

Zastosowanie analizy planimetrycznej w badaniach geologicznych – eksperymenty i spostrzeżenia

Application of planimetric analysis in geological research – experiments and observations

Konrad Ziemiąnin

Institut Nafty i Gazu – Państwowy Institut Badawczy

STRESZCZENIE: Analiza planimetryczna jest dobrze znaną i powszechnie stosowaną metodą służącą do określania udziału danego składnika na obszarze analizowanej powierzchni preparatu. W geologii wykorzystuje się ją do ustalenia zarówno składu mineralnego, jak i macerałowego, a otrzymane wyniki są pomocne w rozwiązywaniu szerokiego spektrum problemów badawczych. Celem niniejszej pracy było sprawdzenie, w jaki sposób uzyskany wynik analizy planimetrycznej zależy od przyjętej gęstości siatki pomiarowej, co pozwoli na jej dostosowanie do konkretnych sytuacji spotykanych w próbkach geologicznych i na optymalizację stosunku dokładności wyniku do czasu analizy. Badania podzielono na dwa etapy – w pierwszym pracowano na modelach, w drugim oparto się na próbkach. W etapie pierwszym stworzono wirtualną sieć punktów pomiarowych o wymiarach 100 na 100 punktów, co łącznie dawało 10 000 punktów. Po stworzeniu modelu siatki pomiarowej ustalono 102 scenariusze, różniące się zawartością składnika A, poddawanego analizie. Była to zawartość na poziomie 0,1%, 0,5% oraz od 1% do 100%. W każdym z przyjętych scenariuszy przeprowadzono 100 losowań, tak aby układ punktów na siatce pomiarowej odpowiadający składnikowi A był przypadkowy. Następnie stopniowo zmniejszono liczbę punktów pomiarowych z pierwotnych 10 000 do 100 i każdorazowo obliczano zmodyfikowany udział składnika A. Uzyskane wartości średniego udziału składnika A w większości przypadków jedynie nieznacznie różniły się od pierwotnie założonego udziału, czego nie można powiedzieć o wartościach minimalnych i maksymalnych – tu obserwowano zmienność w szerszym przedziale. W etapie drugim wykorzystano 3 fragmenty węgla o różnym stopniu skomplikowania składu macerałowego, na które narzucono siatkę pomiarową o wymiarach 100 na 100 punktów. Pierwotną gęstość siatki stopniowo zmniejszono (do 144 punktów) i każdorazowo obliczono skład macerałowy. Wyniki uzyskane zarówno z modeli, jak też z próbek wskazują na wyraźny trend zmniejszenia dokładności wraz ze zmniejszeniem gęstości punktów pomiarowych. Uzyskane wyniki przeanalizowano również pod kątem ustalonych kryteriów akceptacji, za które przyjęto zawartość składnika różniącą się od jego udziału opartego na siatce 10 000 punktów o maksymalnie 5%, 10% lub 30% wartości oryginalnej. Wydaje się, że analiza związku pomiędzy dokładnością otrzymanego wyniku a czasem przeprowadzenia analizy wskazuje, że wybór siatki pomiarowej opartej na 500 punktach jest optymalny.

Słowa kluczowe: analiza planimetryczna, modele, węgiel, macerały.

ABSTRACT: Planimetric analysis is a well-known and commonly used method for determining the content of a given component in the area of the analyzed surface. In geology, it is used to determine both the mineral and maceral composition, and its results are helpful in solving a wide range of research problems. The aim of this study was to investigate the relationships between the obtained results of planimetric analysis and the density of the measurement grids, which can be adapted to specific situations in geological samples in order to optimize the ratio of the accuracy of the result to the time of analysis. The research was divided into two stages. Models were used in the first stage, while in the second, coal samples were investigated. In the first stage, a virtual grid of measurement points with dimensions of 100 by 100 points was created, which gave a total of 10 000 points. After creating the measurement grid model, 102 scenarios were established, differing in the content of the analyzed component A (0.1%, 0.5% and from 1 to 100%). In each of the adopted scenarios, 100 combinations were carried out so that the arrangement of points on the measurement grid corresponding to component A was random. Then, the number of measuring points was reduced several times from the original 10 000 to 100 and each time content of component A was calculated. The obtained average component A content in most cases turned out to be only slightly different from the original, which cannot be stated in the case of both minimum and maximum values – here a wider range of results is observed. In the second stage, 3 coal samples of varying maceral composition complexity were investigated and a measurement grid of 100 by 100 points was used. The original grid density was gradually reduced (down to 144 points) and maceral composition was calculated each time. Results obtained from models as well as from samples show a clear trend of decreasing accuracy with decreasing density of the measuring grid. The obtained results were also analyzed in terms of the established acceptance criteria for which the content of

Autor do korespondencji: K. Ziemiąnin; e-mail: konrad.ziemiąnin@inig.pl

Artykuł nadesłano do Redakcji: 18.01.2021 r. Zatwierdzono do druku: 27.07.2021 r.

the component was assumed to be different from its content based on a grid of 10 000 points by up to 5%, 10% or 30% of the original value. The analysis of the relationship between the accuracy of the obtained results and the time of conducting the analysis seems to indicate that the choice of the measurement grid based on 500 points is optimal.

Key words: planimetric analysis, models, coal, macerals.

Wstęp

Analiza planimetryczna jest dobrze znaną i powszechnie stosowaną metodą służącą do określania udziału danego składnika na obszarze analizowanej powierzchni preparatu. W geologii wykorzystuje się ją do ustalania zarówno składu mineralnego (przy użyciu szlifów), jak i macerałowego (na zgładach). Wyniki analizy planimetrycznej są pomocne w rozwiązywaniu szerokiego spektrum problemów badawczych (np. Hower et al., 2012; Pan et al., 2013; Lei et al., 2014; López-Días et al., 2016; Meher et al., 2019). Analiza wykonywana jest przy użyciu mikroskopu i polega na identyfikacji minerałów/macerałów w kolejnych punktach, tworzących siatkę o oczkach najczęściej w kształcie kwadratów. Zalecenia co do przeprowadzenia analizy ujęte są w procedurach ASTM (ASTM D2799-13, ASTM E562-19). Metoda ma kilka kluczowych zalet. Jest doskonałym uzupełnieniem obserwacji mikroskopowych, łączącym opis słowny z danymi liczbowymi. Nie wymaga również zastosowania kosztownej aparatury – wykorzystać można najprostsze modele mikroskopów zapewniające możliwość obserwacji w świetle przechodzącym lub odbitym. Analiza planimetryczna, jak każda metoda badawcza, nie jest wolna od wad. Po pierwsze, wymaga ona od obserwatora doświadczenia, pozwalającego na identyfikację wszystkich składników w skale. Po drugie, jest to metoda niepodlegająca automatyzacji – obserwator musi być obecny przez cały czas trwania analizy. Czas ten jest bezpośrednio związany ze stopniem skomplikowania składu danej próbki. Finalnie – uzyskany wynik analizy jest tu dodatkowo jedynie przybliżeniem, wynikającym z praw statystyki. Zbliżenie się do realnego składu mineralnego/macerałowego następuje poprzez zagęszczenie siatki punktów pomiarowych, ale jednocześnie wpływa to na wydłużenie czasu trwania samej analizy. Obecnie uznaje się, że analiza planimetryczna oparta na 300–500 punktach daje wystarczająco dobre rezultaty w stosunku do czasu jej wykonania, przy czym najczęściej obserwuje się wyniki oparte na 500 punktach (np. Gürdal i Yağın, 2001; Kruszewska, 2003; Rimmer et al., 2006; Mastalerz et al., 2012; Bielowicz, 2013; Životić et al., 2013; Hou et al., 2017; Li et al., 2017; Guo et al., 2020; Rojas et al., 2020; Ziemianin, 2020), a rzadziej na 300 punktach (np. Izart et al., 2006; Bechtel et al., 2007; Chalmers i Bustin, 2017; Dohnalik i Ziemianin, 2020) czy 400 punktach (np. Dwiantoro et al., 2013). W literaturze można również odnaleźć wyniki oparte na nieco większej liczbie punktów, np. 1000 (np. Gorbanenko i Ligouis, 2014;

Ayinlaa et al., 2017). W niniejszej pracy wykorzystano wyniki oparte na 10 000 punktów pomiarowych.

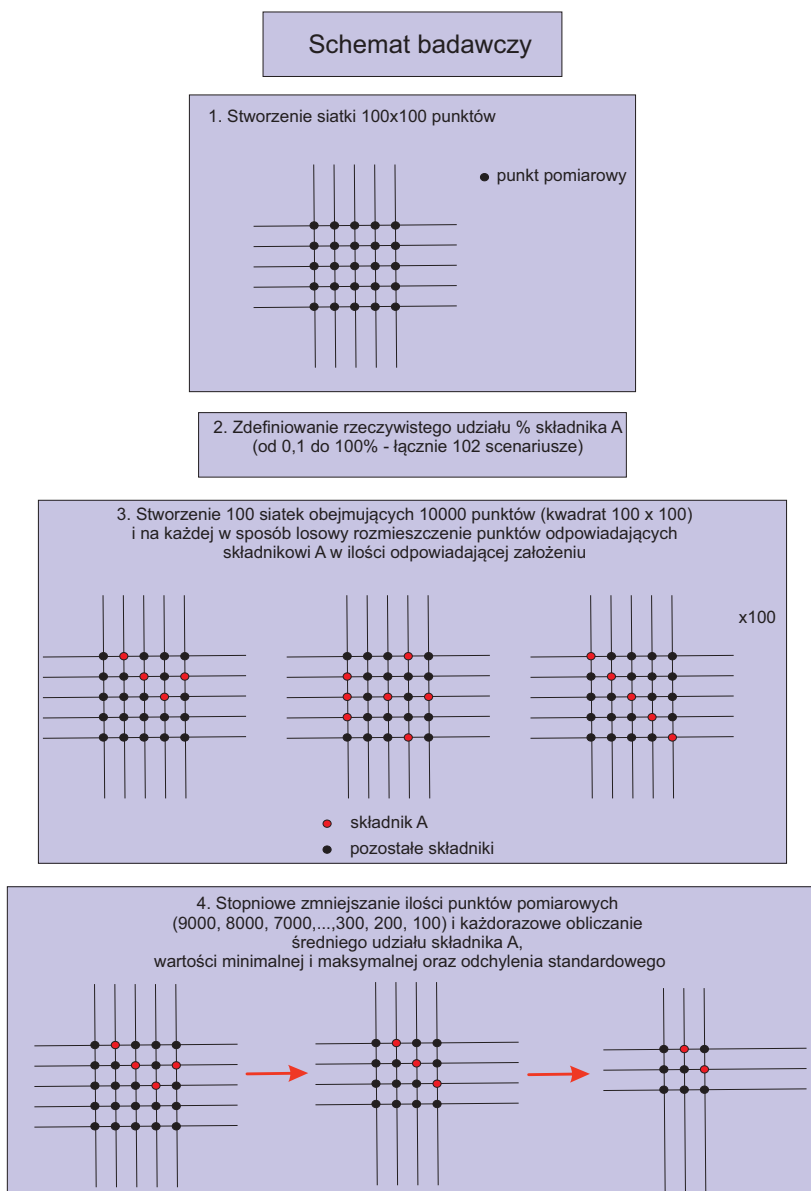
Podstawowym celem niniejszej pracy było sprawdzenie, w jaki sposób wynik analizy planimetrycznej zależy od przyjętej gęstości siatki pomiarowej, co pozwoli na jej dostosowanie do konkretnych sytuacji spotykanych w próbkach geologicznych i optymalizację stosunku dokładności wyniku do czasu analizy. W trakcie badań wykorzystano zarówno modele wirtualne, jak też próbki węgla.

Schemat badawczy

Aby zrealizować założony cel pracy, badania podzielono na dwa etapy – w pierwszym pracowano na modelach, w drugim oparto się na próbkach.

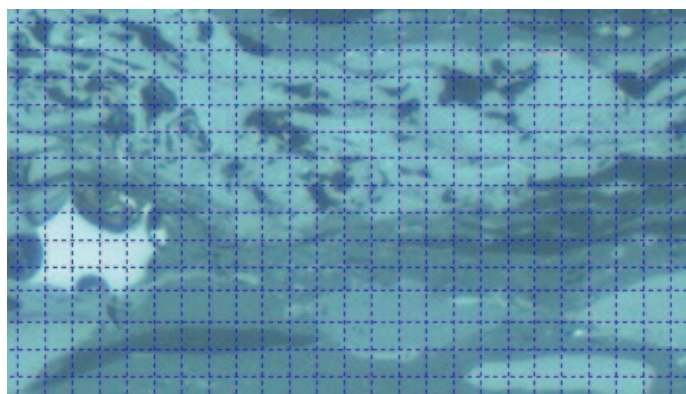
W etapie pierwszym stworzono wirtualną sieć punktów pomiarowych o wymiarach 100 na 100 punktów, co łącznie dawało 10 000 punktów. Po stworzeniu modelu siatki pomiarowej ustalono 102 scenariusze, różniące się zawartością składnika A poddawanego analizie. Była to zawartość na poziomie 0,1%, 0,5% oraz od 1% do 100% (zmieniająca się odpowiednio co 1%). Po ustaleniu zawartości składnika A w każdym z przyjętych scenariuszy przeprowadzono 100 losowań, tak aby układ punktów na siatce pomiarowej odpowiadający składnikowi A był przypadkowy. Finalnie uzyskano zatem 10 200 modeli siatek różniących się udziałem analizowanego składnika A, jak również jego rozmieszczeniem na siatce pomiarowej. Następnie w każdym z 10 200 przypadków zmniejszano liczbę punktów pomiarowych z pierwotnych 10 000 do kolejno: 9000, 8000, 7000, 6000, 5000, 4000, 3000, 2000, 1000, 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200 i 100 i obliczano zmodyfikowany udział składnika A. Uzyskane wyniki przeanalizowano. Schemat pracy na modelach prezentuje rysunek 1.

W etapie drugim wykonano 3 fotografie fragmentów węgla w 500-krotnym powiększeniu. Choć każda z fotografii prezentowała jedynie część preparatu, na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto jednak, że jest to reprezentatywny obraz całej próbki. Na wykonane zdjęcia narzucono siatkę pomiarową o wymiarach 100 na 100 punktów, a zatem taką samą jak użyta w etapie 1. Każdy z 10 000 punktów został opisany nazwą macerału, jaki się pod nim znajdował. Uzyskane wyniki pozwoliły na określenie składu macerałowego. Następnym krokiem było stopniowe zmniejszanie liczby punktów pomiarowych. Gęstość punktów zmniejszano tak, by odległość pomiędzy



Rys. 1. Schemat pracy na stworzonych modelach

Fig. 1. Scheme of work on the created models



Rys. 2. Fragment próbki A z narzuconą siatką pomiarową

Fig. 2. Sample A fragment with measuring grid

poszczególnymi punktami zarówno w pionie, jak i w poziomie była równa i by obszar objęty analizą był możliwie najbardziej

zbliżony do obszaru objętego oryginalną siatką, opartą na 10 000 punktów. Każdorazowo obliczano udział macerałowy. Otrzymane wyniki przeanalizowano. Fragment zdjęcia z narzuconą siatką pomiarową zaprezentowano na rysunku 2.

Wyniki analizy na modelach

Szczegółowe wyniki modelowań ze względu na znaczny rozmiar tabel i ich liczbę nie mogły być zaprezentowane w niniejszej publikacji. W takiej sytuacji zdecydowano się zaprezentować jedynie zbiorcze zestawienie i podsumowanie uzyskanych danych.

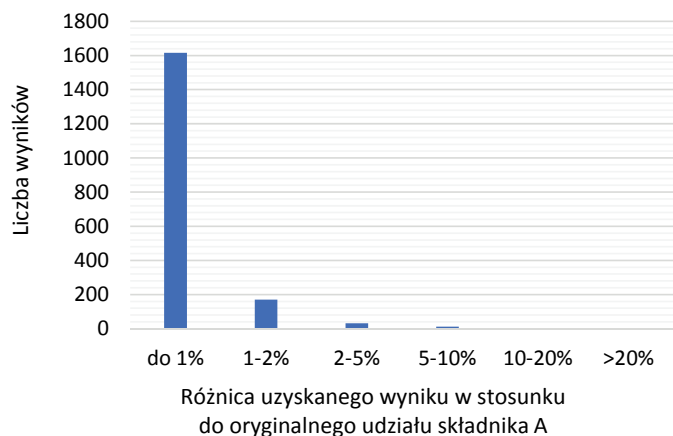
Przeanalizowano otrzymane średni, minimalny i maksymalny udział składnika A ze 100 losowań dla wszystkich przyjętych scenariuszy (18 siatek o różnej gęstości punktów – od 100 do 9000 i 102 oryginalnie założone udziały – od 0,1% do 100% – łącznie 1836 różnych wariantów). Uzyskane wartości średniego udziału składnika A w większości przypadków jedynie nieznacznie różniły się od pierwotnie założonego udziału. W 88% przypadków różnice te nie przekraczają 1% udziału pierwotnego. Szczegóły przedstawiono na rysunku 3. Największe różnice obserwuje się wraz z obniżającą się liczbą punktów pomiarowych i jednocześnie niższą oryginalną zawartością składnika A (rys. 4). Jest to trend obecny we wszystkich omawianych wynikach.

O ile różnice pomiędzy oryginalną zawartością składnika A a jego średnią zawartością, wyliczoną ze 100 losowań w każdym ze 102 scenariuszy, są przeważnie bardzo zbliżone, to nie można tego powiedzieć ani o jego udziałach minimalnych, ani maksymalnych – tu obserwowana jest zmienność w szerszym przedziale. Mianowicie uzyskane wartości minimalne w stosunku do oryginalnie założonych różnią się najczęściej (45,6% przypadków) o 2% do 10%. Dodatkowo w 36 przypadkach w ogóle nie wykazano obecności składnika A. Wśród uzyskanych wartości maksymalnych 71,3% wyników wskazuje na różnice rzędu 1–10% w stosunku do oryginalnego udziału składnika A. Szczegóły dotyczące wartości minimalnych i maksymalnych przedstawiają tabele 1 i 2.

Przedstawione wyniki dostarczyły informacji o zakresie zmienności w stosunku do pierwotnego udziału składnika. Kolejnym krokiem było zbadanie, w jakich warunkach uzyskany wynik odpowiadać będzie oczekiwaniom co do otrzymanego rezultatu pod kątem jego dokładności. Oczekiwania

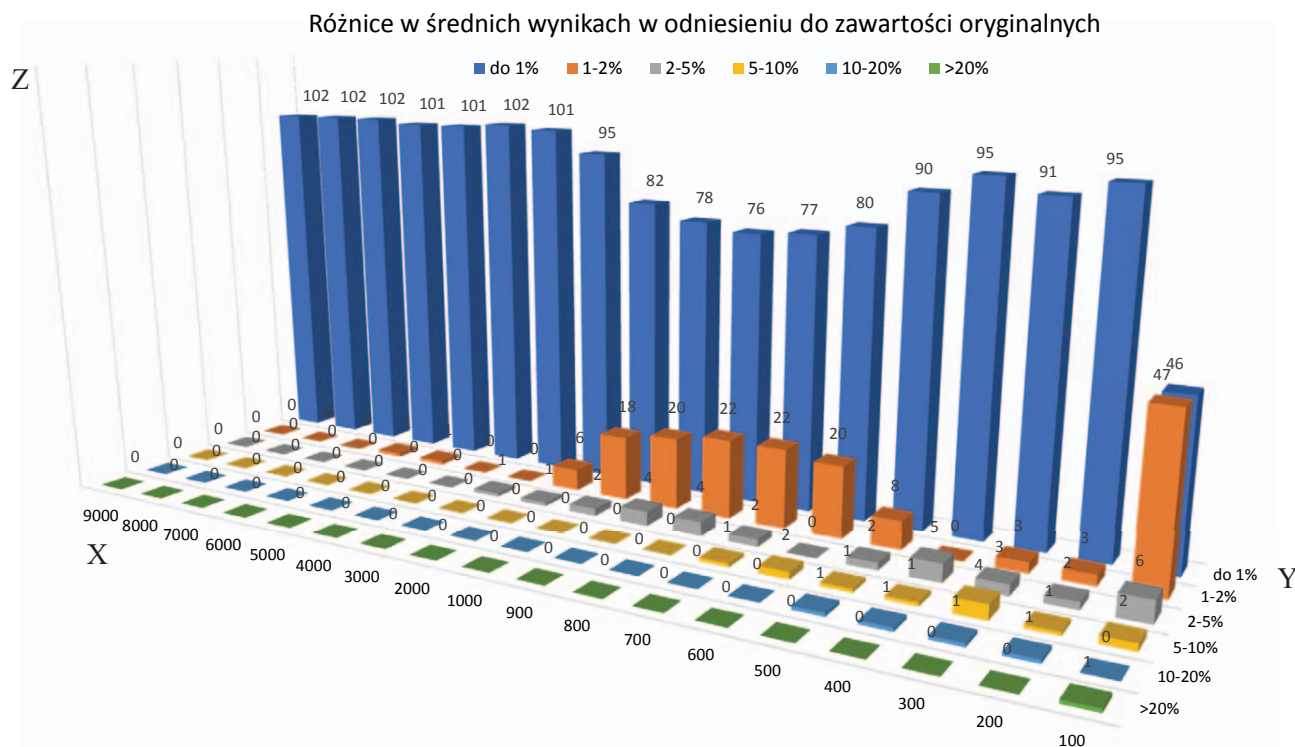
te są oczywiście zależne od celów, w których analiza została przeprowadzona. Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto, że kryterium akceptacji uzyskanego wyniku analizy planimetrycznej jest zawartość składnika A różniąca się

od jego rzeczywistej zawartości (udziału opartego na siatce 10 000 punktów) o maksymalnie 5%, 10% lub 30% wartości oryginalnej. Przeanalizowano udział wyników, które spełniają kryteria akceptowalności zarówno w obrębie poszczególnych gęstości siatek pomiarowych (tab. 3), jak też pod kątem założonych udziałów składnika A (tab. 4). Bardzo wysoki udział akceptowalnych wyników (99–100%) obserwowany jest w przypadku siatki opartej na 9000 punktów. Dalsze zmniejszanie gęstości siatki pomiarowej skutkuje zmniejszeniem udziału wyników o akceptowalnym odchyleniu od udziału składnika A opartego na siatce 10 000 punktów. Najniższy udział akceptowalnych wyników obserwuje się w przypadku siatki opartej na zaledwie 100 punktach, gdzie przekroczenie granicy 90% wyników akceptowalnych jest możliwe jedynie w efekcie zwiększenia progu akceptacji do 30% różnicy w uzyskanych wartościach w stosunku do oryginalnych zawartości składnika A. Przy zachowaniu warunku akceptacji na poziomie 5% różnicy – próg 90% akceptowalnych wyników osiągnięty jest dopiero po przekroczeniu 2000 punktów pomiarowych. Istnieje również wyraźny związek pomiędzy udziałem wyników akceptowalnych a założoną zawartością składnika A. Udział ten generalnie spada wraz ze spadkiem założonego udziału składnika A – aż do poziomu 16% przy oryginalnym udziale 0,1%.



Rys. 3. Liczba wyników charakteryzujących się średnimi różnicami zawartości składnika A w zadanych przedziałach, wyliczonymi na podstawie zredukowanej liczby punktów pomiarowych w odniesieniu do jego oryginalnej zawartości

Fig. 3. Number of results characterized by differences of the average content of component A in the given intervals, calculated on the basis of a reduced number of measurement points in relation to its original content



Rys. 4. Liczba wyników o uzyskanych różnicach wartości średnich (ze 100 losowań) w zdefiniowanych przedziałach w odniesieniu do liczby punktów siatki. Oś X – liczba punktów pomiarowych; oś Y – różnica w stosunku do założonego udziału składnika A; oś Z – liczba wyników

Fig. 4. Number of results with differences in the obtained average values (100 combinations) in the defined intervals in relation to the number of grid points. X axis – number of measurement points; Y axis – difference in relation to the assumed content of component A; Z axis – number of results

Wyniki oparte na identyfikacji 10 000 punktów zaprezentowano w tabeli 5. Choć we wszystkich przebadanych próbkach zidentyfikowano macerały z trzech podstawowych grup – wityrynytu, liptynytu i inertynyty, to dostrzegalne są różnice w udziale poszczególnych składników.

Próbka A (rys. 5) charakteryzuje się dominacją macerałów grupy wityrynytu – kolotelinytu (58% obj.) i detrowityrynytu (26% obj.). Drugą pod kątem udziału jest grupa inertynytytu, zdominowana przez semifuzynit (7% obj.) oraz w mniejszym stopniu przez fuzynit (2% obj.). Pozostałe macerały tej

Tabela 1. Liczba wyników o różnicach w wartościach minimalnych w stosunku do oryginalnych zawartości składnika A w zadanych przedziałach w odniesieniu do liczby punktów siatki pomiarowej

Table 1. Number of results with differences in minimum values in relation to the original contents of component A in the given ranges in relation to the number of points in the measuring grid

		Liczba punktów siatki pomiarowej																	
		9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2000	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100
Różnice w stosunku do oryginalnych zawartości składnika A	do 1%	64	47	29	22	15	9	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	1–2%	21	20	34	32	26	19	17	13	2	2	3	3	3	3	3	1	0	0
	2–5%	12	25	26	31	41	54	53	42	26	23	19	14	15	19	13	10	6	1
	5–10%	3	7	8	10	13	5	15	24	34	34	41	41	38	37	29	35	20	13
	10–20%	1	2	3	4	4	11	8	13	21	20	16	17	18	16	27	25	43	41
	20–50%	1	1	1	3	2	3	3	5	14	18	19	22	22	18	21	22	23	27
	>50%	0	0	1	0	1	0	1	1	2	1	1	2	3	5	5	2	3	13
	n.o.	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	6	6	6

n.o. – brak składnika w obrębie punktów siatki pomiarowej

Tabela 2. Liczba wyników o różnicach w wartościach maksymalnych w stosunku do oryginalnych zawartości składnika A w zadanych przedziałach w odniesieniu do liczby punktów siatki pomiarowej

Table 2. Number of results with differences in maximum values in relation to the original contents of component A in the given ranges in relation to the number of points in the measuring grid

		Liczba punktów siatki pomiarowej																	
		9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2000	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100
Różnice w stosunku do oryginalnych zawartości składnika A	do 1%	55	46	30	17	22	13	8	6	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
	1–2%	29	24	32	34	30	24	15	11	7	5	5	5	2	2	2	2	1	1
	2–5%	14	25	30	35	34	37	48	28	27	31	29	21	20	20	18	17	9	4
	5–10%	2	4	6	10	10	22	16	40	38	33	34	44	41	37	37	10	25	12
	10–20%	2	2	2	3	2	2	9	11	16	18	17	17	27	27	24	45	22	21
	20–50%	0	1	2	3	3	3	5	2	7	8	11	10	6	8	13	17	29	42
	>50%	0	0	0	0	1	1	1	4	5	5	4	4	5	7	7	10	15	21

Tabela 3. Udział procentowy wyników akceptowalnych w odniesieniu do przyjętych kryteriów akceptacji wyniku oraz liczby punktów siatki

Table 3. Content of acceptable results in relation to acceptance criteria and number of grid points

Limit różnicy	Liczba punktów pomiarowych								
	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2000	1000
do 5%	98,89	98,39	97,37	96,68	95,35	94,94	92,36	89,66	81,33
do 10%	99,30	99,19	98,93	98,50	98,16	97,84	97,02	96,11	93,02
do 30%	99,97	99,95	99,89	99,75	99,59	99,61	99,10	98,97	98,59
Limit różnicy	Liczba punktów pomiarowych								
	900	800	700	600	500	400	300	200	100
do 5%	79,88	78,34	77,27	74,95	73,05	69,55	64,12	55,59	45,94
do 10%	91,14	90,16	90,16	89,43	88,33	86,87	82,83	78,47	68,58
do 30%	98,25	98,19	97,59	96,95	97,07	96,51	94,84	94,60	91,16

grupy (makrynit, mikrynit, inertodetrynit) stanowią łącznie ok. 1% obj. wszystkich obserwowanych macerałów. Najmniej liczna jest tu grupa liptynit, którą reprezentuje w głównej mierze sporynit (4% obj.), a kutynit i liptodetrynit występują podrzędnie. Obok macerałów obecna jest również substancja mineralna (1% obj.).

Próbka B (rys. 6), podobnie jak to było w przypadku próbki A, zdominowana jest przez macerały grupy wityrnytu, a konkretnie przez detrowitynit (47% obj.). Kolotelinit jest tu nieobecny.

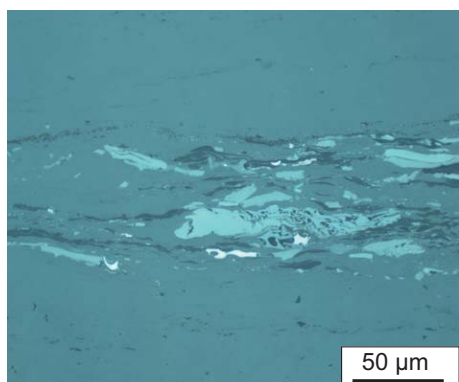
Wysoki udział ma również grupa inertynitu, w której obrębie zawartości poszczególnych macerałów są zbliżone. Wyróżnia się tu fuzynit (9% obj.), semifuzynit (8% obj.), mikrynit (7% obj.) i inertodetrynit (5% obj.). Udział macerałów grupy liptynitu także jest znaczny. Obserwuje się tu głównie sporynit (24% obj.) oraz znacznie mniej liczny liptodetrynit (1% obj.).

Próbka C (rys. 7), odmiennie w stosunku do poprzednich próbek, zdominowana jest przez macerały grupy inertynitu, głównie mikrynit (22% obj.), inertodetrynit (12% obj.)

Tabela 4. Udział procentowy wyników akceptowalnych w odniesieniu do założonych udziałów składnika A

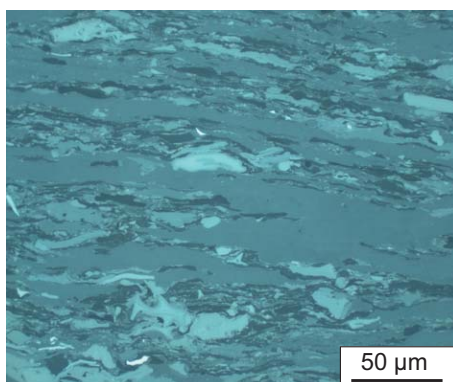
Table 4. Content of acceptable results in relation to content of component A

Udział procentowy	Limit różnicy			Udział procentowy	Limit różnicy			Udział procentowy	Limit różnicy		
	do 5%	do 10%	do 30%		do 5%	do 10%	do 30%		do 5%	do 10%	do 30%
0,10	16,33	16,33	37,39	33,00	79,89	94,83	99,83	67,00	93,17	99,28	100,00
0,50	22,22	32,44	58,39	34,00	80,72	95,00	100,00	68,00	93,94	99,17	100,00
1,00	31,56	45,44	73,22	35,00	81,44	95,06	100,00	69,00	94,28	99,28	100,00
2,00	36,67	53,61	80,17	36,00	81,67	95,17	100,00	70,00	94,22	99,61	100,00
3,00	39,89	57,33	86,00	37,00	82,22	95,17	100,00	71,00	94,28	99,61	100,00
4,00	44,67	61,33	89,33	38,00	82,39	95,22	100,00	72,00	94,33	99,50	100,00
5,00	48,17	66,67	91,61	39,00	82,28	95,39	100,00	73,00	94,17	99,50	100,00
6,00	49,72	67,44	92,56	40,00	85,11	96,33	100,00	74,00	94,67	99,44	100,00
7,00	50,83	68,67	95,61	41,00	85,17	96,61	100,00	75,00	94,33	99,61	100,00
8,00	52,94	70,94	96,22	42,00	84,61	96,50	100,00	76,00	94,56	99,61	100,00
9,00	52,89	72,56	96,50	43,00	84,83	96,50	100,00	77,00	94,28	99,61	100,00
10,00	57,67	79,06	98,17	44,00	84,61	96,11	100,00	78,00	94,89	99,61	100,00
11,00	57,94	76,22	97,44	45,00	85,61	96,83	100,00	79,00	95,06	99,61	100,00
12,00	58,56	75,94	97,89	46,00	85,39	97,11	100,00	80,00	97,50	99,78	100,00
13,00	59,06	77,28	97,72	47,00	85,89	97,39	100,00	81,00	97,56	99,89	100,00
14,00	59,28	78,61	98,72	48,00	85,83	97,11	100,00	82,00	97,94	99,89	100,00
15,00	61,56	82,61	98,72	49,00	86,89	97,06	100,00	83,00	98,22	99,94	100,00
16,00	64,17	83,61	98,44	50,00	88,17	98,06	100,00	84,00	98,17	99,94	100,00
17,00	64,39	83,78	99,06	51,00	88,44	98,11	100,00	85,00	98,17	99,94	100,00
18,00	66,56	85,50	99,00	52,00	87,72	97,83	100,00	86,00	98,50	99,94	100,00
19,00	66,72	86,44	99,06	53,00	87,67	98,00	100,00	87,00	98,83	99,94	100,00
20,00	72,39	89,22	99,44	54,00	87,61	97,72	100,00	88,00	99,11	100,00	100,00
21,00	72,00	89,61	99,44	55,00	88,22	97,94	100,00	89,00	99,17	100,00	100,00
22,00	71,28	89,50	99,50	56,00	87,94	97,89	100,00	90,00	99,33	100,00	100,00
23,00	73,06	90,06	99,44	57,00	89,11	98,33	100,00	91,00	99,39	100,00	100,00
24,00	73,28	90,72	99,61	58,00	88,67	98,44	100,00	92,00	99,50	100,00	100,00
25,00	73,56	92,11	99,67	59,00	88,22	98,17	100,00	93,00	99,33	100,00	100,00
26,00	75,50	93,00	99,72	60,00	91,17	98,67	100,00	94,00	99,72	100,00	100,00
27,00	76,22	92,61	99,72	61,00	90,50	98,67	100,00	95,00	99,83	100,00	100,00
28,00	76,67	93,11	99,78	62,00	90,56	98,78	100,00	96,00	99,94	100,00	100,00
29,00	76,56	92,33	99,78	63,00	91,28	98,94	100,00	97,00	99,89	100,00	100,00
30,00	79,72	94,44	99,78	64,00	91,56	98,83	100,00	98,00	99,94	100,00	100,00
31,00	79,83	94,56	99,78	65,00	92,11	99,06	100,00	99,00	100,00	100,00	100,00
32,00	79,83	94,56	99,83	66,00	92,78	99,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00



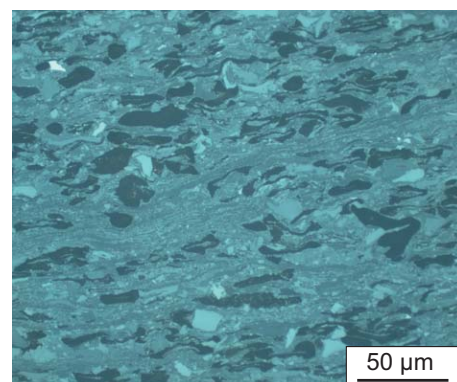
Rys. 5. Obszar próbki A poddany analizie planimetrycznej

Fig. 5. Investigated area of sample A



Rys. 6. Obszar próbki B poddany analizie planimetrycznej

Fig. 6. Investigated area of sample B



Rys. 7. Obszar próbki C poddany analizie planimetrycznej

Fig. 7. Investigated area of sample C

i semifuzynit (9% obj.), natomiast fuzynit ma tu wyraźnie niższy udział (1% obj.). Drugą pod względem udziału grupą macerałów jest grupa liptynit, w której obrębie wyróżnia się bardzo liczny sporynit (30% obj.) oraz zdecydowanie rzadziej obserwowany kutynit (<1% obj.) i liptodetrynit (1% obj.). Najmniejszy udział ma grupa macerałów wityrnytu, reprezentowana przez detrowitynit (25% obj.).

Tabele 6–8 obrazują zmianę zawartości poszczególnych macerałów wraz ze zmianą gęstości siatki pomiarowej – od 10 000 do 144 punktów. Z kolei tabele 9–11 prezentują różnice w otrzymanych wynikach w stosunku do zawartości poszczególnych składników wyliczonych na podstawie siatki opartej na 10 000 punktów. Podobnie jak to było w przypadku wyników uzyskanych z modeli, tak i tutaj widoczny jest trend zmniejszenia dokładności wraz ze zmniejszeniem gęstości punktów pomiarowych.

Tabela 5. Wyniki analizy planimetrycznej opartej na 10 000 punktów

Table 5. Results of a 10 000-point planimetric analysis

		Próbka A	Próbka B	Próbka C
Wityrnyit	Kolotelinit	58,24	0,00	0,00
	Detrowityrnyit	26,26	47,51	24,56
Liptynit	Sporynit	3,78	23,56	30,09
	Kutynit	0,29	0,00	0,48
	Liptodetrynit	0,11	0,92	0,96
Inertynit	Fuzynit	2,08	8,99	1,41
	Semifuzynit	7,06	7,62	8,74
	Makrynit	0,02	0,00	0,00
	Mikrynit	0,29	6,78	22,08
	Inertodetrynit	0,76	4,62	11,63
Minerały		1,11	0,00	0,04

Tabela 6. Udział procentowy poszczególnych składników próbki A w odniesieniu do liczby punktów siatki planimetrycznej

Table 6. Content of individual components of sample A in relation to the number of grid points

	Liczba punktów siatki								
	10 000	2500	1156	625	400	289	225	169	144
Kolotelinit	58,24	57,92	58,56	59,52	56,00	58,13	60,00	60,95	65,28
Detrowityrnyit	26,26	26,40	26,47	24,64	27,75	29,41	28,89	21,89	20,14
Sporynit	3,78	3,56	3,29	3,52	4,25	1,38	1,78	3,55	2,08
Kutynit	0,29	0,24	0,61	0,32	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00
Liptodetrynit	0,11	0,12	0,09	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
Fuzynit	2,08	1,92	2,34	2,08	2,75	1,73	0,89	1,18	0,69
Semifuzynit	7,06	7,56	6,92	7,20	8,00	7,61	7,11	8,28	10,42
Makrynit	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mikrynit	0,29	0,36	0,17	0,32	0,00	0,00	0,00	1,18	0,00
Inertodetrynit	0,76	0,92	0,61	1,12	0,50	0,35	0,89	0,59	1,39
Minerały	1,11	1,00	0,95	1,28	0,50	1,04	0,44	2,37	0,00

Tabela 7. Udział procentowy poszczególnych składników próbki B w odniesieniu do liczby punktów siatki planimetrycznej
Table 7. Content of individual components of sample B in relation to the number of grid points

	Liczba punktów siatki								
	10 000	2500	1156	625	400	289	225	169	144
Detrowitrynit	47,51	47,73	47,99	48,00	47,12	50,55	46,22	47,34	43,36
Sporynit	23,56	23,19	23,73	23,52	24,06	21,40	23,11	20,71	27,97
Liptodetrynit	0,92	0,61	0,80	0,64	1,00	0,74	0,00	1,78	0,70
Fuzynit	8,99	8,70	8,74	8,96	9,02	8,12	8,00	8,88	4,20
Semifuzynit	7,62	7,23	8,30	6,24	7,27	7,38	8,44	9,47	11,89
Mikrynit	6,78	7,55	6,60	8,00	6,52	7,38	7,56	8,88	9,09
Inertodetrynit	4,62	4,98	3,84	4,64	5,01	4,43	6,67	2,96	2,80

Tabela 8. Udział procentowy poszczególnych składników próbki C w odniesieniu do liczby punktów siatki planimetrycznej
Table 8. Content of individual components of sample C in relation to the number of grid points

	Liczba punktów siatki								
	10 000	2500	1156	625	400	289	225	169	144
Detrowitrynit	24,56	28,22	26,23	28,00	22,69	29,76	23,33	28,85	37,14
Sporynit	30,09	29,08	32,13	25,14	29,41	27,38	25,00	21,15	31,43
Kutynit	0,48	0,43	0,66	1,14	0,84	1,19	1,67	1,92	2,86
Liptodetrynit	0,96	1,29	0,98	2,86	0,84	1,19	1,67	3,85	2,86
Fuzynit	1,41	1,00	1,31	1,71	1,68	2,38	0,00	1,92	0,00
Semifuzynit	8,74	9,46	9,84	9,71	10,92	13,10	16,67	11,54	11,43
Mikrynit	22,08	20,20	19,67	22,29	22,69	15,48	20,00	23,08	8,57
Inertodetrynit	11,63	10,17	9,18	9,14	10,92	9,52	11,67	7,69	5,71
Minerały	0,04	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 9. Różnica procentowa zawartości poszczególnych składników wyliczonej na podstawie zmniejszonej liczby punktów pomiarowych w stosunku do wartości oryginalnej. Próbką A

Table 9. The difference (%) of the content of individual components calculated on the basis of the reduced number of measurement points in relation to the original content. Sample A

	Liczba punktów siatki							
	2500	1156	625	400	289	225	169	144
Kolotelinit	0,5	0,6	2,2	3,8	0,2	3,0	4,6	12,1
Detrowitrynit	0,5	0,8	6,2	5,7	12,0	10,0	16,6	23,3
Sporynit	5,8	13,0	6,9	12,4	63,4	53,0	6,1	44,9
Kutynit	17,2	108,8	10,3	n.o.	19,3	n.o.	n.o.	n.o.
Liptodetrynit	9,1	21,4	n.o.	127,3	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Fuzynit	7,7	12,3	0,0	32,2	16,8	57,3	43,1	66,6
Semifuzynit	7,1	2,0	2,0	13,3	7,8	0,7	17,3	47,5
Makrynit	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Mikrynit	24,1	40,3	10,3	n.o.	n.o.	n.o.	308,1	n.o.
Inertodetrynit	21,1	20,3	47,4	34,2	54,5	17,0	22,1	82,7
Minerały	9,9	14,3	15,3	55,0	6,5	60,0	113,2	n.o.

n.o. – nie obserwowano

Tabela 10. Różnica procentowa zawartości poszczególnych składników wyliczonej na podstawie zmniejszonej liczby punktów pomiarowych w stosunku do wartości oryginalnej. Próbką B

Table 10. The difference (%) of the content of individual components calculated on the basis of the reduced number of measurement points in relation to the original content. Sample B

	Liczba punktów siatki							
	2500	1156	625	400	289	225	169	144
Detrowitrynit	0,5	1,0	1,0	0,8	6,4	2,7	0,4	8,7
Sporynit	1,6	0,7	0,2	2,1	9,2	1,9	12,1	18,7
Liptodetrynit	33,4	12,7	30,4	9,0	19,8	n.o.	93,0	24,0
Fuzynit	3,3	2,8	0,3	0,4	9,7	11,0	1,3	53,3
Semifuzynit	5,2	8,9	18,1	4,6	3,1	10,8	24,2	56,0
Mikrynit	11,4	2,6	18,0	3,9	8,9	11,4	30,9	34,1
Inertodetrynit	7,8	17,0	0,4	8,5	4,2	44,3	36,0	39,5

n.o. – nie obserwowano

Tabela 11. Różnica procentowa zawartości poszczególnych składników wyliczonej na podstawie zmniejszonej liczby punktów pomiarowych w stosunku do wartości oryginalnej. Próbką C

Table 11. The difference (%) of the content of individual components calculated on the basis of the reduced number of measurement points in relation to the original content. Sample C

	Liczba punktów siatki							
	2500	1156	625	400	289	225	169	144
Detrowitrynit	14,9	6,8	14,0	7,6	21,2	5,0	17,4	51,2
Sporynit	3,3	6,8	16,4	2,2	9,0	16,9	29,7	4,5
Kutynit	10,8	36,1	137,3	74,5	147,2	246,0	299,3	493,2
Liptodetrynit	33,8	2,1	196,6	12,8	23,6	73,0	299,3	196,6
Fuzynit	28,8	6,9	21,8	19,4	69,1	n.o.	36,6	n.o.
Semifuzynit	8,1	12,5	11,1	24,9	49,8	90,6	32,0	30,7
Mikrynit	8,5	10,9	0,9	2,7	29,9	9,4	4,5	61,2
Inertodetrynit	12,6	21,1	21,4	6,1	18,1	0,3	33,9	50,9
Minerały	286,7	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.

n.o. – nie obserwowano

W tabeli 12 przedstawiono udział procentowy wyników spełniających założone kryteria akceptacji (różnica w stosunku do zawartości składnika wyliczonej na podstawie siatki 10 000 punktów nie większa niż 5%, 10% lub 30% oryginalnej zawartości). W tabeli tej zestawiono udziały wszystkich składników próbek A, B i C i ułożono je rosnąco. W takim ujęciu bardzo dobrze widoczna jest tendencja do wzrostu liczby akceptowalnych wyników wraz ze wzrostem udziału badanego składnika oraz ze zwiększeniem progu akceptacji. Podobnych obserwacji dokonano w trakcie prac nad modelami. W przypadku gdy pierwotna zawartość składnika była <1% obj., to stosunkowo często zmniejszenie gęstości siatki pomiarowej skutkowało jego całkowitą eliminacją z wyników składu macerałowego. Mogło również dochodzić do sytuacji odwrotnej – macerał o pierwotnej zawartości <1% odnotowywał zdecydowany wzrost udziału wraz ze spadkiem gęstości siatki pomiarowej – niekiedy do 500% w stosunku do wartości pierwotnej (tab. 11).

Prześlędzono również udział akceptowalnych wyników w odniesieniu do gęstości siatki pomiarowej (tab. 13). Bardzo dobrze widoczny jest tu trend spadku udziału akceptowalnych wyników wraz ze spadkiem gęstości siatki oraz z obniżaniem przyjętych limitów akceptacji.

Aby lepiej uchwycić związek pomiędzy progiem akceptacji wyniku, pierwotnym udziałem analizowanego macerału a gęstością siatki pomiarowej, dane te zestawiono w tabeli 14.

Podsumowanie

Zaprezentowane wyniki rzucają nowe światło na panującą dotąd opinię, że zwiększanie gęstości siatki pomiarowej nie wpływa znacząco na uzyskane wyniki z analizy składu macerałowego. Wpływ ten oczywiście istnieje, natomiast jego znaczenie jest tym większe, im mniejszy jest udział analizowanego

macerału w węglu czy też w szerszym kontekście – składnika na powierzchni obserwowanej próbki. Zarówno stworzone modele, jak i badania na próbkach wykazały, że dokładność uzyskiwanych wyników spada wraz ze zmniejszeniem gęstości siatki pomiarowej oraz wraz ze spadkiem udziału

Tabela 12. Udział procentowy wyników spełniających kryteria akceptacji w odniesieniu do pierwotnego udziału poszczególnych składników

Table 12. Content of results that meet the acceptance criteria in relation to the primary content of individual components

Udział procentowy	Limit		
	do 5%	do 10%	do 30%
0,02	0	0	0
0,04	0	0	0
0,11	0	12,5	25,0
0,29	0	0	37,5
0,29	0	0	25,0
0,48	0	0	12,5
0,76	0	0	50,0
0,92	0	12,5	50,0
0,96	12,5	12,5	37,5
1,11	0	25,0	50,0
1,41	0	12,5	50,0
2,08	12,5	25	50,0
3,78	0	37,5	62,5
4,62	25,0	50,0	62,5
6,78	25,0	37,5	75,0
7,06	37,5	62,5	87,5
7,62	25,0	50,0	87,5
8,74	0	12,5	50,0
8,99	62,5	75	87,5
11,63	12,5	25	75
22,08	37,5	62,5	87,5
23,56	62,5	75	100,0
24,56	0	37,5	87,5
26,26	25,0	50,0	100,0
30,09	37,5	62,5	100,0
47,51	75,0	100,0	100,0
58,24	87,5	87,5	100,0

badanego składnika. Co więcej, spadek dokładności ma charakter raczej subtelnej zmiany niż nagłego skoku. Utrudnia to wysoce określenie jednoznacznych kryteriów doboru gęstości sieci pomiarowej w celu uzyskania najlepszego stosunku jakości wyników do czasu analizy. Wydaje się, że ustalenie odpowiednich kryteriów wymaga jasnego określenia priorytetu badawczego. Gdy priorytetem jest dokładność wyników, schemat badawczy mógłby wyglądać następująco:

- przeprowadzenie obserwacji mikroskopowych i oszacowanie udziału poszczególnych składników (macerałów i/lub minerałów);
- ustalenie progu akceptacji wyników;
- zliczenie punktów w takiej liczbie, aby składnik o najmniejszej zawartości miał jak największe szanse na spełnienie limitu akceptowalności – w praktyce będzie to 8000, 9000 lub więcej punktów.

W ten sposób uzyskać można bardzo dokładny wynik, ale kosztem bardzo wydłużonego czasu analizy. Gdy jednak weźmiemy pod uwagę czas przeprowadzenia analizy jako ważny aspekt, wtedy nie pozostaje nic innego jak zmniejszyć gęstości siatki. Dokładność wyniku analizy spadnie, a najbardziej widoczne będzie to w przypadku składników o relatywnie niskim udziale. Często jednak składniki takie nie odgrywają priorytetowej roli, więc istnieje możliwość „dynamicznej” zmiany limitu akceptacji wyników, której próg byłby wyższy dla składników o charakterze akcesorycznym, a niższy dla głównych składników.

Po prześledzeniu wyników uzyskanych z modelowań i przeanalizowaniu, jak udział akceptowalnych wyników (limit 5%) zmienia się wraz z gęstością siatki pomiarowej (rys. 8), wskazać można dwa obszary o stosunkowo wysokiej dynamice zmienności – jest to obszar o gęstości siatki od 100 do 300 punktów (zielony prostokąt na rys. 8), stopniowo poszerzający się do 500 punktów wraz ze spadkiem udziału składnika A (do 30%), oraz obszar o gęstości siatki od 1000 do 2000 punktów (czerwony prostokąt na rysunku 8), gdzie udział akceptowalnych wyników zwiększa się szczególnie wyraźnie dla zawartości składnika A od 1% do 20%.

Wydaje się zatem uzasadnione stwierdzenie, że przystępując do wykonania analizy planimetrycznej, winniśmy wybrać siatkę opartą na 500 punktach pomiarowych jako podstawową.

Tabela 13. Udział procentowy wyników spełniających kryteria akceptacji w odniesieniu do gęstości siatki pomiarowej

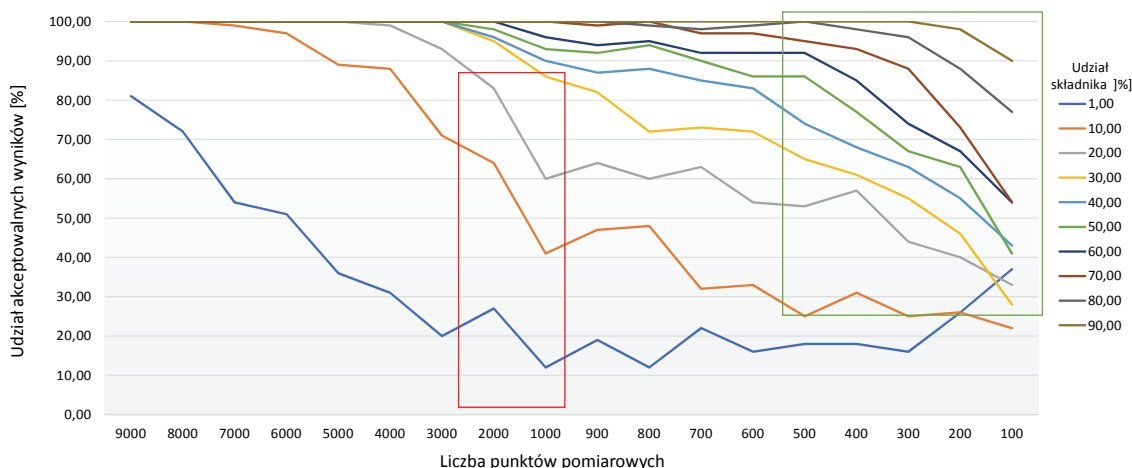
Table 13. Content of results that meet the acceptance criteria in relation to the number of grid points

		Liczba punktów siatki							
		2500	1156	625	400	289	225	169	144
Limit	do 5%	22,22	29,63	29,63	29,63	11,11	18,52	14,81	3,70
	do 10%	55,56	44,44	37,04	48,15	37,04	25,93	18,52	7,41
	do 30%	85,19	81,48	74,07	66,67	66,67	48,15	44,44	22,22

Tabela 14. Wyniki zaakceptowane i odrzucone na podstawie ustalonych kryteriów w odniesieniu do zawartości składników i gęstości siatki pomiarowej
Table 14. Accepted and rejected results, based on established criteria in relation to components' content and grid density

Udział procentowy składnika	Limit 5%															Limit 10%															Limit 30%														
	liczba punktów siatki															liczba punktów siatki															liczba punktów siatki														
	2500	1156	625	400	289	225	169	144	2500	1156	625	400	289	225	169	144	2500	1156	625	400	289	225	169	144	2500	1156	625	400	289	225	169	144													
0,02	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
0,04	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
0,11	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	AKC	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	AKC	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ															
0,29	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
0,29	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
0,48	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
0,76	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
0,92	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
0,96	ODRZ	AKC	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	AKC														
1,11	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
1,41	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
2,08	ODRZ	ODRZ	AKC	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
3,78	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
4,62	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
6,78	ODRZ	AKC	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
7,06	ODRZ	AKC	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
7,62	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
8,74	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
8,99	AKC	AKC	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
11,63	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
22,08	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
23,56	AKC	AKC	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
24,56	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
26,26	AKC	AKC	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
30,09	AKC	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
47,51	AKC	AKC	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														
58,24	AKC	AKC	AKC	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ	ODRZ														

ODRZ – wynik odrzucony; AKC – wynik zaakceptowany



Rys. 8. Udział procentowy akceptowalnych wyników w zależności od liczby punktów pomiarowych i założonego udziału składnika A
Fig. 8. Content of results that meet the acceptance criteria in relation to the number of grid points and original component A content

Jeżeli dalej uznamy, że w próbce obecne są składniki o niższym udziale (do 10–20%) i istnieje potrzeba dokładniejszego odzwierciedlenia ich zawartości, wtedy należy zwiększyć liczbę punktów siatki do około 2000. W próbkach szczególnie istotnych liczbę punktów można swobodnie zwiększyć w porównaniu z przedstawionym zakresem, natomiast próbki zdominowane przez jeden składnik można analizować bez większych błędów, posługując się mniejszą liczbą punktów, np. 300 czy 200.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Dostosowanie metody planimetrycznej do określania składu maceralowego różnych typów węgla* – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW, nr zlecenia: 0049/SG/2020, nr archiwalny: DK-4100-0037/2020.

Literatura

Ayinlaa H.A., Abdullah W.H., Makeen Y.M., Abubakar M.B., Jauro A., Yandoka B.M.S., Abidin N.S.Z., 2017. Petrographic and geochemical characterization of the Upper Cretaceous coal and mudstones of Gombe Formation, Gongola sub-basin, northern Benue trough Nigeria: Implication for organic matter preservation, paleodepositional environment and tectonic settings. *International Journal of Coal Geology*, 180: 67–82. DOI: 10.1016/j.coal.2017.06.010.

Bechtel A., Reischenbacher D., Sachsenhofer R.F., Gratzner R., Lücke A., Püttmann W., 2007. Relations of petrographical and geochemical parameters in the middle Miocene Lavanttal lignite (Austria). *International Journal of Coal Geology*, 70: 325–349. DOI: 10.1016/j.coal.2006.07.002.

Bielowicz B., 2013. Petrographic composition of Polish lignite and its possible use in a fluidized bed gasification process. *International Journal of Coal Geology*, 116–117: 236–246. DOI: 10.1016/j.coal.2013.07.003.

Chalmers G.R.L., Bustin R.M., 2017. A multidisciplinary approach in determining the maceral (kerogen type) and mineralogical composition of Upper Cretaceous Eagle Ford Formation: Impact on pore development and pore size distribution. *International Journal of Coal Geology*, 171: 93–110. DOI: 10.1016/j.coal.2017.01.004.

Dohnalik M., Ziemianin K., 2020. Charakterystyka utworów czerwonego spągowca w aspekcie badań rentgenowskiej mikrotomografii

komputerowej i mikroskopii optycznej. *Nafta-Gaz*, 11: 765–773. DOI: 10.18668/NG.2020.11.01. DOI.

Dwiantoro M., Notosiswoyo S., Anggayana K., Widayat A.H., 2013. Paleoenvironmental Interpretation based on Lithotype and Macerals Variation from Ritan’s Lignite, Upper Kutai Basin, East Kalimantan. *Procedia Earth and Planetary Science*, 2013: 155–162. DOI: 10.1016/j.proeps.2013.01.021.

Gorbanenko O.O., Ligouis B., 2014. Changes in optical properties of liptinite macerals from early mature to post mature stage in Posidonia Shale (Lower Toarcian, NW Germany). *International Journal of Coal Geology*, 133: 47–59. DOI: 10.1016/j.coal.2014.09.007.

Guo Q., Littke R., Sun Y., Zieger L., 2020. Depositional history of low-mature coals from the Puyang Basin, Yunnan Province, China. *International Journal of Coal Geology*, 221: 103428. DOI: 10.1016/j.coal.2020.103428.

Gürdal G., Yalçın M.N., 2001. Pore volume and surface area of the Carboniferous coals from the Zonguldak basin (NW Turkey) and their variations with rank and maceral composition. *International Journal of Coal Geology*, 48: 133–144. DOI: 10.1016/S0166-5162(01)00051-9.

Hou H., Shao L., Li Y., Li Z., Wang S., Zhang W., Wang X., 2017. Influence of coal petrology on methane adsorption capacity of the Middle Jurassic coal in the Yuqia Coalfield, northern Qaidam Basin, China. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 149: 218–227. DOI: 10.1016/j.petrol.2016.10.026.

Hower J.C., Wagner N.J., O’Keefe J.M.K., Drew J.W., Stucker J.D., Richardson A.R., 2012. Maceral types in some Permian southern African coals. *International Journal of Coal Geology*, 100: 93–107. DOI: 10.1016/j.coal.2012.06.007.

Izart A., Sachsenhofer R.F., Privalov V.A., Elie M., Panova E.A., Antsiferov V.A., Alsaab D., Rainer T., Sotirov A., Zdravkov A., Zhykalyak M.V., 2006. Stratigraphic distribution of macerals and biomarkers in the Donets Basin: Implications for paleoecology, paleoclimatology and eustasy. *International Journal of Coal Geology*, 66: 69–107. DOI: 10.1016/j.coal.2005.07.002.

Kruszewska K.J., 2003. Fluorescing macerals in South African coals. *International Journal of Coal Geology*, 54: 79–94. DOI: 10.1016/S0166-5162(03)00025-9.

Lei Z., Wenli L., Dongpo M., 2014. Preparation and coking properties of coal maceral concentrates. *International Journal of Mining Science and Technology*, 24: 93–98. DOI: 10.1016/j.ijmst.2013.12.016.

- Li Y., Cao D., Wu P., Niu X., Zhang Y., 2017. Variation in maceral composition and gas content with vitrinite reflectance in bituminous coal of the eastern Ordos basin, China. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 149: 114–125. DOI: 10.1016/j.petrol.2016.10.018.
- López-Días V., Urbańczyk J., Blanco C.G., Borrego Á.G., 2016. Maceral composition and molecular markers of two condensed Middle Holocene peat profiles in N Spain. *International Journal of Coal Geology*, 168: 55–70. DOI: 10.1016/j.coal.2016.09.009.
- Mastalerz M., Schimmelmann A., Lis G.P., Drobnik A., Stankiewicz A., 2012. Influence of maceral composition on geochemical characteristics of immature shale kerogen: Insight from density fraction analysis. *International Journal of Coal Geology*, 103: 60–69. DOI: 10.1016/j.coal.2012.07.011.
- Meher J., Das D., Samal A.K., Misra K.P., 2019. Role of Maceral Composition on the Formulation of Concentrated Coal-Water Slurry Using a Natural Surfactant. *Materialstoday: Proceedings*, 9: 542–550. DOI: 10.1016/j.matpr.2018.10.374.
- Pan J., Meng Z., Hou Q., Ju Y., Cao Y., 2013. Coal strength and Young's modulus related to coal rank, compressional velocity and maceral composition. *Journal of Structural Geology*, 54: 129–135. DOI: 10.1016/j.jsg.2013.07.008.
- Rimmer S.M., Rowe H.D., Taulbee D.N., Hower J.C., 2006. Influence of maceral content on $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ in a Middle Pennsylvanian coal. *Chemical Geology*, 225: 77–90. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2005.08.012.
- Rojas G., Patricia O., Blandón A., Perea C., Mastalerz M., 2020. Petrographic characterization, variations in chemistry, and paleoenvironmental interpretation of Colombian coals. *International Journal of Coal Geology*, 227: 103516. DOI: 10.1016/j.coal.2020.103516.
- Ziemianin K., 2020. Characteristics of dispersed organic matter in selected lithostratigraphic divisions within the Skole Unit (Carpathian Mts., SE Poland). *Nafta-Gaz*, 10: 669–678. DOI: 10.18668/NG.2020.10.01.
- Životić D., Stojanović K., Gržetić I., Jovančićević B., Cvetković O., Šajnović A., Simić V., Stojaković R., Scheeder G., 2013. Petrological and geochemical composition of lignite from the D field, Kolubara basin (Serbia). *International Journal of Coal Geology*, 111: 5–22. DOI: 10.1016/j.coal.2012.10.014.

Akty prawne i dokumenty normatywne

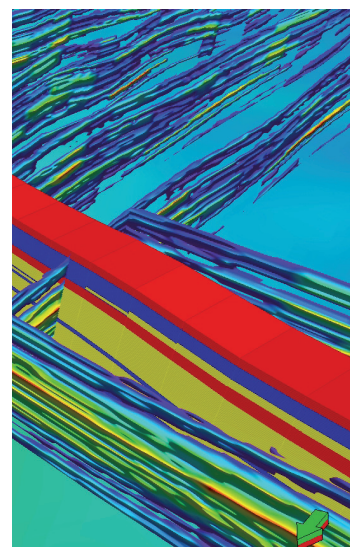
- ASTM D2799-13 Standard Test Method for Microscopical Determination of the Maceral Composition of Coal.
- ASTM E562-19 Standard Test Method for Determining Volume Fraction by Systematic Manual Point Count.



Mgr Konrad ZIEMIANIN
Adiunkt w Zakładzie Geologii i Geochemii
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: konrad.ziemianin@inig.pl

OFERTA BADAWCZA ZAKŁADU GEOLOGII I GEOCHEMII

- petrofizyczne analizy laboratoryjne: gęstość, porowatość, parametry przestrzeni porowej, analizy przepuszczalności, analiza mikro i makro szczelinowości na płytkach cienkich i fragmentach rdzeni, petrograficzna ocena składu mineralnego, procesów diagenetycznych, analiza rozmieszczenia i geometrii przestrzeni porowej na podstawie płytek cienkich, przepływy fazowe, zwilżalność, ściślność;
- geochemiczne analizy laboratoryjne: ocena składu maceratowego i refleksyjności wityrnytu, piroliza Rock-Eval (oznaczenie zawartości TOC, wolnych węglowodorów, węgla rezydualnego), określenie potencjału węglowodorowego skał macierzystych, analiza elementarna węglowodorów i kerogenu (C,H,N,S, współczynniki H/C i O/C), skład chemiczny i izotopowy gazów, badania gazu wolnego (desorbowanego) i resztkowego, badania ekstrahowalnej substancji organicznej oraz analiza składu grupowego, analiza biomarkerów GC-MS (frakcja nasycona i aromatyczna, analiza GC-FID frakcji nasyconej), korelacja rop ze skałami macierzystymi;
- modelowanie geologiczne 3D złóż i obszarów poszukiwawczych: interpretacja danych geofizyki wiertniczej (petrofizyczna, geochemiczna, geomechaniczna, szczelinowości), modelowanie strukturalne, facjalne i parametrów petrofizycznych z wykorzystaniem danych otworowych i sejsmicznych, modelowanie geomechaniczne, obliczanie zasobów na bazie modeli 3D złóż wraz z analizą niepewności;
- sedimentologia dla geologii naftowej: analizy sedimentologiczne rdzeni wiertniczych, analizy środowisk depozycyjnych facji osadowych, stratygrafia sekwencji, analizy sedimentologiczne odstępów powierzchniowych oraz ich integracja z danymi otworowymi (rdzenie, pomiary geofizyki otworowej) i sejsmicznymi, dystrybucja rozkładu facji w basenach sedimentacyjnych, predykcja występowania ciał zbiornikowych i ich orientacja przestrzenna w skali basenu sedimentacyjnego;
- modelowanie 1D/2D/3D systemów naftowych: odtwarzanie ewolucji strukturalnej, termicznej i parametrycznej basenu sedimentacyjnego w skali czasu geologicznego, rekonstrukcja czasu i przebiegu procesów generowania i ekspulsji węglowodorów, modelowanie dróg migracji węglowodorów i miejsc ich akumulacji, ocena zasobów prognostycznych, analiza niepewności, ranking obiektów poszukiwawczych;
- zintegrowana platforma: Petrel, PetroMod, Techlog, Interactive Petrophysics, ProGeo, Petrel Reservoir Geomechanics (Visage).



Kierownik: dr inż. Grzegorz Leśniak Adres: ul. Lubicz 25 A, 31-503 Kraków
Telefon: 12 617 76 87 Faks: 12 430 38 85 E-mail: grzegorz.lesniak@inig.pl

 INSTYTUT NAFTY I GAZU
– Państwowy Instytut Badawczy