

Urszula ŻUREK-PYSZ

**WŁAŚCIWOŚCI LITOLOGICZNE, CHEMICZNE I FIZYCZNE
WYBRANYCH RODZAJÓW CZWARTORZĘDOWYCH
OSADÓW WĘGLANOWYCH**

**LITHOLOGICAL, CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES
OF QUATERNARY CALCAREOUS LACUSTRINE SEDIMENTS**

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Geotechniki
Faculty of Buildings and Environment Engineering, Department of Geotechnics

Streszczenie

Badania dotyczyły osadów wapiennych. Zastosowano następujące metody badania: obserwacja mikroskopowa w świetle transparentnym, analizę rentgenowską, spektroskopię w podczerwieni, analizę poprzez skanowanie oraz analizę chemiczną. Najważniejszymi komponentami holocenów osadów węglanowych są: woda, minerały, substancje roślinne i zwierzęce. Materiał poddany analizie składa się z elementów allogenicznym i autogenicznym. Przebadano skład granulometryczny i mineralny gytii oraz przeprowadzono mikrostrukturalną analizę ilościową i jakościową za pomocą SEM (skaningowy mikroskop elektronowy). Analiza komputerowa SEM pozwoliła określić ilościowo obszar zajęty przez pory (otworki), podobieństwo elementów strukturalnych oraz anizotropię mikrostrukturalną (liczbę porów, porowatość, powierzchnie i obwód porów, średnią średnice porów, średni obwód porów, współczynnik kształtu). Analiza petrograficzna i chemiczna fazy stałej oraz analiza morfometryczna przestrzeni porowej dostarczyły nowych, interesujących informacji na temat litologii czwartorzędowych osadów wapiennych.

Summary

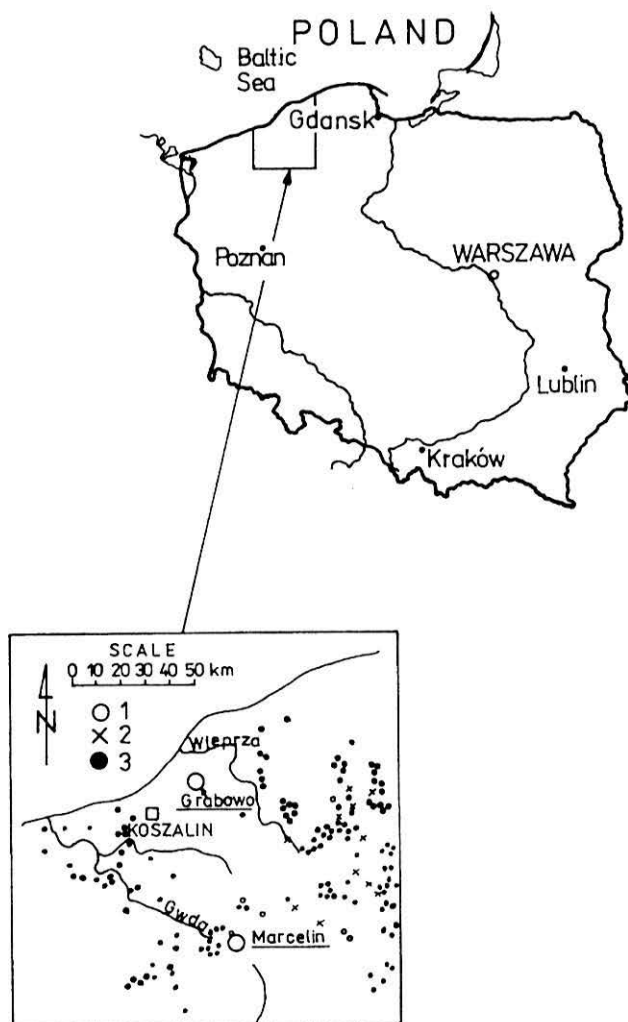
Calcareous quaternary sediments have been tested. The following research methods were applied: microscopic observations in transparent light, X-ray analysis, infrared spectroscopy, scanning analysis and chemical analysis. Holocene carbonate sediments consist of major components: water and mineral, phytogenic and zoogenic substance. Analysed material consists of the allogenic and autigenic elements. The mechanical and mineral composition of the clay fraction as well as the

qualitative and quantitative microstructural analysis in the SEM were investigated. Computer analysis of SEM allowed to quantitatively determine the pore space, images orientation of structural elements and anisotropy of the microstructure. The microstructural elements of pore space (number of pores, porosity, total pore area, total pore perimeter, average diameter, average area, average perimeter, specific area) are determined. Petrographic and chemical analysis of the stable/firm phase and morphometrical analysis of pore space have provided new, interesting information about lithology on Quaternary calcareous sediments.

1. WSTĘP

Czwartorzędowe osady węglanowe typu kreda jeziorna i gytie należą do interesujących osadów z punktu widzenia ich genezy powstania, odzwierciedlającej się w ich specyficznej litologii. Utwory te były przedmiotem badań złożowych [Filonowicz, Krzymińska, 1989; Rzepecki, 1983], a ostatnio pojawia się coraz więcej informacji, dotyczących natury, składu mineralnego, chemicznego, właściwości fizycznych tych specyficznych osadów [Wyrwicki, Dobak, 2000; Żurek-Pysz, 1992, 1997]. Ciągłe odczuwa się brak jednoznacznych klasyfikacji litologicznych tych osadów [Rzepecki, 1983;]. Nie jest także całkowicie zbadana ich natura, szczególnie charakter i relacje między fazą stałą i ciekłą. Zainteresowanie wiąże się z faktem, że tego typu utwory mogą być wykorzystane w wielu dziedzinach gospodarki, np. w budownictwie, rolnictwie oraz szeroko pojętej ochronie litosfery. Zastosowanie takich metod badawczych jak mikroskopia optyczna i elektronowa, analiza derywatograficzna, rentgenowska, spektrofotometryczna w podczerwieni oraz nowoczesne programy komputerowe analizy obrazów dostarczają wiele nowych, ciekawych informacji na temat budowy wewnętrznej omawianych osadów.

W artykule zostaną przedstawione i porównane osady złoża Grabowo, leżącego na Wybrzeżu Słowińskim (Pobrzeże Koszalińskie) oraz złoża Marcelin, znajdującego się na Pojezierzu Zachodniopomorskim, otaczającym od południa Pobrzeże Koszalińskie [Kondracki, 1998]. Złoże Grabowo obejmuje część płaskiego obniżenia na prawym brzegu rzeki Grabowa. Obszar złoża Marcelin stanowi południową część brzegu jeziora Wielimie, znajdującego się w obrębie pradoliny rzeki Gwdy, na terenie Pojezierza Bytowskiego. Osady z Grabowa tworzyły się głównie w okresie atlantyckim, a w złożu Marcelin powstały pod koniec okresu borealnego. Złoża te zostały szerzej opisane m.in. w pracy [Rybicki, Żurek-Pysz, 1989]. Ich lokalizację przedstawiono na załączonym rysunku (rys. 1).



Rys.1 Lokalizacja złoża Grabowo i Marcelin w Polsce Północnej

2. CHARAKTERYSTYKA OSADÓW

Osady z Grabowa tworzyły się w zmieniających się warunkach hydrodynamicznych, co uwidacznia się między innymi występowaniem mięczaków, wśród nich wielu gatunków ślimaków wodnych z gromady: zawójki, błotniarki, zagrzebki i zatoczki, ślimaków lądowych oraz małży. Ich cechą charakterystyczną jest duże zróżnicowanie w zawartości substancji fitogenicznej (fragmenty korzeni, łodyg). Interesujące są też znalezione fragmenty fauny (róg i szczęka daniela "Mega ceros species") i flory (pień sosny "Pinus") [Filonowicz, Krzywińska, 1989]. Ten aspekt złoża będzie tematem osobnego opracowania. Podstawowe parametry fizyczne osadów podano w (tab.1).

TABELA 1

Właściwości fizyczne i wskaźniki osadów

Złoże	Grabowo	Marcelin
Typ osadu	gytia detrytusowo-wapienna	kredek jeziorna
gęstość [g/cm ³]	2,5	2,64
- właściwa	1,27 ^{*)}	1,39
- objętościowa	1,03 1,41 ^{**)}	1,23 ÷ 1,45
porowatość, [%]	82	74
zawartość substancji organicznej [%]	20,7 ^{*)}	3,4
	11,7 ÷ 30,4 ^{**)}	1,9 ÷ 4,5
wilgotność naturalna [%]	178,3 ^{*)}	104,2
	131,4 – 263,4 ^{**)}	65,6 ÷ 154,5
granice konsystencji [%]	132,9 ^{*)}	74,7
- granica płynności	116,6 ÷ 155,0 ^{**)}	72,3 ÷ 76,5
- granica plastyczności	85,1 ^{*)}	54,1
	75,5 ÷ 103,1 ^{**)}	53,4 ÷ 55,2
wskaźnik plastyczności [%]	47,8	20,6
stopień plastyczności	1,94	2,43
skurczliwość liniowa [%]		
- pionowa	4,0	1,0
- pozioma	18,5	5,5

*) - wartości średnie, **) - wartości minimalne i maksymalna

Serię złożową tworzą osady węglanowe, reprezentowane przez różnego typu gytie, przewarstwione kredą jeziorną, miejscami z wkładkami martwicy wapiennej. Dominującym osadem węglanowym jest tutaj gytia detrytusowo-wapienna.

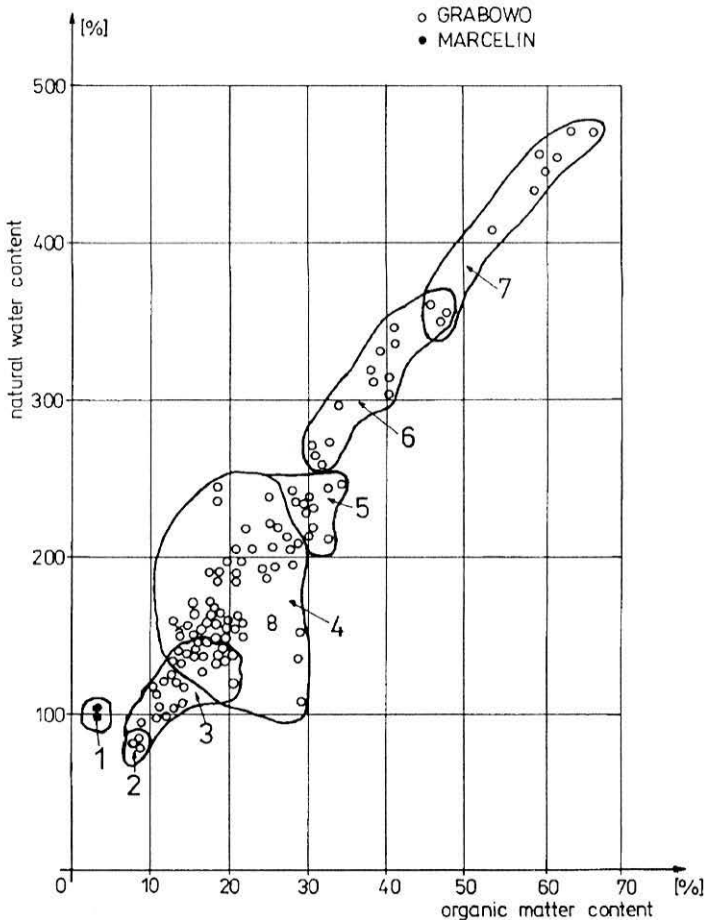
W złożu Marcelin, gdzie w czasie sedymentacji panowały stosunkowo stabilne warunki limnologiczne, w skład serii węglanowej wchodzi tylko kredek jeziorna. Wśród mięczaków stwierdzono występowanie zawójek (gat. *Valvata cristata* /Müller/ i zagrzebek (gat. *Bithynia operculum*). Udział malakofauny [Alexandrowicz, Tchórzewska, 1981] w obu złożach świadczy o skali dynamiki procesów sedymentacyjnych, przebiegających w poszczególnych zbiornikach.

Można zadać pytanie, jak przedstawia się charakterystyczny syntetyczny profil złożeń kredy jeziornej i gytii? Utworem występującym powyżej serii węglanowej w obu złożach jest torf. Trzeba zaznaczyć, że granica pomiędzy warstwą torfów a osadami węglanowymi w badanych złożach jest bardzo ostra, natomiast w obrębie utworów węglanowych (dotyczy złoża Grabowo) granica jest często rozmyta. Torf jest utworem, o różnym składzie gatunkowym i różnym stopniu rozłożenia. Poniżej serii węglanowej występuje piasek drobny lub średni. W miarę zarastania i zanikania zbiorników wodnych, w warunkach ocieplającego się klimatu, narastanie osadów wapiennych ustępowało sedymentacji organogenicznej. W tym czasie mogła też

utworzyć się martwica wapienna, występująca w złożu Grabowo w postaci zgruzelkowanej. Powstawanie martwicy może być efektem zmian diagenetycznych, związanych z cementacją mikrocząstek kalcytu. A więc można powiedzieć, że zasadniczo występują dwa typy złóż o schematycznym, uproszczonym profilu:

1. torf, twory węglanowe (gytia, kreda jeziorna, martwica wapienna), piasek drobny lub średni,
2. torf, kreda jeziorna, piasek drobny lub średni.

Uproszczoną klasyfikację osadów, występujących w złożu Grabowo, sporządzoną na podstawie zależności wilgotności od zawartości substancji organicznej przedstawiono na rys.2. Wykształcenie osadów jeziornych w złożach typu Grabowo jest zróżnicowane, w profilu pionowym i w rozprzestrzenieniu poziomym [Rybicki, Żurek-Pysz, 1989].



Rys.2 Zależność wilgotności osadów od zawartości szczątków organicznych
 1-kreda jeziorna, 2-martwica wapienna, 3-gytia wapienna, 4-gytia detrytusowo-wapienna,
 5- drobnodetrytusowa gytia, 6-grubodetrytusowa gytia, 7-humusowa gytia

Faza stała (szkielet gruntowy), a więc składniki mineralne oraz różne rodzaje substancji organicznej (fito- i zoogenicznej) została określona w oparciu o kompleksową analizę badań makroskopowych, termogravimetrycznych, rentgenostrukturalnych oraz mikroskopowych. Szczegółowe badania składu chemicznego osadów przedstawiono w tabeli 2.

TABELA 2

Skład chemiczny osadów

składnik (w procentach)	Grabowo	Marcelin
	gytia detrytusowo-wapienna	kreda jeziorna
CaCO ₃	79,60	81,97
MgO	-	0,85
SiO ₂	0,45	6,30
Fe ₂ O ₃	-	0,63
Al ₂ O ₃	0,85	2,27
Na ₂ O	0,57	-
K ₂ O	0,10	2,90
S	0,68	-
Cl	-	0,16
SO ₂	-	0,30
Substancja organiczna	16,50	3,20
Σ	98,75	98,58

Z przeprowadzonych analiz petrograficznych wynika, że węglan wapnia może występować w badanych osadach w postaci krystalicznej (mikryt, sparyt), jako masa bezpostaciowa, w formie drobnych konkrecji lub muszelek mięczaków. Z porównania analizy składu chemicznego wynika, że obok wapnia występującego w formie węglanów, składnikiem jest krzemionka, która stanowi niewielki procent składu chemicznego całego osadu. Więcej (kilka procent) stwierdzono w kredzie jeziornej z Marcelina. Krzemionka jak i węglan wapnia mają charakter poligenetyczny. Krzemionka jest związana z występowaniem kwarcu, mineralów ilastych (autogeniczny kaolinit), opalu (składnik okrzemek).

Informacje dotyczące składu wody porowej są bardzo przydatne do określenia charakteru współdziałania wody z fazą stałą osadu. Wody porowe są siarczanowo-wapniowe i należą do średnio-słonawych (tab. 3). W osadach występuje więcej dwuwartościowych kationów wapnia i magnezu, które działają jako koagulator przy powstawaniu mikroagregatów. Na podstawie analizy termicznej można powiedzieć, że w zbadanych osadach zachodziły efekty egzotermiczne, związane z utlenianiem substancji organicznej i efekty endotermiczne, związane z rozkładem węglanu wapnia. Złożoność substancji organicznej (np. fragmenty tkanek roślinnych) wpłynęła na rozdzielenie efektu egzotermicznego na dwa lub trzy efekty termiczne.

TABLICA 3

Skład chemiczny wody porowej osadów

Złoże	Grabowo	Marcelin
Typ osadu	gytia detrytusowo-wapienna	kreda jeziorna
Głębokość pobierania próbek, [m]	1,0	2,0
Mineralizacja, [mg/dm ³]	3217,1	3092,8
pH	6,5	5,0
Twardość ogólna, [mval/dm ³]	41,8	42,2
Twardość węglanowa, [mval/dm ³]	2,4	4,0
Twardość niewęglanowa, [mval/dm ³]	39,4	38,2
Ca ⁺⁺ , [mg/dm ³]	690,6	702,2
Mg ⁺⁺ , [mg/dm ³]	89,9	87,6
Na ⁺ + K ⁺ , [mg/dm ³]	134,8	81,9
Σkationów, [mg/dm ³]	915,3	871,6
SO ₄ ⁻⁻ , [mg/dm ³]	2098,6	1894,1
HCO ₃ ⁻ , [mg/dm ³]	146,4	244,0
Cl ⁻ , [mg/dm ³]	56,7	83,1
Σanionów, [mg/dm ³]	2301,8	2221,2

Analizy chemiczne, wykazały obecność w kredzie jeziornej śladowych ilości Fe³⁺, które jest związane z tlenkami i wodorotlenkami żelaza lub z pirytem zawartym w kredzie. Udział związków żelaza świadczy o istnieniu w osadzie warunków redukcyjnych.

Osady węglanowe zbudowane są z wody oraz ze składników allogenicznych i autogenicznych, które występują w różnych ilościach procentowych. Do tych pierwszych, można zaliczyć minerały ilaste, kwarc, a do tych drugich: kalcyt, gips oraz substancję organiczną i piryt.

Z obrazu makroskopowego oraz z obserwacji w mikroskopie optycznym (rys. 3) wynika, że gytia składa się głównie z agregatów złożonych z mikrytu kalcytowego, przy dużym udziale substancji organicznej. Można tutaj wyróżnić dwa rodzaje substancji zagregatyzowanej: mineralnej, głównie kalcytowej i organicznej, głównie fitogenicznej. Agregaty organiczne są oddzielone przestrzenią porową. W obszarze, gdzie zaznacza się większe zgrupowanie agregatów organicznych osad ma znacznie większą porowatość. Kreda jeziorna składa się z mikrytu i sparytu kalcytowego, przy znacznie mniejszym udziale substancji organicznej. W kredzie jeziornej zaznacza się duża agregatywacja. Pory są rozmieszczone nierównomiernie, widoczne są strefy zgrupowanej zagregatyzowanej masy kalcytowej o małej porowatości oraz strefy z widocznymi porami, gdzie zauważa się występowanie rozproszonej substancji organicznej. Istotna jest analiza cech morfometrycznych i geometrycznych ziaren,

cząstek i agregatów mineralno-organicznych oraz przestrzeni porowej (kształt, liczba porów, porowatość, powierzchnia i obwód porów, średnia średnica porów, średni obwód porów, średni współczynnik formy porów, wskaźnik anizotropii mikrostruktury, przeważający kierunek orientacji porów, współczynnik filtracji).



Rys. 3 *Substancja roślinna i zwierzęca, kreda jeziorna, SEM, pow. 1000X*

Przestrzeń porowa, wynikająca z wzajemnych relacji między wymienionymi elementami fazy stałej osadu jest jednym z najważniejszych elementów, które charakteryzują mikrostrukturę gruntu. Jej jakościowa i ilościowa analiza umożliwia wyznaczenie podstawowych cech litologicznych osadów. Zagadnienie te są w fazie opracowania przez autora.

3. PODSUMOWANIE

W artykule zostały zaprezentowane wyniki badań laboratoryjnych, wykonanych na wybranych dwóch typach litologicznych osadów. Badania miały na celu pogłębienie wiedzy na temat natury omawianych osadów, głównie na poziomie mikro. Cechą charakterystyczną omawianych utworów (szczególnie różnego typu gytii) jest stosunkowo duża niejednorodność, która jest odbiciem warunków sedymentacji i procesów postsedymentacyjnych. Analiza ilościowa i jakościowa dokonana przy pomocy nowoczesnych technik komputerowych pozwoli odpowiedzieć na pytanie, czy zachodzą procesy rekrytalizacji, a może rozpuszczenie pierwotnych składników osadu, przeobrażanie koloidalnej (niestabilnej) substancji organicznej i mineralnej. Specyficzna natura tych osadów polega m.in. na tym, że mineralne składniki tkwią w koloidalnym roztworze. Przeprowadzone wszechstronne badania mikroskopowe dwóch zasadniczych typów osadów węglanowych wskazują, że istnieje zasadnicza różnica w ich cechach litologicznych, głównie dotyczy to relacji między fazą ciekłą, stałą i przestrzenią porową gruntu. Mniejsze różnice dotyczą składu mineralnego. Zasadniczym

elementem strukturalnym jest mikroagregat. Elementy agregatu o owalnym kształcie mają dłuższą oś o wymiarze do 40 mikrometrów, łączą się ze sobą ściśle na powierzchni o wymiarze około 10 mikrometrów. Składają się z substancji mineralnej i organicznej. Kształt agregatu i charakter połączeń może ulec zmianie w czasie i w przestrzeni pod wpływem różnych czynników zewnętrznych [Żurek-Pysz, 1997]. Badania mikrostrukturalne (jakościowe i ilościowe) pozwalają zdiagnozować typ osadu oraz przewidywać, w jakim kierunku będą przebiegać zmiany w osadzie pod wpływem działającego czynnika zewnętrznego. Przy wstępnej ocenie wskaźników litologicznych osadów należy uwzględnić warunki klimatyczne panujące w czasie sedymentacji, kształt zbiornika, kierunki przepływu i intensywność życia biologicznego. Procesy kształtujące elementy litologiczne osadów węglanowych oddziaływały bowiem w różnych warunkach morfologicznych i klimatycznych.

Można powiedzieć, że kompleksowe ujęcie badań w skali, makro-, mezo- i mikro- oraz analiza ich wyników pozwala na wyciągnięcie w miarę wiarygodnych wniosków o naturze tak specyficznych osadów, jakimi są kreda jeziorna i gytie, a także umożliwi ich porównanie.

Powiązanie natury osadów oraz procesów sedymentacyjnych i postsedymentacyjnych z właściwościami fizycznymi i chemicznymi gruntów jest istotne przy ich wykorzystaniu w szeroko rozumianej ochronie litosfery (kopaliny towarzyszące, tzw. złoża wtórne, rekultywacja gleb, oczyszczanie ścieków) oraz w budownictwie i w rolnictwie. Osady mogą być zastosowane do rekultywacji gleb kwaśnych, piaszczystych i gliniastych i do produkcji kredy pastewnej. Kreda jeziorna jest obecnie cennym surowcem do produkcji rolniczego nawozu węglanowo-wapniowego. W Polsce zapotrzebowanie na tego typu nawóz jest bardzo duże, bo około 70% gleb wymaga wapnowania. W połączeniu z węglem brunatnym i torfem jest surowcem do produkcji ekopreparatów ogrodniczych.

4. LITERATURA

- [1] ALEXANDROWICZ S.W., Tchórzewska D.: *Kreda jeziorna w osadach czwartorzędowych Środkowego Pomorza*. Kwart. AGH, Geologia 4, s.59-71. Kraków (1981)
- [2] FILONOWICZ P., Krzymińska J.: *Starszy holocen w dolinie Grabowej*. Studia i Materiały Oceanologiczne 56, PIG, s.331-337. Sopot (1989)
- [3] GRABOWSKA-OLSZEWSKA B. i in.: *Atlas of Microstructure of Clay Soils*. PWN (1984)
- [4] KONDRACKI J.: *Geografia regionalna Polski* WN PWN. Warszawa (1998)
- [5] LEŚNIAK G.: *Zastosowanie komputerowej analizy obrazu w badaniach petrofizycznych*. Prz.Geol., vol.47, nr 7, s.644-651 (1999)
- [6] RYBICKI S., Żurek-Pysz U.: *Inżyniersko-geologiczna charakterystyka kredy jeziornej i gytii ze złóż środkowego Pomorza*. Kwart.Geol., 1989, t.33, nr 2, s.313-328. (1989)
- [7] RZEPECKI P.: *Klasyfikacja i główne typy litologiczne osadów jeziornych*. ZN AGH, Geologia 9, s.73-94. Kraków (1983)

- [8] TRZCIŃSKI J.: *Ilościowa analiza mikrostrukturalna w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM) gruntów poddanych oddziaływaniu wody*. In: Grabowska-Olszewska B. (ed.): *Geologia stosowana. Właściwości gruntów nienasyconych*. WN PWN. Warszawa (1998)
- [9] WYRWICKI R., Dobak P.: *Hydroizolacyjne właściwości kredy jeziornej*. *Prz.Geol.*, vol.48, nr 5, s.412-415. (2000)
- [10] ŻUREK-PYSZ U.: *Strength and deformability of an organic-calcareous lacustrine deposit (gyttja) in relation to its water content and colloid content*. *Bulletin of IAEG*, n 45, s.117-126. (1992)
- [11] ŻUREK-PYSZ U.: *Litologia i właściwości fizyczne gytii ze złoża Grabowo w świetle badań makro- i mikrostruktury*. *Mat. Konf. Geologia i geomorfologia*. s.171-184. Słupsk (1995)
- [12] ŻUREK- PYSZ U.: *Wskaźniki litologiczne gytii w nawiązaniu do ich właściwości geologiczno-inżynierskich*. *Mat. Konf. "Współczesne Problemy Geologii Inżynierskiej w Polsce"*. J. Liszkowski (red.), s.173-180. (1997)