

# Zastosowanie analizy przestrzennej do oceny jakości kopaliny na przykładzie wybranych złóż torfów leczniczych północnej Polski

Barbara Kielczawa<sup>1</sup>, Michał Kamiński<sup>2</sup>



B. Kielczawa



M. Kamiński

**The use of spatial analysis in the study of mineral quality exemplified by selected medicinal peats of northern Poland.** *Prz. Geol.*, 66: 569–577; doi: 10.7306/2018.7

*Abstract.* The article presents the results of the analysis of selected physicochemical parameters of medicinal peats extracted in northern Poland. For the purpose of this study the statistical analysis was performed for samples from documentation and operation periods. In addition, the spatial distribution analysis was done for average samples (using the Surfer14). The content of organic components in the dry matter and the sedimentary volume from the Wieniec B and Bronowo deposits was determined. Analysis of the spatial distribution of parameters facilitates the location of deposit with the best or inferior parameters, and thus enabling us to plan the rational utilization of extracted peat.

**Keywords:** medicinal peat, physicochemical properties, Wieniec B deposit, Bronowo deposit

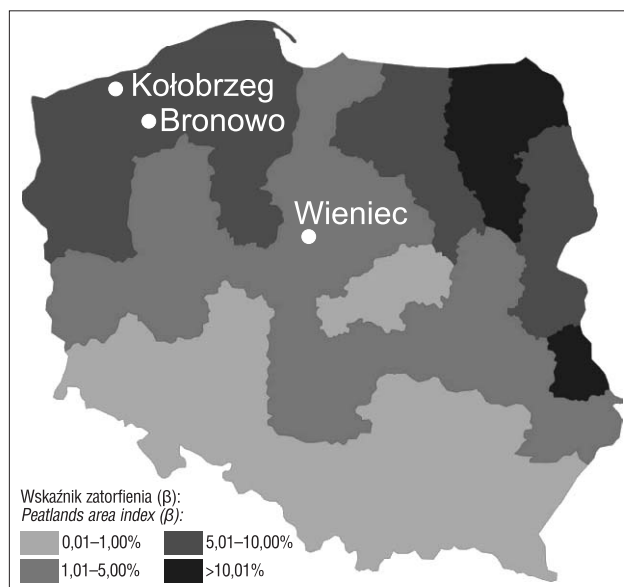
Peloid leczniczy to surowiec pochodzący z nieodwodnionego złoża torfowego o udokumentowanych zasobach i stopniu humifikacji masy roślinnej powyżej 30% (Rozporządzenie, 2006). Wraz z wodami i gazami leczniczymi przynależy do grupy naturalnych surowców leczniczych (Ustawa, 2016). Należy tutaj zauważyć, iż w Polsce torf bez względu na cel wykorzystania, jest kopaliną objętą prawem nieruchomości gruntowej (Ustawa, 2011).

Zasoby geologiczne bilansowe torfów leczniczych w Polsce wynoszą 10,531 mln m<sup>3</sup> (wg stanu na 31 XII 2016 r.), co stanowi nieco ponad 11,8% udokumentowanych krajowych złóż torfu. Wielkość zasobów przemysłowych borowin wynosi 3,862 mln m<sup>3</sup>, z czego aż 2,815 mln m<sup>3</sup> (tj. bez mała 73%) znajduje się w złożach Kołobrzeg I i Kołobrzeg II. Roczna eksploatacja tego surowca, w ilości 0,01016 mln m<sup>3</sup>, stanowi zaledwie 0,9% całkowitego wydobycia torfów, jednak w całości pokrywa to obecne zapotrzebowanie (Szczygielski, 2017).

Kopaliną tą jest zainteresowane leczenie uzdrowskie, niemniej jednak coraz częściej także zakłady typu Wellness i SPA. Problemem w pozyskaniu torfów o oczekiwanych właściwościach leczniczych jest, podobnie jak w przypadku innych kopaliny, zmienność ich jakości w obrębie złoża.

Przedstawiany artykuł prezentuje analizę porównawczą wybranych parametrów fizykochemicznych torfów leczniczych z eksploatowanych złóż Polski północnej. Badania przeprowadzono dla złóż Wieniec B i Bronowo (ryc. 1), uwzględniając objętość sedymentacyjną oraz zawartość składników organicznych w suchej masie. Należy podkreślić, że druga z wymienionych cech jest istotna we wskazaniach dotyczących formy zabiegu, a także możliwości użycia borowiny do produkcji tzw. pasty borowinowej.

Na podstawie badań np. Piaśnik i Lemkowskiej (2004) oraz Lipki i in. (2008) wskaźnik zatorfienia określa się jako stosunek powierzchni zajętej przez torfowiska do powierzchni analizowanego mezoregionu.



**Ryc. 1.** Lokalizacja wybranych złóż torfów leczniczych Polski północnej na tle obszarów zatorfienia (na podst. Lipka, Stabryła, 2012)

**Fig. 1.** Location of selected medicinal peat deposits in northern Poland versus other peatlands (based on Lipka, Stabryła, 2012)

## CHARAKTERYSTYKA ZŁÓŻ

Analizowane złoża są zaliczane do peloidów typu niskiego (Wieniec B) oraz przejściowego (Bronowo). Różnica pomiędzy typami peloidów odnosi się do sposobu zasilania torfowisk w wodę. Torfowiska typu niskiego są zasilane przez wody płynące (bogate w wapń) oraz opady atmosferyczne. Torfowiska przejściowe w głównej mierze zasilają wody opadowymi, a jedynie okresowo wody płynące (ubogimi w wapń). Torfowiska typu wysokiego występują w obszarach, gdzie zasilanie zbiorników bezodpływowych

<sup>1</sup> Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław; [barbara.kielczawa@pwr.edu.pl](mailto:barbara.kielczawa@pwr.edu.pl).

<sup>2</sup> GEOMINER, ul. Łódzka 17, 50-521 Wrocław; [michal\\_kaminski@op.pl](mailto:michal_kaminski@op.pl).

następuje wyłącznie poprzez opady atmosferyczne (Tołpa, 1960).

Złoże Wieniec B pod względem administracyjnym znajduje się w gminie Brześć Kujawski, w powiecie włocławskim, w województwie kujawsko-pomorskim. Jest zlokalizowane pomiędzy miejscowością Wieniec-Zdrój a Włocławkiem (Kamiński, 2017).

Eksploatację prowadzi Uzdrowski Zakład Górniczy (Uzdrowsko Wieniec-Zdrój), przy czym surowiec jest wydobywany okresowo, metodą odkrywkową spod wody, na jednym poziomie eksploatacyjnym, do głębokości maksymalnej 4,0 m p.p.t. Zasoby geologiczne omawianego złoża wg stanu na dzień 31 XII 2014 r. wynoszą 44 336 Mg (Kamiński, 2017). Zgodnie z bilansem zasobów na koniec 2016 r. jest to ok. 44 tys. m<sup>3</sup> (Szczygielski, 2017).

Najstarszymi udokumentowanymi utworami występującymi w rejonie Wieniec-Zdroju są osady jury górnej (wapienie oolitowe i margle) i kredy. Całość mezozoicznej formacji osadowej jest niezgodnie przykryta utworami neogenu i czwartorzędu. Najmłodszymi osadami są holocenijskie gytia i torfy, które powstały w rynnowych zagłębieniach terenu, piaski tarasów zalewowych oraz nieliczne wydmy eoliczne. Złoże w centralnej części jest podścielone gytia detrytusową o maksymalnej miąższości 3,9 m, przy czym ku granicy złoża osad ten wyklinowuje się. Jednocześnie ulega stopniowemu zapiaszczeniu i na brzegach złoża przechodzi całkowicie w piasek. Na gytii zalega warstwowo złoże torfu, składające się z torfów:

- turzycowo-mszystego (CAB) – o miąższości od 0,10 do 1,15 m, występującego najgłębiej;
- turzycowego (CAR) – wypełniającego środkową oraz stropową część złoża. Jest on jednocześnie najczęściej występującym gatunkiem (49–62% udziału);
- mszystego (BRY) – występującego jako wkładki w torfie turzycowym i czasem rozdzielającego wcześniej wymienione gatunki.

Miąższość całkowita złoża waha się od 1,5 do 3,9 m, przy średniej ok. 2,0 m (Krawiec, Kalitka, 2005, 2015; Kamiński, 2017; Kamiński, Kiełczawa, 2017; Krawiec, 2017).

Omawiane złoże Wieniec B jest zaliczane do torfów typu niskiego, tzn. zasilanego opadami atmosferycznymi oraz wodami płynącymi bogatymi w wapń (Tołpa, 1960).

Złoże Bronowo jest zlokalizowane w gminie Połczyn-Zdrój, w powiecie świdwińskim, w województwie zachodniopomorskim, a eksploatuje je Uzdrowsko Połczyn PGU S.A. Kopalina jest wydobywana metodą odkrywkową spod wody. Eksploatacja jest prowadzona na jednym poziomie, systemem zabierkowym do głębokości maksymalnej 4,0 m p.p.t. Uzdrowsko Połczyn PGU S.A. eksploatuje borowinę nieprzerwanie od 1981 r. Zasoby bilansowe złoża wg stanu na dzień 30 IX 1982 r., wynosiły 396 584 m<sup>3</sup>, tj. ok. 380 721 Mg (Kamiński, 2017). Obecnie, wg stanu na dzień 31 XII 2016 r., zasoby bilansowe wynoszą ok. 340 tys. m<sup>3</sup> (Szczygielski, 2017).

Podłoże osadowych serii paleogeńsko-czwartorzędowych rejonu Połczyna-Zdroju jest zbudowane z utworów mezozoicznych (trias i jura) sfałdowanych w fazie ruchów laramijskich. Na nich zalegają oligocenijskie iłowce i mułowce oraz kompleks utworów czwartorzędowych o miąższościach ok. 150–160 m. Plejstocen tworzą naprzemianległe gliny zwałowe, piaszczysto-żwirowe osady wodnolodow-

cowe i zastoiskowe. Utwory holocenu to głównie piaski i mułki rzeczne tarasów zalewowych oraz torfy i namuły torfiaste (Dobrcka, 2007, 2008).

Złoże borowiny w Bronowie powstało w holocenie. Zaliczane jest ono do złóż typu przejściowego. Kolejne etapy rozwoju torfowiska kształtują jego zróżnicowaną budowę. W efekcie, w spągu pojawia się torf niski (szuwarowy, turzycowy, mszysto-darniowy oraz olesowy), w warstwach środkowych przejściowy (mszarny), natomiast w partiach stropowych, wysoki (mszarny wysoki i wrzosowski).

Omawiane złoże torfu, o powierzchni całkowitej 23,52 ha, maksymalną miąższość (4,9 m) osiąga w swojej centralnej części. Poza obszarem udokumentowanych zasobów bilansowych zlokalizowano wyspy osadów/rejony bez kopaliny zaburzające ciągłość jego budowy (Kamiński, 2017).

### ZAKRES BADAŃ TORFÓW LECZNICZYCH

Prowadzone od początku XX w. badania borowin umożliwiły określenie czynników determinujących ich zróżnicowane właściwości lecznicze (Latour, 2002). Przyjmuje się, że leczniczy wpływ zabiegu borowinowego jest wynikiem intensywnego przegrzania organizmu, fizycznego oddziaływania składników rozdrobnionej i uwodnionej masy torfowej (szczególnie podczas kąpieli), a także reakcji fizjologicznych wywołanych biochemicznym działaniem związków humusowych (Straburzyński, 1988).

Zasady eksploatacji i zakres badań złóż borowin uznawanych (na podstawie świadectwa) za surowiec leczniczy, pomimo istotności tych zagadnień, dotychczas nie są sformułowane. W 2015 r. Latour przedstawiła wskazówki metodyczne dotyczące sposobu próbowania peloidów leczniczych, zakresu badań właściwości surowca i określania jakości kopaliny podczas eksploatacji, sposobu jej transportu i magazynowania (Latour, 2015). Dodatkowo, właściwości lecznicze torfu/borowiny muszą zostać udokumentowane badaniami wykluczającymi obecność składników, przede wszystkim mikroorganizmów, które mogą mieć negatywny wpływ na organizm człowieka.

Zgodnie z wytycznymi badania powinny obejmować:

- właściwości organoleptyczne (barwa, zapach, postać);
- zawartość części nierozłożonych o średnicy >0,1 cm;
- stopień humifikacji – stosunek ilości rozłożonej masy organicznej do masy całkowitej próbki, oznaczany symbolem H. Oceniany jest w 10 stopniowej skali von Posta (H1–H10), gdzie H1 oznacza torf całkowicie nierozłożony, zaś H10 zupełnie rozłożony. Najkorzystniejsze właściwości ma torf o stopniu humifikacji H6–H10, zaś najniższym dopuszczalnym stopniem jest H3 (Kochański, 2008). Wynika to z właściwości, która sprawia, że wraz ze wzrostem rozkładu torfu typu niskiego rośnie jego pojemność sorpcyjna (szczególnie w odniesieniu do miedzi, manganu i amoniaku) (Ilnicki, 2002). Wartość lecznicza peloidu oparta na stopniu jego rozkładu ma znaczenie w przypadku działania termicznego i mechanicznego zabiegów borowinowych. Borowiny o wysokim stopniu humifikacji zawierają też więcej kwasów humusowych, zwłaszcza huminowych i hymatomelanowych, warunkujących działanie biochemiczne zabiegu z ich użyciem;

– wilgotność (zawartość wody) – w nieodwodnionym torfowisku typu niskiego sięga nawet 96%. Minimalny

**Tab. 1.** Wymagania ogólne i fizykochemiczne peloidów (na podst. Rozporządzenia, 2006)  
**Table 1.** General and physicochemical requirements of peloids (based on Rozporządzenie, 2006)

Typ peloidu Type of peloid	Wilgotność Humidity	Zdolność do chłonięcia wody Ability to water absorption	Objętość sedymenacyjna Sedimentative volume	Odczyn pH pH	Zawartość składników w suchej masie Content of ingredients in dry mass	
					Organiczne Organic	Nieorganiczne Inorganic
	[%]	gH <sub>2</sub> O/1g s.m.	[ml/1g s.m.]	[-]	[%]	
	co najmniej at least			od-do from-to	co najmniej at least	nie więcej niż no more than
Niski, zamulony Low, silty	70	7	10	5–9	50	50*
Niski Low	73	7	11	5–9	75	25
Przejęciowy Medium	75	13	20	3–5	90	10
Wysoki High	80	13	25	3–5	95	5

\* części nierozpuszczonych w kwasie solnym (krzemionki) poniżej 10% / parts insoluble in hydrochloric acid (silica) below 10%.

stopień wilgotności dla torfu typu niskiego wynosi 73%, zaś w przypadku torfu typu przejściowego 75%. Maksymalna ilość wody, którą torf może wchłoniąć, jest określona stopniem wilgotności wyrażonym w procentach suchej masy. Zachowanie naturalnej wilgotności pozwala na utrzymanie stanu koloidowego substancji humusowych;

– chłonność wody na 1 g suchej masy borowinowej – wyraża całkowitą ilość wody jaką może wchłoniąć torf (PN-Z-11003-1). Jej określenie jest niezbędne do przygotowania receptury zabiegów borowinowych;

– objętość sedymenacyjną, tj. objętość osadu w ml w stosunku do suchej masy torfu. Opisuje jaką objętość zajmuje borowina w pełni nasycona wodą (PN-Z-11003-1) i służy do oceny (przydatności zabiegowej pod względem) struktury koloidalnej i zdolności pęcznienia masy zabiegowej;

– zawartość (ogólną) substancji organicznych i nieorganicznych w tym krzemionki (SiO<sub>2</sub>).

Latour (2015) proponuje także, żeby co najmniej dwa razy w roku eksploatowaną część złoża poddawać badaniom na zawartość mikroorganizmów.

W tabeli 1, na podstawie Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dn. 13 kwietnia 2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości (Rozporządzenie, 2006), zestawiono wymagania ogólne i fizykochemiczne peloidów wraz z ich podziałem na poszczególne typy.

## METODYKA PRACY

Źródłem danych do przeprowadzenia analizy były wyniki badań fizykochemicznych torfów leczniczych. W przypadku złoża Wieniec B dysponowano wynikami 41 analiz, natomiast ze złoża Bronowo były to wyniki 43 analiz (tab. 2). Wśród nich są także wyniki badań zawartości części nieorganicznych (12 analiz ze złoża Bonowo i 9 ze złoża Wieniec B). Pobrane próbki przed wykonaniem badań były uśredniane w laboratorium analitycznym (procedura uśredniania nie jest znana autorom artykułu) (Kamiński, 2017). W sumie wykorzystano wyniki 84 badań fizykochemicznych borowin (tab. 2) i na ich podstawie podjęto próbę

**Tab. 2.** Zestawienie rodzaju informacji wykorzystanych w bazach danych

**Table 2.** List of the type of information used in databases

	Wieniec B	Bronowo	Suma Sum
Liczba analiz – okres dokumentowania Number of analyses in documentation time	7	14	21
Liczba analiz zawartości części nieorganicznych (okres dokumentowania) Number of analyses of inorganic particles contents in documentation time	9	12	17
Liczba analiz – okres eksploatacji Number of analyses in operation time	25	17	42
Okres opróbowania podczas eksploatacji Sampling during operation	1996–2017	2002–2016	

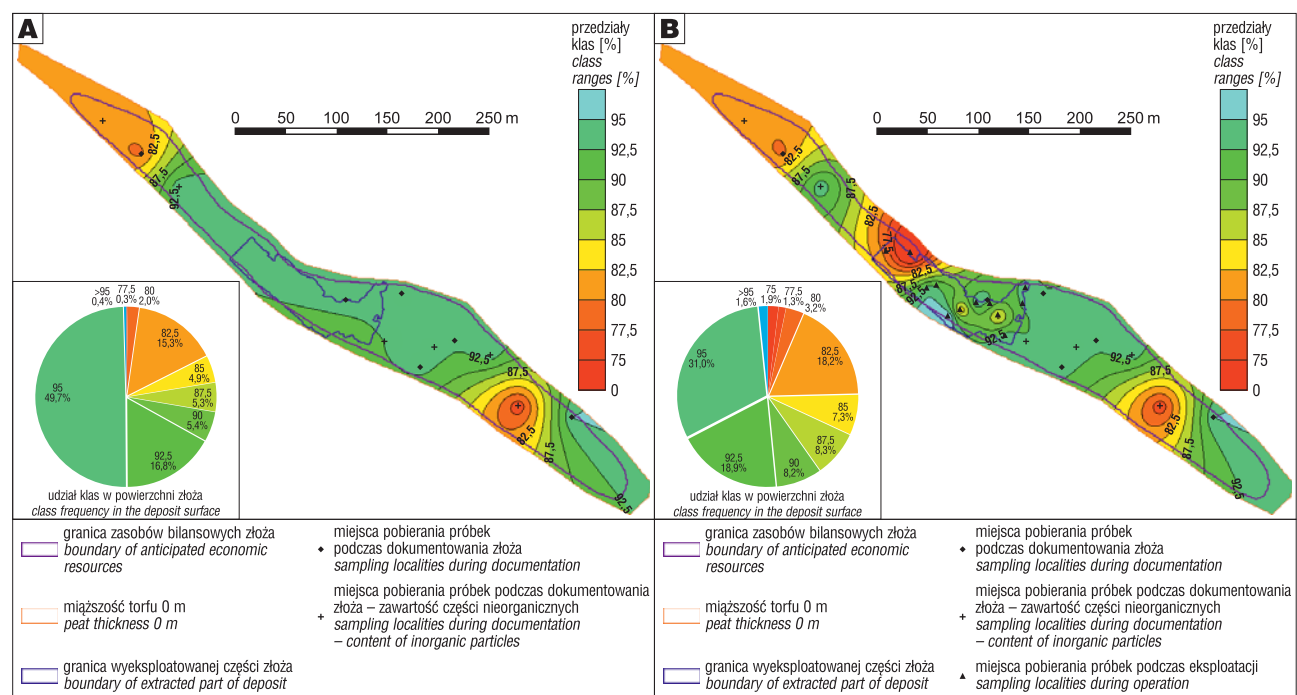
analizy zmienności przestrzennej wybranych parametrów torfów.

Zgromadzone informacje umożliwiły opracowanie baz danych obejmujących: wilgotność, zdolność chłonięcia wody, objętość sedymenacyjną, odczyn pH, zawartość składników organicznych w suchej masie oraz składników nieorganicznych. Dla każdego złoża stworzono dwie bazy danych. Dane zgromadzone w pierwszej z nich pozwoliły na określenie zakresu zmienności parametrów na podstawie wyznaczonych podstawowych statystyk (wartości minimalne i maksymalne parametrów, średnią arytmetyczną, medianę oraz odchylenie standardowe). Przyjęto założenie, że dane z dłuższego okresu badań i większego obszaru złoża nakreślą rzeczywisty obraz właściwości torfów. W przypadku złoża Wieniec B można zauważyć, że cechuje się ono objętością sedymenacyjną z przedziału 8,4 do ok. 54 ml/1 g s.m., przy wartości mediany 29,3 ml/1 g s.m. Dla złoża w Bronowie jest to odpowiednio od ok. 9,2 do 63 ml/1 g s.m. i mediana 36,4 ml/1 g s.m. Warto tutaj zwrócić uwagę, że dane te znacznie różnią się od wartości uzyskanych z wyników analiz obejmujących tylko okres dokumentowania złoża (tab. 3).



**Tab. 3.** Wybrane podstawowe statystyki dla objętości sedymentacyjnej [ml/1g s.m.] (na podst. Kamińskiego, 2017)  
**Table 3.** Selected basic statistics for sedimentary volume [ml/1g s.m.] (based on Kamiński, 2017)

		Objętość sedymentacyjna / zawartość części organicznych w suchej masie <i>Sedimentative volume / organic particle content in dry matter</i>	
		Wieniec B	Bronowo
Okres dokumentowania <i>Documentation time</i>	minimum <i>minimum</i>	24,1 / 75,6	9,2 / 43,4
	maksimum <i>maximum</i>	40,1 / 95,2	50,3 / 98,59
	średnia arytmetyczna <i>arithmetic mean</i>	31,7 / 90,4	29,7 / 90,0
	mediana <i>median</i>	32,4 / 92,7	25,1 / 94,0
	odchylenie standardowe <i>standard deviation</i>	5,0 / 5,9	12,3 / 12,4
Okres dokumentowania i eksploatacji <i>Documentation and extraction</i>	minimum <i>minimum</i>	8,4 / 67,5	9,2 / 43,4
	maksimum <i>maximum</i>	53,9 / 97,8	63,0 / 99,7
	średnia arytmetyczna <i>arithmetic mean</i>	28,7 / 89,9	36,2 / 92,2
	mediana <i>median</i>	29,3 / 92,7	36,4 / 95,4
	odchylenie standardowe <i>standard deviation</i>	12,2 / 6,8	14,0 / 11,3



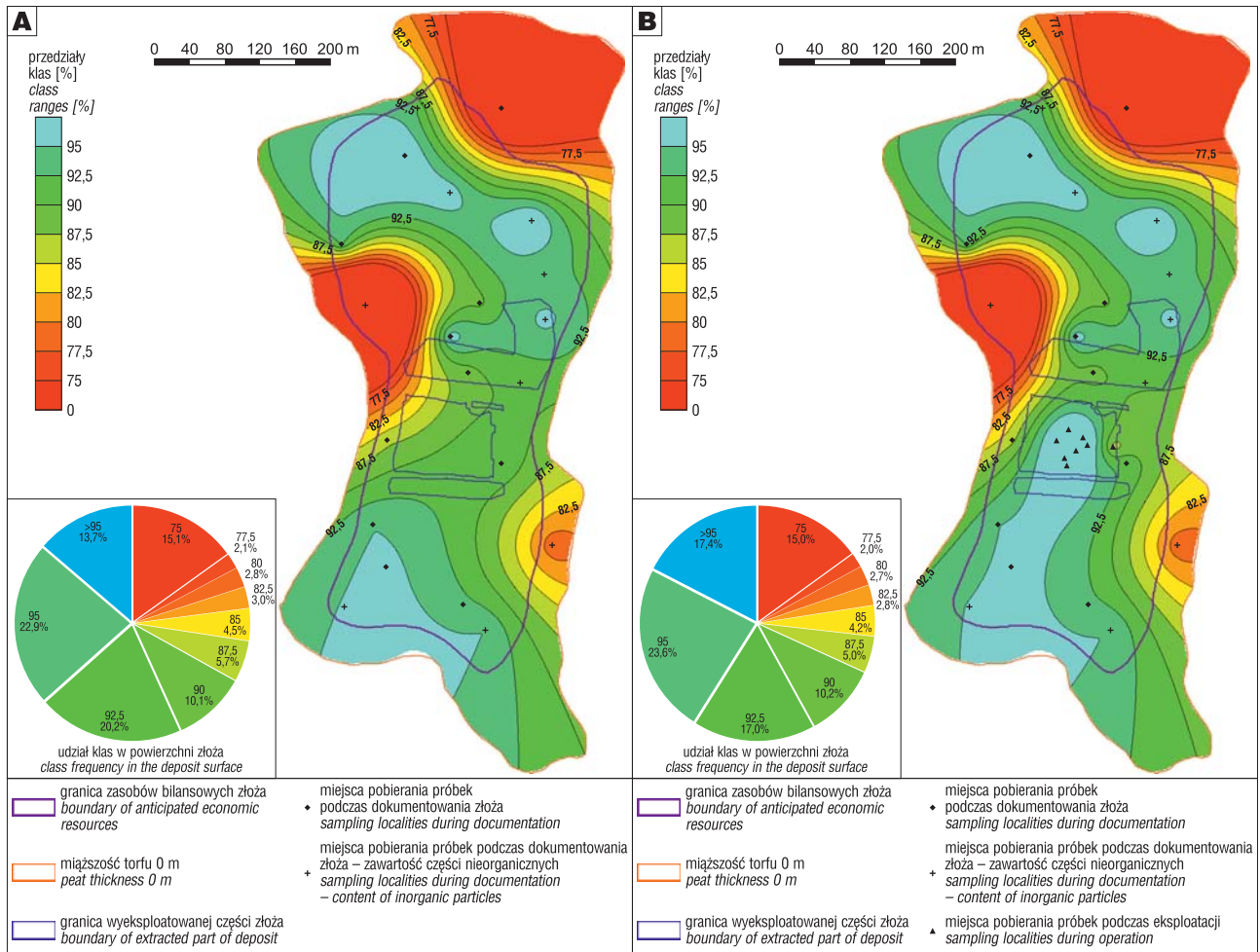
**Fig. 2.** Zmienność zawartości części organicznych w suchej masie torfu. Złoże Wieniec B: **A** – na podstawie danych z okresu dokumentowania złoża, **B** – na podstawie danych z okresu dokumentowania i eksploatacji złoża (na podst. Kamiński, 2017)

**Fig. 2.** Variability of organic particle content in dry matter of peat. The Wieniec B deposit: **A** – based on the data from the documentation period, **B** – on the basis of data from the deposit documentation and extraction period (based on Kamiński, 2017)

Analiza statystyczna umożliwiła także wyznaczenie ilości prób, które nie spełniały wymogów warunkujących uznanie ich za surowiec leczniczy danego typu. W analizie odniesiono się do kryteriów oceny leczniczych właściwości peloidów, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dn. 13 kwietnia 2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa po-

twierdzającego te właściwości (Rozporządzenie, 2006). Ze złoża Bronowo wymogów torfu typu średniego nie spełniało 5 próbek natomiast w obrębie złoża Wieniec B była to jedna próbka (Kamiński, 2017). Lokalizację miejsc opróbowania przedstawiają ryciny 2A, B i 3A, B.

Drugą bazę danych stworzono na podstawie pierwszej, przy czym wyniki analiz próbek pobranych w otworach, miejscach sondowań i innych punktach badawczych uśredniono (wyznaczając średnią arytmetyczną) tak, żeby każdy



**Fig. 3.** Zmienność zawartości części organicznych w suchej masie torfu. Złoże Bronowo: **A** – na podstawie danych z okresu dokumentowania złoża, **B** – na podstawie danych z okresu dokumentowania i eksploatacji złoża (na podst. Kamiński, 2017)

**Fig. 3.** Variability of organic particle content in dry matter of peat. The Bronowo deposit: **A** – based on the data from the documentation period, **B** – on the basis of data from the deposit documentation and extraction (based on Kamiński, 2017)

**Tab. 4.** Podział na klasy w analizie rozkładu przestrzennego  
**Table 4.** Classification in the spatial distribution analysis

Klasy Classes	Zawartość części organicznych w suchej masie Content of organic parts in dry matter	Objętość sedymentacyjna Sedimentary volume	Uwagi Remarks
Do / To	75,00	11,00	*
Do / To	77,50	15,50	**
Do / To	80,00	20,00	
Do / To	82,50	23,00	
Do / To	85,00	27,00	
Do / To	87,50	31,00	
Do / To	90,00	35,00	
Do / To	92,50	39,00	
Do / To	95,00	43,00	
Powyżej / Above	95,00	43,00	

\* – poniżej wymagań dla torfów typu niskiego / below the requirements for low peat,

\*\* – poniżej wymagań dla torfów typu przejściowego / below the requirements for medial peat.

z punktów badanej przestrzeni miał przypisaną jedną wartość danego parametru. Dzięki takiej modyfikacji i uzyskaniu wartości uśrednionej (w danej lokalizacji) wykonano analizę zmienności przestrzennej wybranych parametrów

z wykorzystaniem aplikacji Surfer14. Związek między wartościami tego samego parametru w różnych punktach w przestrzeni przeanalizowano w oparciu o ich autokorelację. Uwzględnienie autokorelacji parametru jest niezależne od nierównomiernego opróbowania, stąd daje bardziej wiarygodne wyniki odnośnie ogólnej jakości złoża. Do określenia wartości parametru poza węzłami (punktami o znanej wartości parametru) zastosowano kriging. W interpolacji rozkładu parametrów wykorzystano metodę krigingu punkowego z siatką gridu 1 × 1 m. Obszar ograniczający pole interpolacyjne stanowił zasięg występowania torfu (Kamiński, 2017).

W celu porównania omówionych złóż wprowadzono unifikację wartości parametrów (tab. 3). Zbiory wielkości parametrów podzielono na 10 klas. Górną granicę najniższej klasy stanowiła jednocześnie wartość dopuszczalną dla danego parametru, tj. wartość minimalną spełniającą kryteria leczniczych właściwości torfów typu niskiego zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia (Rozporządzenie, 2006). Przedział pozostałych klas zmieniał się o stałą wartość dla danego parametru – moduł klasy, jednakowy dla obu złóż. Górną granicę naj-

wyższej klasy wyznaczała najwyższa wartość parametru w danym złożu. Wydzielone klasy wraz z wartościami granicznymi przedstawiono w tabeli 4.

Ponadto korzystając z danych zgromadzonych w drugiej bazie, wykonano dodatkową analizę statystyczną, tak żeby było możliwe porównywanie analiz opartych na tych samych informacjach.

Poniżej omówiono wyniki badań nad zmiennością wybranych parametrów charakteryzujących właściwości torfów eksploatowanych ze złóż Wieniec B i Bronowo.

## ANALIZA ROZKŁADU PRZESTRZENNEGO

### Zawartość części organicznych w suchej masie

Analizując zawartość części organicznych w torfach złoża Wieniec B, zaobserwowano, że w okresie dokumentowania zlokalizowano dwa obszary (w NW i SE części złoża) o obniżonych (jednakże spełniających wymagania) zawartościach części organicznych w kopalinie (ryc. 2A). Około 33% powierzchni złoża spełniało wymagania dla torfu typu niskiego, a ok. 67% było można sklasyfikować jako kopalinę typu przejściowego (tab. 5). Po uwzględnieniu danych z okresu eksploatacji jest to odpowiednio ok. 50% i ok. 46,5% złoża (Kamiński, Kiełczawa, 2017). Przewodzona eksploatacja umożliwiła wyznaczenie obszarów, gdzie wymagane minimum dla torfów typu niskiego –

75%, nie jest spełniane (ryc. 2B). Z analizy statystycznej wynika, że zajmują one ok. 4% powierzchni złoża, natomiast zgodnie z analizą krigingu jest to ok. 2% (tab. 5).

Na pozostałym obszarze dominuje złożo o zawartościach części organicznych w zakresie 90–95%, przy czym w klasie 92,5–95% jest wyraźnie widoczne zróżnicowanie wielkości powierzchni eksploatowanej obecnie kopaliny. Badania statystyczne wykazują 50-procentowy udział tej klasy, natomiast zgodnie z analizą krigingu borowina o wspomnianej zawartości części organicznych zajmuje ok. 19% mniejszą powierzchnię (ryc. 2A, B; tab. 5).

Nasuwa się zatem pytanie, czy zważywszy na tak duży udział kopaliny o wyższych/lepszych wartościach omawianego parametru, nie należałoby zaktualizować klasyfikacji złoża.

W przypadku złoża Bronowo w rozkładzie przestrzennym omawianego parametru znaczący wpływ ma wyspa mineralna udokumentowana w północnej części złoża, gdzie miąższość złoża nie spełnia kryterium bilansowości. Rejon z niższą jakością kopaliny występują w środkowo-zachodniej oraz południowo-wschodniej części złoża (ryc. 3A, B). Biorąc pod uwagę wymogi dla torfu typu przejściowego (tab. 1), 43,2% złoża w okresie jego dokumentowania nie spełniało tych wymagań. Po uwzględnieniu danych eksploatacyjnych jest to 42% (tab. 5). Analiza statystyczna wykazuje mniejszy, bo ok. 24-procentowy udział borowiny nie spełniającej tego kryterium. Różnice

**Tab. 5.** Zmienność zawartości części organicznych w suchej masie torfu badanych złóż (na podst. Kamińskiego, 2017)  
**Table 5.** Variability of organic particle content in dry matter of peat deposits (based on Kamiński, 2017)

Klasa Class	Udział w powierzchni złoża [%] Part of deposit area [%]			
	Wieniec B		Bronowo	
	Metoda krigingu Kriging method	Analiza statystyczna Statistical analysis	Metoda krigingu Kriging method	Analiza statystyczna Statistical analysis
Zakres do [%] Range to [%]	D	D+E	D	D+E
	D+E		D+E	
Do / To 75,0	0,00	3,85	15,08	6,90
	1,90		15,02	
Do / To 77,5	0,27	3,85	2,14	0,00
	1,32		1,99	
Do / To 80,0	1,99	11,54	2,76	3,45
	3,21		2,71	
Do / To 82,5	15,27	3,85	2,96	0,00
	18,18		2,82	
Do / To 85,0	4,88	3,85	4,47	0,00
	7,30		4,25	
Do / To 87,5	5,25	3,85	5,67	6,90
	8,32		5,02	
Do / To 90,0	5,40	3,85	10,14	6,90
	8,21		10,18	
Do / To 92,5	16,83	7,69	20,19	10,34
	18,93		16,96	
Do / To 95,0	49,67	50,00	22,87	17,24
	31,01		23,62	
Powyżej 95,0 Above 95,0	0,43	7,69	13,72	48,28
	1,62		17,43	
Suma Sum	100,00	100,00	100,00	100,00

D – okres dokumentacji / documentation time,

D+E – okres dokumentacji i eksploatacji / documentation and operation time.

pomiędzy jakością złoża określoną statystycznie i metodą krigingu są najbardziej widoczne dla części złoża o zawartości >90% części organicznych. Z analizy rozkładu przestrzennego wynika, że najlepszą jakość ma ok. 57–58% powierzchni złoża, zaś z analizy statystycznej wynika, że jest to bez mała 76%. Największe zróżnicowanie w określeniu udziału w złożu kopaliny danej klasy można zauważyć dla zawartości części organicznych ponad 95%. Metody statystyczne wskazują, że niemal 50% złoża ma taką jakość, natomiast zgodnie z analizą krigingu jest to ok. 14–17% powierzchni (Kamiński, 2017).

### Objętość sedymentacyjna

Złoże Wieniec B zostało udokumentowane jako obszar zasobny w surowiec o wysokich i stałych wartościach objętości sedymentacyjnej. Wyniki badań z okresu dokumentowania wskazywały, że badana wówczas borowina cechowała się objętością sedymentacyjną z przedziału od 23 do 43 ml/1g s.m. (tab. 6), dzięki czemu 100% powierzchni złoża spełniało wymagania dla torfu typu przejściowego. Po uwzględnieniu prób z okresu eksploatacji jest to ok. 86% złoża (tab. 6), a analiza statystyczna wskazuje, że obszar ten wynosi tylko 65%. Zgodnie z analizą krigingu 75% powierzchni złoża mieści się w obrębie klas z przedziału od 27 do 39 ml/1g s.m. Dominuje klasa 31–35 ml/1g s.m. z udziałem ok. 50% powierzchni złoża.

Ogólna jakość torfu uległa obniżeniu w stosunku do tego, co pierwotnie zostało udokumentowane. Kopalina najgorszej jakości znajduje się w NW krańcu pola eksploatacyjnego, przy granicy z dotąd nieeksploatowanym obszarem (ryc. 4A, B). Niedostateczna ilość badań z tego rejonu złoża może w przyszłości skutkować rozwojem eksploatacji na obszarach o niezadowalającej jakości borowiny. Uwzględnienie rozkładu poboru prób umożliwi prognozę miejsc o gorszej jakości, które prawdopodobnie będą eksploatowane w przyszłości (Kamiński, Kiełczawa, 2017). Niemniej jednak, na podstawie wartości omawianego parametru, złożo to można zaklasyfikować do torfów typu przejściowego.

Badania objętości sedymentacyjnej próbek borowiny wykonane podczas dokumentowania złoża w Bronowie wykazywały, że ok. 16% jego powierzchni nie spełnia wymogu dla torfu typu przejściowego (tab. 1, 6). Na podstawie próbek badanych w okresie eksploatacji można określić, że jest to ok. 19% powierzchni złoża. Brak próbek w klasach o wartościach 11–20 ml/1g s.m. (tab. 6) sprawia, że zgodnie z rozkładem statystycznym, wielkość obszaru złoża o niższej od minimalnej jakości dla typu przejściowego jest taka sama jak dla typu niskiego.

Analiza rozkładu przestrzennego pokazuje, że najgorszej jakości borowina jest zlokalizowana w NE krańcu omawianego złoża, w obrębie wspomnianej wyspy mine-

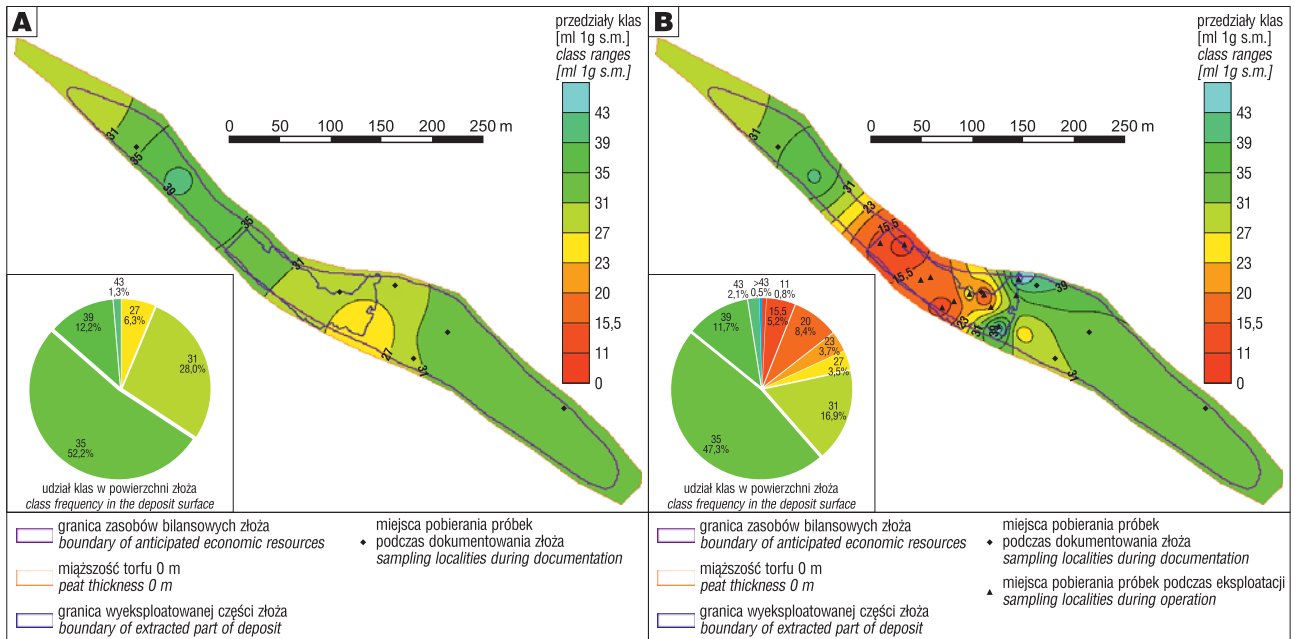
**Tab. 6.** Zmienność objętości sedymentacyjnej torfu (na podst. Kamińskiego, 2017)  
**Table 6.** Variation of sedimentary volume of peat (based on Kamiński, 2017)

Klasa Class	Udział w powierzchni złoża [%] Part of deposit area [%]			
	Wieniec B		Bronowo	
	Metoda krigingu Kriging method	Analiza statystyczna Statistical analysis	Metoda krigingu Kriging method	Analiza statystyczna Statistical analysis
Zakres do [%] Range to [%]	D	D+E	D	D+E
	D+E		D+E	
Do / To 11	0,00	5,00	1,51	5,26
	0,75		2,19	
Do / To 15,5	0,00	15,00	7,70	0,00
	5,25		7,41	
Do / To 20	0,00	20,00	7,04	5,26
	8,44		9,27	
Do / To 23	0,00	5,00	16,39	15,79
	3,70		15,54	
Do / To 27	6,29	10,00	26,38	15,79
	3,50		23,30	
Do / To 31	27,95	10,00	14,32	0,00
	16,98		13,44	
Do / To 35	52,20	20,00	9,39	5,26
	47,28		9,43	
Do / To 39	12,22	0,00	7,03	10,53
	11,66		7,73	
Do / To 43	1,34	5,00	5,58	5,26
	2,05		7,27	
Powyżej 43 Above 43	0,00	10,00	4,66	36,84
	0,46		4,41	
Suma Sum	100,00	100,00	100,00	100,00

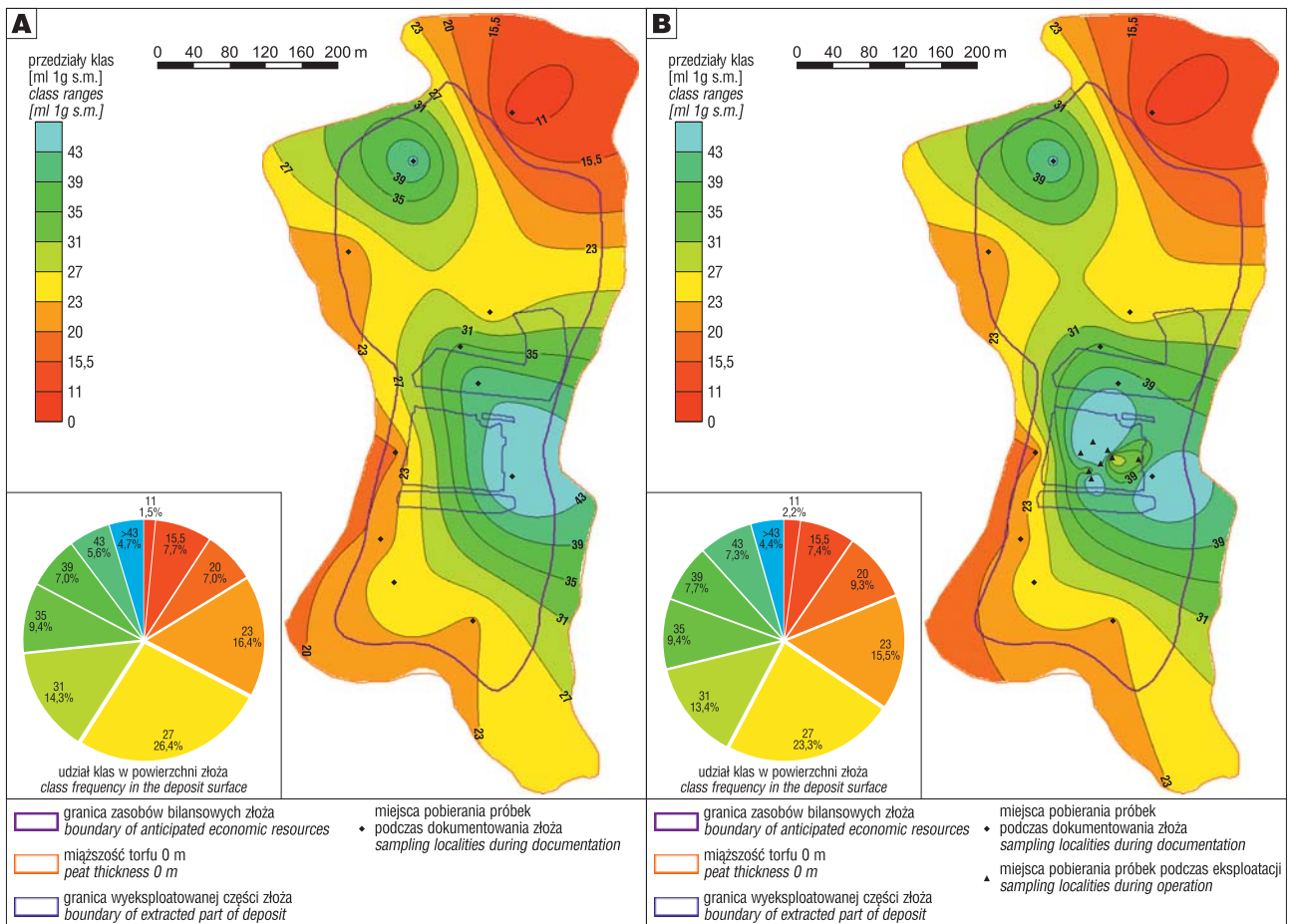
D – okres dokumentacji / documentation time,

D+E – okres dokumentacji i eksploatacji / documentation and operation time.





**Fig. 4.** Zmienność objętości sedymentacyjnej torfu. Złoże Wieniec B: **A** – na podstawie danych z okresu dokumentowania złoża, **B** – na podstawie danych z okresu dokumentowania i eksploatacji złoża (na podst. Kamiński, 2017)  
**Fig. 4.** Variation of sedimentary volume of peat. The Wieniec B deposit: **A** – based on the data from the documenting period, **B** – on the basis of data from the deposit documentation and extraction (based on Kamiński, 2017)



**Fig. 5.** Zmienność objętości sedymentacyjnej torfu leczniczego. Złoże Bronowo: **A** – na podstawie danych z okresu dokumentowania złoża, **B** – na podstawie danych z okresu dokumentowania i eksploatacji złoża (na podst. Kamiński, 2017)  
**Fig. 5.** Variation of sedimentary volume of peat. The Bronowo deposit: **A** – based on the data from the documenting period, **B** – on the basis of data from the deposit documentation and extraction (based on Kamiński, 2017)



ralnej. Dodatkowo, w zachodniej części złoża (przy jego granicy) może występować surowiec niespełniający kryteriów torfu typu przejściowego (ryc. 5A). Torfy cechujące się objętością sedymentacyjną z zakresu 20–31 ml/1g s.m. zajmują największą część omawianego złoża (tab. 6). Występują one na ok. 52% jego powierzchni, przy czym zgodnie z analizą statystyczną jest to ok. 33% (ryc. 5B). Największe różnice pomiędzy wynikami uzyskanymi przy zastosowaniu metody statystycznej i krigingu stwierdzić można dla wartości powyżej 43 ml/1g s.m. W analizie przestrzennej klasa ta obejmuje 4,4% całkowitej powierzchni złoża natomiast w analizie statystycznej niespełna 37% (tab. 6). Najlepszej jakości kopalina znajduje się w środkowej części złoża, gdzie obecnie odbywa się jego wydobycie (Kamiński, 2017).

## WNIOSKI

W oparciu o kryteria określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dn. 13 kwietnia 2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości (Rozporządzenie, 2006) oraz na podstawie wyników analiz fizykochemicznych złoża Wieniec B udokumentowano jako torf leczniczy typu niskiego, natomiast złożo Bronowo – torf typu przejściowego.

Wyniki badań prowadzonych podczas eksploatacji szczególnie wyciągają rozpoznanie i charakteryzują dane złożo jako bardziej zróżnicowane, zarówno pod względem budowy jak i zmienności parametrów, w stosunku do obrazu jaki uzyskano na podstawie danych z okresu dokumentowania kopaliny (Kamiński, 2017). Przykładem na istnienie takich rozbieżności może być złożo Wieniec B (tab. 5, 6), które można obecnie zaklasyfikować jako złożo torfu typu przejściowego.

Autokorelacji parametru w przestrzeni określa wpływ sąsiednich-najbliższych wyników na badany obszar, który wzrasta wraz ze wzrostem liczby próbek w obrębie danego pola. Stąd na dużych obszarach, stosunkowo małe pola eksploatacyjne wykazują niewielkie zmiany, natomiast na małych – znacznie większe.

Rozkład przestrzenny umożliwia określenie, z większą dokładnością, ilość kopaliny o pewnej jakości, która może stanowić współczynnik wagowy do obliczenia średnich wartości parametrów. Taka interpretacja uzyskanych wyników staje się bardziej wiarygodna, gdyż nie wpływa na nią liczba prób zgrupowanych na małej przestrzeni. Zależność ta zachodzi w przypadku stosowania metod statystycznych co niejednokrotnie prowadzi do niewłaściwego wnioskowania.

Zebrań dane o lokalizacji borowiny o niskiej jakości oraz miejsc występowania najlepszej jakości kopaliny mogą przyczynić się do efektywniejszego wykorzystania zasobów. Torf leczniczy po wydobyciu jest magazynowany, a następnie mielony w celu uzyskania finalnego produktu. Homogenizacja torfu, np. na etapie mielenia, może w przyszłości przynieść wymierne korzyści. Jednoczesne wykorzystanie borowiny o niższej jakości oraz tej z jakością znacznie przewyższającą wyrób końcowy przyczyni się

do zmniejszenia strat kopaliny. Wydłuży to czas funkcjonowania zakładu górniczego oraz obniży koszty związane z poszukiwaniem i rozpoznawaniem nowego złoża.

Dzięki produkcji surowca odpowiedniej klasy, zmniejszy się ryzyko niskiej jakości zabiegów leczniczych. Takie rozwiązywanie wymaga planowania długookresowej pracy zakładu górniczego, wykonania lub wydzielenia odpowiedniego magazynu na surowiec niższej jakości oraz badań kontrolnych potwierdzających jakość mieszanki torfowej. Badania jakości torfu wyprzedzające wydobycie w polach eksploatacyjnych są bardzo wskazane, w szczególności w obszarach gdzie wcześniej nie pobierano prób do analiz laboratoryjnych.

Artykuł opracowano w ramach zlecenia 0401/0125/17. Autorzy dziękują Recenzentom za wnikliwe uwagi.

## LITERATURA

- DOBRACKA E. 2007 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Świdwin. Wyd. Inst. Geol., Warszawa.
- DOBRACKA E. 2008 – Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Świdwin. Wyd. Inst. Geol., Warszawa.
- ILNICKI P. 2002 – Torfowiska i Torf. Wyd. Akad. Rol., Poznań.
- KAMIŃSKI M. 2017 – Porównanie parametrów torfów leczniczych z wybranych złóż Polski północnej. Pr. dypl., Arch. PWr., Wrocław.
- KAMIŃSKI M., KIELCZAWA B. 2017 – Analiza wybranych parametrów torfów leczniczych ze złoża w Wieniec B. Szkolenie resortowych służb geologicznych, 7–9 grudnia 2017, Szczawno-Zdrój: 50–58.
- KOCHAŃSKI W. J. 2008 – Lecznictwo Uzdrawiskowe. Wyd. Wyższej Szkoły Fizjoterapii, Wrocław.
- KRAWIEC A. 2017 – Złoża torfów w Polsce oraz ich wykorzystanie do celów leczniczych. Szkolenie resortowych służb geologicznych, 7–9 grudnia 2017, Szczawno-Zdrój: 41–49.
- KRAWIEC A., KALITKA K. 2005 – Wody lecznicze i borowiny Wieńca Zdroju. [W:] Hydrogeologia Kujaw i Dolnego Powiśla. Przewodnik sesji terenowych. XII Sympozjum – Współczesne Problemy Hydrogeologii, Toruń: 27–34.
- KRAWIEC A., KALITKA K. 2015 – Naturalne surowce lecznicze Wieńca-Zdroju. Resortowe szkolenie służb geologiczno-górnicych, 10–12 grudnia 2015, Wieniec-Zdrój: 1–7.
- LATOUR T. 2002 – Torf balneologiczny – borowina. [W:] Ilnicki P., Torfowiska i Torf. Wyd. Akad. Rol., Poznań: 468–473.
- LATOUR T. 2015 – Zalecane badania kontrolne naturalnych surowców leczniczych, niezbędne do aktualizacji świadectw potwierdzających ich właściwości lecznicze. Nar. Inst. Zdr. Publ. – PZH.
- LIPKA K., STRYBAŁA J. 2012 – Wielofunkcyjność mokradeł w Polsce i świecie. [W:] Łachacz A. (red.), Wybrane problemy ochrony mokradeł. Monografie nr 3p, Olsztyn: 7–16.
- LIPKA K., STRYBAŁA J., ZAJĄC E. 2008 – Zatorfienie i zasoby wodne złóż torfowych dorzecza górnej Warty. Infr. i Ek. Ter. Wiej., 5: 63–70.
- PN-Z-11003-1 : 1997 – Polska Norma. Borowiny, Terminologia i Klasyfikacja.
- PIAŚCIK H., LEMKOWSKA B. 2004 – Mokradła reofilne Pojezierza Mazurskiego. Roczn. Gleb., 65 (3): 155–163.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia z dn. 13 kwietnia 2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości. Dz.U. z 2006 r. nr 80 poz. 565.
- STRABURZYŃSKI B. 1988 – Fizjoterapia. PZWL, Warszawa.
- SZCZYGIELSKI W. 2017 – Torfy. [W:] Szuflicki M. (red.), Bilans zasobów złóż kopaliny w Polsce wg stanu na 31 XII 2016 r. PIG-PIB, Warszawa.
- TOLPA S. 1960 – Przyczyny i mechanizm rozwoju torfowisk przejściowych i wysokich w północno-wschodniej części Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 25: 7–77.
- USTAWA z dn. 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze. Dz.U. z 2011 r. nr 163 poz. 981 z późn. zm.
- USTAWA z dn. 28 lipca 2005 r. o lecznictwie uzdrowiskowym, uzdrowiskach, o obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz gminach uzdrowiskowych. Dz.U. z 2016 r. poz. 879 z późn. zm.

Praca wpłynęła do redakcji 9.04.2018 r.  
Akceptowano do druku 20.08.2018 r.