

Magdalena ŁOZIŃSKA
Krystian PROBIERZ
Politechnika Śląska, Gliwice

MODELE ZMIENNOŚCI PARAMETRÓW JAKOŚCI MARGLI KREDOWYCH W ZŁOŻU FOLWARK KOŁO OPOŁA

Streszczenie. W pracy przedstawiono zmienność parametrów jakościowych margli kredowych złoża Folwark koło Opola. Kopalina z tego złoża jest podstawowym surowcem do produkcji cementu. Najważniejszym parametrem dla procesu technologicznego produkcji cementu jest procentowa zawartość CaO, w związku z czym w niniejszej pracy dokonano analizy rozkładu tego parametru w złożu. Ponadto przedstawiono zakresy zmian procentowej zawartości MgO. Modele zmienności parametrów jakości wykonano przy zastosowaniu różnych metod interpolacyjnych wynikających z możliwości programu Surfer 6.01. Modele te, przedstawione za pomocą map, procentowej zawartości CaO oraz MgO, charakteryzują zarówno całe złożo, jak i jego poszczególne serie litostratygraficzne.

VARIABILITY MODELS OF QUALITY PARAMETERS OF CRETACEOUS MARLS FROM FOLWARK DEPOSIT (THE OPOLE REGION)

Summary. Variability of qualitative parameters of Cretaceous marls from the Folwark deposit, near Opole was presented. Mineral substance from this deposit is the basic raw material for production of cement. Distribution of CaO content, which is the most important parameter taken into account for cement production, was analysed. Changes of MgO content were examined as well. Models of variability of quality parameters were made with the use of different interpolation methods, resulting from capabilities of computer programme Surfer 6.01. The models were depicted by maps of CaO and MgO content; they characterize both all the deposit and each of its lithostratigraphy series.

Każdy model rzeczywistości geologicznej, za którą może zostać uznany np. przekrój, mapa lub blokdiagram, a także inne opracowania geologiczne, są zazwyczaj obarczone różnymi błędami [3,4]. Spowodowane są one najczęściej ograniczonymi możliwościami materialnymi prowadzenia badań geologicznych, a w praktyce sprowadza się to zazwyczaj do zbyt małej w stosunku do potrzeb liczby punktów opróbowań (odwiertów, pomiarów fizycznych, itp.). Często z konieczności przyjmuje się bez żadnych zastrzeżeń wartości pojedynczego pomiaru. Trzeba mieć jednakże świadomość, że w większości przypadków jednopunktowa informacja o rzeczywistości geologicznej (np. jeden pomiar, szlif mikroskopowy) jest lepsza aniżeli brak jakiegokolwiek informacji.

Stosowanie metod statystycznych w badaniach geologicznych znacznie poprawia wiarygodność uzyskiwanych wyników. Metody te mają swoje ograniczenia spowodowane często zbyt małą liczebnością populacji próbek, otworów wiertniczych, lub liczbą pomiarów, czyli punktów dokumentacyjnych. Nie we wszystkich też przypadkach badany fragment środowiska geologicznego jest jednorodny i anizotropowy. Ważny jest również dobór właściwych metod statystycznych. Opracowanie wiarygodnych i wystarczająco dokładnych prognoz i ocen prawdopodobieństwa geologicznego musi także uwzględnić zależność liczby punktów dokumentacyjnych od skali mapy. Nie ulega wątpliwości, że jakość - dokładność opracowania, wynika z poprawności wyznaczenia przebiegu granic geologicznych. Prawdopodobieństwo zgodności rzeczywistego ich przebiegu uzależnione jest od liczby wszystkich możliwych do skonstruowania modeli [4].

Stosowanie technik komputerowych do konstruowania modeli rzeczywistości (środowiska) geologicznej znacznie ułatwia znalezienie najbardziej prawdopodobnego modelu, niezależnie od jego rodzaju (np. analogowego, cyfrowego). Wartość uzyskanych wyników zawsze będzie jednakże uzależniona od wartości danych wyjściowych, natomiast wybór optymalnego modelu rzeczywistości geologicznej zależy w największym stopniu od całościowej interpretacji uzyskanych danych.

Wiarygodność naukowa opracowań geologicznych może być zatem uznawana dopiero po przeprowadzeniu analizy błędów i uwzględnieniu jej wyników w formułowanych wnioskach (modelach).

W pracy przedstawiono zmienność parametrów jakościowych margli kredowych złoża Folwark koło Opola. Kopalina z tego złoża jest podstawowym surowcem do produkcji cementu. Rozpoznano zmienność wszystkich niezbędnych do prawidłowej oceny jakości kopaliny w złożu parametrów, a więc CaO, MgO, Fe₂O₃, Al₂O₃, SiO₂ oraz zawartość alkaliów. Najważ-

niejszym z tych parametrów dla procesu technologicznego produkcji cementu jest oczywiście procentowa zawartość CaO, w związku z czym w niniejszej pracy dokonano analizy dystrybucji tego parametru w złożu. Ponadto przedstawiono zakresy zmian procentowej zawartości MgO.

Zmienność parametrów jakości w złożu, szczególnie CaO, ma szczególnie istotne znaczenie dla procesu produkcji cementu, w którym jest stosowana tzw. sucha metoda ujednorodnienia surowca.

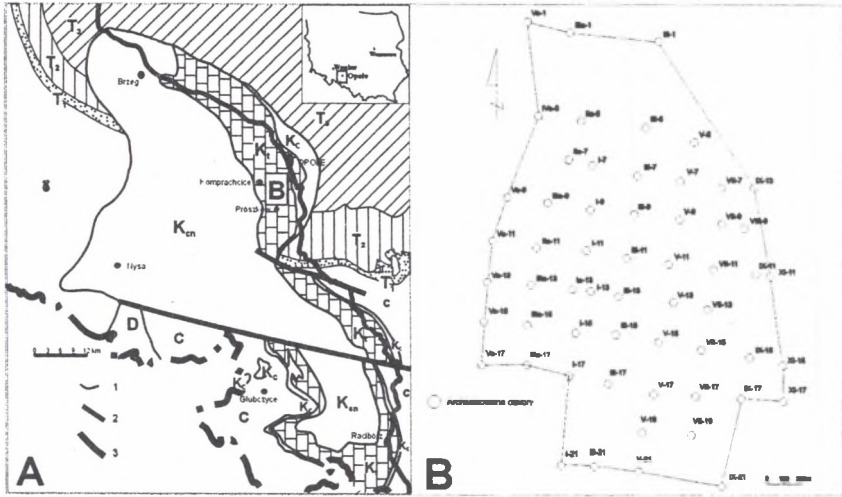
Modele zmienności parametrów jakości margli kredowych wykonano dzięki stosowaniu różnych metod interpolacyjnych wynikających z możliwości programu Surfer 6.01. Modele te, przedstawione za pomocą map procentowej zawartości CaO oraz MgO, charakteryzują zarówno całe złożo, jak i jego poszczególne serie litostratigraficzne.

Kredowa niecka opolska lub kreda opolska swoją nazwę zawdzięcza występującym tu utworom kredy górnej. Granice niecki wyznaczają w przybliżeniu miejscowości: Opole, Brzeg, Nysa i Koźle (rys.1A). W obrębie niecki kredy opolskiej można wyróżnić dwie części: północną i południową. W części północnej niecka ma kształt zbliżony do południkowo wydłużonego trójkąta. Granice utworów kredowych, występujących tutaj niezgodnie na podłożu triasowym, permskim, dewońskim, a także na utworach krystalicznych – granitach Żulowej, są erozyjne. W części południowej, pomiędzy Nysą a Koźlem, niecka ma kształt wydłużony bardziej w kierunku równoleżnikowym. Utwory kredowe pokrywają głównie warstwy karbonu dolnego, zaś granice niecki są głównie tektoniczne [2,5,6].

Głównym obszarem występowania utworów kredowych w obrębie niecki opolskiej jest rejon południowy, czyli najbliższe okolice Opola. W rejonie tym odsłania się pełny profil utworów kredy górnej rozpoznanych w niecce. Sprzyjające warunki geologiczne i dobre parametry jakościowe osadów kredowych spowodowały, że obszar ten stał się bazą surowcową dla przemysłu cementowego.

Utwory kredy górnej charakteryzują się względnie małą zmiennością facjalną i nieznacznym zróżnicowaniem litologicznym. Dla celów praktycznych, szczególnie dla celów dokumentowania złóż do produkcji cementu w rejonie niecki opolskiej posłużono się profilem litostratigraficznym skonstruowanym w oparciu o analizy wskaźnikowe parametrów chemicznych, szczególnie CaO. Na podstawie zróżnicowania zawartości procentowej CaO w profilu kredy górnej niecki opolskiej wydzielono 6 serii litostratigraficznych (1 - piaski i piaskowce cenomanu oraz serie turonu: 2 - margle ilaste dolne, 3 - margle dolne, 4 - wapienie margliste, 5 - margle górne, 6 - margle ilaste górne) [1]. W złożu Folwark znajdującym się na lewym brzegu Odry w odległości ok. 10 km na S od Opola stwierdzono pełny profil utworów

kredowych, występujących w obrębie niecki opolskiej. Złoże to o powierzchni 436,8 ha zostało udokumentowane w kategorii B + C₁ na podstawie 56 otworów wiertniczych [rys.1B].



Rys. 1. Lokalizacja złoże Folwark wraz z otworami wiertniczymi w obrębie kredowej niecki opolskiej:

1 – granica zasięgu utworów kredy, 2 – dyslokacje, 3 – granica państwa

Fig. 1. Location of the Folwark deposit and the bore-holes within the Opole tectonic trough:

1 – limit of extent of Cretaceous sediments, 2 – dislocation, 3 – state border

Mimo nieznacznej zmienności facjalnej i słabego zróżnicowania litologicznego, wydzielone serie litostratygraficzne charakteryzują się dość dużą odmiennością. Świadczyć o tym mogą m.in. wyznaczone przedziały zmienności parametrów oraz wartości współczynnika zmienności, określonego jako iloraz odchylenia standardowego do wartości średniej (tab.1).

Tabela 1

Zakres zmian wartości parametrów oraz wartości współczynnika zmienności w poszczególnych seriach litostratygraficznych

	SERIE					
	złożowa	6	5	4	3	2
CaO % mas.						
Min	21,10	12,03	33,68	39,18	37,71	24,04
Max	52,02	36,12	45,63	52,28	43,56	34,78
Wsp.zm.[%]	14,11	10,67	5,17	3,91	3,01	7,10
MgO % mas						
Min	0,45	0,43	0,33	0,26	0,41	0,54
Max	1,23	1,66	1,03	1,22	0,98	1,82
Wsp.zm.[%]	23,93	31,10	24,06	26,71	10,89	23,84

Jak wynika z tabeli 1, najmniejszą zmienność procentowej zawartości CaO i MgO wykazuje seria 3, zaś największą seria 6.

Modele zmienności procentowej zawartości CaO i MgO zarazem serii złożowej, jak i poszczególnych serii litostratygraficznych wykonano z użyciem czterech metod interpolacyjnych: metody trójkątów z liniową interpolacją, metody minimalnych krzywizn, metody odwrotnych odległości i metody Sheparda.

Metoda trójkątów z liniową interpolacją polega na tym, że pomiędzy każdymi trzema punktami obserwacyjnymi generowana jest płaszczyzna, w obrębie której, przy zastosowaniu liniowej interpolacji, wyznaczany jest przebieg izolinii.

Metoda minimalnych krzywizn, w której to między wszystkimi punktami obserwacyjnymi generowana jest najbardziej "gładka", prawidłowa, możliwa do uzyskania powierzchnia. Zastosowanie takiej metody interpolacyjnej może doprowadzić do pewnego zniekształcenia obrazu zmienności parametru, szczególnie gdy obok siebie występują punkty charakteryzujące się znacznym zróżnicowaniem badanej wartości, lub występują obszary, w których jest brak danych. Zaletą jest natomiast równoczesne uwzględnienie wszystkich punktów pomiarowych.

Metoda odwrotnych odległości, której zaletą jest szybkość uzyskiwania danych interpolacyjnych. Przy obliczaniu wartości tą metodą uwzględnia się w danym punkcie wpływ punktów sąsiadujących, przyjmując, że największy udział mają punkty najbliższe leżące. Powoduje to ułożenie izolinii koncentrycznie wokół punktów pomiarowych. Przy konstrukcji map tą metodą do obliczeń odległości między punktami uwzględniono tzw. kwadrat odległości. Przy tak dobranych założeniach nie jest możliwe wyinterpretowanie wartości izolinii poza podanym przedziałem zmienności parametru.

Metoda Sheparda, będąca odmianą metody odwrotnych odległości, uwzględniającej przy obliczeniach odległości między punktami również tzw. kwadratu odległości. Zastosowane są jednak pewne współczynniki umożliwiające wygładzenie powstałych kolistych izolinii wokół punktów pomiarowych [7].

Zastosowanie tych metod interpolacyjnych pozwoliło uzyskać różne modele zmienności parametrów jakościowych, w tym przypadku procentowej zawartości CaO i MgO w złożu (rys. 2,3,4).

Skonstruowanie różnych modeli interpolacyjnych, opartych na odmiennych sposobach obliczania wartości parametru w węzłach siatki interpolacyjnej, umożliwiło porównanie rozkładu wartości parametrów w złożu oraz w poszczególnych seriach litostratygraficznych.

Przedstawiono modele zmienności procentowej zawartości CaO i MgO dla serii złożowej (rys.2,3). Wykazano, że największe różnice w przebiegu izolinii występują w metodzie trójkątów z liniową interpolacją i odwrotnych odległości. Wobec tego, że największą zmienność parametrów jakości stwierdzono w serii 6, najmniejszą zaś w serii 3 (tab.1), porównano dla tych serii przebieg izolinii uzyskany tymi metodami interpolacyjnymi.

Metodę trójkątów z zastosowaniem liniowej interpolacji odróżnia od pozostałych metod możliwość wykonania interpolacji jedynie w wewnętrznym obrysie złoża wyznaczonym przez skrajne otwory wiertnicze. Odmienność sposobu interpolowania i ekstrapolowania wartości widoczna jest szczególnie w wyklinowującej się w obszarze złoża serii 6 (rys.4A,B). Analizując orientację przebiegu izolinii można zaobserwować, że na mapach wykonanych metodą minimalnych krzywizn dominuje kierunek południkowy, natomiast równoleżnikowy kierunek najczęściej występuje na mapach wykonanych metodą Sheparda. Widoczne to jest szczególnie w serii złożowej w przypadku procentowej zawartości CaO oraz w serii 6 (rys.2 i rys.4 A,B).

Najmniej urozmaicony przebieg izolinii, z czego wynika równocześnie największa jednostajność parametru, występuje na mapach wykonanych metodą odwrotnych odległości. Kształt izolinii jest zazwyczaj regularny, brak jest wyraźnych i ostrych załamania, dominują zaś łagodne zaokrąglenia. Można to wyraźnie zaobserwować na wszystkich mapach procentowej zawartości CaO (rys.2 i 4).

Najbardziej urozmaicony przebieg izolinii o często występujących silnych, ostrych załamaniach widoczny jest natomiast na mapach wykonanych metodą trójkątów (rys.2A, 3A, 4A i C).

Podstawową różnicą pomiędzy poszczególnymi metodami interpolacyjnymi jest wielkość powierzchni okonturowywanych przez jednoimienne izolinie (tab.2).

W tabeli 2 przedstawiono dla serii złożowej procentowy udział powierzchni okonturowywanych izoliniami 41- i 32- procentowej zawartości CaO oraz 0,85-procentowej zawartości MgO. Wprowadzenie tych izolinii wynikało z przyjętej interpretacji danych statystycznych charakteryzujących niejednorodność populacji (wartości graniczne między występującymi przedziałami modalnymi).

Dane przedstawione w tabeli 2, a odnoszące się do obszaru o zawartości > 41% CaO dotyczą jedynie pojedynczego punktu pomiarowego (rys.2A, B, C, D). Jest to zatem dogodna sposobność do obiektywnego porównania stosowanych metod interpolacyjnych. Widzimy za tym, że największe pole okonturowane izolinia 41% CaO występuje w metodzie minimalnych krzywizn, najmniejsze natomiast w metodzie Sheparda. Porównanie powierzchni o zawartości < 32% CaO jest bardziej utrudnione bowiem powierzchnia ta uwzględnia także ekstrapolacje

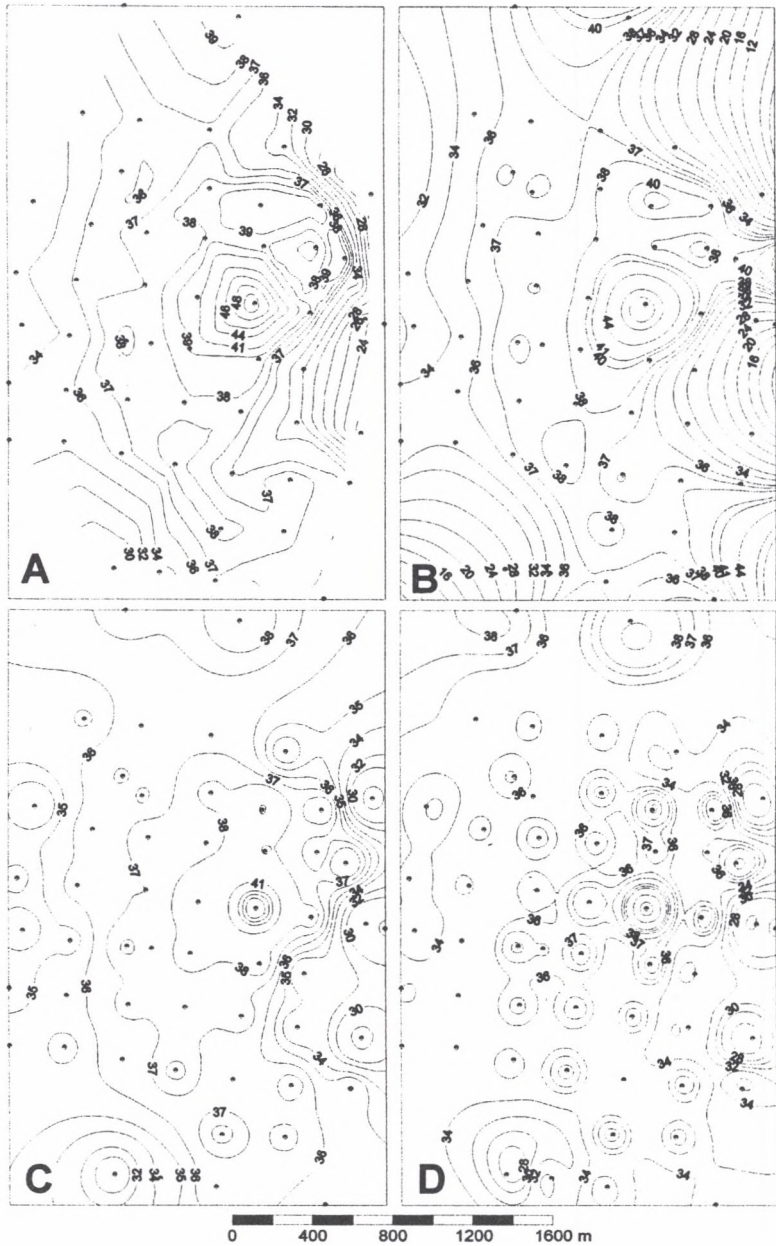
z wyjątkiem metody trójkątów z liniową interpolacją. Na skutek tego można porównać jedynie trzy metody. Wykazano największy udział powierzchni o zawartości $< 32\%$ CaO w przypadku metody minimalnych krzywizn.

Tabela 2

Procentowy udział powierzchni okonturowywanej izoliniami granicznymi zawartości % CaO i MgO w serii złożowej

Metoda	% obszaru mapy o zawartości składnika				
	> 41 % CaO	41 – 32 % CaO	< 32 % CaO	> 0,85 % MgO	< 0,85 % MgO
trójkątów z liniową interpolacją	4,30	86,20	9,50	22,50	77,50
minimalnych krzywizn	6,05	64,75	29,20	24,50	75,50
odwrotnych odległości	1,70	92,70	5,60	15,10	84,90
Sheparda	0,72	90,48	8,80	20,50	79,50

Weryfikacja przedstawionych modeli zostanie dokonana z chwilą wyeksploatowania złoża, co wynika ze starej prawdy, że geolog najpewniejszą informację o złożu uzyskuje dopiero po wydobyciu kopaliny. Trafność przedstawionych w modelach prognoz jakości kopaliny zależy jednakże w znacznym stopniu od jednorodności i anizotropii złoża Folwark. Brak pełnych informacji o jednorodności i anizotropii złoża utrudnia wskazanie najbardziej prawdopodobnego modelu, jednakże przedstawione modele są bardzo zbliżone do siebie, co wynika przede wszystkim z nieznacznej w stosunku do złóż innych kopalń zmienności margli w złożu Folwark.

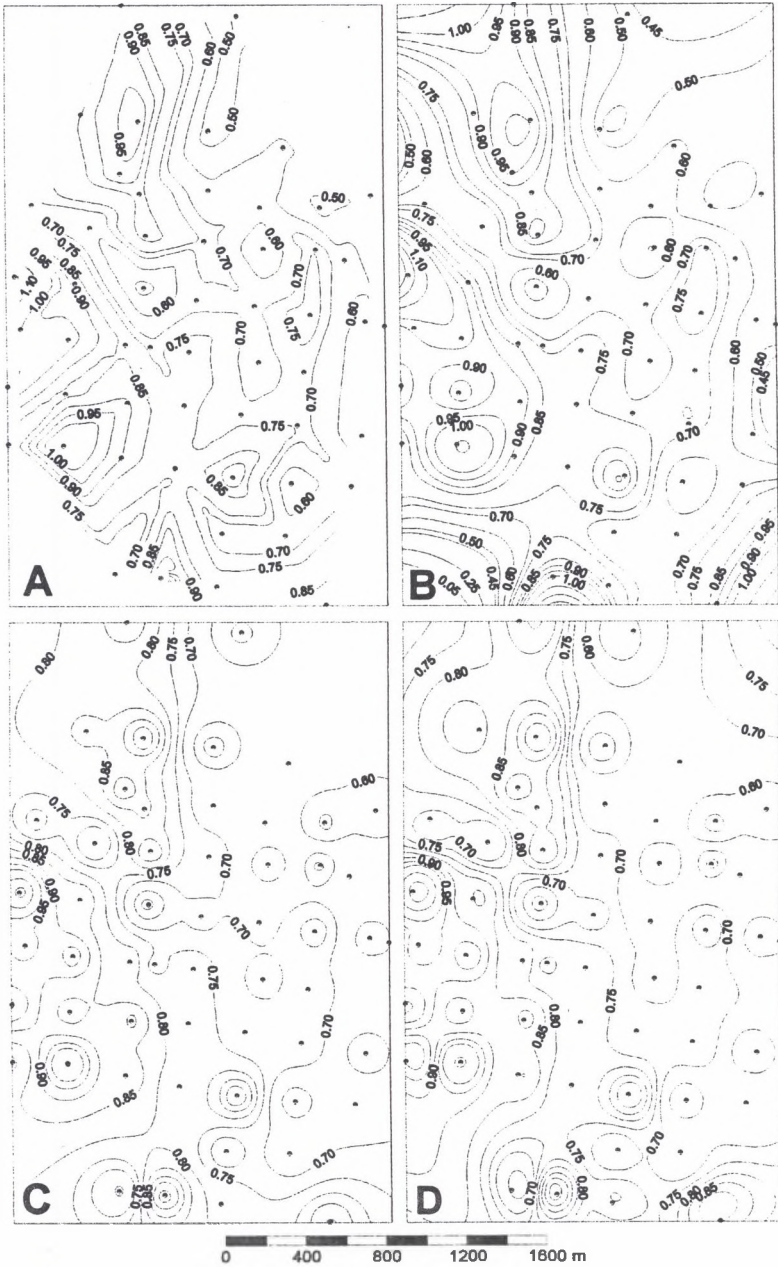


Rys.2. Mapy zawartości % CaO w serii złożowej:

A – metoda trójkątów z liniową interpolacją, B – metoda minimalnych krzywizn, C – metoda odwrotnych odległości, D – metoda Sheparda

Fig. 2. Maps of CaO content within the deposit series:

A – method of triangles with linear interpolation, B – method of minimum curvatures, C – method of inverse distances, D – Shepard's method

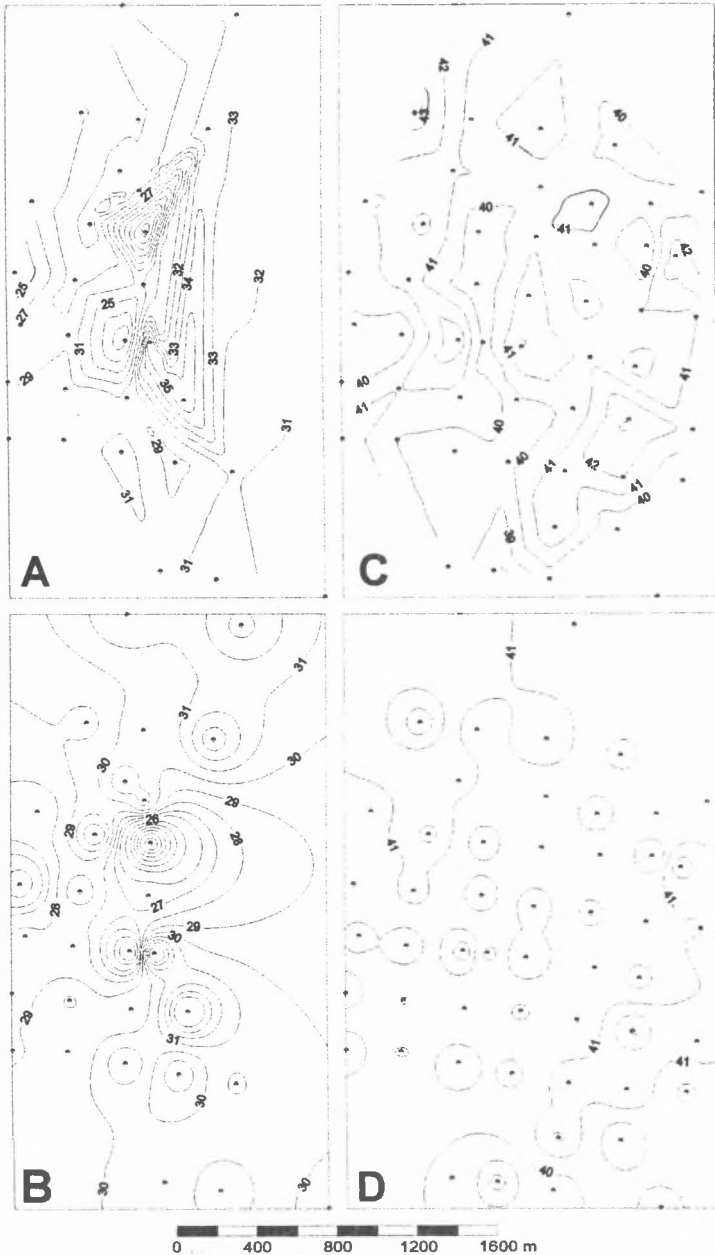


Rys.3. Mapy zawartości % MgO w serii złożowej:

A – metoda trójkątów z liniową interpolacją, B – metoda minimalnych krzywizn, C – metoda odwrotnych odległości, D – metoda Sheparda

Fig. 3. Maps of MgO content within the deposit series:

A – method of triangles with linear interpolation, B – method of minimum curvatures, C – method of inverse distances, D – Shepard's method



Rys. 4. Mapy zawartości % CaO w obrębie serii 6 i 3:

seria 6: A – zawartość % CaO metodą trójkątów z liniową interpolacją, B – zawartość % CaO metodą odwrotnych odległości, seria 3: C – zawartość % CaO metodą trójkątów z liniową interpolacją, D – zawartość % CaO metodą odwrotnych odległości

Fig. 4. Maps of CaO content within the series 6 and 3:

series 6: A – The CaO content according to the method of triangles with linear interpolation, B – The CaO content according to the method of inverse distances, series 3: C – The CaO content according to the method of triangles with linear interpolation, D – The CaO content according to the method of inverse distances

LITERATURA

1. Alexandrowicz S.W., Radwan D.: Kreda opolska - problematyka stratygraficzna i złożowa. *Prz. Geol.*, nr 4, 1973.
2. Biernat S.: Budowa geologiczna kredy opolskiej. *Biul. Inst. Geol.*, 152, t.V, 1960.
3. Kowalski W.C.: Ocena przekroju, mapy I blokdiagramu jako modeli rzeczywistości geologicznej. *Prz. Geol.*, vol. 45, nr 10, 1997.
4. Kowalski W.C.: Triada: retrospekcja – aktualizm – prognozowanie w myśleniu geologicznym. *Prz. Geol.*, vol. 43, nr 8, 1995.
5. Łozińska M., Probiez K.: Rozpoznanie jakości kopaliny w złożu margli kredowych Folwark koło Opola. *Gór. Odkr.*, XXXVIII, 3, 1996.
6. Łozińska M., Probiez K.: Zmienność jakości kopaliny w złożu margli kredowych Folwark koło Opola. *Zesz. Nau. Pol. Śl., Górnictwo*, z. 230, 1996.
7. Tański T.: *Surfer – przewodnik użytkownika*. Wyd. PLJ, Warszawa 1991.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Józef Dubiński

Abstract

Variability of qualitative parameters of Cretaceous marls from the Folwark deposit, near Opole was presented. Mineral substance from this deposit is the basic raw material for production of cement. Distribution of CaO content, which is the most important parameter taken into account for cement production, was analysed. Changes of MgO content were examined as well. Models of variability of quality parameters were made with the use of different interpolation methods (method of triangles with linear interpolation, method of minimum curvatures, method of inverse distances, Shepard's method) resulting from capabilities of computer programme Surfer 6. 01. The models were depicted by maps of CaO and MgO content; they characterize both all the deposit and each of its lithostratigraphy series. Construction of different interpolation models based on different manner of calculation of parameter's value in the nodes of the interpolation net, made it possible to compare distribution of parameter's value within the whole deposit and each of its lithostratigraphy series. After analysis of presented

models of variability of CaO and MgO content for the deposit series, it was found, that the greatest differences in the contours' course occurred in case of the maps made by the method of triangles with linear interpolation and the method of inverse distances. One to fact, that the greatest variability of quality parameters was ascertained in series 6, while the least in series 3 [tab.1], one contours' course obtained by mentioned for these series interpolation methods was compared as well. It was revealed that presented models are very similar, what results, first of all, from small, in relation to deposits of other minerals substances, variability of marls in the Folwark deposit.