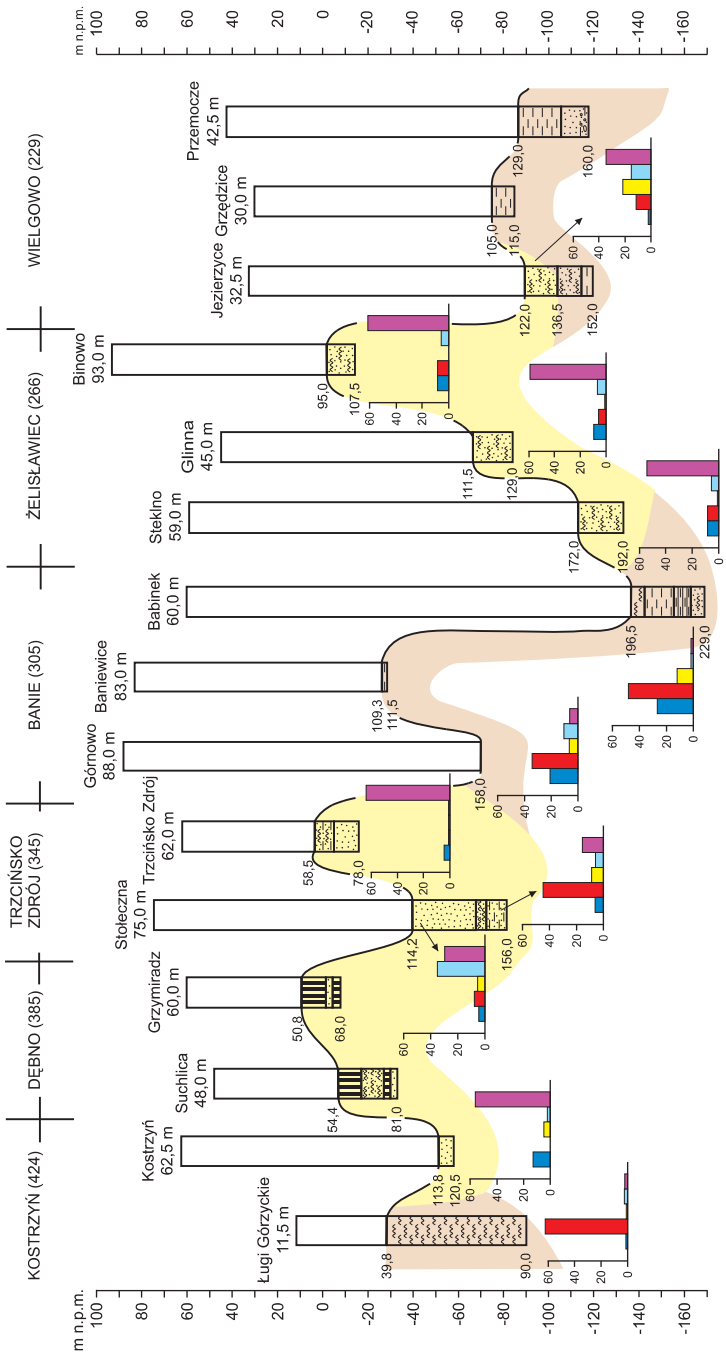


Fig. 2. Minerały ciężkie w osadach podłoża czwartorzędu Polski północno-zachodniej. Schematyczny przekrój I–I'

Heavy minerals in Quaternary background sediments of northwestern Poland. Schematic cross-section I–I'

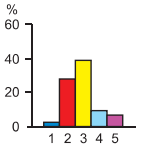
Objaśnienia do figur 2, 3A, 3B
Explanation for Figures 2, 3A, 3B

Litologia
Litology

- ił — clay
- muł — silt
- piasek — sand
- piasek mułkowy — silty sand
- piasek ilasty — clayey sand
- iłowce — claystone
- mułowce — mudstone
- piaskowce — sandstone
- wapienie margliste — marly limestone
- węgiel brunatny — lignite

Stratygrafia
Stratygraphy

- miocen — Miocene
- oligocen — Oligocene
- Trzeciorzęd — Tertiary
- Kreda — Cretaceous
- Jura — Jurassic

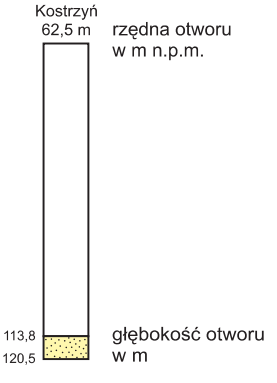


DOBRA (193)

symbol i numer arkusza
Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50000
symbol and number of the sheet
of Detailed Geological Map of Poland 1:50000

Diagram procentowych zawartości wybranych minerałów ciężkich
Diagram percentage content of selected heavy minerals

1 – amfibole — amphiboles
2 – chloryty (w otworze Mieszewo biotyt) — chlorites (biotite in the Mieszewo borehole)
3 – epidoty — epidotes
4 – granaty — garnets
5 – minerały odporne — resistant minerals



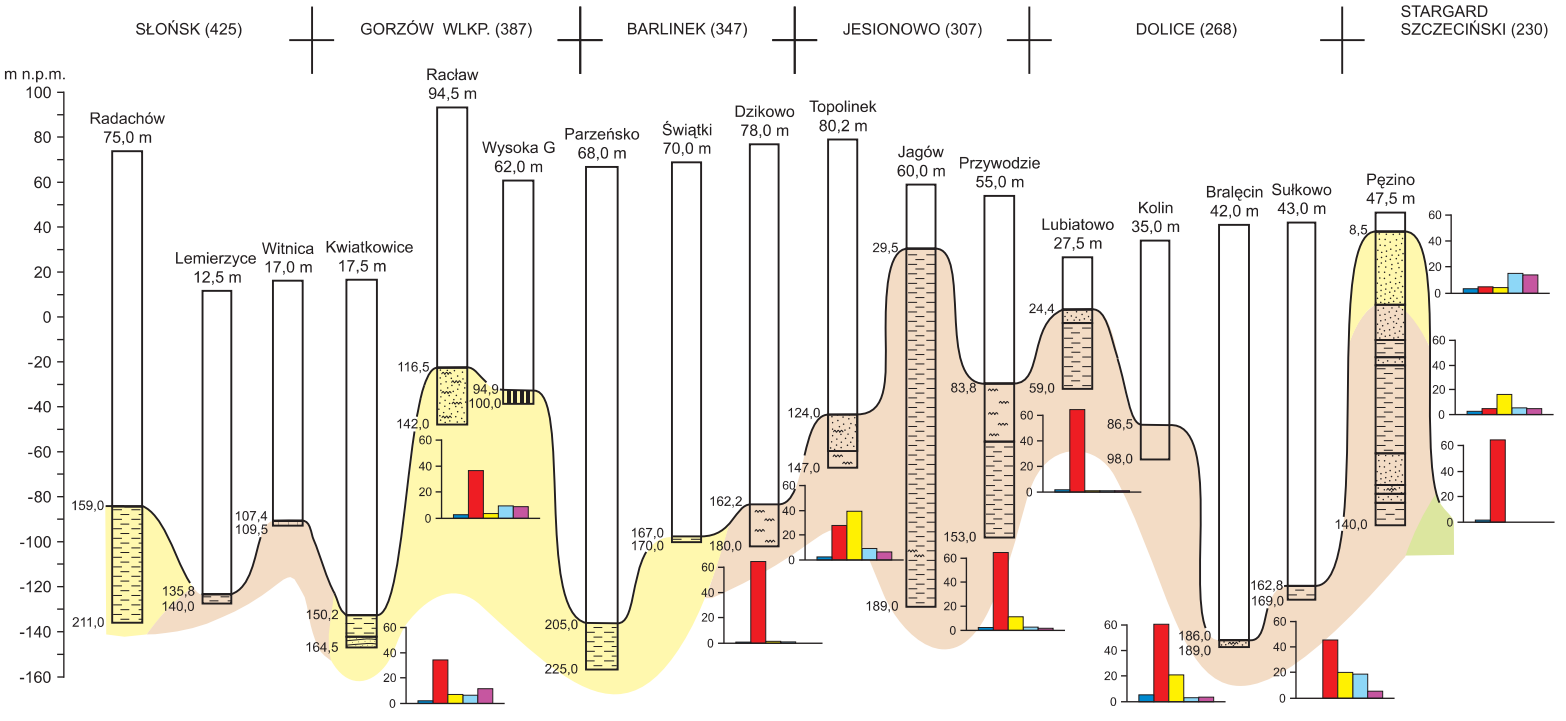


Fig. 3A. Minerały ciężkie w osadach podłoża czwartorzędu Polski północno-zachodniej. Schematyczny przekrój II–II' część południowa

Heavy minerals in Quaternary background sediments of northwestern Poland. Schematic cross section II–II' southern part

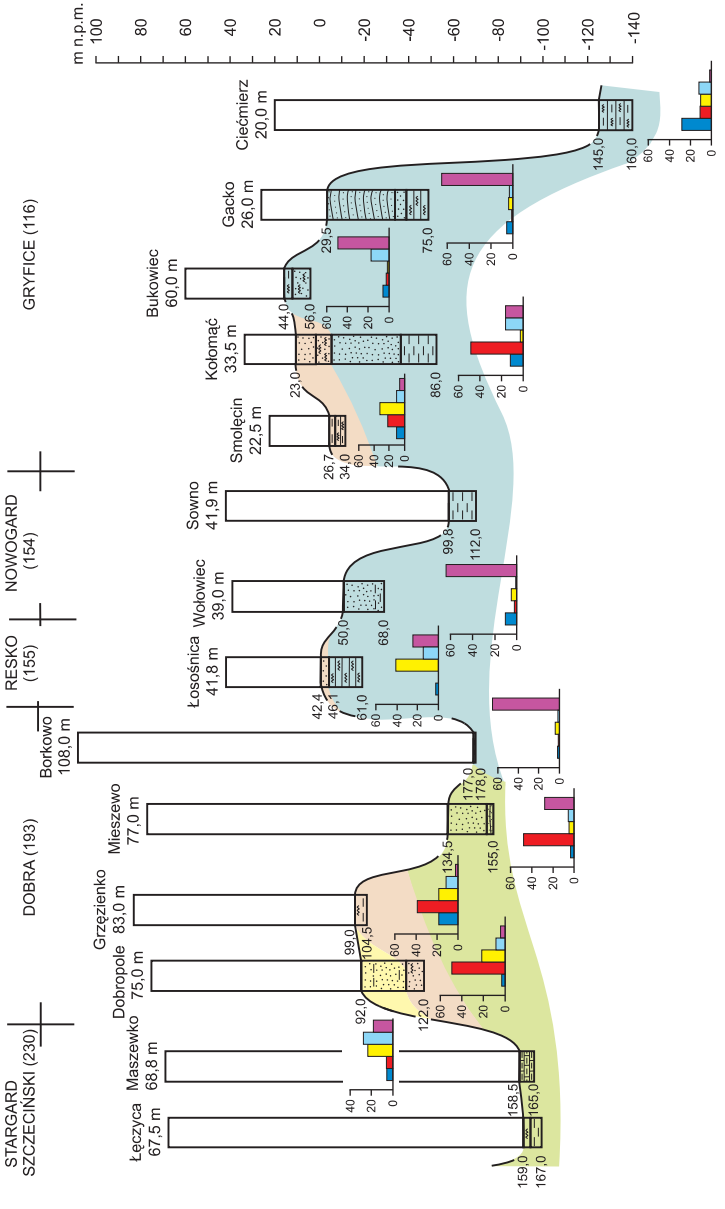


Fig. 3B. Minerały ciężkie w osadach podłoża czwartorzędu Polski północno-zachodniej. Schematyczny przekrój II–II' część północna

Heavy minerals in Quaternary background sediments of northwestern Poland. Schematic cross-section II–II' northern part

Zmienność składu mineralnego w pionowym i poziomym rozprzestrzenieniu osadów odzwierciedla między innymi tzw. współczynnik *Q* (Fay, 1975):

$$Q \quad \frac{G \quad E \quad H}{Zr \quad T \quad R}$$

gdzie:
G — granaty, E — epidoty, H — hornblenda, Zr — cyrkon, T — turmalin, R — rutyl

Współczynnik *Q* większy od 1 wskazuje na przeważający wpływ północnej alimentacji (Kosmowska-Ceranowicz, 1978, 1979). Zdaniem twórcy metody M. Faya zespół granat + epidot + hornblenda stanowi grupę minerałów fennoskandzkich, a zespół cyrkon + turmalin + rutyl to grupa minerałów odpornych na wietrzenie (wielokrotnie deponowanych), dostarczanych do osadów z południa.

OSADY JURAJSKIE

Osady różnych pięter jury występują w podłożu czwartorzędu, w północnej części obszaru badań (rejon wału pomorskiego). Rzędna stropu utworów jurajskich przebiega na poziomie od 10,5 m n.p.m. do 120,8 m p.p.m. Litologicznie osady jury stanowią piaskowce, piaski mułkowe, iłowce i mułowce o zmiennej zawartości $CaCO_3$ (fig. 3B). Większe zawartości $CaCO_3$ występują w głębszych partiach osadów, np. w otworze Ciećmierz 15,3%, w otworze Lepino 3,7%, a całkowicie bezwapniste osady występują na rzędnych poniżej 70,0 m p.p.m. Stropowe partie osadów często wykazują wzrost wielkości ziarn.

Pod względem składu minerałów ciężkich osady jurajskie podzielono na dwie grupy:

— grupa pierwsza, nazwana jura 1, o przewadze granatów i minerałów odpornych (staurolitu, cyrkonu), przy czym część osadów zalegająca w otworze Ciećmierz na głębokości 155,0–155,7 m oraz w otworze Lepino na głębokości 202,5–202,6 m wykazuje również podwyższoną zawartość amfiboli (fig. 4). Z reguły są to osady piaszczyste lub piaszczysto-mułkowe, jedynie dolne partie profilu otworów Ciećmierz i Lepino stanowią osady mułkowo-ilaste. W niektórych przypadkach, w przystropowych partiach osadów jurajskich widoczne są wtórne domieszki materiału trzeciorzędowego, co odzwierciedla się w składzie minerałów ciężkich, np. w postaci wyraźnego wzrostu zawartości epidotu lub glaukonitu (otwór Kołomąć);

— grupa druga, tzw. jura 2, charakteryzuje się wysokim udziałem chlorytu, przy niewielkim wzroście zawartości granatów i minerałów odpornych, w tym turmalinu i staurolitu, w stosunku do składu osadów jury 1 (fig. 5), jak również drobniejszym ziarnem; są to mułowce i iłowce lub luźne osady ilasto-mułkowe.

Skład minerałów ciężkich osadów jury 1 z przewagą granatów wykazuje pewne podobieństwo do składu utworów jurajskich występujących w północno-wschodniej Polsce, gdzie wśród minerałów przezroczystych przeważają minerały odporne (głównie cyrkon i turmalin) oraz granaty. W okresie dolnej i środkowej jury obszar Polski północno-wschodniej był zasilany przez materiał detrytyczny ze wschodu i z północy (Maliszewska, 1974; Radlicz, 1974). Pomimo kilkakrotnych zmian warunków sedymentacji w tym okresie skład minerałów ciężkich w osadach jest monotonny. W jurze górnej materiał był dostarczany z trzech kierunków (Radlicz, 1974): z północnego zachodu — minerały ultrastabilne noszące znamiona obróbki mechanicznej (cyrkon, turmalin,

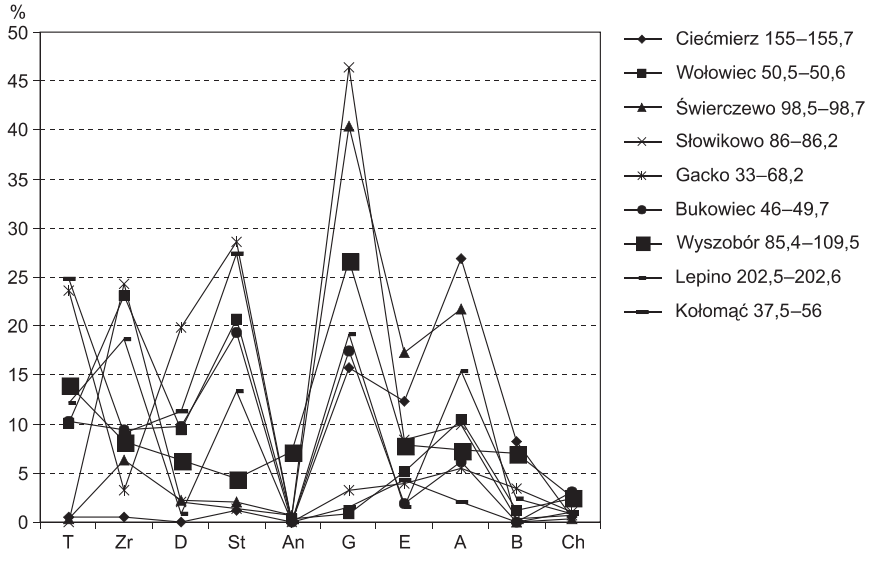


Fig. 4. Skład wybranych minerałów ciężkich w osadach jury 1 (z dominacją granatów)

T — turmalin, Zr — cyrkon, D — dysten, St — staurolit, An — andaluzyt, G — granaty, E — epidoty, A — amfibole, B — biotyt, Ch — chloryt; Kołomąć 37,5–56,0 m — głębokość pobrania próbek

The selected heavy mineral compositions in Jurrasic 1 sediments (with garnets domination)

T — tourmaline, Zr — zircon, D — dysthene, St — staurolite, An — andalusite, G — garnets, E — epidotes, A — amphiboles, B — biotite, Ch — chlorite; Kołomąć 37,5–56,0 m — depth of samples

rutyl) oraz granaty, z północnego wschodu — amfibole, biotyt i chloryt, oraz ze wschodu — granaty, dysten, augit bazaltowy i minerały nieprzezroczyste.

Osady jury 2 również opisano w Polsce północno-wschodniej (Maliszewska, 1974) w utworach piaskowcowych i wapiennych górnego batonu jako tzw. pakiet chlorytowy.

Na terenie Polski północno-zachodniej próbki „chlorytowe" występują w różnym położeniu — nad i pod poziomami osadów z przewagą granatów, i zawierają niekiedy znaczne ilości chlorytu (powyżej 80%). Obecność dużej ilości tego minerału należy wiązać z uziarnieniem osadu, który jest w omawianych próbkach bardzo drobny i w nim najczęściej gromadzą się mało odporne minerały takie jak chloryt; może również wskazywać na niszczenie skał metamorficznych w niedużej odległości od obszaru badań.

Analiza rozkładu przestrzennego zawartości poszczególnych minerałów w osadach jurajskich wykazała, że kierunek transportu minerałów odpornych na wietrzenie różnicuje się na północny dla turmalinu, którego udział maleje z północy ku południowi, i południowo-wschodni dla granatów i cyrkonu; natomiast rozkład zawartości minerałów średnio lub słabo odpornych (amfibole, epidoty, chloryt) wskazuje generalnie na kierunek transportu od północnego zachodu i zachodu.

Zaobserwowany rozkład zawartości minerałów może być wynikiem zmiany kierunku transportu osadów w okresie dolnej i środkowej jury. W dolnej jurze na nachylony generalnie ku północnemu zachodowi lądowy obszar Polski północno-zachodniej wkraczało morze; dno zbiornika ulegało obniżaniu, o czym świadczą duże miąższości osadów. Wydaje się, że właśnie na sku-

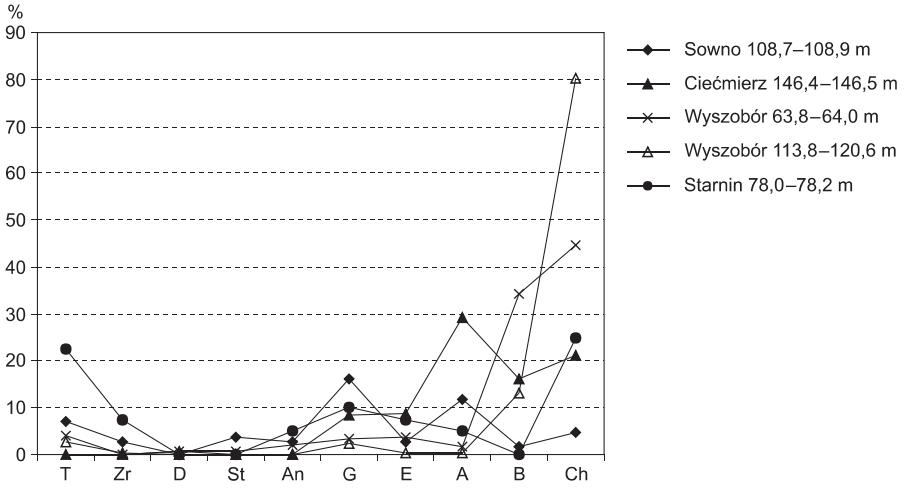


Fig. 5. Skład wybranych minerałów ciężkich w osadach jury 2 (z dominacją chlorytu)

Objaśnienia jak przy fig. 4

The selected heavy mineral compositions in Jurrasic 2 sediments (with chlorite domination)

For explanations see Fig. 4

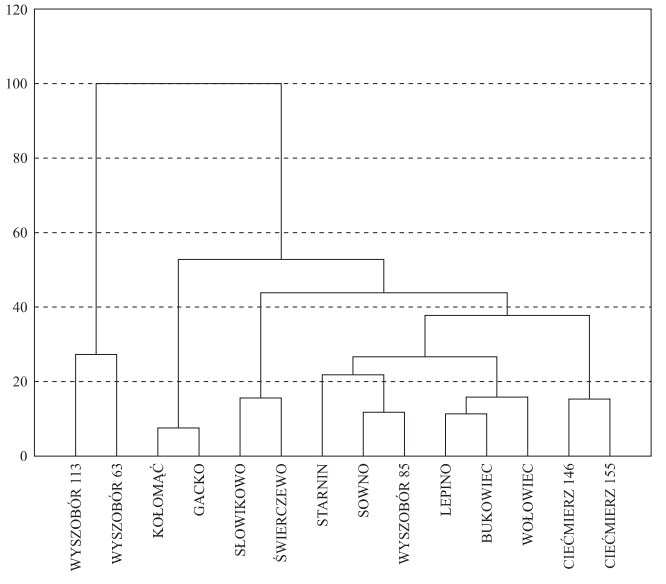


Fig. 6. Grupowanie metodą Warda próbek, w których oznaczono skład minerałów przezroczystych w osadach jury 1+2

Ward's grouping of samples with transparent mineral composition analysis in Jurrasic 1+2 sediments

tek obniżania się zbiornika intensywniej był dostarczany materiał z lądu położonego na południowy wschód od brzegu, stąd wysoki udział granatów i cyrkonu we wschodniej części obszaru badań. Natomiast rozmieszczenie turmalinu wskazuje, że może on pochodzić z niszczonego lądu na terenie dzisiejszej Skanii.

Kierunki transportu z zachodu i północnego zachodu, wynikające z rozmieszczenia minerałów średnio i słabo odpornych, mogą wiązać się z pogłębianiem się morza na badanym terenie w okresie jury środkowej.

Analiza statystyczna wyników badań składu minerałów ciężkich wykazała brak ścisłych związków między minerałami, co świadczy o tym, że minerały ciężkie w osadach jurajskich były nawet wielokrotnie deponowane i mogą pochodzić z różnych źródeł. Statystyczne grupowanie próbek (fig. 6, 15) nie doprowadziło do wyodrębnienia zespołów próbek silnie związanych ze sobą.

W badanych osadach Polski północno-zachodniej współczynnik wietrzenia *Q* obliczony dla osadów jury ma wartości zarówno większe jak i mniejsze od 1, mimo że badane osady są skupione na małym obszarze.

OSADY KREDOWE

Osady kredy górnej stwierdzone w północnej części omawianego obszaru, w spągowych partiach otworów, wykształcone są w postaci piasków zailonych, miejscami ku dołowi przechodzących w piaskowce (fig. 3B). Charakterystyczną cechą tych utworów jest obecność $CaCO_3$ we frakcji poniżej 0,1 mm, wynosząca na przemian kilka lub kilkadziesiąt procent (maksymalnie prawie 70%).

Skład minerałów ciężkich jest mało zróżnicowany w pionie. W badanych próbkach w otworze Mieszewo przeważa biotyt (średnio 47,2%) oraz minerały odporne (średnio 30,6%, głównie cyrkon — średnio 12,1%), przy kilkuprocentowym udziale pozostałych minerałów (fig. 7).

Bardzo podobny skład mineralny stwierdzono w otworze Jastrzębniki (na głębokości 152,6–152,7 oraz 155,9–156,0 m), gdzie również przeważa biotyt (średnio 37,5%), a suma minerałów odpornych wynosi średnio 30,8 % (w tym udział cyrkonu — średnio 14,0%). Piaskowce kredowe z Jastrzębnik różnią się od osadów w Mieszewie głównie bardzo niską wapnistością (średnio 2,5%).

Litologię i skład minerałów ciężkich określono jedynie dla pięciu próbek osadów, w związku z czym trudno wyciągać wnioski dotyczące litologii i mineralogii pozostałych utworów kredowych zalegających w podłożu. Można jedynie zauważyć, że pod względem składu minerałów ciężkich osady te wykazują pewne podobieństwo do osadów kredowych opisywanych z rejonu Polski północno-wschodniej (Kosmowska-Ceranowicz, 1979) oraz z obszaru Bałtyku (Pikies, 1992), gdzie stwierdzono dominację granatu lub minerałów odpornych, wśród których najczęściej przeważał również cyrkon lub dysten. Cyrkon, rutyl i turmalin odgrywają dominującą rolę w składzie mineralnym osadów kredy górnej Wyżyny Lubelskiej (Gwóźdź, Racinowski, 1968). Istotna różnica polega natomiast na bardzo wysokim udziale biotytu w osadach kredowych rejonu Polski północno-zachodniej, co wskazuje na bliskie źródło alimentacji.

Badania składu minerałów ciężkich na wybrzeżu, w Gdańsku i Karwi (Kosmowska-Ceranowicz i in., 1974; Kosmowska-Ceranowicz, 1979) wykazały przewagę cyrkonu i epidotu nad pozostałymi minerałami przezroczystymi. Próbki z Polski północno-zachodniej zawierają niewielkie ilości epidotu (od 4,9 do 6,0% minerałów przezroczystych).

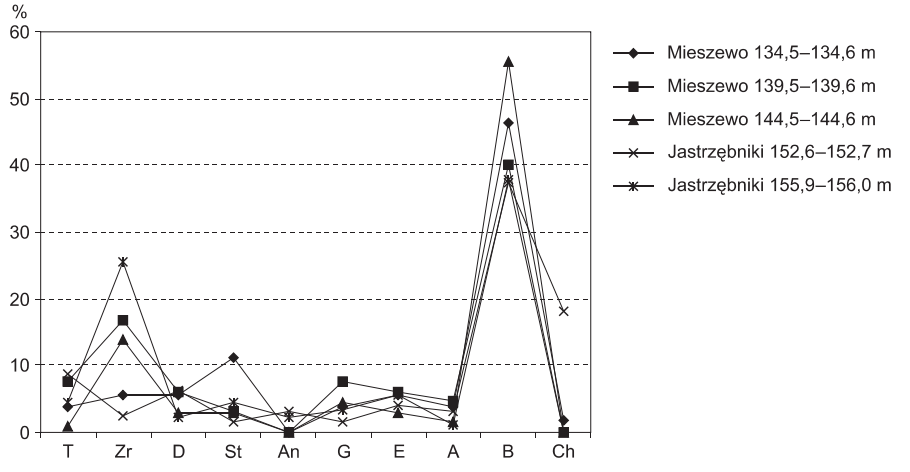


Fig. 7. Skład wybranych minerałów ciężkich w osadach kredy

Objaśnienia jak przy fig. 4

The selected heavy mineral compositions in Cretaceous sediments

For explanations see Fig. 4

Podane wyżej dane wskazują, że skład mineralny osadów kredowych badanego obszaru wykazuje jedynie niewielkie podobieństwo zarówno do składu osadów tego wieku w Polsce północno-wschodniej, jak i na wybrzeżu gdańskim oraz w obszarze Bałtyku, z wyjątkiem grupy minerałów nieprzezroczystych, która dominuje we wszystkich próbkach rejonu Polski północno-wschodniej i północno-zachodniej. Liczba dotychczas przebadanych próbek jest jednak zbyt mała, by możliwe było wyciąganie szerszych wniosków.

Zbadane próbki z osadów kredowych wykazują niską wartość współczynnika wietrzenia Q — 0,4–0,7.

OSADY TRZECIORZĘDOWE

W badanych otworach stwierdzono występowanie osadów trzeciorzędowych dwóch oddziałów: oligoceńskiego i mioceńskiego, jak również w kilku przypadkach osadów mieszanych, np. mioceńskich z plioceńskimi czy mioceńskich z oligoceńskimi.

Udokumentowane paleontologicznie osady trzeciorzędowe występują nielicznie na badanym obszarze. Do oligocenu dolnego zaliczono piaski pylaste z otworu Pęzino (SMGP, arkusz Stargard Szczeciński; Słodkowska, 1990), mułowce i żwirowce formacji mosińskiej dolnej z otworu Toporzyk oraz iłowce formacji rupelskiej i piaskowce z detrytusem węglowym formacji czempińskiej z otworu Kłodzino (SMGP, arkusz Połczyn Zdrój). W wymienionych otworach stwierdzono występowanie fitoplanktonu morskiego (Karoń, 2000).

Utwory miocenu środkowego zostały rozpoznane palinologicznie na arkuszu Wielgowo (osady ilasto-muliste z otworu Jezierzyce) oraz na sąsiednich arkuszach SMGP (Widuchowa, Cedynia i Chojna), gdzie badano węgiel brunatny oraz osady ilasto-muliste (Sadowska, Kuszell, 1985).

Zespół sporowo-pyłkowy charakterystyczny dla miocenu stwierdzono też w osadach otworu Pęzino nad osadami oligoceńskimi (Słodkowska, 1990). Wśród pyłków roślin lądowych w wielu próbkach zaobserwowano obecność organizmów morskich (Ważyńska red., 1998; Krzymińska, 2001).

OSADY OLIGOCEŃSKIE

Osady oligoceńskie występują w bezpośrednim podłożu czwartorzędu na dość dużej części obszaru badań, w rejonie niecki szczecińskiej, głównie w obniżeniach powierzchni podczwartorzędowej oraz na ich zboczach. W badanych otworach osady te występują na różnych rzędnych, od 6,2 m n.p.m. w otworze Pęzino do około 137,0 m p.p.m. w otworze Babinek. Pod względem litologicznym są to osady dość mało zróżnicowane, bardzo drobnoziarniste, mułowcowo-iłowcowe, czasem z przewarstwieniami piasków bardzo drobnoziarnistych (fig. 2; 3), najczęściej źle wysortowane, bezwapniste lub zawierające maksymalnie do 3% $CaCO_3$ we frakcji poniżej 0,1 mm.

Skład minerałów ciężkich różnicuje omawiane osady na dwie grupy:

— pierwsza grupa, nazwana oligocen 1, występuje w zakresie rzędnych od 6,2 m n.p.m. do 73,8 m p.p.m. w otworze Pęzino; są to osady mułowcowo-piaszczyste, w których dominującym minerałem jest epidot (fig. 8). W niektórych próbkach towarzyszy mu podwyższona zawartość minerałów odpornych (do 10%) lub granatów (do 20%). W otworze Babinek, na głębokości 197,5–201,6 m osady oligoceńskie zalegają najniżej w omawianym obszarze i wykazują dominację amfiboli, przy podwyższonym udziale granatów; być może osady te reprezentują któryś ze starszych oddziałów trzeciorzędu;

— druga grupa, nazwana oligocen 2, reprezentowana w omawianym obszarze przez osady mułowcowo-iłowcowe, zalegające w zakresie od 3,1 m n.p.m. (otwór Lubiatowo) do 167,0 m p.p.m. (otwór Babinek), często zajmujące pozycję pod osadami pierwszej grupy. Składnikiem dominującym w tej grupie osadów jest chloryt, nieco podwyższone zawartości (do około 20%) wykazują amfibole, epidoty i granaty, natomiast bardzo niski (do około 3%) jest udział minerałów odpornych (fig. 9).

W osadach obydwu typów stwierdzono generalnie bardzo niską zawartość glaukonitu (0,0–3,3% podfrakcji minerałów ciężkich). Jedynie w dwóch próbkach zawartość glaukonitu jest wysoka: 33,6% — próbka z otworu Grzęzienko z głębokości 104,0–104,1 m, oraz 25,8% — próbka z otworu Pęzino z głębokości 60,8 m. Skład grupy minerałów przezroczystych kwalifikuje dwie wymienione próbki do różnych grup osadów; próbkę z otworu Grzęzienko do tzw. oligocenu 2, „chlorytowego", a próbkę z otworu Pęzino do oligocenu 1, „epidotowego". W związku z powyższym należy sądzić, że incydentalny wzrost zawartości glaukonitu może jedynie świadczyć o lokalnej zmianie źródła zasilania osadu w materiał detrytyczny. Osady oligoceńskie omawianego rejonu, jako praktycznie bezglaukonitowe, swój czasem obserwowany zielony kolor zawdzięczają wysokiej zawartości chlorytu.

Analizując przestrzenne rozmieszczenie minerałów stwierdzono, że minerały odporne — turmalin, granat, cyrkon — były transportowane w oligocenie na omawiany obszar z północy i północnego zachodu, czyli z rejonów, gdzie mogły być niszczone osady starszego trzeciorzędu i

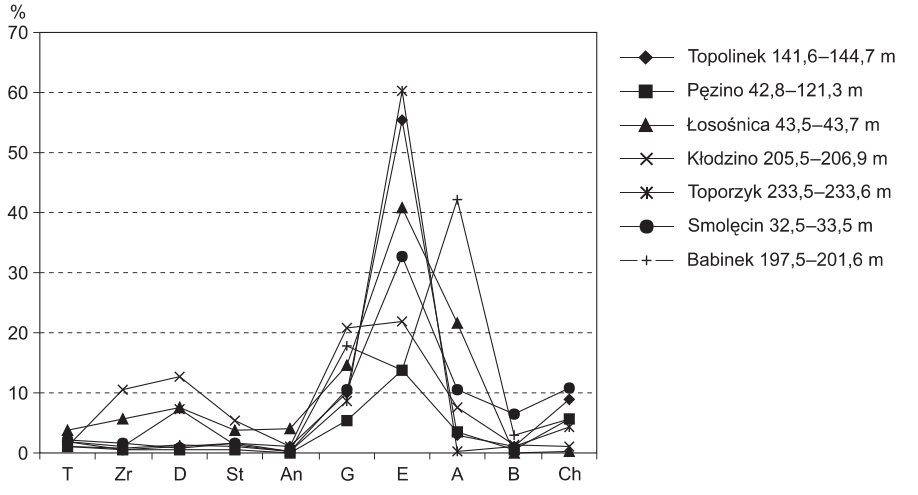


Fig. 8. Skład wybranych minerałów ciężkich w osadach oligocenu 1 (z dominacją epidotów)

Objaśnienia jak przy fig. 4

The selected heavy mineral compositions in Oligocene 1 sediments (with epidotes domination)

For explanations see Fig. 4

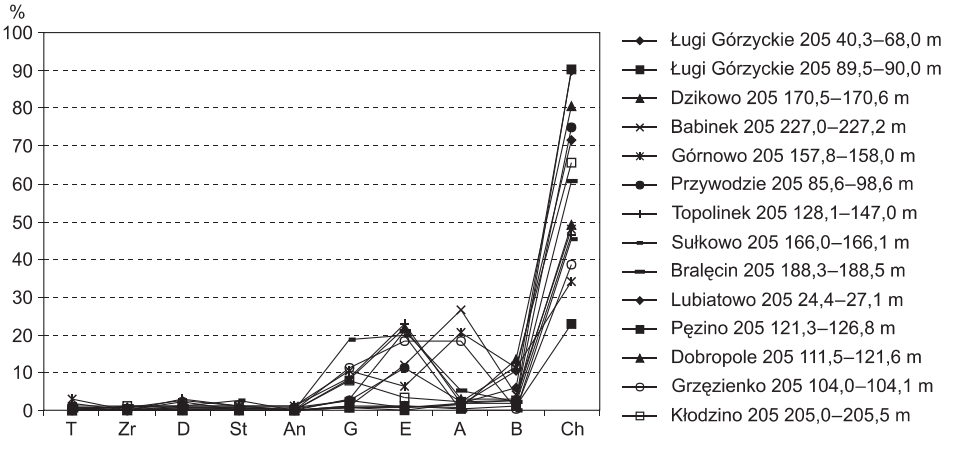


Fig. 9. Skład wybranych minerałów ciężkich w osadach oligocenu 2 (z dominacją chlorytu)

Objaśnienia jak przy fig. 4

The selected heavy mineral compositions in Oligocene 2 sediments (with chlorite domination)

For explanations see Fig. 4

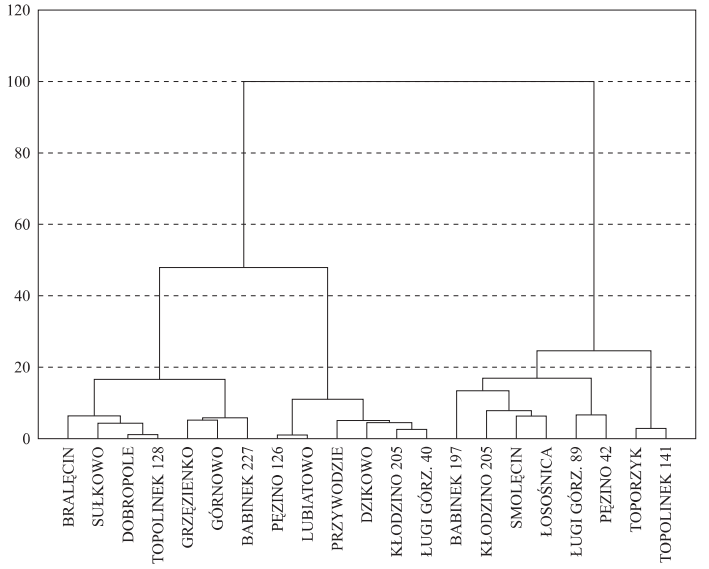


Fig. 10. Grupowanie metodą Warda próbek, w których oznaczono skład minerałów przezroczystych w osadach oligocenu 1+2

Ward's grouping of samples with transparent mineral composition analysis in Oligocene 1+2 sediments

górnej kredy. Dla cyrkonu zaobserwowano jeszcze jeden kierunek transportu — od wschodu, czyli część cyrkonu może pochodzić z niszczenia już wówczas wypiętrzonego wału pomorskiego. Podobny obraz uzyskano dla minerałów słabo odpornych. Zawartość epidotów i amfiboli maleje w kierunku południowym i południowo-wschodnim, podczas gdy udział chlorytu odwrotnie, szybko maleje w kierunku zachodnim.

Pochodzenie chlorytu z odmiennych utworów geologicznych niż pozostałe minerały potwierdza również analiza statystyczna wyników badań. Chloryt wykazuje największą tzw. odległość wiązania z innymi minerałami. Dość ścisły związek wykazują natomiast minerały najbardziej odporne (cyrkon, turmalin, andaluzyt, staurolit, dysten), a znacznie słabszy — minerały średnio i mało odporne (granaty, amfibole, epidoty).Takie związki między minerałami mogą świadczyć o wspólnym źródle dostarczającym do osadu minerały najbardziej odporne.

Wykres grupowania próbek pod względem składu minerałów ciężkich metodą Warda pokazuje dwie opisane grupy osadów jako osobne zbiory próbek (fig. 10, 15).

W próbkach z osadów oligoceńskich współczynnik wietrzenia *Q* ma bardzo wysoką wartość: od 4,1 do 20,0 (średnio 12,9) w południowej części obszaru badań i od 4,3 do 49,1 (średnio 16,1) w części środkowej i północnej.

Według Kosmowskiej-Ceranowicz (1979) dla paleogenu Polski północnej współczynnik wietrzenia *Q* jest prawie zawsze większy od 1 i jest tym wyższy im dalej na zachód leżą osady; dla Polski środkowej *Q* waha się od 0,5 do 1,0. W osadach neogenu okolic Warszawy współczynnik *Q* ma wartość większą od 1, a dla północnej Polski i reszty Polski środkowej *Q* jest mniejszy od 1.

OSADY MIOCEŃSKIE

Osady mioceńskie występują na znacznej części obszaru badań, szczególnie w jego południowej części, gdzie tworzą przeważającą część podłoża czwartorzędu. Utwory te występują na różnych rzędnych, od 39,0 m n.p.m. do 136,1 m p.p.m., zarówno na wyniesieniach, jak i w obniżeniach powierzchni podłoża czwartorzędowego. Pod względem litologicznym są to zwykle osady piaszczysto-mułkowe o umiarkowanym, a częściej złym wysortowaniu; rzadko są to osady ilaste (fig. 2, 3). Wspólną cechą tych utworów jest ich słaba wapnistość (0,0–6,5% $CaCO_3$ we frakcji poniżej 0,1 mm).

Pod względem składu minerałów ciężkich osady mioceńskie omawianego rejonu różnicują się na trzy grupy:

— pierwszą grupę, nazwaną miocen 1, stanowią osady mułkowo-piaszczyste o wyraźnej dominacji granatów (fig. 11), którym czasami towarzyszy podwyższony udział epidotów lub amfiboli, a zawartość minerałów najbardziej odpornych osiąga maksymalnie 10% (najczęściej pojawiającym się minerałem odpornym jest dysten);

— drugą grupę, miocen 2, tworzą osady najczęściej piaszczyste, w których wśród minerałów ciężkich widoczna jest dominacja minerałów najbardziej odpornych (fig. 12). Najczęściej (w prawie połowie przypadków) jest to turmalin w asocjacji z andaluzytem lub rzadziej cyrkon z dystenem. Niektóre próbki wykazują również podwyższoną zawartość amfiboli lub granatów. Być może w tej grupie osadów jest reprezentowanych kilka jednostek stratygraficznych w obrębie miocenu lub obserwowana zmienność udziału poszczególnych minerałów odpornych wynika z okresowych zmian w ich dostawie do rejonu badań z różnych kierunków;

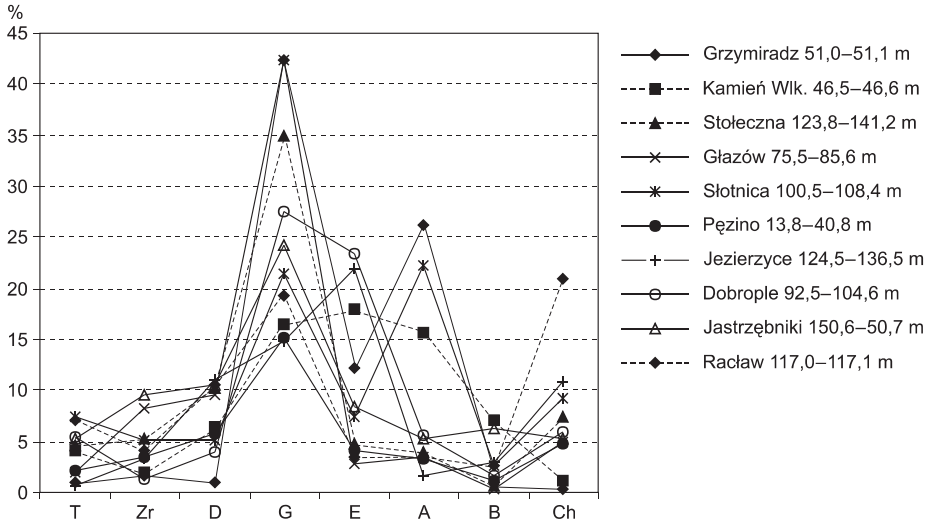


Fig. 11. Skład wybranych minerałów ciężkich w osadach miocenu 1 (z dominacją granatów)

Objaśnienia jak przy fig. 4

The selected heavy mineral compositions in Miocene 1 sediments (with garnets domination)

For explanations see Fig. 4

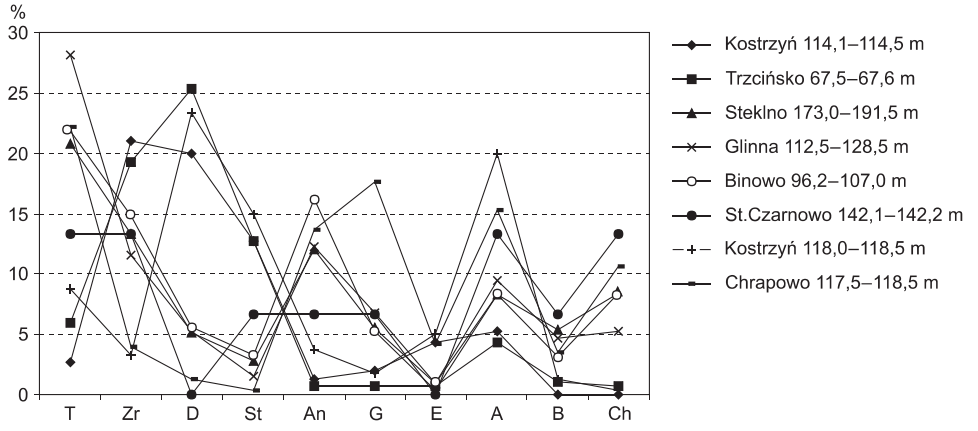


Fig. 12. Skład wybranych minerałów ciężkich w osadach miocenu 2 (z dominacją minerałów odpornych)

Objaśnienia jak przy fig. 4

The selected heavy mineral compositions in Miocene 2 sediments (with resistant minerals domination)

For explanations see Fig. 4

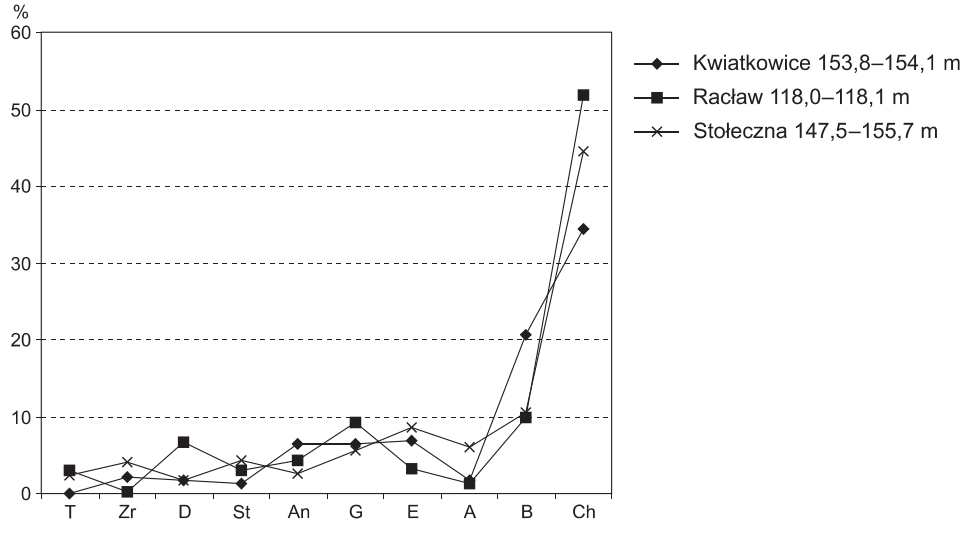


Fig. 13. Skład wybranych minerałów ciężkich w osadach miocenu 3 (z dominacją chlorytu)

Objaśnienia jak przy fig. 4

The selected heavy mineral compositions in Miocene 3 sediments (with chlorite domination)

For explanations see Fig. 4

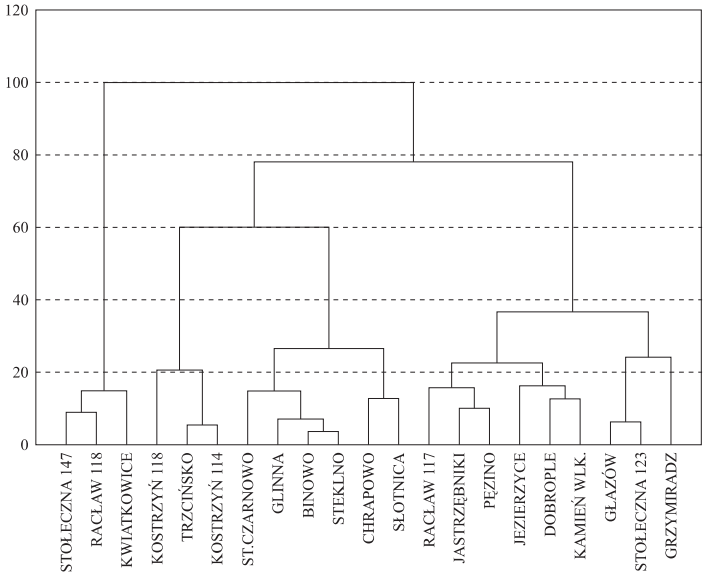


Fig. 14. Grupowanie metodą Warda próbek, w których oznaczono skład minerałów przezroczystych w osadach miocenu 1+2+3

Ward's grouping of samples with transparent mineral composition analysis in Miocene 1+2+3 sediments

— trzeci typ osadu, miocen 3, charakteryzuje się w składzie minerałów ciężkich dominacją chlorytu przy małym (poniżej 10%) udziale pozostałych minerałów (Fig. 13). Ten typ mineralogiczny osadów mioceńskich jest reprezentowany przez zaledwie trzy próbki, w związku z czym został wyodrębniony wstępnie.

Wykres grupowania próbek pod względem składu minerałów przezroczystych metodą Warda przedstawia bardzo wyraźne rozdzielenie próbek mioceńskich na trzy odrębne grupy (fig. 14, 15), przy czym największą odrębność wykazują trzy próbki łączące się w grupę miocenu 3, co może być dowodem lokalnego charakteru tej grupy.

Statystyczne powiązania między wybranymi minerałami nie są zbyt wyraźne, co w tym wypadku prawdopodobnie oznacza pochodzenie minerałów z różnych źródeł zasilania. Przestrzenny rozkład minerałów wskazuje, że minerały odporne były transportowane do omawianego rejonu z północnego zachodu (turmalin, cyrkon) lub z północy (granaty). Dla turmalinu i cyrkonu istnieje również drugi kierunek transportu, który stwierdzono w najbardziej południowej części obszaru badań — z południa, z masywu sudeckiego. Ten kierunek przemieszczania materiału okruchowego podawali już Dyjor (1970), Łuczkowska i Dyjor (1971), Piwocki i Ziembińska-Tworzydło (1995) oraz Ważyńska (red.,1998). Minerały średnio i słabo odporne (epidoty, amfibole i chloryt) były transportowane głównie z północy, podobnie jak w oligocenie.

Rozmieszczenie zawartości chlorytów wskazuje w południowym krańcu obszaru badań również na kierunki transportu z zachodu i wschodu. Najprawdopodobniej był to transport lokalny ze względu na niską odporność chlorytu na niszczenie mechaniczne. Oznacza to, że osady z chlorytem były wówczas niszczone blisko rejonu badań.

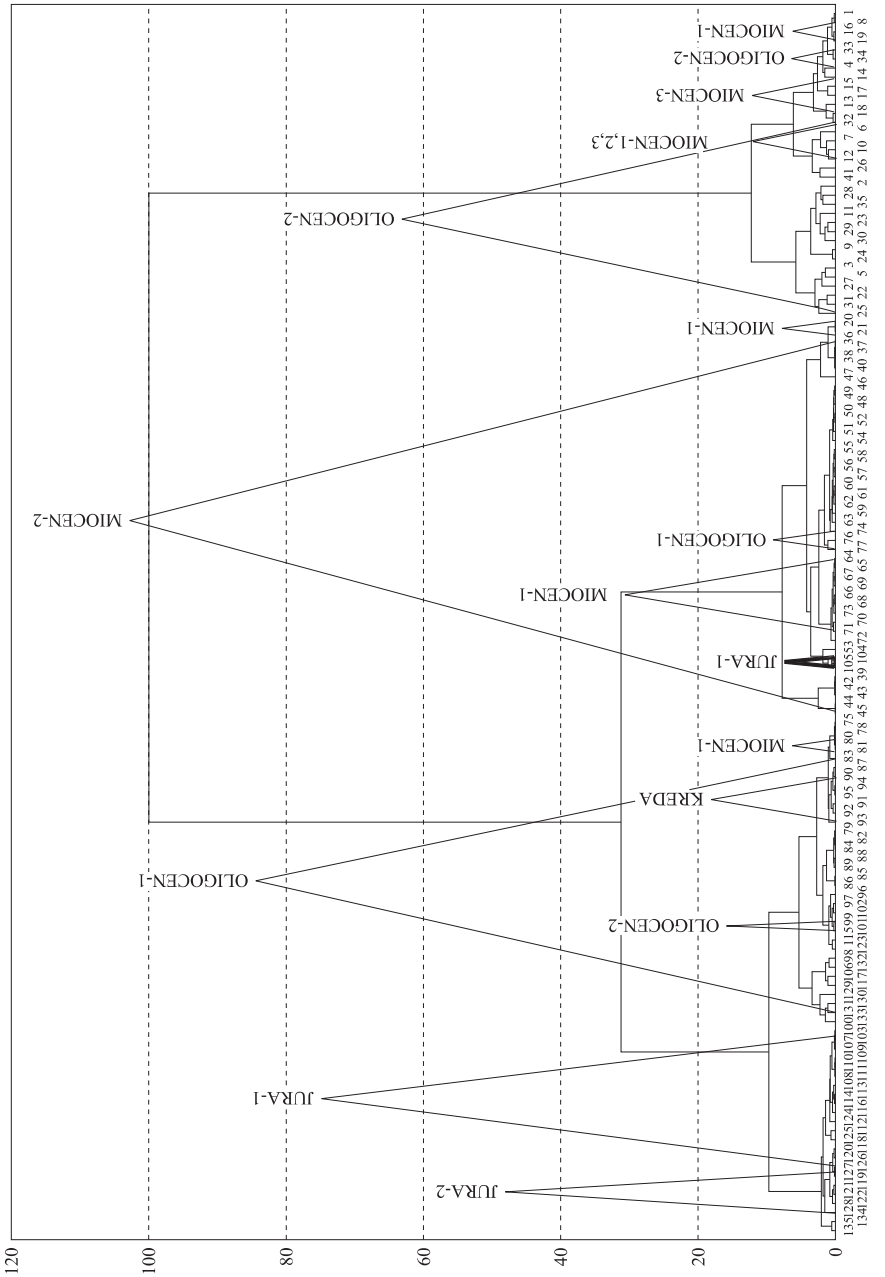


Fig. 15. Grupowanie metodą Warda wszystkich próbek, w których oznaczono skład minerałów przezroczystych

Ward's grouping all samples with transparent mineral composition analysis

Osady mioceńskie wykazują znacznie niższe wartości współczynnika *Q* niż osady oligoceńskie, ale przeważnie większe od 1: w południowej części obszaru badań 0,2–14,4 (średnio 4,9), a w środkowej części obszaru 0,4–9,5 (średnio 3,1).

Podane wartości współczynnika *Q* dla osadów trzeciorzędowych znacznie odbiegają od wyliczeń podanych przez Kosmowską-Ceranowicz dla Polski północnej i środkowej. Najprawdopodobniej na wysoką wartość tego współczynnika wpływa fakt zasilania osadów trzeciorzędowych badanego obszaru z różnych kierunków, co stwierdzono analizując poziome rozmieszczenie zawartości minerałów w osadach.

WNIOSKI

Wyniki przeprowadzonych badań upoważniają do następujących wniosków:

— w obszarze Polski północno-zachodniej w podłożu czwartorzędu występują osady mezozoiczne i trzeciorzędowe zróżnicowane pod względem facjalnym i litologicznym; osady te zalegają na różnych wysokościach i znaczna ich część, zwłaszcza osadów trzeciorzędowych, jest zaburzona na skutek późniejszych procesów glacidynamicznych;

— pod względem uziarnienia badane osady są mułkowo-ilaste, mułkowo-piaszczyste lub piaszczyste; wspólną cechą odróżniającą osady podłoża od czwartorzędowych jest bardzo mała zawartość $CaCO_3$, z wyjątkiem osadów kredowych, w których pojawiają się partie osadów wapnistych;

— osady poszczególnych jednostek stratygraficznych zawierają odrębne, charakterystyczne zespoły minerałów ciężkich. Zespoły te wykazują pewne podobieństwo do zespołów opisywanych w literaturze w osadach Polski północno-wschodniej, północnej i środkowej, na ogół nie są to jednak identyczne asocjacje minerałów, co szczególnie dotyczy osadów trzeciorzędowych i kredowych. Istniejące różnice mogą wynikać z co najmniej dwóch przyczyn. Po pierwsze, jak pisze Kosmowska-Ceranowicz (1987), „próba wyznaczenia w trzeciorzędzie prowincji mineralogicznych wykazała, że zasięgi oddziaływania terenów alimentacyjnych były wyraźnie ograniczone, a w przypadku terenów Polski północnej niezbyt rozległe...". Po drugie, wymieniona autorka, która wraz ze współpracownikami wykonała większość opracowań dotyczących mineralogii osadów podłoża czwartorzędu w Polsce, stosuje nieco odmienną metodykę badań polegającą na analizowaniu składu minerałów ciężkich w zakresie frakcji osadu od 0,5 do 0,06 mm, podczas gdy w niniejszej pracy wykorzystano wyniki analiz minerałów ciężkich we frakcji 0,25–0,10 mm, wykonywanych w ramach realizacji Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000;

— odrębność składu minerałów ciężkich w poszczególnych jednostkach stratygraficznych jest wyraźnie widoczna w wynikach analizy statystycznej uzyskanych danych. Grupowanie wszystkich analizowanych próbek metodą Warda pod względem składu minerałów przezroczystych wykazało, że próbki grupują się w zespoły odpowiadające osadom różnych jednostek stratygraficznych mezozoiku i trzeciorzędu;

— rozmieszczenie wartości współczynnika *Q* według Faya odzwierciedla zasilanie osadów (szczególnie oligoceńskich) z kilku kierunków oraz odrębność mineralogiczną Polski północno-zachodniej;

— podobieństwo składu minerałów przezroczystych między Polską północno-zachodnią i środkową w miocenie potwierdza wniosek o zacieraniu się w neogenie zróżnicowania wcześniej wyodrębniających się prowincji mineralogicznych (Kosmowska-Ceranowicz, 1979);

— odnośnie poziomów czy też zespołów „chlorytowych" stwierdzonych w różnych jednostkach stratygraficznych (jura, oligocen, miocen) należy zauważyć, że w omawianym rejonie występują one pod lub nad warstwami o innych zespołach mineralnych lub nawet w ich obrębie. Obecność tych poziomów wiąże się na ogół ze zmniejszeniem wielkości ziarn osadu, a ich rozmieszczenie wskazuje na bliskość lokalnych źródeł zasilania. W związku z powyższymi obserwacjami nie wydaje się celowe wyodrębnianie poziomów „chlorytowych" jako osobnych warstw czy pakietów lub innych jednostek litostratygraficznych.

LITERATURA

BUTRYMOWICZ N., NOSEK M., 1977 — Objaśnienia do Mapy Geologicznej Polski w skali 1:200 000, ark. Kołobrzeg i Świdwin. Inst. Geol. Warszawa.

DOBRACKI R., MOJSKI J. E., 1979 — Objaśnienia do Mapy Geologicznej Polski w skali 1:200 000, ark. Dziwnów i Szczecin. Inst. Geol. Warszawa.

DYJOR S., 1970 — Seria poznańska w Polsce zachodniej. *Kwart. Geol*., **14**, 4: 819–835.

FAY M., 1975 — Heavy mineral analysis of NW German Tertiary Sediments. *Report* 1, *Meeting in Mainz. Project*, 124: 47–53.

GWÓ D R., RACINOWSKI R., 1968 — Analiza porównawcza minerałów ciężkich z drobnoziarnistych utworów czwartorzędowych i górnokredowych Wyżyny Lubelskiej. *Kwart. Geol*., **12**, 2: 388–400.

KAROŃ R., 2000 — Ekspertyza palinologiczna próbek osadów z otworów Toporzyk, Popielewo, Kłodzino z ark. Połczyn Zdrój SMGP. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.

KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., 1978 — Znaczenie kryteriów petrograficznych dla korelacji trzeciorzędowych osadów okruchowych. *Prz. Geol*., **26**, 1: 22–24.

KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., 1979 — Zmienność litologiczna i pochodzenie okruchowych osadów trzeciorzędowych wybranych rejonów północnej i środkowej Polski w świetle wyników analizy przezroczystych minerałów ciężkich. *Pr. Muz. Ziemi*, 30: 3–73.

KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., 1987 — Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna bursztynonośnych osadów eocenu w okolicach Chłapowa oraz osadów paleogenu północnej Polski. *Biul. Inst. Geol*., 356: 29–50.

KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., HANCZKE T., KOCISZEWSKA-MUSIAŁ G., 1974 — Osady trzeciorzędowe z wierceń okolic Gdańska. *Pr. Muz. Ziemi*, 22: 95–136.

KOZŁOWSKI I., NOSEK M., 1978 — Objaśnienia do Mapy Geologicznej Polski w skali 1:200 000, ark. Gorzów Wielkopolski. Inst. Geol. Warszawa.

KRZYMIŃSKA J., 2001 — Otwornice z osadów podłoża czwartorzędu Polski północno-zachodniej. Mat. III Ogólnopol. Warszt. Mikropaleont. Inst. Geogr. Akad. Pedag. Kraków.

KURZAWA M., 2000 — Przestrzenny model budowy kenozoiku Polski północno-zachodniej na cyfrowych geologicznych mapach ścięcia poziomego. *Prz. Geol*., **48**, 4: 306–312.

ŁUCZKOWSKA E., DYJOR S., 1971 — Mikrofauna utworów trzeciorzędowych serii poznańskiej Dolnego Śląska. *Rocz. Pol. Tow. Geol*., **41**, 2: 337–357.

MALISZEWSKA A., 1974 — Jura dolna. W: Skały platformy prekambryjskiej w Polsce. Cz. 2. Pokrywa osadowa. *Pr. Inst. Geol*., **74**:148–160.

MASŁOWSKA M., MICHAŁOWSKA M., 2001 — Litologia osadów podłoża czwartorzędowego z wierceń w Polsce NW. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Oddz. Geologii Morza. Gdańsk.

PARYSEK J., 1982 — Modele klasyfikacji w geografii. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.

PIKIES R., 1992 — New data about the Upper Cretaceous from eastern part of the Southern Baltic Sea. *Kwart. Geol*., **36**, 2: 245–258.

PIWOCKI M., 1995 — Mapa geologiczna Polski — utwory starsze od czwartorzędu w skali 1:1 500 000. W: Atlas Rzeczypospolitej Polskiej. Cz. 2 mapa 21.2. Wyd. PPWK, Warszawa.

PIWOCKI M., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., 1995 — Litostratygrafia i poziomy sporowo-pyłkowe neogenu na Niżu Polskim. *Prz. Geol*., **43**, 11: 916–927.

RADLICZ K., 1974 — Jura górna. W: Skały platformy prekambryjskiej w Polsce. Cz. 2. Pokrywa osadowa. *Pr. Inst. Geol*., **74**: 160–168.

SADOWSKA A., KUSZELL T., 1985 — Badania palinologiczne utworów trzeciorzędowych i czwartorzędowych z rejonu Szczecina. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.

SŁODKOWSKA B., 1990 — Wyniki badań palinologicznych próbek osadów trzeciorzędowych, ark. Stargard Szczeciński. SMGP. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.

UNIEJEWSKA M., NOSEK M., 1977 — Objaśnienia do Mapy Geologicznej Polski w skali 1:200 000, ark. Pyrzyce. Inst. Geol. Warszawa.

WAŻYŃSKA H. (red.), 1998 — Palynology and palaeogeography of the Neogene in the Polish Lowalands. *Pr. Państw. Inst. Geol*., **160**: 45ss.

SUMMARY

The following paper presents lithology of sediments underlying the Quaternary in drilling profiles of northwestern Poland (Fig. 1). These sediments were examined according to grainsize, $CaCO_3$ contents in fraction below 0.1 mm and heavy minerals composition in the fine-grained sediments (in fraction 0.25–0.10 mm).

Jurassic, Cretaceous and Tertiary (Oligocene and Miocene) sediments with lithofacial differentiation, occur under Quaternary sediments in this area. There are Jurassic and Cretaceous sediments and also fragmentary Tertiary slices of sediments in the north area (Fig. 3B); there are Tertiary — Oligocene and Miocene formations in the rest of the area, i.e. Szczecin Basin (Figs. 2, 3A). The common feature of all bottom sediments is that they are carbonateless, but in the Cretaceous formations high level of $CaCO_3$ locally is noticed.

Each of the distinguished sections of the substratum is represented by sediments that have different grain size and heavy minerals compositions. Taken research has shown, that sediments with specified type of graining often occur in the vertical profile of sediments as well as in their vertical layout, however heavy minerals composition is almost every time individual for each stratigraphic units.

There are two types of Jurassic sediments according to the heavy minerals composition: jura 1 — which mainly consist of garnet and resistant minerals, and jura 2 — where chlorite is the dominant (Figs. 4–6).

Cretaceous sediments that occurred only in few samples show very high contents of biotite and high level of resistant minerals (Fig. 7).

Oligocene sediments are divided in two types according to various groups of heavy minerals: oligocen 1 — where epidote is the dominant and oligocen 2 — where chlorite is the dominant (Figs. 8–10).

Miocene sediments include of three different groups of heavy minerals: miocen 1 — where garnet is the dominant, miocen 2 — where mainly the most resistant minerals occur, and miocen 3 — where chlorite is the dominant (Figs. 11–14).

Generally these groups of heavy minerals occurred in examined sediments seem to be different in relation to groups of minerals in Polish sediments in the northeastern, northern and central area, nevertheless they are not identical associations.

The difference of heavy minerals composition in sediments in various stratigraphic units is also noticed in results of statistic analysis of received data (Fig. 15).

Horizon layout of weathering factor *Q* due to Fay reflects sediment feeding by mineral components from various directions and mineralogical difference of northwestern Poland, which is especially visible in Oligocen sediments.

Since Neogene the difference of previously isolated mineralogical provinces seems to disappear which is confirmed by similarity of heavy minerals composition in Miocene sediments in northwestern and central Poland.

Presence of 'chlorite' levels seems to be result of decreasing size of grain in sediments and close together position of supplying sources.