

WIESŁAWA WAJDA

MINERAŁY CIĘŻKIE PIASKÓW DENNYCH POLSKIEGO WYBRZEŻA BAŁTYKU

(8 fig.)

Heavy Minerals of the Bottom Sands (Polish) Coast Baltic

(8 Figs.)

Treść: Przedstawiono skład mineralny powierzchniowych osadów dennych południowego Bałtyku w rejonie wybrzeża pomiędzy przylądkiem Rozewie a Łebą. Na podstawie składu zespołów minerałów ciężkich rozpoznano 3 strefy abrazji o kierunku zbliżonym do kierunku linii brzegowej.

WSTĘP

W latach 1964—1965, na odcinku wybrzeża pomiędzy Rozewiem a Jeziorem Łebskim, zostały pobrane próby powierzchniowe piaszczystych osadów dennych. Próby te stanowiły materiał wyjściowy do badań mających na celu scharakteryzowanie zalegających tu osadów pod względem ich składu granulometrycznego oraz mineralogicznego i wyznaczenie ewentualnych stref transportu i akumulacji materiału piaszczystego oraz ogólnej tendencji kierunkowej w przemieszczaniu się rumowiska przybrzeżnego za pomocą analizy mineralogicznej.

Dotychczas dla określenia ruchu rumowiska posługiwano się przede wszystkim metodą piasków barwionych oraz metodą izotopów promieniotwórczych. Badania w tym zakresie w oparciu o skład mineralny osadów nie były dotychczas prowadzone na szerszą skalę, jakkolwiek ogólne badania nad składem mineralnym osadów morskich na polskim wybrzeżu są prowadzone od dawna.

W literaturze polskiej znane są m. in. prace W. Wątockiego (1928), J. Zwierzyckiego (1947), E. Sawickiej (1953), K. Głowacza (1960), A. Krzemińskiej (1961), J. Morawskiego (1961), J. Łozińskiego, H. Masickiej (1962), J. Bączyka, B. Nowaka (1963), B. Nowaka (1963) oraz R. Chlebowskiego (1965).

Prace te przeważnie dotyczą składu minerałów ciężkich piasków plażowych lub piasków pobranych ze stosunkowo nieznacznych głębokości z dna morskiego. W odróżnieniu od tych opracowań prace A. Krzemińskiej (1961) i B. Nowaka (1963) dotyczą rejonów dna, położonych w oddaleniu do 10 km od linii brzegowej, i przedstawiają szereg cennych obserwacji dotyczących zmian ilościowego składu minerałów ciężkich w zależności od głębokości i ukształtowania profilu dna oraz zmian zachodzących w składzie minerałów ciężkich, wywołanych na sku-

tek selekcji grawitacyjnej w środowisku wodnym pod wpływem prądów i falowania.

Praca niniejsza ma również na celu przedstawienie składu mineralnego osadów dennych, zdeponowanych jednakże na znacznie większych głębokościach i w większych, niż to czynione było dotychczas, odległościach od brzegu.

METODYKA BADAŃ TERENOWYCH I LABORATORYJNYCH

Na odcinku wybrzeża o długości 67 km między Rozewiem a Jeziorem Łebskim wytypowanych zostało 7 profili usytuowanych w stosunku do siebie równolegle w odległości około 11 km. Profile te posiadają kierunek południkowy (fig. 4).

Na wyznaczonych profilach pobrano ogółem 120 prób materiału, głównie piasku. Próby pobierane były czerpakiem Petersena.

Tabela (Table) 1

Zestawienie i usytuowanie profili badawczych
Situation of sampled profiles

Nr profilu Profile		Współrzędne geogr. (dług. E) Longitude East of Greenwich	Zasięg profilu do głęb. (w m) Depth range M	Długość profilu (w km) Length of profile km
I	rejon Rozewia - off Rozewie	18°18'E	62	26
II	rejon Karwi off Karwia	18°08'E	68	32
III	rejon Białogóry off Białogóra	17°58'E	43	33
IV ^a	2 km na E od latarni Morskiej Stilo off a point 2 km east of the lighthouse Stilo	17°48'E	36,8	33
V	rejon Jeziora Sarbsko off Sarbsko lake	17°38'E	43	36
VI	wsch. część Jez. Łebskiego off Łebsko lake — east	17°28'E	62,5	43
VII	zach. część Jez. Łebskiego off Łebsko lake — west	17°18'E	27	13

Usytuowanie punktów pobrania prób na poszczególnych profilach przedstawia się następująco: pierwsze dwie próby (począwszy od linii wody) pobierane były zwykle w odległości $\frac{1}{4}$ mili morskiej od brzegu, następne, a mianowicie trzecia i czwarta $\frac{1}{2}$ mili morskiej, natomiast wszystkie pozostałe w odstępach 1 mili morskiej między poszczególnymi punktami.

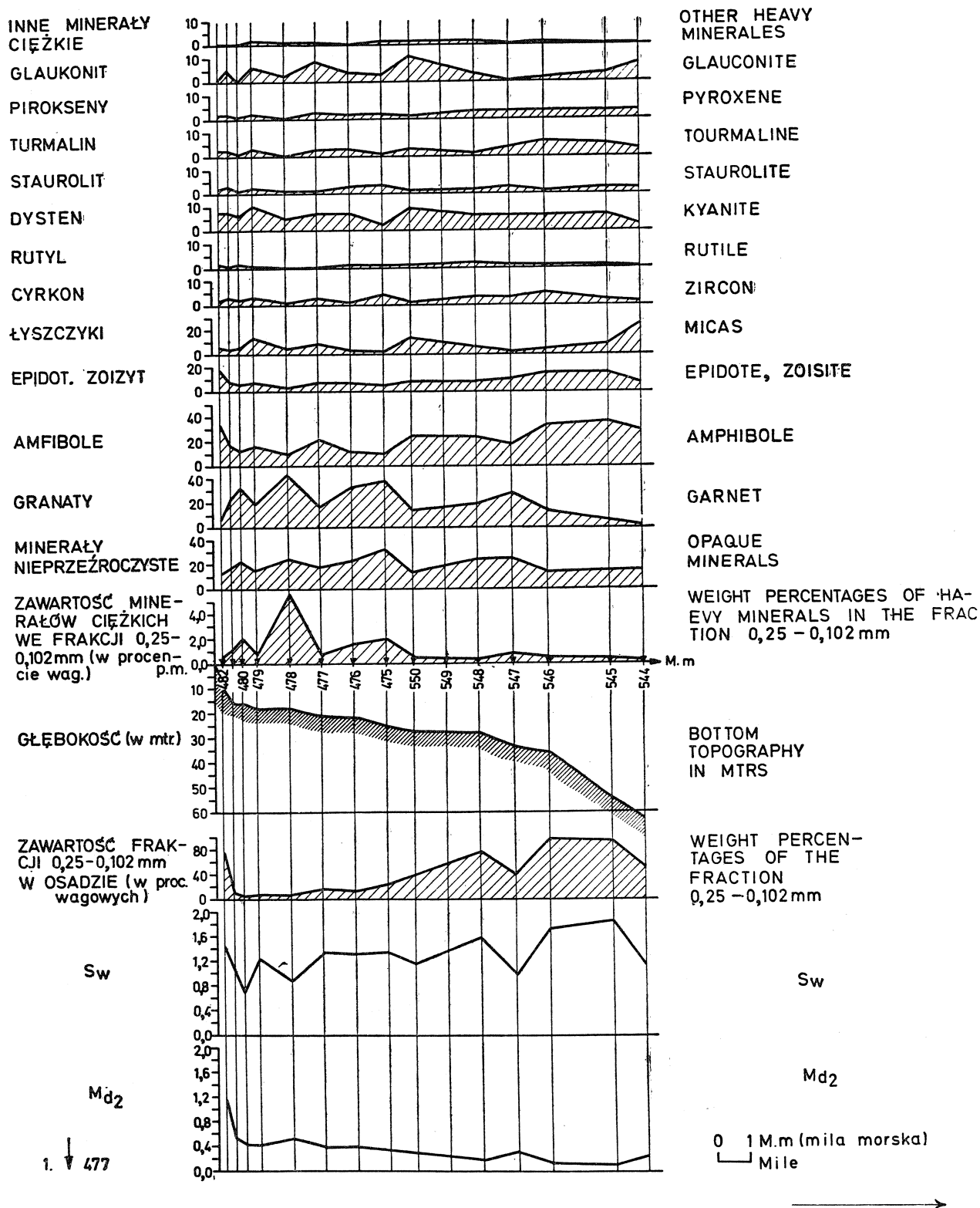


Fig. 1. Profil I (rejon Rozewia). Zmienność procentowych zawartości poszczególnych gatunków minerałów ciężkich w zależności od morfologii dna, zawartości frakcji 0,25—0,102 mm w osadzie oraz wartości współczynnika wysortowania (S_w) i średniej mediany (Md_2). 1 — miejsce i numer pobrania próby do analizy; p.m. — poziom morza

Fig. 1. Profile I — off Rozewie. Variation of percentages of the heavy mineral species versus bottom morphology, content of the 0,25—0,102 mm grade in the sediment, and values of the sorting coefficient (S_w) and of the median diameter (Md_2). 1 — sample location and number; p.m. — sea level

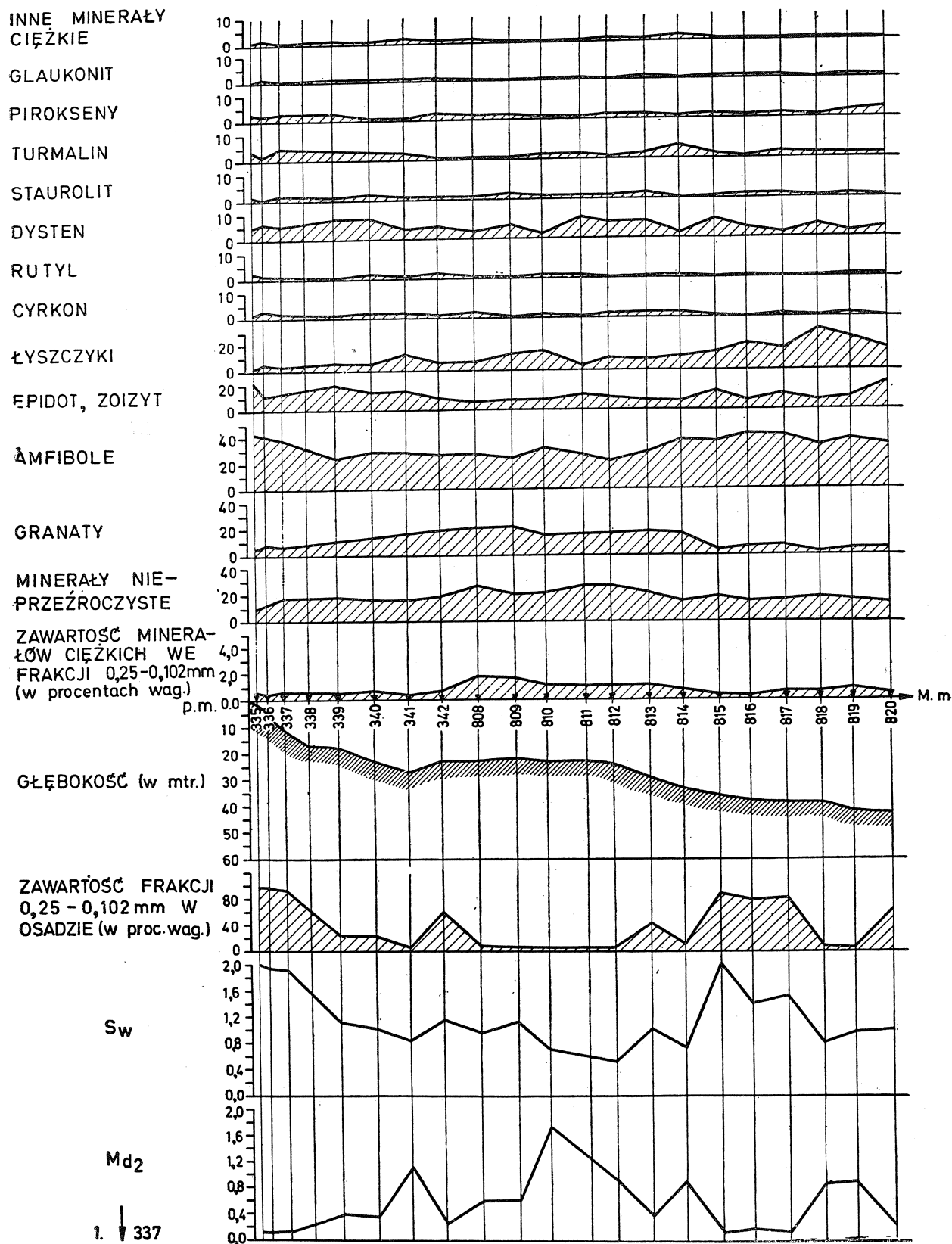


Fig. 2. Profil V (rejon jez. Sarbsko). Zmienność zawartości procentowych poszczególnych gatunków minerałów ciężkich w zależności od morfologii dna, zawartości frakcji 0,25—0,102 mm w osadzie oraz wartości współczynnika wysortowania (S_w) i średniej mediany (Md_2). 1 — miejsce i numer pobrania próby do analizy; p.m. — poziom morza

Fig. 2. Profile V — off Sarbsko lake. Variation of percentages of the heavy mineral species versus bottom morphology, content of the 0,25—0,102 mm grade in the sediment and values of the sorting coefficient (S_w) and of the median diameter (Md_2). 1 — sample location and number; s.l. — sea level.

Osadami, które budują powierzchniową warstwę denną w badanym rejonie, są głównie piaski drobnoziarniste oraz średnioziarniste, miejscami gruboziarniste z domieszką żwirów.

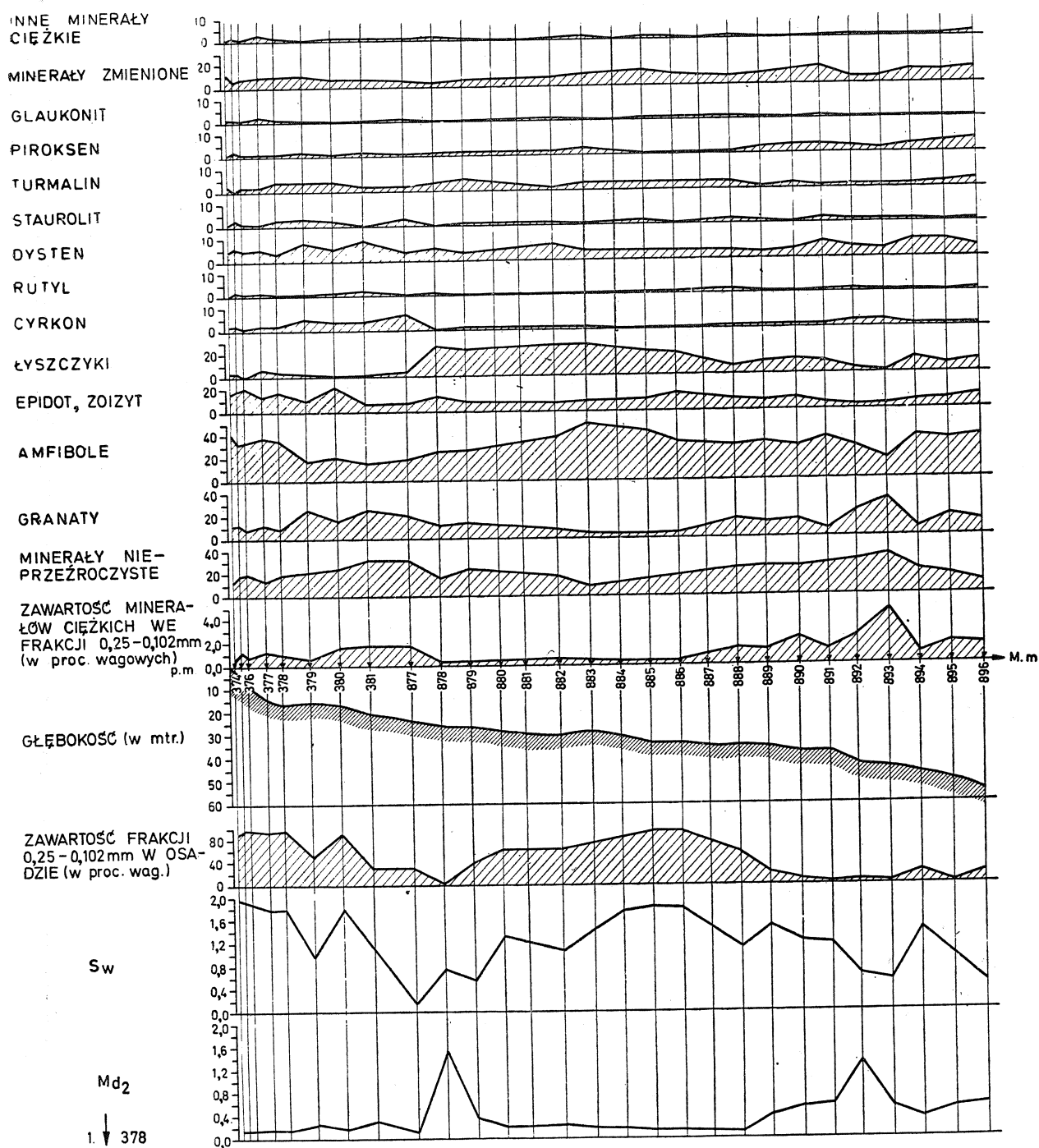


Fig. 3. Profil VI (rejon we wschodniej części jez. Łebsko). Zmienność procentowych zawartości poszczególnych gatunków minerałów ciężkich w zależności od morfologii dna, zawartości frakcji 0,25—0,102 mm w osadzie oraz wartości współczynnika wysortowania (S_w) i średniej mediany (Md_2). 1 — miejsce i numer pobrania próby do analizy; p.m. — poziom morza

Fig. 3. Profile VI — off Łebsko lake-east. Variation of percentages of the heavy mineral species versus bottom morphology, content of the 0,25—0,102 mm grade in the sediment and values of the sorting coefficient (S_w) and of the median diameter (Md_2). 1 — sample location and number; s.l. — sea level

Długość profili badawczych podyktowana była osiągnięciem kontaktu osadów piaszczystych z mułami (w przypadku profilu VI ostatnie punkty pobrania prób wykazały obecność osadów mulistych).

Analiza składu mineralnego osadów dennych przeprowadzona została w oparciu o frakcję piaszczystą o średnicy ziarna 0,25—0,102 mm. Wybór frakcji podyktowany został przede wszystkim względami metodycznymi oraz tym, że frakcja o tej średnicy ziarna jest na ogół uznawana za reprezentatywną dla osadów piaszczystych badanego rejonu, stanowiąc niejednokrotnie 90% całości próby.

Minerały ciężkie wydzielane były z 5-gramowej próbki piasku, przy użyciu lejka rozdzielczego typu Harady'a oraz bromoformu o ciężarze właściwym 2,89 g/cm³. Preparaty stałe sporządzono przez zatopienie ziarn minerałów w balsamie kanadyjskim. Procentowy udział poszczególnych gatunków minerałów ciężkich ustalono przez przeliczenie 300 ziarn dla każdego preparatu.

W podobny sposób przeanalizowano pod mikroskopem również frakcję lekką.

Na podstawie przeprowadzonych analiz sporządzone zostały dla poszczególnych profili wykresy obrazujące w postaci krzywych procentowe zawartości minerałów ciężkich (fig. 1, 2, 3).

ANALIZA MINERALOGICZNA FRAKCJI CIĘŻKIEJ I LEKKIEJ

Na podstawie przeprowadzonej analizy składu mineralnego frakcji ciężkiej stwierdza się, że pod względem jakościowym jest on mniej więcej stały, typowy dla piasków czwartorzędowych, pochodzących przede wszystkim z przemian materiału detrytycznego, dostarczonego głównie z rejonu Płw. Skandynawskiego.

Pod względem ilościowym występują natomiast znaczne różnice w procentowej zawartości poszczególnych gatunków minerałów ciężkich.

Jakościowe badania składu mineralnego

Skład frakcji ciężkiej pod względem jakościowym przedstawia się następująco:

Minerały nieprzeźroczyste. W skład ich wchodzi głównie magnetyt, hematyt, ilmenit i inne.

Granaty. Występują tu odmiany bezbarwne i zabarwione, jak pirop, gorssular, rzadziej uwarowit. Kształt ziarn regularny, zarysy często ostrokrawędziste. Spotykane są ziarna minerałów z licznymi wrostkami.

Amfibole. W grupie tej przeważają odmiany o zabarwieniu intensywnie zielonym (hornblenda zwyczajna), obecne są też odmiany o wyraźnym pleochroizmie od bladozielonego do ciemnozielonego, stopień obtoczenia ziarn dobry, liczne minerały o pokroju słupkowym i wyraźnej łupliwości.

Epidoty. W grupie tej ujęto łącznie takie minerały jak zoizyty i klinozoizyty. Minerały te są przeważnie bezbarwne lub bladozielone, rzadziej żółte, wykazują słaby pleochroizm. Kształt ziarn nieregularny, przeważnie są one dość dobrze obtoczone.

D y s t e n. Odznacza się ziarnami o słabym obtoczeniu, pokroju słupkowym, z wyraźną łupliwością nierównoległościenną oraz prawie zupełnym brakiem pleochroizmu.

C y r k o n. Ziarna o dobrym stopniu obtoczenia, silnym reliefie dodatnim. Najczęściej spotykane są odmiany bezbarwne, rzadziej bladoróżowe lub żółtawe, sporadycznie brunatne.

R u t y l. Występuje pod postacią ziarn o pokroju słupkowym, dość dobrze obtoczonych, odznacza się silnym reliefem dodatnim i zmiennym pleochroizmem, od jasnobrunatnego do ciemnobrunatnego.

S t a u r o l i t. Tworzy ziarna słabo lub średnio obtoczone, najczęściej o kształtach nieregularnych, wykazując charakterystyczny dla staurolitu zmienny pleochroizm, od jasnożółtego do pomarańczowego.

T u r m a l i n. Występuje przeważnie w postaci ziarn o pokroju słupkowym, dobrze obtoczonych, często spotykane są ziarna o wybitnym, zmiennym pleochroizmie, charakterystycznym dla turmalinu. Określono takie odmiany jak szerlit, drawit, elbait.

Minerały grupy biotyту i chlorytu. Posiadają dobrze zachowany pokrój blaszkowaty, barwę od ciemnożółtej do brunatnej w przypadku biotyту, bladozieloną do ciemnozielonej w przypadku chlorytu. Spotykane są ziarna posiadające liczne wrostki tworzące siatkę sagenitową.

Spośród minerałów frakcji ciężkiej, występujących w badanych osadach w stosunkowo nieznacznych ilościach, należy wymienić również pirokseny, oliwiny, apatyt, topaz, chlorytoid, andaluzyt, syllimanit, baryt, węglany (np. syderyt), monacyt i inne. Oprócz wyżej wymienionych minerałów we frakcji tej występują również pewne ilości glaukonitu tworzącego okrągłe ziarna o intensywnym zielonym zabarwieniu i charakterystycznej budowie agregatowej.

We frakcji ciężkiej spotykane są również minerały, które posiadają cechy charakterystyczne, odróżniające je od pozostałych minerałów tej frakcji. Ziarna ich są przeważnie nieprzezroczyste lub ciemnobrunatne, czasami posiadają budowę agregatową, często również mają charakter zlepów. Niejednokrotnie pewne partie poszczególnych ziarn są przezroczyste i wykazują cechy optyczne pozwalające zaliczyć je do amfiboli, epidotów, oliwinu lub syllimanitu, jednak pozostałe części ziarn posiadają silne zbrunatnienia lub są do tego stopnia zniszczone i skorodowane, że nie jest możliwe ich zidentyfikowanie. Minerały te w całości stanowić mogą pewną grupę minerałów będących w różnych stadiach przemian epigenetycznych, lecz ze względu na swoją budowę i stopień zwietrzenia niemożliwych do zidentyfikowania za pomocą metod optycznych, na których podstawie dokonano oznaczeń innych minerałów frakcji ciężkiej. Zróżnicowanie ilościowe tej grupy minerałów uwzględnione zostało na wykresie dla profilu VI, przy czym ich ilości procentowe obliczono osobno w stosunku do 300 oznaczonych ziarn minerałów frakcji ciężkiej.

Oddzielona w bromoformie frakcja lekka składa się z ziarn kwarcu o różnym stopniu obtoczenia oraz ze skaleni, wśród których spotykane były ortoklasy oraz dość liczne mikrokliny. Skalenie występują w stosunkowo nieznacznych ilościach, od 2 do 8%, sporadycznie ilość skaleni dochodzi do 12%.

Spośród innych minerałów frakcji lekkiej należy wymienić nieliczny tutaj muskowit, pojedyncze ziarna węglanów i glaukonitu, agregaty i zlepy oraz uwodnione tlenki żelaza.

Przedstawiony wyżej skład i charakterystyka jakościowa minerałów ciężkich, wskazują na ich pochodzenie przede wszystkim z zespołów skał skandynawskich.

Według E. S a w i c k i e j (1953) minerały takie jak granat, amfibol, epidot, dysten, staurolit, łyszczyki, pochodzą z łupków krystalicznych, rutyl, cyrkon, granat pochodzą ze skał kwaśnych, natomiast takie minerały jak pirokseny, magnetyt, hematyt, ilmenit, ze skał zasadowych i ultrazasadowych z rejonu płw. Skandynawskiego. Piaski denne południowego Bałtyku zawierają nie tylko rozkruszony materiał krystaliczny dostarczany z rejonu Skandynawii, lecz także materiał trzeciorzędowy oraz starszy.

Stwierdzone w osadach pewne ilości glaukonitu i być może dystenu, pochodzą prawdopodobnie między innymi z osadów trzeciorzędowych, oligocenu a nawet kredy (A. K r z y m i ń s k a, 1961; B. N o w a k, 1963).

WYNIKI BADAŃ

Ponieważ na odcinku Wybrzeża pomiędzy Rozewiem a Jeziorem Łebskim skład mineralny piasków dennych nie wykazuje większego zróżnicowania pod względem jakościowym, nie jest możliwe wytypowanie w omawianej strefie takich minerałów wskaźnikowych, które by pozwoliły na ustalenie kierunku transportu i akumulacji materiału piaszczystego (W. P. Z e n k o w i c z, 1955). Wskaźnikami tych procesów mogą natomiast być stosunki procentowych zawartości poszczególnych gatunków minerałów lub grup minerałów ciężkich względem siebie, które w omawianej strefie wykazują wyraźne zróżnicowanie ilościowe.

Analiza minerałów ciężkich wyodrębnionych z frakcji piaszczystej o średnicy ziarna 0,25—0,102 mm wykazała znaczne różnice w zawartościach procentowych poszczególnych gatunków minerałów, przy czym zwrócono uwagę na pewne zależności uwidocznione na wykresach, odpowiadających siedmiu profilom badawczym, z których to profili trzy najbardziej charakterystyczne zamieszczono (fig. 1, 2, 3). Zależności te przedstawiają się następująco:

1. Ilości procentowe takich minerałów ciężkich jak granaty i minerały nieprzezroczyste, zwiększają się w miarę jak wzrasta ogólna procentowa zawartość minerałów ciężkich, wydzielonych z frakcji piaszczystej 0,25—0,102 mm.

Tendencja ta zaznacza się na wszystkich profilach, a w szczególności na profilach II, III, IV, V i VI, gdzie wzrost zawartości procentowych tych minerałów przypada w większości wypadków na rejony dość znacznie oddalone od brzegu, w miejscach, gdzie profil dna podnosi się. Na profilu I w rejonie Rozewia zjawisko to występuje w bliskim sąsiedztwie brzegu, w którym to miejscu profil dna ulega znacznemu obniżeniu.

2. Kształty krzywych, obrazujących zmienność w zawartości procentowej amfiboli, zbliżone są do krzywych dla minerałów grupy epidotu i dystenu, pozostając w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do ilości minerałów nieprzezroczystych i granatów oraz ogólnej zawartości minerałów ciężkich w badanej frakcji. Wyraźnie daje się to zaobserwować na profilach I, II, IV, VII, częściowo na profilu III.

3. Minerały takie, jak biotyt, chloryt, glaukonit, częściowo pirokseny i turmaliny, występują we frakcji ciężkiej w stosunkowo małych ilo-

ściach, a ich ilości procentowe pozostają w stosunkach odwrotnie proporcjonalnych do ogólnej zawartości minerałów ciężkich w badanym osadzie (najwyraźniej uwidacznia się to na profilach I, II, VI, VII). Minerale takie jak łyszczyki i glaukonit wykazują wyraźne maksima zawartości w takich próbach, w których występuje spadek zawartości minerałów nieprzezroczystych i granatów i zmniejszenie się ogólnej zawartości minerałów ciężkich. Niezależnie od tego zaznacza się tendencja do wzrostu ilości procentowych tych właśnie minerałów wraz z głębokością zagłębienia osadu (profile V i VI, fig. 2, 3).

4. Minerale takie, jak staurolit, apatyt, andaluzyt, monacyt i inne, ze względu na ich niewielkie ilości procentowe nie są tu szerzej omówione. Odrębnie potraktowano cyrkon, którego ilość dochodzi niekiedy do 6%. Na profilu I i II można zaobserwować wzrost zawartości procentowej cyrkonu w strefie położonej bliżej brzegu, na pozostałych profilach wzrost ten zaznacza się w rejonach położonych dalej od brzegu.

Analizując szczegółowo przebieg krzywych procentowych zawartości pewnych gatunków minerałów ciężkich można zauważyć, że na niektórych profilach kształty krzywych dla turmalinu i minerałów grupy piroksenu są zbliżone do krzywych obrazujących zmienność zawartości amfiboli, na innych zaś do łyszczyków lub epidotu. Pozostaje to prawdopodobnie w związku ze zmiennym w dość szerokich granicach ich ciężarem właściwym, jednocześnie posiadając znaczny wpływ na własności hydrodynamiczne tych minerałów.

W celu uzupełnienia charakterystyki osadu pod względem składu granulometrycznego, w oparciu o dane uzyskane z analizy granulometrycznej badanych prób, prześledzono zmiany wartości liczbowych stopnia wysortowania S_w oraz średniej mediany Md_2 na poszczególnych profilach.

Stopień wysortowania S_w obliczony został według wzoru K. Sindowskiego (1938):

$$S_w = \frac{3H + N - 100}{100}$$

gdzie: H jest to procentowy udział wagowy frakcji głównej;

N jest sumą dwóch frakcji sąsiednich.

Średnią medianę Md_2 obliczono według wzoru:

$$Md_2 = \sqrt{Q_1 : Q_3}$$

gdzie: Q_1 jest to średnica ziarna przy 25%;

Q_3 jest to średnica ziarna przy 75%.

Według Sindowskiego klasyfikacja wysortowania osadów jest następująca:

2,0	—	1,75	osad bardzo dobrze wysortowany
1,75	—	1,50	osad dobrze wysortowany
1,50	—	1,10	osad umiarkowanie wysortowany
1,10	—	1,0	osad słabo wysortowany
1,0	—	0,75	osad bardzo słabo wysortowany
			poniżej 0,75 osad nie wysortowany

W wyniku obliczeń średniej mediany Md_2 stwierdzono, że niskie wartości liczbowe odpowiadają materiałowi dobrze wysortowanemu, średnie wartości świadczą o miernym wysortowaniu, najwyższe wartości są związane z materiałem nie wysortowanym.

Na profilach I, V i VI (fig. 1, 2, 3) zauważa się, że wraz ze spadkiem S_w zaznacza się w osadzie spadek zawartości procentowej frakcji 0,25—0,102 mm, obserwuje się jednocześnie wzrost wartości liczbowych Md_2 oraz ogólnej zawartości procentowej minerałów ciężkich, wśród których dominują minerały z grupy granatu oraz minerały nieprzezroczyste. Wskazywałoby to na koncentracje tych minerałów w osadach o niższym stopniu wysortowania.

Właściwości fizyczne poszczególnych gatunków minerałów, jak ich ciężar właściwy, wielkość ziarn, ich kształt i pokrój, oraz wyniki uzyskane na podstawie analizy mineralogicznej badanego materiału pozwalają na wydzielenie trzech podstawowych grup minerałów ciężkich odznaczających się pewnymi własnościami dynamicznymi w środowisku wodnym (podobnie B. Nowak, 1963).

Grupa pierwsza. Minerały nieprzezroczyste: magnetyt, hematyt, ilmenit oraz granat, cyrkon, rutyl. Ciężary właściwe tych minerałów wahają się w granicach od 4,2 do 5,3 g/cm³. Znaczny ciężar właściwy oraz pokrój ziarn mineralnych są przyczyną, która utrudnia przemieszczanie się minerałów tej grupy w środowisku wodnym. Koncentracja minerałów tej grupy we frakcji minerałów ciężkich osiąga niekiedy 40% zawartości minerałów nieprzezroczystych lub granatów i powstaje w związku z usuwaniem z osadu minerałów frakcji ciężkiej, o niższych ciężarach właściwych, charakteryzując równocześnie swoją obecnością rejony dna, w których prawdopodobnie występuje pewne nasilenie czynników hydrodynamicznych.

Grupa druga. Stanowią ją głównie następujące minerały: amfibole, minerały z grupy epidotu, dysten, staurolit, turmalin, częściowo piroksen. Ich ciężary właściwe wahają się w granicach od około 2,9 do 3,6 g/cm³. Charakteryzują swoją obecnością strefy o spokojniejszych warunkach depozycji osadu.

Grupa trzecia. Zaliczono tutaj minerały o ciężarze właściwym około 2,9 g/cm³. Minerały blaszkowate, takie jak łyszczyki, biotyty oraz chloryty, występujące w tej grupie, ze względu na ich charakterystyczny pokrój wymagają odrębnego potraktowania. Do minerałów tej grupy można również zaliczyć glaukonit, pewne odmiany turmalinu i piroksenów, agregaty mineralne (w zależności od ich stadiów przemian diagenetycznych) oraz węglany. Grupa ta pojawia się najczęściej w osadach stabilnych lub w osadach o tendencjach do akumulacji.

Ścisłe rozgraniczenie wyodrębnionych dwóch ostatnich grup minerałów nie jest zawsze możliwe, ponieważ ciężary właściwe minerałów zmieniają się w zależności od ich składu chemicznego. Stąd pewne odmiany piroksenów lub turmalinu mogą występować w obu omówionych powyżej grupach minerałów ciężkich.

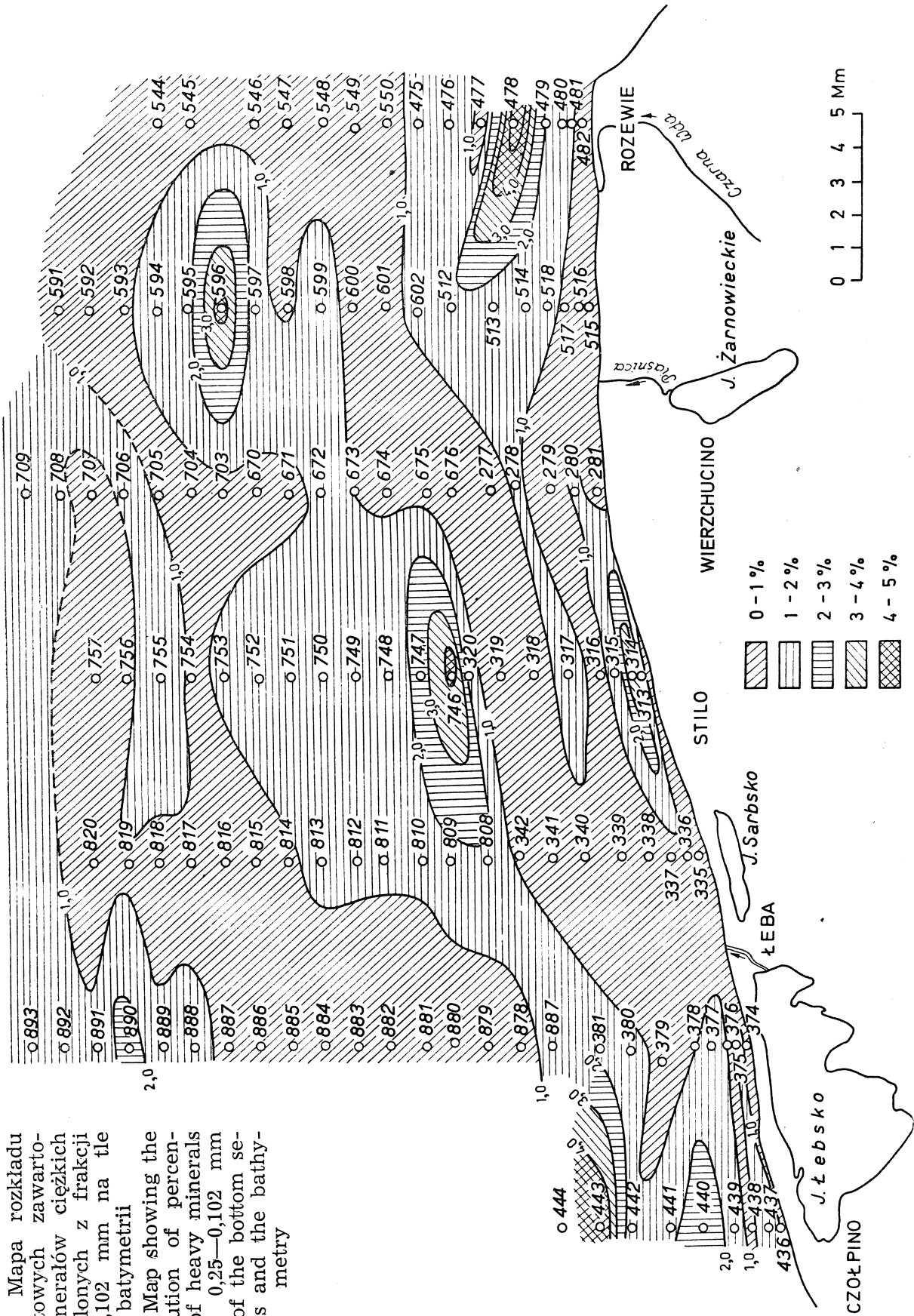
WNIOSKI KOŃCOWE

Zróznicowanie stosunków procentowych składu mineralnego i granulometrycznego badanych osadów umożliwiło sporządzenie map w skali 1 : 150 000, w celu przedstawienia wymienionych współzależności w układzie przestrzennym (fig. 4, 5, 6, 7, 8).

Przestrzenne rozmieszczenie procentowych zawartości poszczególnych gatunków minerałów ciężkich pozwala wyznaczyć na badanym odcinku

Fig. 4. Mapa rozkładu procentowych zawartości minerałów ciężkich wydzielonych z frakcji 0,25—0,102 mm na tle batymetrii

Fig. 4. Map showing the distribution of percentages of heavy minerals in the 0,25—0,102 mm grade of the bottom sediments and the bathymetry



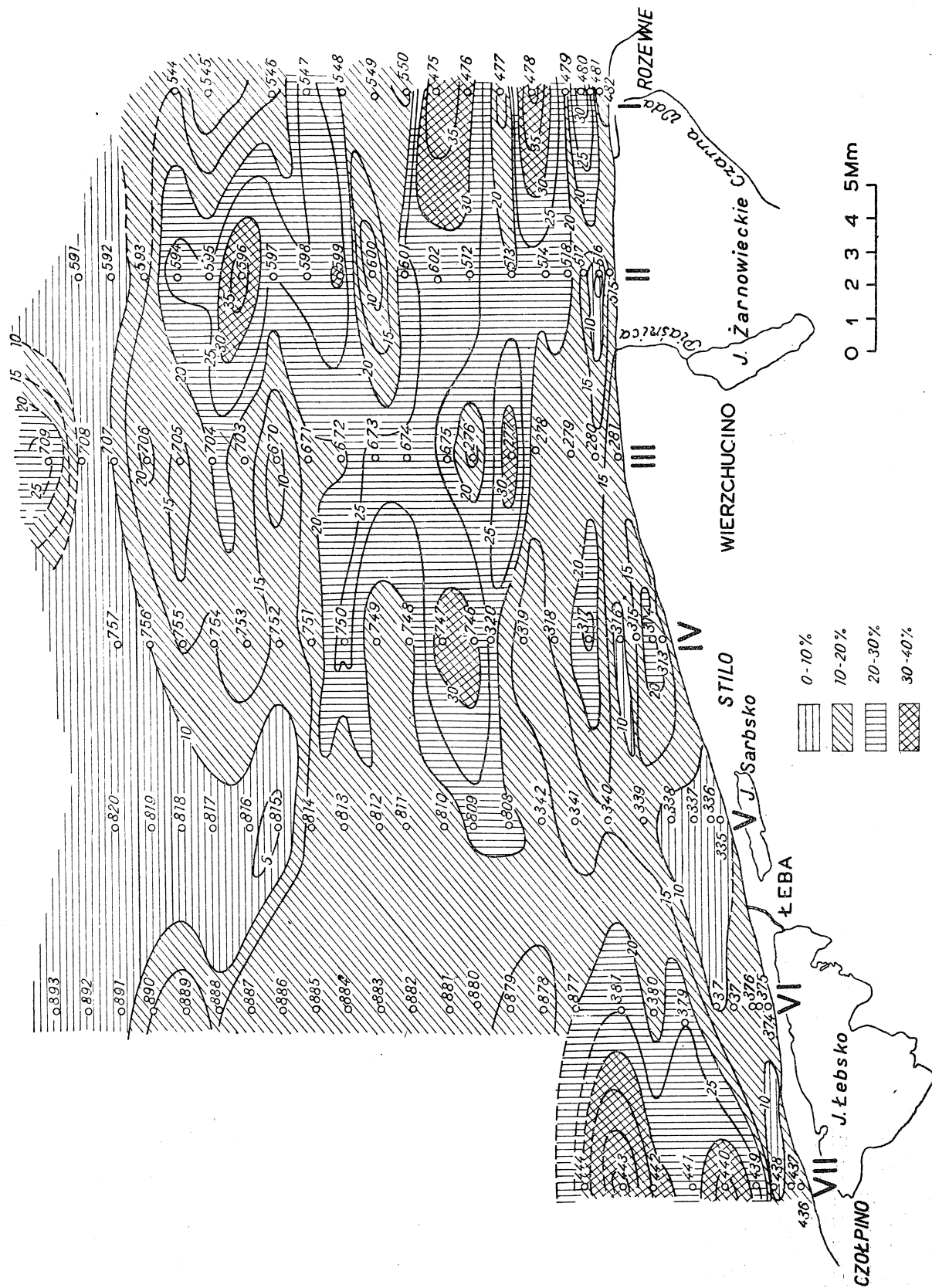


Fig. 5. Mapa rozkładu procentowych zawartości granatów
Fig. 5. Map of the distribution of percentage of garnet

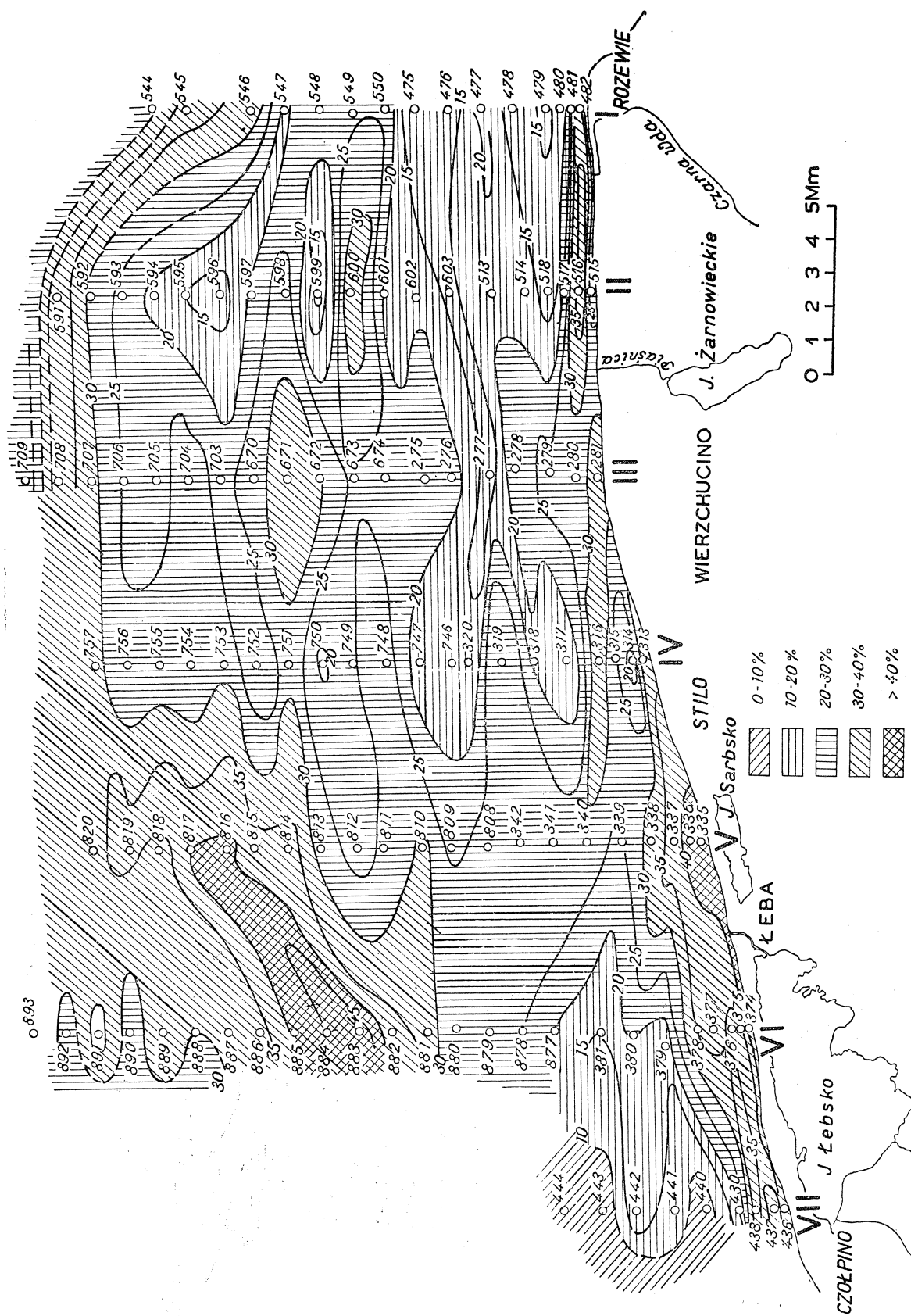


Fig. 6. Mapa rozkładu procentowych zawartości amfiboli

Fig. 6. Map of the distribution of the percentages of amphiboles

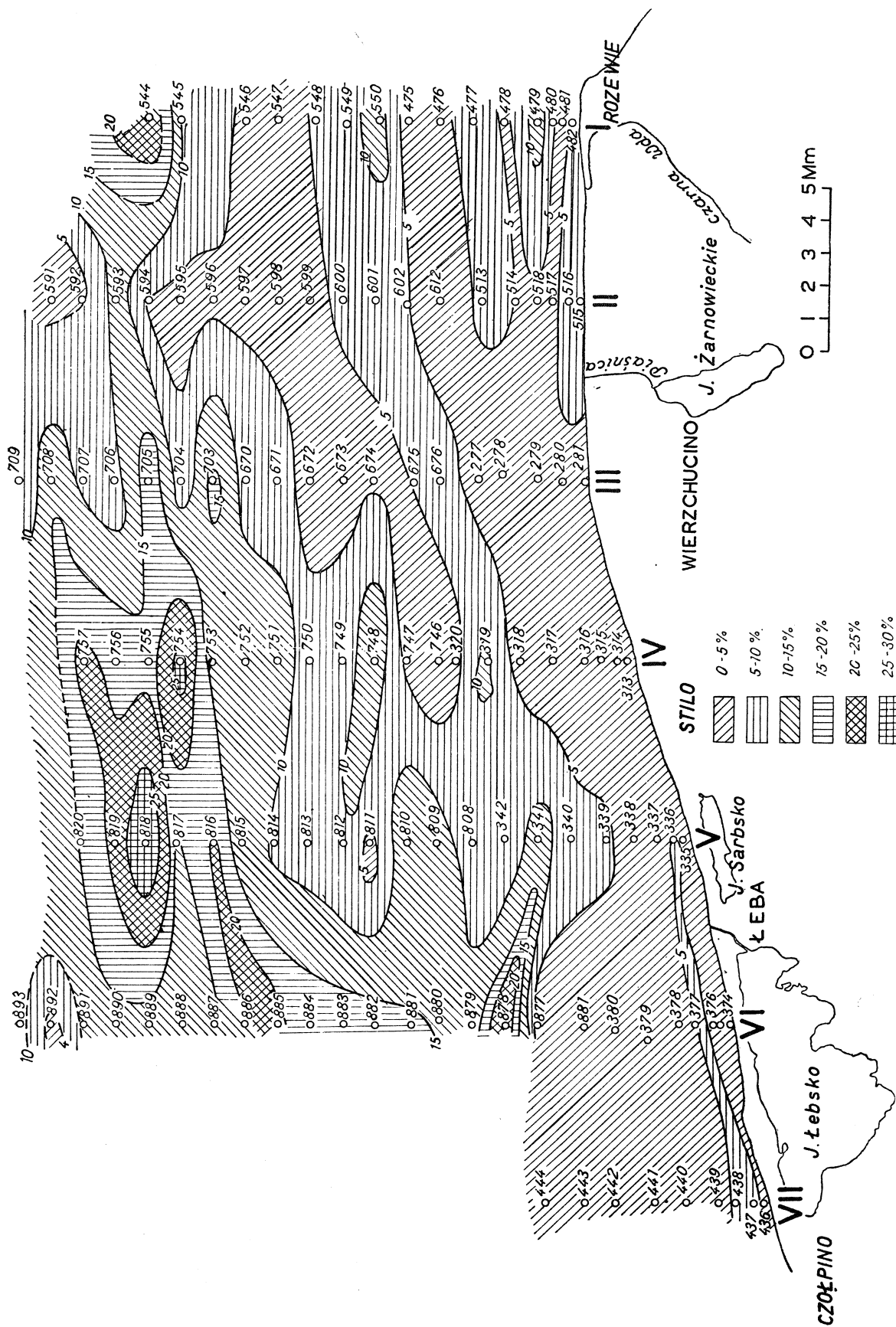


Fig. 7. Mapa rozkładu procentowych zawartości kryszyków
Fig. 7. Map of the distribution of the percentages of micas

Wybrzeża pomiędzy Rozewiem a Jeziorem Łebskim pewne strefy o małej zawartości oraz podwyższonej koncentracji tych minerałów.

Analizując morfologię dna w oparciu o mapę obrazującą stosunki batymetryczne na badanym odcinku wybrzeża i porównując ją z mapą rozkładu procentowych zawartości frakcji 0,25—0,102 mm oraz z mapą zawartości minerałów ciężkich w tej frakcji zauważa się następujące współzależności:

a). W miejscach, gdzie zaznacza się spłylenie dna lub ulega zmianie kąt nachylenia dna, następuje spadek procentowej zawartości frakcji 0,25—0,102 mm oraz zaznacza się tendencja do wzrostu zawartości minerałów ciężkich. Przeciętna średnica ziarna wzrasta na korzyść materiału średnio- i gruboziarnistego.

b). W miejscach, gdzie występuje nagromadzenie minerałów ciężkich, zawartość procentowa poszczególnych składników frakcji ciężkiej wzrasta na korzyść tych gatunków minerałów, które zalicza się do grupy I a które można uważać za charakterystyczne dla rejonów abrazji i wzmożonej erozji dna.

W oparciu o materiał uzyskany z analizy przestrzennego rozkładu wymienionych powyżej trzech grup minerałów o określonych tendencjach hydrodynamicznych na badanym odcinku wybrzeża między Rozewiem a Jeziorem Łebskim wyznaczono 3 strefy o kierunku zbliżonym do kierunku linii brzegowej, w których występują podwyższone zawartości minerałów o znacznym ciężarze właściwym (fig. 4):

1. Strefa pierwsza, zawierająca od 1,0% do 5,0% wag. minerałów ciężkich, odznacza się znaczną ilością granatów (fig. 5), minerałów nieprzezroczystych, a także cyrkonu i rutylu. Wiąże się ona z obszarami, gdzie występuje wzmożona erozja dna. W strefie tej zaznaczają się III rejon: rejon I występujący w okolicy Rozewia (na profilu I), rejon II występujący w odległości 6 km na E od latarni morskiej Stilo oraz rejon III objęty profilami VI i VII i występujący w okolicy Jeziora Łebskiego. Wszystkie wymienione powyżej rejonu położone są mniej więcej zgodnie z kierunkiem przebiegu linii brzegowej.

2. Strefa druga o podobnym układzie przestrzennym i składzie mineralnym do poprzedniej zawiera od 1,0% do 4,0% wag. minerałów ciężkich i odznacza się zbliżonymi zawartościami procentowymi minerałów występujących w strefie poprzedniej, a więc granatu i minerałów nieprzezroczystych. Strefa ta objęta jest profilami II, III, IV, V i wykazuje kierunek WSW—ENE. W części centralnej ulega ona znacznemu rozszerzeniu w rejonie występowania Ławicy Osetnickiej (A. Mielczarski, 1963), gdzie jej maksymalna szerokość wynosi 15 km i wykazuje wyraźną ciągłość. W obrębie tej strefy zaznaczają się również rejonu o zwiększonych zawartościach procentowych minerałów ciężkich (4,3, 4,1, 5,1% wagowych).

3. Strefa trzecia, oddalona 30 km od brzegu w kierunku na N, nie wykazuje wyraźnej ciągłości i jest objęta najdalej na północ wysuniętymi częściami profilów III, IV i VI. Zawartości procentowe minerałów ciężkich wahają się tu w granicach od 1,0% do 2,5% wag.

Omówione powyżej trzy strefy oddzielone są obszarami o małej zawartości minerałów ciężkich (maksymalnie do 1,0% wag.), i odznaczają się odmiennym składem jakościowym i ilościowym frakcji ciężkiej, gdyż w obszarach tych występują podwyższone zawartości amfiboli (fig. 6) oraz epidotów, turmalinu i łyszczyków, czyli minerałów zaliczonych do

II lub III grupy. Świadczą one o występowaniu w tych obszarach sedymentacji o charakterze spokojniejszym, a w rejonach o podwyższeniu procentowej zawartości łyszczyków (w przypadku profilu IV, V i VI) obszarów akumulacji materiału piaszczystego (fig. 7, 8).

Zakład Geomorfologii i Geologii Morza
PIHM, Gdynia, ul. Waszyngtona 42

WYKAZ LITERATURY REFERENCES

- Bączyk J., Nowak B. (1963), Wpływ rzeźby na zróżnicowanie składu mineralnego osadów powierzchniowych na półwyspie Hel. *Czas. geogr.* 34.
- Chlebowski R. (1965), Minerale ciężkie piasków plażowych i wydmych Wybrzeża i wyspy Wolin. *Biul. geol.* 4, Warszawa.
- Głowacz K. (1960), Przyczynek do rozpoznania występowania i zalegania piasków ciężkich na Półwyspie Helskim. *Przem. chem.* nr 3.
- Krzywińska A. (1961), Skład granulometryczny i mineralny piasków z profilu badawczego 'tzw. „Zatoki Koszalińskiej”'. *Pr. Inst. Morsk., Ser. 1*, nr 11, Gdańsk.
- Łoziński J., Masicka H. (1962), Badania minerałów ciężkich w piaskach plażowych Zatoki Gdańskiej. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 32, z. 4, Kraków.
- Mielczarski A. (1963), Rejonizacja strefy brzegowej polskiego wybrzeża Bałtyku w świetle interpretacji morfometrycznej. *Materiały do monografii polskiego brzegu morskiego*, z. 5, Gdańsk.
- Morawski J. (1961), Charakterystyka mineralno-petrograficzna oraz morfometria piasków i żwirów na wybrzeżu wyspy Wolin. *Ann. Univ. M. C. Skłodowskiej* 14, 1 sect. B, Lublin.
- Nowak B. (1963), Hydrodynamiczne zróżnicowanie składu minerałów ciężkich w osadach dennych strefy przybrzeżnej południowego Bałtyku na odcinku jezioro Bukowo—Jezioro Łebskie. *Materiały do monografii polskiego brzegu morskiego*, z. 5, Gdańsk.
- Sawicka E. (1953), Minerale ciężkie w piaskach plażowych polskiego wybrzeża Bałtyku. *Biul. Inst. Geol.* nr 233, Warszawa.
- Sindowski K.H. 1938), Korngrößen und Schwermineralverteilungen in rezenten Strandsanden der mecklenburgischen Ostseeküste. *Zbl. Miner.*, Stuttgart.
- Wątocki W. (1928), Der Granatsand von Hel am Baltischen Meer. PAU.
- Zenkowicz W.P. (1955), Niektóre zagadnienia brzegów polskiego Bałtyku. *Technika i Gospodarka Morska* nr 9, Gdańsk.
- Zwierzycki J. (1947), Złoża cyrkonu na Pomorzu Zachodnim. *Hutnik*, Katowice.

SUMMARY

The aim of this paper is to present the mineral composition of the surficial bottom deposits in the southern Baltic in the region of the coast between the promontory of Rozewie and Łeba (Fig. 4, Table 1), and to establish the zones of transport and of accumulation of the sandy material. The bottom deposits in the region dealt with here being mainly

represented by fine and medium-grained sands, the analysis of the mineral composition pertained to grade 0,25—0,102 mm, which generally predominates.

120 samples taken from seven profiles were analyzed.

The composition of the heavy minerals is typical for the Quaternary sands derived by reworking of the clastics furnished from Scandinavia. The following heavy minerals are present: garnets, opaque minerals (mainly magnetite, haematite, and ilmenite), minerals from the amphibole group, epidote, zircon, staurolite, tourmaline, kyanite, and micas chiefly biotite and chlorite. Besides, there are slight amounts or traces of the minerals from the pyroxene and glauconite groups, olivine, apatite, topaz, andalusite, sillimanite, monazite, carbonate minerals, etc.

The percentages of heavy minerals (Figs. 1, 2, 3) of higher specific weight, such as magnetite, haematite, and ilmenite, become higher when the amount of the heavy minerals in the sediment increases. This is marked usually in shallower zones more remote from the shore. In such zones decrease the amounts of minerals such as amphibole, pyroxenes, epidotes, and zoisites. Minerals such as biotite, chlorite, glauconite, and partly also pyroxene and tourmalines, occur in small quantities. The percentages of these minerals are usually inversely proportional to the total amount of the heavy minerals in the sediment.

Three main groups of heavy minerals were distinguished on their dynamical properties in the water medium.

To the first group belong: magnetite, haematite, ilmenite, garnet, zircon, and rutile. High specific weight and the shape of grains make difficult the transportation of these minerals in the water medium. High percentages of the minerals from this group, reaching sometimes 40% of the opaque minerals or of garnets, are probably connected with the removal from the deposits of the minerals with lower specific weight, and occur in the zones of stronger abrasion of the bottom.

To the second group belong: amphibole, epidote, kyanite, staurolite, tourmaline, pyroxene. Their presence is characteristic for the zone with more calm conditions of deposition.

To the third group belong minerals of the lowest specific weight, such as glauconite, and some varieties of tourmaline micas and of pyroxenes, as well as carbonates and mineral aggregates. Minerals of this group are present in areas of recent accumulation.

In most cases when the degree of sorting decreases, the total percentage of the heavy minerals and the content of the first group within the heavy minerals increases.

The distribution of the amounts of particular heavy minerals allows to establish, in the areas of the coast studied, zones of abrasion, extending more or less parallel to the shore. In these zones occur higher amounts of heavy minerals with high specific weight (Figs. 4—8).

The first zone, occurring near the shore and containing 1,0 to 5,0 percent per weight of heavy minerals, is characterized by high amounts of garnets, opaque minerals, zircon, and rutile. It is connected with the areas of abrasion of the bottom.

The second zone, whose extension and mineral composition are similar to those of the first, contains 1,0 to 4,0 percent per weight of heavy minerals. In the central part its width increases and reaches 15 km.

The third zone, situated about 30 km northwards from the shore,

differs from the two preceding ones by its discontinuity. The percentages of the heavy minerals are from 1,0 to 2,5 per weight.

Between these zones occur areas with small amounts of heavy minerals (maximum 1,0 percent per weight) whose qualitative composition is different. The amounts of amphiboles, epidotes, tourmaline, and of micas, are higher, indicating different conditions of deposition.

translated by S. Gąsiorowski

State Hydrological and Meteorological Institute, Maritime Branch

Department of Geomorphology and Geology

Gdynia