

OCENA MOŻLIWOŚCI EKSPLOATACJI ZASOBÓW ZŁOŻA WĘGLA BRUNATNEGO BEŁCHATÓW – POLE KAMIEŃSK

EVALUATION OF EXPLOITATION POSSIBILITIES OF THE BEŁCHATÓW – KAMIEŃSK FIELD LIGNITE DEPOSIT

WOJCIECH NAWORYTA¹, MACIEJ ZAJĄCZKOWSKI¹

Abstrakt. Wobec kurczących się zasobów złoża węgla brunatnego Bełchatów w obecnie eksploatowanych polach Bełchatów i Szczerców, przedłużenie funkcjonowania elektrowni Bełchatów, produkującej ok. 20% polskiej energii elektrycznej, wymaga udostępnienia nowych złóż. W artykule przedstawiono wstępną analizę możliwości górniczego zagospodarowania złoża Bełchatów – pole Kamieńsk, zlokalizowanego w bliskim sąsiedztwie elektrowni. Przedstawiono ocenę parametrów geologicznych złoża oraz warunki ewentualnej eksploatacji górniczej, a także uwarunkowania zewnętrzne – naturalne i antropogeniczne. Analizy wykazały, że mimo korzystnych parametrów jakościowych węgla w polu Kamieńsk, złożo, ze względu na budowę oraz głębokość zalegania, nie przedstawia wartości jako baza zasobowa dla elektrowni Bełchatów. Ponadto obiekty zabudowy powierzchni uniemożliwiają opłacalną eksploatację tego złoża. W konkluzji wskazano, że lokalizacja zwałowiska zewnętrznego w bezpośredniej bliskości złoża Bełchatów – pole Kamieńsk nie jest głównym powodem, dla którego opłacalna eksploatacja tego złoża nie jest możliwa.

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, elektrownia, parametry złoża, analizy geostatystyczne, warunki geologiczne, ocena zasobów, opłacalność eksploatacji.

Abstract. In view of the shrinking reserves of the Bełchatów lignite deposit in the currently exploited the Bełchatów and Szczerców fields, the prolongation of the Bełchatów power plant activity, producing about 20% of Polish electricity, requires access to new deposits. The article presents a preliminary analysis of mining opportunities for the Bełchatów – deposit the Kamieńsk field, located in close vicinity of the power plant. The assessment of geological parameters of the deposit and the conditions of possible mining exploitation, as well as external (natural and anthropogenic) conditions, is presented. Analyses have shown that despite the favourable quality parameters of coal in the Kamieńsk field, the deposit has no value as a reserve base for the Bełchatów power plant due to its geological conditions and the depth to the deposit. In addition, surface development facilities prevent profitable exploitation of this deposit. In conclusion, it was pointed out that the location of the external dump in the immediate vicinity of the Bełchatów – deposit the Kamieńsk field is not the main reason why the profitable exploitation of this deposit is not possible.

Key words: lignite, power plant, deposit parameters, geostatistical analyzes, geological conditions, resource evaluation, profitability of operation.

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: naworyta@agh.edu.pl, maciejz@agh.edu.pl.

WSTĘP

Na bazie węgla brunatnego wytwarza się w Polsce ok. 30% energii elektrycznej. Węgiel brunatny wydobywany jest w trzech zagłębiach górniczo-energetycznych w ilości ok. 60 mln ton rocznie, z których największym jest zagłębie bełchatowskie, gdzie funkcjonuje jedna z największych na świecie kopalń odkrywkowych węgla brunatnego oraz największa elektrownia opalana tym paliwem. W 2017 roku w PGE GiEK S.A. Oddział KWB Bełchatów wydobyto 42,6 mln ton węgla i wytworzono 32,3 TWh energii elektrycznej. Na 5472 MW mocy zainstalowanej w bełchatowskiej elektrowni składa się 12 bloków po 370/390 MW oraz oddany do eksploatacji w 2011 roku blok energetyczny na parametry nadkrytyczne o mocy 858 MW. Sama kopalnia i elektrownia Bełchatów zapewniają ok. 20% energii elektrycznej wytwarzanej w Polsce i z tego powodu ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju.

Kopalnia powstała w roku 1975, dwa lata później rozpoczęto zdejmowanie nadkładu. Do końca 2017 roku, w zagłębiu bełchatowskim wydobyto łącznie 1169 mln ton węgla, przy czym przemieszczono 4511 mln m³ utworów nadkładowych, co daje średni wskaźnik przemysłowy nadkładu N/W na poziomie 3,86 m³/t (Kasztelewicz i in., 2018). Pozostałe do eksploatacji zasoby przemysłowe na koniec 2017 roku wynoszą 617 mln ton, z czego w polu Szczerców 588 mln ton, a w polu Bełchatów już tylko 30 mln ton. Przy uwzględnieniu wydobycia na poziomie 40 mln ton rocznie, pozostałe w złożu zasoby zapewnią dostawy węgla do elektrowni na kolejne 15–20 lat. Ewentualne przedłużenie możliwości funkcjonowania największej polskiej elektrowni wymaga już teraz podjęcia działań w celu zapewnienia dostaw węgla w czasie, gdy wyczerpią się zasoby eksploatowanych obecnie złóż.

Podstawowe dane bazy zasobowej węgla w zagłębiu bełchatowskim zestawiono w tabeli 1.

Jedną z możliwości przedłużenia funkcjonowania elektrowni Bełchatów jest udostępnienie złoža Złoczew. Zasoby bilansowe tego złoža w ilości 612 mln ton mogłyby umożliwić funkcjonowanie elektrowni nawet do roku 2060. Wadą tego rozwiązania jest duża odległość od bełchatowskiej elektrowni, która w linii prostej wynosi 48 km. Transport węgla w ilościach kilkudziesięciu milionów ton rocznie wydaje się być dużym wyzwaniem logistycznym i może znacząco wpłynąć na opłacalność tego rozwiązania.

W bezpośrednim sąsiedztwie złoža Bełchatów – pole Bełchatów zalega złoža Bełchatów – pole Kamięńsk, dla uproszczenia w dalszej części określane mianem pola Kamięńsk. Mimo nieporównywalnie mniejszych zasobów w stosunku do złoža Złoczew udostępnienie zasobów pola Kamięńsk mogłoby przedłużyć funkcjonowanie elektrowni Bełchatów przy niskich kosztach transportu węgla do elektrowni.

Lokalizację pól złożowych w zagłębiu bełchatowskim oraz perspektywicznego złoža Złoczew przedstawiono na figurze 1.

W kontekście zbliżającego się terminu wyczerpania zasobów w dwóch polach złoža Bełchatów: Bełchatów i Szczerców, powracają dyskusje na temat zasobów węgla w polu Kamięńsk. Panuje opinia, że decyzje podjęte podczas projektowania kopalni Bełchatów skutecznie uniemożliwiły wykorzystanie zasobów zalegających w polu Kamięńsk. Pojawiają się nawet zarzuty, że przez lokalizację zwałowiska zewnętrznego kopalni Bełchatów przy granicy złoža pole Kamięńsk zmarnowano jego cenne zasoby. W niniejszym artykule przedstawiono powody, dla których ani w przeszłości ani obecnie eksploatacja węgla z pola Kamięńsk nie była brana poważnie pod uwagę.

CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA ZASOBÓW ZŁOŻA BEŁCHATÓW – POLE KAMIĘŃSK

Zgodnie z dokumentacją geologiczną złoža Bełchatów w kat. C1+ B (Gajda i in., 1964), w polu Kamięńsk zalegają 132,4 mln ton zasobów bilansowych i aż 164,6 mln ton zasobów pozabilansowych. Z punktu widzenia oceny tych zasobów istotna jest dokładność rozpoznania złoža, którą w Polsce określa się pojęciem kategorii rozpoznania. Co prawda w nazwie dokumentacji geologicznej złoža Bełchatów, w której opisano wszystkie trzy pola złożowe – Bełchatów, Szczerców oraz Kamięńsk, występują kategorie C1+B, jednak w przypadku pola Kamięńsk tylko jego zachodnia część została udokumentowana w kategorii C1. Liczba otworów we wschodniej jego części wskazuje raczej na kategorię C2.

Ze względu na wyraźne zróżnicowanie w budowie geologicznej pola Kamięńsk nie sposób go opisywać bez dokonania uprzedniego podziału na część zachodnią i wschodnią. Różnice pomiędzy tymi częściami są tak duże, że stosowanie jednolitego opisu do całego pola złożowego byłoby

Tabela 1

Podstawowe dane bazy zasobowej węgla w zagłębiu bełchatowskim (Pietraszewski, 2018; Szufficki i in., 2018)
Basic data for the lignite resource base in the Bełchatów Basin (Pietraszewski, 2018; Szufficki *et al.*, 2018)

Złoža Bełchatów	Zasoby przemysłowe na koniec 2017 [mln t]	Roczne wydobycie w 2017 [mln t]	Czas zakończenia (termin ważności koncesji wydobywczej)
Pole Bełchatów	29,7	15,8	2026
Pole Szczerców	588,2	26,8	2038
Razem	617,9	42,6	

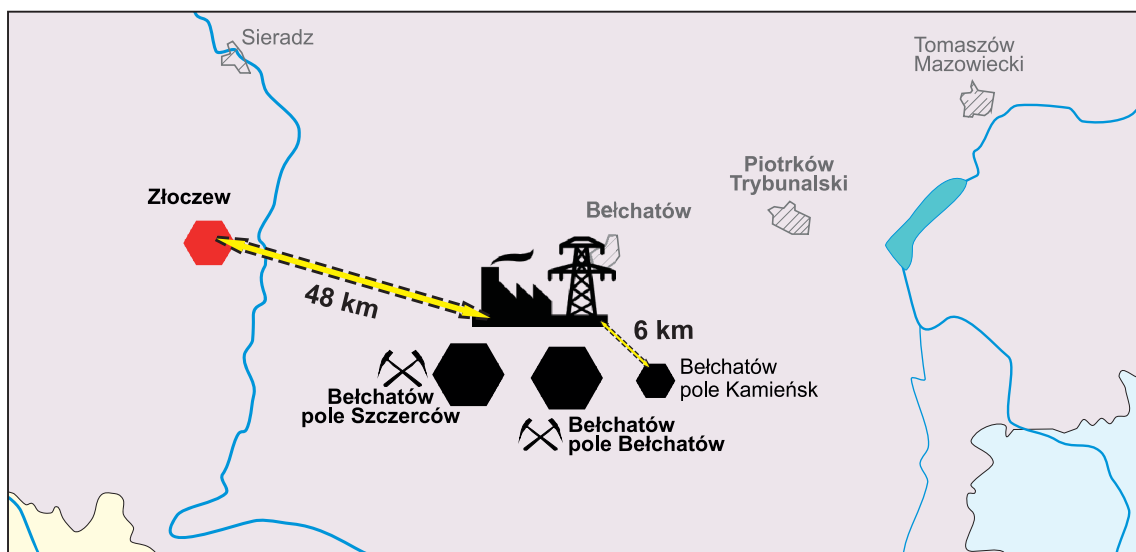


Fig. 1. Lokalizacja pól złóżowych w zagłębiu belchatowskim oraz perspektywicznego złoża Złoczew

Location of deposits in the Belchatów Basin and of the prospective Złoczew deposit

nierzetelne. Podziału złoża na część zachodnią i wschodnią dokonano na potrzeby niniejszego artykułu (fig. 2).

Od zachodu pole Kamięńsk, poprzez uskoki Widawki, bezpośrednio przechodzi w pole Belchatów, gdzie w latach 70. XX wieku umiejscowiono wkop udostępniający złożo. W procesie dokumentowania złoża w latach 60. XX wieku w części zachodniej pola Kamięńsk na powierzchni ok. 430 ha odwiercono 43 otwory, podczas gdy w części wschodniej, obejmującej powierzchnię ok. 1260 ha, odwiercono 20 otworów, z czego tylko 15 to otwory, w których stwierdzono występowanie złoża spełniającego kryteria bilansowości. Na figurze 2 pokazano rozmieszczenie otworów w granicach udokumentowanego złoża Belchatów – pole Kamięńsk.

O ile otwory w części zachodniej, rozmieszczone w regularnej siatce, umożliwiają modelowanie budowy złoża, to w części wschodniej na podstawie otworów można co najwyżej skonstruować jeden przekrój podłużny (W–E) oraz cztery przekroje poprzeczne (N–S). Te ostatnie mają

niską wartość poznawczą, bowiem każdy z nich oparty jest jedynie na dwóch otworach, w których stwierdzono występowanie węgla. Ze względu na niską dokładność rozpoznania, granicę wschodniej części pola Kamięńsk należy również traktować jako przypuszczalną, szczególnie od strony południowej. Średnie odległości między otworami w części zachodniej to 500 m w kierunku W–E i 200 m w kierunku N–S, podczas gdy w części wschodniej odległość ta wynosi odpowiednio 1000 m (W–E) i 500 m (N–S).

Zachodnia część złoża ma bardzo skomplikowaną budowę. Spąg zalega na rzędnych od $-130,7$ do $58,8$ m n.p.m., co daje rozpiętość $189,5$ m. Podobnie rzędne stropu pokładu – od $-90,9$ do $72,5$ m n.p.m. przy rozpiętości $163,4$ m. Miąższość pokładu osiąga wartości od $1,0$ do $106,7$ m, przy średniej $28,3$ m i odchyleniu standardowym $25,82$ m. Współczynnik zmienności miąższości pokładu zdefiniowany jako iloraz odchylenia standardowego i wartości średniej

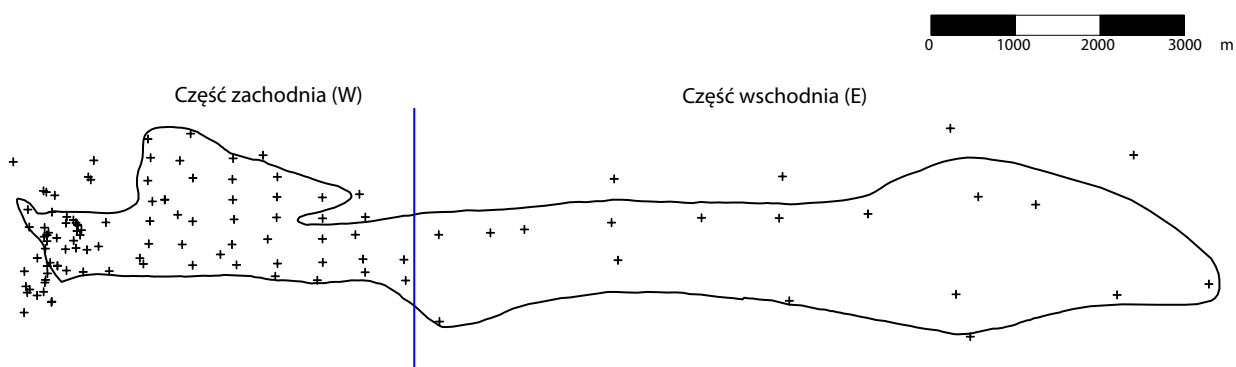


Fig. 2. Granica geologiczna złoża Belchatów – pole Kamięńsk (krzyżykami oznaczono lokalizację otworów rozpoznawczych)

Geological boundary of the Belchatów – Kamięńsk field deposit (crosses mark the location of exploratory boreholes)

wynosi tu aż 91,3%; jest to wartość bardzo wysoka. Wynika to przede wszystkim z położenia zachodniej partii złoża w rowie tektonicznym. W budowie geologicznej zidentyfikowano również istnienie uskoków. W praktyce w celu rzetelnego opisu tej części złoża należałoby wyodrębnić jednolite bloki złożowe, w obrębie których współczynnik zmienności miąższości byłby na znacznie niższym poziomie. Na potrzeby niniejszego opracowania opis ogólny zachodniej części złoża uznano za wystarczający. Wysoka zmienność miąższości pokładu wskazuje na trudności w projektowaniu i ewentualnej eksploatacji tej partii złoża.

W przeciwieństwie do części zachodniej, parametry strukturalne w części wschodniej pola Kamięńsk są bardziej jednorodne. Spąg stwierdzono znacznie wyżej, na rzędnych od $-3,3$ do $86,2$ m n.p.m., a strop od $0,0$ do $88,8$ m n.p.m. Miąższość pokładu mieści się między $2,4$ a $18,6$ m, średnio $9,62$ m, przy odchyleniu standardowym $5,3$. Współczynnik zmienności miąższości pokładu wynosi $55,1\%$.

Ze względu na niewielką liczbę otworów w części wschodniej pola Kamięńsk wykonywanie map spągu i stropu praktycznie mija się z celem. Analizy geostatystyczne mające na celu zbadanie charakteru zmienności parametrów złożowych potwierdzają bezzasadność wykonywania interpolacji parametrów pomiędzy otworami i tym samym dyskwalifikują materiał pomiarowy jako podstawę do wykonywania jakichkolwiek map izolinowych. Na obecnym etapie rozpoznania złoża wystarczająco rzetelnym jego opisem jest opis statystyczny.

Na figurze 3 przedstawiono wariogramy ilustrujące charakter zmienności parametrów strukturalnych spągu i stropu części zachodniej złoża. Ze względu na niewielką liczbę otworów oraz duże odległości pomiędzy nimi odstą-

piono od wykonywania wariogramów parametrów części wschodniej.

Z uwagi na wyraźne występowanie trendu w ukształtowaniu spągu i stropu wariogramy obliczono po uprzednim odcięciu wartości trendu w postaci płaszczyzny dopasowanej do obserwacji. Analizy wykonano w programie Surfer z wykorzystaniem funkcji automatycznego odcięcia wartości trendu.

W tabeli 2 zestawiono charakterystykę zmienności rzędnych stropu i spągu, wynikającą z przeprowadzonej analizy geostatystycznej. W części zachodniej złoża obserwuje się występowanie wyraźnej autokorelacji, której zasięg na podstawie dopasowanych modeli Gaussa można oszacować na ok. 500 – 550 m. Wariancja lokalna (*nugget effect*) przyjmuje wartości na poziomie 450 – 500 m². Ten ostatni parametr, odczytywany w miejscu ekstrapolacji wariogramu ku osi pionowej, jest szczególnie istotny, ponieważ wyznacza minimalną wartość teoretycznego błędu modelu (interpolacji) rzędnych stropu i spągu. Pierwiastek kwadratowy z wariancji lokalnej, który dla badanych parametrów strukturalnych mieści się między 21 – 23 m to minimalny błąd modelu spągu i stropu przy założeniu, że model wykonany zostanie metodą krigingu z wykorzystaniem pokazanych na figurze 3 modeli dopasowanych wariogramów. Wartość wariancji lokalnej na poziomie 450 – 500 m² wydaje się być dość wysoka, szczególnie w odniesieniu do parametrów strukturalnych złóż osadowych, jakim jest złożo węglu brunatnego. W przypadku tej części złoża wysoka wartość wariancji lokalnej wynika ze skomplikowanej budowy oraz występowania uskoków tektonicznych, które dodatkowo wpływają niekorzystnie na dokładność modelowania.

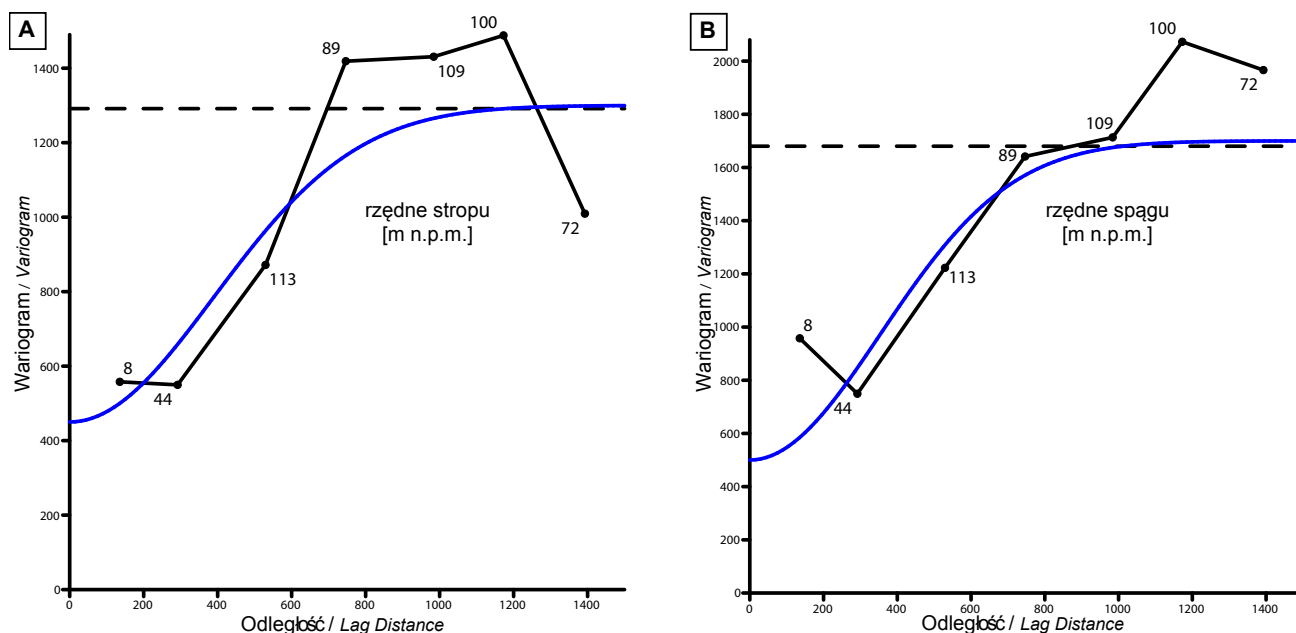


Fig. 3. Wariogramy empiryczne rzędnych stropu (A) oraz spągu (B) części zachodniej pola Kamięńsk (do wariogramów dopasowano modele typu Gaussa)

Empirical variograms of the top (A) and base (B) of the western part of the Kamięńsk field lignite deposit (Gaussian models were adapted to the variograms)

Tabela 2

Charakterystyka zmienności parametrów strukturalnych części zachodniej pola Kamięńsk

Characteristics of the variability of structural parameters of the western part of the Kamięńsk field lignite deposit

	Liczba obserwacji	Rodzaj zmienności	Model	Zasięg autokorelacji [m]	Wariancja lokalna [m ²]
Rzędne spągu [m n.p.m.]	43	wyraźna autokorelacja	Gaussa + <i>nugget effect</i>	500	500
Rzędne stropu [m n.p.m.]	43	wyraźna autokorelacja	Gaussa + <i>nugget effect</i>	550	450

Na figurach 4 i 5 przedstawiono powierzchnie stropu i spągu zachodniej części złoża. Pokazano lokalizację otworów z opisem rzędnych. Modele wykonane metodą kriginu mają znaczenie poglądowe; ze względu na położenie w rowie tektonicznym oraz istnienie uskokuw złoża ma w rzeczywistości bardziej skomplikowaną budowę. W celu uproszczenia wizualizacji budowy tej części złoża założono ciągłość pokładu.

Rzędne powierzchni terenu nad polem Kamięńsk oscylują między 200 a 230 m n.p.m., średnio 210 m n.p.m. Mimo, że powierzchnia nad złożem cechuje się niewielkimi deniwelacjami, to ze względu na skomplikowaną budowę samego złoża, grubość utworów nadkładowych przyjmuje bardzo zmienne wartości – od 130 aż do 315 m.

Węgiel brunatny w zachodniej części złoża (W) ma nieznacznie wyższą wartość opałową Q_i^r , średnio na poziomie 9255 kJ/kg w stosunku do 8210 kJ/kg w części wschodniej (E). Zmienność tego parametru w części zachodniej jest dwukrotnie wyższa niż w części wschodniej; współczynnik zmienności wynosi odpowiednio 17,2% (W) i 8,3% (E). Zmienność wartości opałowej nie jest jednak duża, co jest typowe dla polskich złóż węgla brunatnego; mieści się zazwyczaj w zakresie od 8 do 18% (Wasilewska-Błaszczyk, Naworyta, 2015).

Ze względu na wysoką korelację między wartością opałową Q_i^r i popielnością węgla A^d parametr ten w części zachodniej przybiera korzystniejsze wartości niż w części wschodniej pola Kamięńsk, średnio 19,4% (W) wobec 25,2% (E). Siarka całkowita w węglu suchym S_i^d w części zachodniej złoża jest na niskim poziomie – średnio 0,82% i nieco wyższym 1,16% w części wschodniej. Najwyższą zawartość siarki stwierdzono w części wschodniej – 2,28%, tu też parametr ten wykazuje wyższą zmienność na poziomie 45,7%.

Generalnie węgiel brunatny w polu Kamięńsk cechuje się korzystnymi parametrami jakościowymi, przy czym w części zachodniej te parametry są nieznacznie lepsze niż w części wschodniej.

Analiza geostatystyczna parametrów jakościowych przeprowadzona w części zachodniej analizowanego złoża wykazała istnienie wyraźnej autokorelacji w przypadku popielności A^d , oraz wartości opałowej Q_i^r , przy zasięgu odpowiednio 1200 i 1100 m, oraz słabą autokorelację zawartości siarki całkowitej S_i^d o zasięgu ok. 1300 m. Do wariogramów empirycznych dopasowano modele typu sferycznego, na podstawie których oszacowano wartość wariancji lokalnej i zasięg autokorelacji. Wariogramy przedstawiono na figurze 6, a charakterystykę zmienności parametrów zestawiono w tabeli 3.

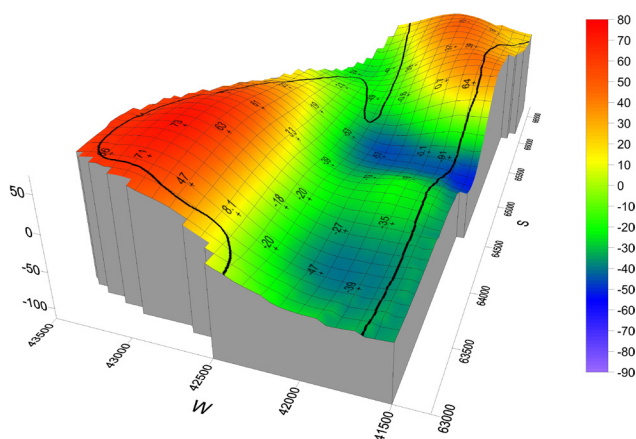


Fig. 4. Model stropu zachodniej części pola Kamięńsk – widok od strony zachodniej ku wschodowi

Model of the top of the western part of the Kamięńsk field lignite deposit – toward the east

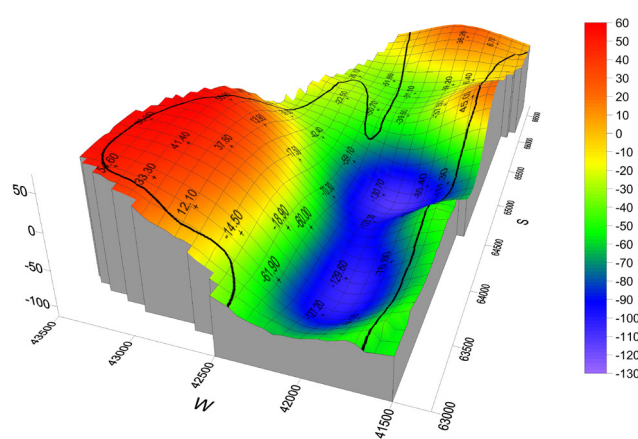


Fig. 5. Model spągu zachodniej części pola Kamięńsk – widok od strony zachodniej ku wschodowi

Model of the base of the western part of the Kamięńsk field lignite deposit – towards the east

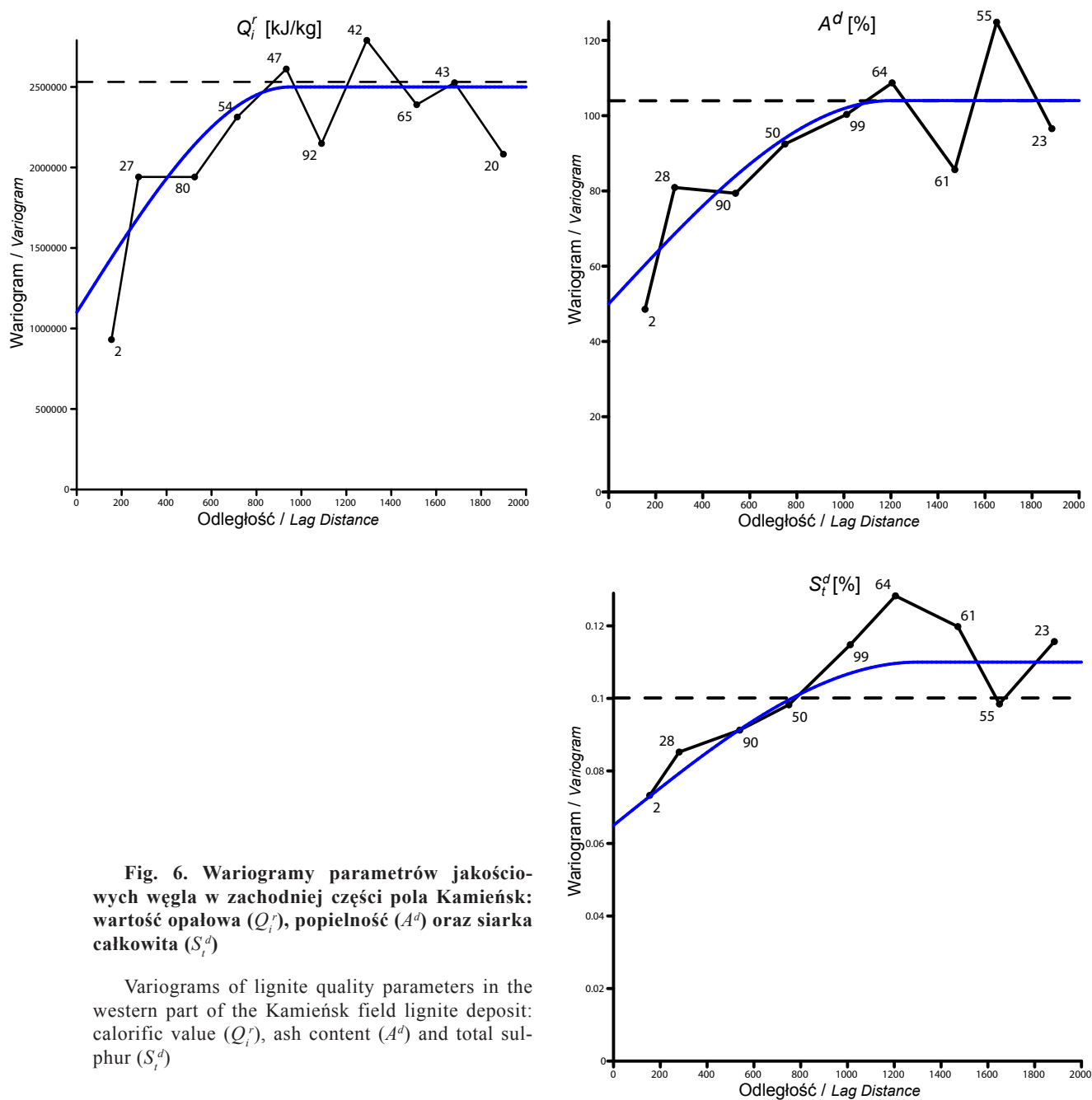


Fig. 6. Wariogramy parametrów jakościowych węgla w zachodniej części pola Kamięńsk: wartość opałowa (Q_i^r), popielność (A^d) oraz siarka całkowita (S_i^d)

Variograms of lignite quality parameters in the western part of the Kamięńsk field lignite deposit: calorific value (Q_i^r), ash content (A^d) and total sulphur (S_i^d)

Tabela 3

Charakterystyka zmienności parametrów jakościowych węgla w zachodniej części pola Kamięńsk

Characteristics of the variability of lignite quality parameters in the western part of the Kamięńsk field lignite deposit

Parametr węgla	Liczba obserwacji	Rodzaj zmienności	Model	Zasięg autokorelacji [m]	Wariancja lokalna
Wartość opałowa Q_i^r [kJ/kg]	35	wyraźna autokorelacja	sferyczny + nugget effect	950	1 100 000 (kJ/kg) ²
Popielność węgla A^d [%]	35	wyraźna autokorelacja	sferyczny + nugget effect	1200	50% ²
Zawartość siarki całkowitej S_i^d [%]	35	słaba autokorelacja	sferyczny + nugget effect	1300	0,065% ²

Warto zaznaczyć, że wartości wariogramów najbliższej osi pionowej oparte są zaledwie na dwóch parach obserwacji; ich statystyczna wartość przy ocenie udziału wariancji lokalnej w ogólnej zmienności parametru jest znikoma. Wartość wariancji lokalnej dla wartości opalowej Q_i^r oszacowano na poziomie $1\ 100\ 000\ (\text{kJ/kg})^2$, co przekłada się na minimalny błąd modelu tego parametru na poziomie $1050\ \text{kJ/kg}$, dla popielności A^d na poziomie $50\%^2$, co wyznacza minimalny poziom błędu modelu w wysokości $7,07\%$. W przypadku zawartości siarki w węglu S_i^d wartość wariancji lokalnej oszacowano na wysokim poziomie $0,065\%^2$, minimalny błąd modelu wynosi $0,25\%$.

Na figurze 7 przedstawiono modele zmienności dwóch głównych parametrów jakościowych węgla. Mapy izolinio-we pokazano na bazie modelu 3D stropu złoża. Ze względu na wysoką korelację między wartością opalową Q_i^r oraz popielnością węgla A^d zrezygnowano z przedstawiania modelu zmienności tego ostatniego parametru. Mapy wykonano metodą krigingu zwyczajnego w programie Surfer.

UWARUNKOWANIA ZEWNĘTRZNE EWENTUALNEJ EKSPLOATACJI ZASOBÓW ZŁOŻA BELCHATÓW – POLE KAMIĘŃSK

Podczas oceny możliwości eksploatacji złoża należy przeanalizować uwarunkowania złożowe, górnicze oraz uwarunkowania zewnętrzne, niezwiązane bezpośrednio ze złożem, a mające często kluczowe znaczenie dla projektowanej eksploatacji. Często to właśnie te ostatnie sprawiają, że wartościowe pod względem górniczo-geologicznym złoża nie nadają się do uzasadnionej ekonomicznie eksploatacji (Nieć, Salamon, 2016; Naworyta, 2016). Wśród czynników, które utrudniają, a nawet wykluczają możliwość wydobycia surowców metodą odkrywkową są czynniki naturalne i antropogeniczne. Do tych pierwszych należy zaliczyć war-

tościowe pod względem przyrodniczym, często chronione tereny nad złożami, rzeki, wody stojące, tereny podmokłe. Czynniki antropogeniczne to intensywna zabudowa mieszkaniowa, drogi, autostrady, koleje, rurociągi, składowiska. Poniżej przedstawiono analizę czynników wpływających na możliwość eksploatacji węgla z pola Kamięńsk.

Obszar złoża Belchatów – pole Kamięńsk od zachodu ograniczony jest zwałowiskiem wewnętrznym pola Belchatów wyniesionym ok. $40\ \text{m}$ ponad otaczający teren, natomiast na południowym zachodzie graniczy ze zwałowiskiem zewnętrznym kopalni Belchatów o nazwie fizjograficznej Góra Kamięńsk. Wzniesienie to, o wysokości $195\ \text{m}$ i objętości $1,35\ \text{mld}\ \text{m}^3$, zajmuje powierzchnię $1480\ \text{ha}$ (Cichoń, 2007).

Kolejnym istotnym obiektem zlokalizowanym na powierzchni złoża jest składowisko odpadów komunalnych Amest Sp. z o.o. umiejscowione pomiędzy miejscowościami Kąsie i Huby Ruszczyńskie, ok. $6\ \text{km}$ od miejscowości Kamięńsk. Składowisko na powierzchni ok. $43\ \text{ha}$ wznosi się ok. $30\ \text{m}$ ponad otaczający teren.

Przez obszar złoża w jego części wschodniej przebiega droga krajowa DK 1 z Gdańska do Cieszyna, wzdłuż której budowana jest autostrada A1. Wzdłuż DK 1 położony jest rurociąg produktów naftowych (Koluszki–Częstochowa). Na wschód od DK 1 przez złoża przebiega DK 91 z Piotrkowa Trybunalskiego do Częstochowy, a w zachodniej części droga wojewódzka DW 484 Belchatów–Kamięńsk.

Na całym obszarze złoża występują także liczne drogi powiatowe i gminne. W centralnej części omawianego obszaru przebiegają linie energetyczne wysokiego napięcia: w miejscowościach Szpinalów i Ozga – $220\ \text{kW}$ oraz w Aleksandrowie i Danielowie – $400\ \text{kW}$. Dodatkowo, zachodnia część powierzchni terenu nad polem Kamięńsk znajduje się w granicach Obszaru Chronionego Krajobrazu Dolina Widadki. Uwarunkowania infrastrukturalne na terenie złoża Belchatów – pole Kamięńsk pokazano na figurze 8.

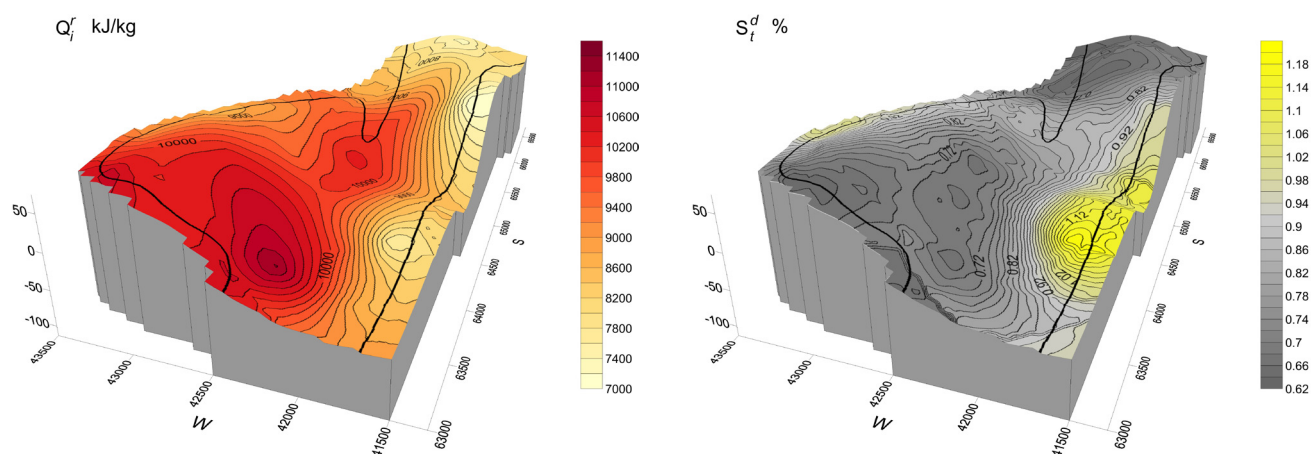


Fig. 7. Mapy zmienności parametrów jakościowych w zachodniej części pola Kamięńsk przedstawione na modelu 3D stropu pokładu, od lewej: wartość opalowa Q_i^r i siarka całkowita S_i^d

Variability models of quality parameters in the western part of the Kamięńsk field lignite deposit presented on a 3D model of the seam top, from the left: calorific value Q_i^r and total sulphur S_i^d

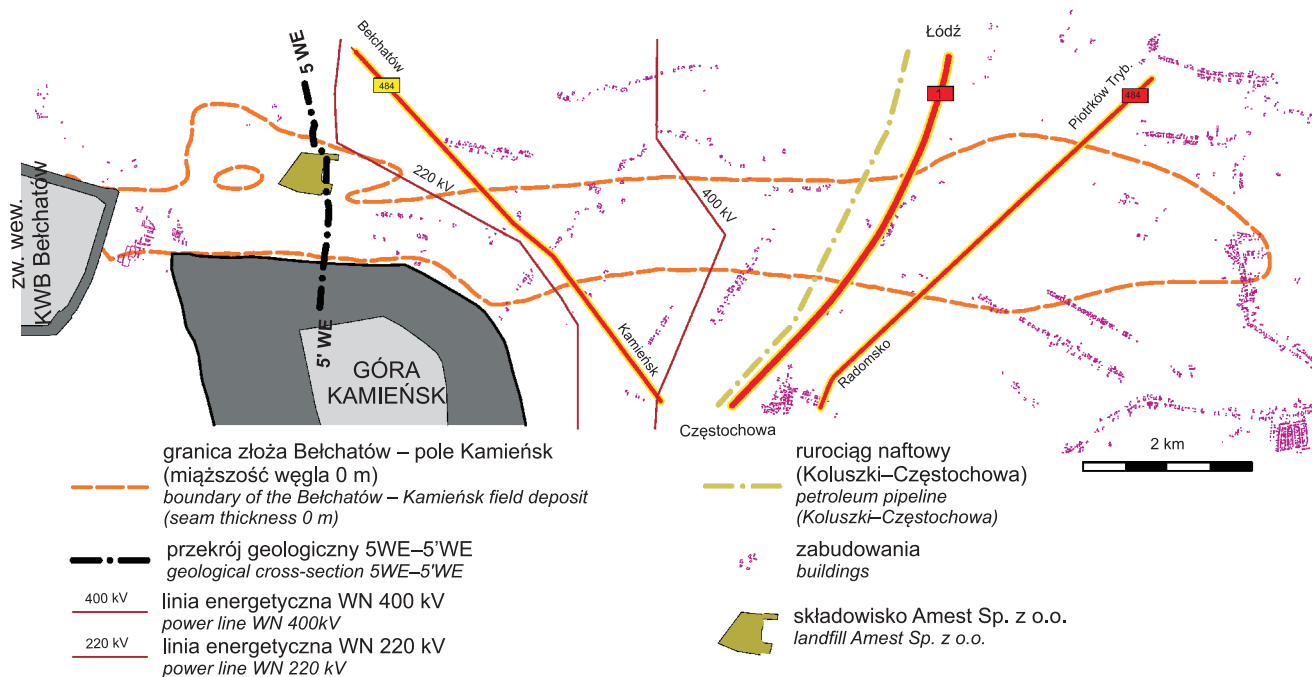


Fig. 8. Uwarunkowania infrastrukturalne na terenie złoża Bełchatów – pole Kamięńsk

Location of infrastructure objects in the area of Kamięńsk field lignite deposit

PROBLEMATYKA GÓRNICZEGO ZAGOSPODAROWANIA ZŁOŻA BEŁCHATÓW – POLE KAMIĘŃSK

Najkorzystniejsze pod względem górnictwem, zasoby bilansowe o liniowym wskaźniku nadkładu do złoża N:W [m/m] mniejszym od 6:1 m/m, zalegają w części zachodniej. W tym miejscu pokład węgla osiąga największą miąższość dochodzącą lokalnie nawet do 100 m, jednak spąg tego pokładu zalega bardzo głęboko, tj. do 340 m p.p.t. W przypadku podjęcia eksploatacji głębokość wyrobiska byłaby więc zbliżona do tej, charakterystycznej dla eksploatacji pokładu węgla w tzw. rowie II rzędu w polu Bełchatów (Sośniak, Chałupka, 2009).

W celu określenia możliwości potencjalnej eksploatacji zasobów bilansowych węgla brunatnego w zachodniej części pola Kamięńsk zamodelowano wyrobisko docelowe i obliczono ilość nadkładu konieczną do zdjęcia. Budowa geologiczna zachodniej części pola Kamięńsk jest podobna do budowy geologicznej eksploatowanego pola Bełchatów, dlatego przyjęto analogiczne generalne nachylenia zboczy projektowanego wyrobiska.

Biorąc pod uwagę wyłącznie uwarunkowania geologiczne zalegania zasobów bilansowych w zachodniej części pola Kamięńsk (bez ograniczeń powierzchniowych), do górnictwa zagospodarowania możliwe byłyby zasoby w ilości 113 mln ton węgla, przy kubaturze nadkładu na poziomie 1706 mln m³. Zestawienie tych dwóch wielkości wyznacza objętościowy współczynnik nadkładu N:W [m³/t] na wysokim poziomie 15:1 m³/t.

Z tej krótkiej analizy wynika, że pomimo wybrania do eksploatacji części zasobów o korzystnym geologicznym wskaźniku liniowym N:W [m/m], ze względu na dużą głębokość zalegania złoża oraz nachylenie projektowanych zboczy wyrobiska, objętościowy współczynnik nadkładu przybiera bardzo wysoką wartość. Ma to związek przede wszystkim z podłużnym kształtem złoża. Przy przedstawionej wyżej budowie zachodniej części pola Kamięńsk duża ilość nadkładu usytuowana jest w zboczach projektowanego wyrobiska docelowego. Wysoki współczynnik nadkładu był jednym z podstawowych powodów, dla których złożo pole Kamięńsk nie było brane pod uwagę jako nadające się do opłacalnej eksploatacji (Mazurek, Kasztelewicz, 2000; Kasiński i in., 2006).

Projektowany przebieg wyrobiska docelowego na polu Kamięńsk pokazano na figurze 9.

Z figury 9 wynika, że w zasięgu projektowanego wyrobiska, znalazłyby się trzy kluczowe dla ewentualnej eksploatacji obiekty – od południa Góra Kamięńsk, od zachodu zwałowisko wewnętrzne pola Bełchatów, a w części centralnej składowisko odpadów komunalnych Amest Sp. z o.o.

Istnienie wymienionych obiektów w granicach potencjalnego wyrobiska górnictwa w praktyce wyklucza możliwość zagospodarowania jakiegokolwiek części zasobów bilansowych pola Kamięńsk. Sytuację tę najlepiej obrazuje wykonany przekrój 5NS–5'NS przeprowadzony przez centralną część zamodelowanego wyrobiska docelowego (fig. 10).

Lokalizacja Góry Kamięńsk w bezpośrednim sąsiedztwie granicy pola Kamięńsk sprawia, że w celu zagospodarowania zalegających tam zasobów złoża konieczne byłoby urobienie znacznej części byłego zwałowiska zewnętrznego. Zdjęcie

dotychczasowych 350 mln m³ mas nadkładu zwiększyłyby wartość objętościowego współczynnika nadkładu N:W [m³/t] z obecnych 15 do 18,2 m³/t. Nawet gdyby operacja taka była technicznie możliwa to jej wysoki koszt przekreśla sens jej przeprowadzenia. Należy jednak zaznaczyć, że nawet bez urabiania dodatkowych mas nadkładu z Góry Kamięńsk objętościowy współczynnik nadkładu N:W [m³/t] na poziomie 15 m³/t jest w warunkach polskiego górnictwa węgla brunatnego na bardzo wysokim poziomie.

Gdyby zamiast urabiania dodatkowych mas nadkładu wyznaczyć filar dla ochrony Góry Kamięńsk to wielkość zasobów możliwych do zagospodarowania zmniejszyłaby się o 60%.

Jeszcze większy wpływ na dostępność zasobów złoża ma lokalizacja składowiska odpadów komunalnych Amest Sp. z o.o. Jest to jedno z największych tego typu obiektów w Polsce, o znaczeniu ponadregionalnym. Jego przeniesienie, ze względów środowiskowych i ekonomicznych nie jest możliwe. Wyznaczenie filara ochronnego dla tego składowiska skutecznie uniemożliwia zagospodarowanie całości zasobów bilansowych złoża, zarówno dla odkrywkowej, jak i podziemnej metody eksploatacji.

Projektowanie eksploatacji we wschodniej części pola Kamięńsk jest na obecnym etapie rozpoznania przedwczesne. Liczba i gęstość otworów odwierconych nad złożem nie upoważnia do prowadzenia jakichkolwiek prac projektowych. Wartości parametrów górnictwo-geologicznych w odwierconych otworach także nie zachęcają do kontynuowania prac geologicznych, a obiekty infrastruktury istniejące oraz

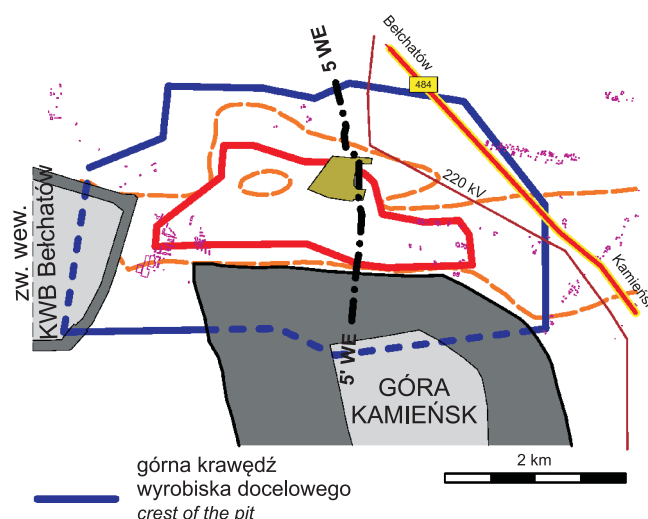


Fig. 9. Projektowane granice wyrobiska docelowego eksploatacji zachodniej części pola Kamięńsk

Pozostałe objaśnienia na figurze 8

Designed excavation of the western part of the Kamięńsk lignite deposit

For other explanations see Figure 8

budowane (autostrada A1) oraz zabudowa kubaturowa nad złożem dyskwalifikują zasoby wschodniej części pola Kamięńsk jako przedmiot ekonomicznie i ekologicznie uzasadnionej eksploatacji.

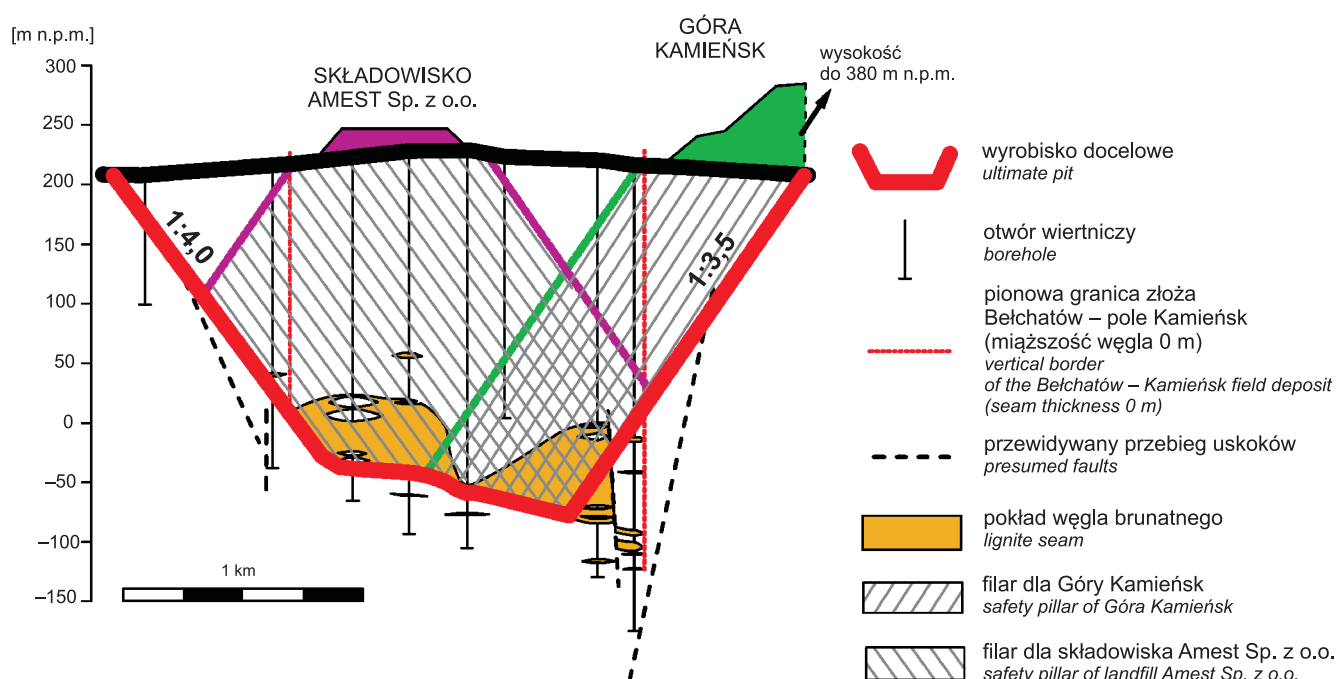


Fig. 10. Przekrój 5NS–5'NS przedstawiający wpływ lokalizacji Góry Kamięńsk i składowiska Amest Sp. z o.o. na możliwość eksploatacji pokładu węgla

Cross section 5NS–5'NS through the lignite seam showing the influence of the Góra Kamięńsk external dump and the Amest landfill on the possibility of surface mining

PODSUMOWANIE

Pole Kamieńsk to najbardziej na wschód wysunięte pole kompleksu złożowego Bełchatów. Charakteryzuje się niejednorodną budową. W części zachodniej zalega w głębokim rowie tektonicznym, podczas gdy w części wschodniej ma bardziej regularny pokładowy charakter. Miąższość złoża w części zachodniej dochodzi nawet do 100 m, średnio 28,3 m, podczas gdy w części wschodniej jest znacznie mniejsza, maksymalnie do 18,6 m, średnio 9,62 m.

Węgiel brunatny w złożu cechuje się dobrymi parametrami jakościowymi, przy czym w części zachodniej są one korzystniejsze niż w części wschodniej.

Pod względem górniczego zagospodarowania warunki zalegania złoża zarówno w części zachodniej, jak i wschodniej są niekorzystne. Głębokość i związana z tym grubość warstw nadkładowych sprawiają, że eksploatacja węgla z pola Kamieńsk przy obecnie stosowanej technice nie jest opłacalna. Skomplikowana budowa złoża w części zachodniej dodatkowo utrudnia możliwość wybrania zasobów spełniających kryteria bilansowe. Powody natury geologiczno-górniczej sprawiły, że już w latach 60. XX wieku pole Kamieńsk nie było brane pod uwagę jako baza zasobowa dla budowanej elektrowni Bełchatów.

W celu udostępniania złoża węgla brunatnego w polu Bełchatów zaprojektowano zwałowisko zewnętrzne przy południowej granicy zachodniej części pola Kamieńsk. Taka lokalizacja zwałowiska praktycznie uniemożliwiła opłacalne wydobywanie zasobów tego złoża. Należy jednak zaznaczyć, że to nie ta decyzja wpłynęła na możliwość lub opłacalność eksploatacji, odwrotnie, była ona raczej skutkiem wcześniej przeprowadzonych analiz parametrów geologiczno-górniczych. Nawet bez zwałowiska zewnętrznego – obecnej Góry Kamieńsk, eksploatacja złoża węgla w polu Kamieńsk w naturalnych warunkach zalegania nie byłaby gospodarczo uzasadniona.

Uwarunkowania zewnętrzne, naturalne oraz antropogeniczne w postaci składowiska, zabudowy mieszkaniowej oraz obiektów infrastruktury drogowej i technicznej dodatkowo niekorzystnie wpływają na możliwość zagospodarowania tego złoża.

Ze względu na analizowane w niniejszym artykule warunki geologiczno-górnicze oraz uwarunkowania zewnętrzne, zdaniem autorów złoża węgla brunatnego Bełchatów – pole Kamieńsk nie powinno być traktowane jako baza zasobowa przy przedłużeniu funkcjonowania elektrowni Bełchatów.

Podziękowania. Autorzy pragną podziękować recenzentom – panu dr. Sławomirowi Mazurkowi oraz panu dr. Jackowi R. Kasińskiemu za cenne uwagi merytoryczne do artykułu.

Artykuł został zrealizowany w ramach pracy statutowej nr 11.11.100.597.

LITERATURA

- CICHOŃ T., 2007 – Możliwość wykorzystania obiektów górniczych dla celów rekreacyjnych na przykładzie zwałowiska zewnętrznego Pola Szczerców. *Górnictwo i Geoinżynieria*, **31**, 2: 161–170.
- GAJDA B., DERKACZ J., KŁODNICKI A., BIAŁAS Z., 1964 – Kompleksowa dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego „Bełchatów” w kat. C1+B. *Narod. Arch. Geol. PIB-PIB*, Warszawa.
- JOŃCZYK M., ORGANIŚCIAK B., 2004 – Zagrożenia naturalne związane z eksploatacją złoża w kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów” S.A. *W: Zagrożenia naturalne w górnictwie* (red. E. Pilecka): 169–186. *Seria Wyd. Sympozyj i Konferencji*, **62**. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- KASIŃSKI R.J., MAZUREK S., PIWOCKI M., 2006 – Waloryzacja i ranking złóż węgla brunatnego w Polsce. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **187**.
- KASZTELEWICZ Z., TAJDUŚ A., PTAK M., SIKORA M., 2018 – Węgiel brunatny optymalnym paliwem dla krajowej energetyki w I połowie XXI wieku. *W: Węgiel brunatny – dziś i w przyszłości* (red.: D. Łochańska): 191–206. X Międzynarodowy Kongres Górnictwa Węgla Brunatnego. Bełchatów, 16–18 kwietnia 2018. Agencja Wydawniczo-Poligraficzna ART-TEKST, Kraków.
- MAZUREK S., KASZTELEWICZ Z., 2000 – Przemysłowość złóż węgla brunatnego. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej*, **91**, 28: 251–259. VII Krajowy Zjazd Górnictwa Odkrywkowego Wrocław, 20–22 września. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- NAWORYTA W., 2016 – Analiza dostępności zasobów w polskich złożach węgla brunatnego ze względu na ochronę przyrody i zagospodarowanie powierzchni terenu. *Zesz. Nauk IGSMiE PAN*, **95**: 23–33.
- NIEĆ M., SALAMON E., 2016 – Zmiany zasobów złóż paliw kopalnych (kopalni energetycznych) w Polsce w ostatnim półwieczu. *Zesz. Nauk. IGSMiE PAN*, **96**: 201–228.
- PIETRASZEWSKI A., 2018 – Polskie górnictwo węgla brunatnego w 2017 r. *Węgiel Brunatny*, **102**, 1: 4–14.
- SOŚNIAK E., CHAŁUPKA R., 2009 – Technologiczne uwarunkowania eksploatacji węgla w rowie II rzędu w zakładzie górniczym KWB „Bełchatów”. *Górnictwo i Geoinżynieria*, **33**, 2: 415–426.
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M. (red.), 2018 – Bilans zasobów złóż kopalnych w Polsce wg stanu na 31.12.2017. *Państw. Inst. Geol. – PIB*, Warszawa.
- WASILEWSKA-BŁASZCZYK M., NAWORYTA W., 2015 – Geostatystyczna analiza parametrów złoża węgla brunatnego w funkcji postępów projektowanej eksploatacji. *Gosp. Sur. Miner. – Miner. Res. Manag.*, **31**, 3: 77–92. DOI 10.1515/gospo-2015-23.

SUMMARY

The article presents a preliminary analysis of mining opportunities for the Bełchatów – Kamieńsk field deposit, located in the immediate vicinity of the Bełchatów power plant, as a potential raw material base for extending the plant's operation.

Due to the distinct diversity in the geological structure of Kamieńsk field, a division into western and eastern parts is proposed. The differences between these parts are so large that it would be unreliable to apply a uniform description to the entire deposit.

In the western part of the Kamieńsk field, 43 boreholes were drilled in an area of approximately 430 ha, while in the eastern part, covering an area of approximately 1260 ha, only 20 wells were drilled, with coal found only in 15 of them.

The western part of the deposit has a very complicated structure. The base of the lignite seam lies at -130.7 to 58.8 m a.s.l. The thickness of the seam varies from 1.0 to 106.7 m, with an average of 28.3 m. The great thickness variability results from the position of this part of the deposit in the tectonic graben. The geological structure also reveals a number of faults. Structural parameters in the eastern part of the Kamieńsk Field are more homogeneous. The lignite seam base lies at -3.3 to 86.2 m a.s.l., and the thickness of the seam varies between 2.4 and 18.6 m, average 9.62 m.

In the western part of the deposit, the lignite has a slightly higher calorific value, on average 9.255 kJ/kg compared to 8.210 kJ/kg in the eastern part.

The ash content is lower in the western part, averaging 19.4% , than in the eastern part of the Kamieńsk field – 25.2% . The total sulphur in dry lignite in the western part of the deposit is low – on average 0.82% , and slightly higher in the eastern part – 1.16% .

The Kamieńsk field lignite is generally characterized by favourable quality parameters, and these parameters are slightly better in the western than in the eastern part.

The paper presents geostatistical analysis of structural and quality parameters. In the western part of the deposit, there is a clear autocorrelation of both structural and quality parameters. The measuring material allows interpolation of parameters. The high nugget effect of structural parameters indicates large local variability resulting from the location of the deposit in the tectonic graben.

Due to the lack of autocorrelation and the small number and low density of boreholes in the eastern part of the deposit, parameter values cannot be interpolated. Creating of contour maps is not possible. The statistical description is a sufficiently reliable description of the eastern part of the deposit.

In addition to the geological characteristics, both natural and anthropogenic external conditions are also presented for possible exploitation of the deposit. The area of the

Kamieńsk field deposit is limited from the west by an internal dumping area, rising about 40 m above the surrounding area, whereas on the south-west, it borders on the Bełchatów external dump with the height of 195 m and the volume of 1.35 bcm. A municipal landfill site has been located above the deposit over an area of approximately 43 ha and a height of approximately 30 m.

The national road DK 1 runs along the deposit area, along which the A1 motorway is built. A petroleum pipeline, national road DK 91, and regional road DW 484 run across the deposit. High-voltage power lines (220 kW and 400 kW) run in its central part. The western part of the Kamieńsk field deposit is located within the boundaries of the Widawka Protected Landscape Area.

In order to determine the potential for exploitation of lignite resources in the western part of the Kamieńsk field, the open pit was modelled and the volume of overburden was calculated. When taking into account only the geological conditions in the western part of the Kamieńsk field, it would be possible to mine 113 million tones of lignite, with an overburden volume of $1,706$ million m^3 . The combination of these quantities results in the overburden ratio N:W [m^3/t] at a very high level of $15:1$ m^3/t . The location of the external dump near the boundary of the deposit makes it necessary to remove an additional 350 million m^3 of the overburden mass in order to extract lignite. This would increase the value of the overburden ratio N:W from the current 15 to 18.2 m^3/t .

On the other hand, if a pillar for the protection of the external dump were designated, the amount of resources available for development would decrease by 60% .

The location of the municipal waste landfill has a significant impact on the availability of the deposit's resources. Its relocation, for environmental and economic reasons, is not possible. The designation of a protective pillar for this storage site effectively prevents the exploitation of the entire deposit.

Designing operation in the eastern part of the Kamieńsk field at the current stage of geological recognition is premature. The number and density of boreholes drilled over the deposit does not authorize to carry out design work. The values of geological parameters in the boreholes do not encourage continuation of geological work, and the existing infrastructure objects over the deposit disqualify the resources of the eastern part of the deposit as a subject of economically and ecologically justified exploitation.

The analyses presented in the article show that despite the favourable quality parameters of coal in the Kamieńsk field, the deposit is not valuable as a resource base for the Bełchatów power plant due to its geological conditions and depth to the deposit.

