

Zbigniew KASZTELEWICZ\*, Maciej ZAJĄCZKOWSKI\*\*

## Analiza możliwości zagospodarowania złoża węgla brunatnego „Rogóżno” w kontekście zgazowania węgla

**STRESZCZENIE.** W artykule dokonano analizy możliwości zagospodarowania perspektywicznego złoża węgla brunatnego „Rogóżno” leżącego niedaleko miasta Zgierz. Omówiono jego budowę geologiczną oraz określono możliwość jego wykorzystania w przyszłości z uwzględnieniem strategii rozwoju górnictwa węgla brunatnego w kontekście zgazowania węgla. Całość prac realizowana jest w ramach prowadzonego projektu pt. „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej” w ramach części tematu badawczego 1.4.3. pt. „Analiza strategii rozwoju górnictwa węgla brunatnego w kontekście podziemnego zgazowania węgla brunatnego oraz ocena ekonomiczna procesów górniczych i skutków środowiskowych zgazowania tego węgla”.

Przeprowadzone analizy dotyczyły różnych sposobów wykorzystania zasobów złoża „Rogóżno”, zarówno w elektrowni konwencjonalnej, technologii podziemnego lub naziemnego zgazowania węgla. Wyznaczono także granice potencjalnej eksploatacji z uwzględnieniem uwarunkowań geologicznych, środowiskowych i infrastrukturalnych jak również koncepcję odkrywkowej eksploatacji złoża Rogóżno.

**SŁOWA KLUCZOWE:** węgiel brunatny, zgazowanie węgla, zagłębie adamowskie, złożo Rogóżno

---

\* Dr hab. inż. prof. AGH, \*\* Mgr inż – Akademia Górniczo-Hutnicza Kraków, e-mail: kasztek@agh.edu.pl, maciejz@agh.edu.pl

## 1. Budowa geologiczna złoża Rogóżno

Złoże węgla brunatnego Rogóżno występuje w zasadzie w nadkładzie wysadu solnego i jest złożem dwupokładowym o budowie wewnętrznej silnie zaburzonej w wyniku procesów tektoniki solnej. Dolny pokład węgla brunatnego o miąższości do 53 m (średnio 16,5 m) występuje na głębokości 170,4–195,0 m i odpowiada pod względem litostratygraficznym V pokładowi czempieńskiemu. Natomiast górny pokład, o miąższości do 44 m (średnio 19,1 m), występuje na głębokości 83,3–100,0 m i odpowiada litostratygraficznie II pokładowi łuzickiemu [2].

Złoże Rogóżno ma skomplikowaną budowę związaną z deformacjami spowodowanymi dużą dynamiką procesów subrozji i migracji soli w stropowej części wysadu. Dolny pokład węgla spoczywa bezpośrednio na skałach permskich czapy wysadu lub na cienkiej serii piasków, mułków i ilów wypełniających depresję w powierzchni czapy gipsowej, prawdopodobnie o genezie subrozycyjnej. Natomiast górny pokład wypełnia wyłącznie rozległe zapadlisko subrozcyjne ponad czapą wysadu i nie wychodzi poza jego kontur. Jest on miejscami silnie zaburzony, głównie deformacjami o charakterze fleksur. W tych rejonach miąższość pokładu zazwyczaj wzrasta, ale pojawiają się w nim przewarstwienia utworów mineralnych: piasków, ilów, mułków, rzadziej wapieni.

Utwory międzywęglowe rozdzielające oba pokłady węgla są reprezentowane przez serię utworów piaszczystych z niewielkimi przewarstwieniami mułków (mułowców) i ilów oraz cienkimi wkładkami węgla brunatnego. Wkładki węgla tworzą na części obszaru złoża mniej lub bardziej ciągły poziom o sumarycznej miąższości sięgającej 3,6 m, który stanowi odpowiednik stratygraficzny III pokładu ścinawskiego. Grubość serii międzywęglowej waha się w dużym przedziale od kilku do 178,0 m, średnio wynosi 70,3 m.

## 2. Scenariusz rozwoju działalności górnictwa węgla brunatnego w kontekście zgazowania węgla

W ramach prowadzonego projektu pt. „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej” w ramach części tematu badawczego 1.4.3. pt. „Analiza strategii rozwoju górnictwa węgla brunatnego w kontekście podziemnego zgazowania węgla brunatnego oraz ocena ekonomiczna procesów górniczych i skutków środowiskowych zgazowania tego węgla” opracowano scenariusze dotyczące rozwoju działalności górnictwa węgla brunatnego w czynnych zagłębiach górniczo-energetycznych w kontekście zgazowania węgla. Wykazały one, że istnieje możliwość zastosowania technologii zgazowania wydobytego węgla na powierzchni ze złoża Rogóżno [3]. Natomiast po przeprowadzonej analizie wyników dotyczących wymagań technologicznych i środowiskowych podziemnego zgazowania węgla brunatnego oraz kryteriów złożowych

i technologicznych wynika, że złoża to, przy obecnym stanie wiedzy trudno uznać za możliwe do przeprowadzenia podziemnego zgazowania [1, 4]. Główną tego przyczyną jest zbyt mała głębokość zalegania złoża, niekorzystne zjawiska tektoniczne, rozczłonkowanie pokładu węgla, zbyt mały udział w skałach stropowych utworów bardzo słabo przepuszczalnych oraz niekorzystne usytuowanie wobec poziomów wodonośnych.

Złoża to z uwagi na swoją lokalizację może stanowić bazę zasobową zarówno dla zagłębia bełchatowskiego jak i adamowskiego. Jednak z uwagi na szybkie wyczerpywanie się zasobów w zagłębiu adamowskim w złożach: Adamów, Władysławów czy Koźmin właśnie złoża Rogóźno należałoby uwzględnić jako kontynuację tego zagłębia.

Prognozowane wydobycie węgla brunatnego w zagłębiu adamowskim przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1. Prognozowane wydobycie węgla brunatnego w zagłębiu adamowskim [3]

TABLE 1. Projected lignite extraction in the Adamow basin [3]

Rok	Z obecnie eksploatowanych złóż [mln ton]	Złoża Piaski i Grochowy-Siąszyce [mln ton]	Złoża Rogóźno [mln ton]
1	2	3	4
2011	4,5		
2012	4,5		
2013	4,5		
2014	4,5		
2015	4,5		
2016	4,5		
2017	4,5		
2018	4,5		
2019	4,5		
2020	3,0	1,0	
2021	1,5	3,0	
2022		3,5	
2023		3,5	2,0
2024		3,5	4,0
2025		3,5	7,0
2026		3,5	10,0
2027		3,5	10,0
2028		3,5	10,0

TAB. 1 cd.

TAB. 1 cont.

1	2	3	4
2029		3,5	10,0
2030		3,5	10,0
2031		3,5	10,0
2032		3,5	10,0
2033		3,5	10,0
2034		3,5	10,0
2035		3,5	10,0
2036		3,5	10,0
2037		3,5	10,0
2038		3,5	10,0
2039		3,5	10,0
2040		3,5	10,0
2041		3,5	10,0
2042		3,5	10,0
2043		3,5	10,0
2044		3,5	10,0
2045		3,5	10,0
2046		3,5	10,0
2047		3,5	10,0
2048		3,5	10,0
2049		3,5	10,0
2050		3,5	10,0
Razem	45,0	102,0	253,0

W opracowanej strategii rozwoju działalności górnictwa węgla brunatnego w czynnej kopalni zagłębia adamowskiego – w kontekście zgazowania węgla – założono możliwość wydobycia pierwszego węgla z tego złoża w roku 2023. W związku z tym rozpoczęcie prac udostępniających złoża musiałyby rozpocząć się w roku 2020 [3].

### 3. Wyznaczenie granic eksploatacji z uwzględnieniem uwarunkowań geologicznych, środowiskowych i infrastrukturalnych

Aby wyznaczyć docelowe granice eksploatacji zbudowano geologiczną bazę danych złoża, obejmującą informacje w sumie z 424 odwierconych do tej pory otworów badawczych. Następnie wydzielono dwa kompleksy węglowe: dolny i górny. Modelowanie parametrów zalegania pokładów, jak również wszystkie obliczenia, dokonano w programie GEMCOM Surpac.

W przypadku dolnego kompleksu węglowego, który zalega na podłożu cechsztyńskim określono średnią miąższość węgla na 16,5 m. Jednak duża głębokość zalegania węgla, znaczna zawartość alkaliów oraz siarki drastycznie obniżają wartość energetyczną tego surowca. Dlatego w przedstawionej strategii wykorzystano zasoby obejmujące tylko górny kompleks węglowy. Jego średnia miąższość wyniosła 19 m, jednak jest on rozczłonkowany dość licznymi warstwami przerostów. Zasoby bilansowe w kompleksie górnym obliczono na 408,2 mln ton.

Obliczone zasoby bilansowe znajdują się w całości na terenie gminy Zgierz, w powiecie zgierskim województwa łódzkiego. Teren nad złożem w głównej mierze użytkowany jest rolniczo ze znacznym udziałem produkcji sadowniczej. Niewielkie kompleksy leśne występują jedynie w zachodniej części złoża. Całe złożo przecina z południa na północ droga wojewódzka 702 Zgierz–Kutno, a wzdłuż jego południowo-wschodniej granicy przebiega droga krajowa 71 Łódź–Łowicz oraz magistrala kolejowa Warszawa–Łódź Kaliska–Wrocław. Miejscowościami położonymi na obszarze złoża są: Astachowice, Besiekierz, Rogóźno, Wola Rogozińska i Warszycy. Wszystkie one są połączone siecią dróg lokalnych.

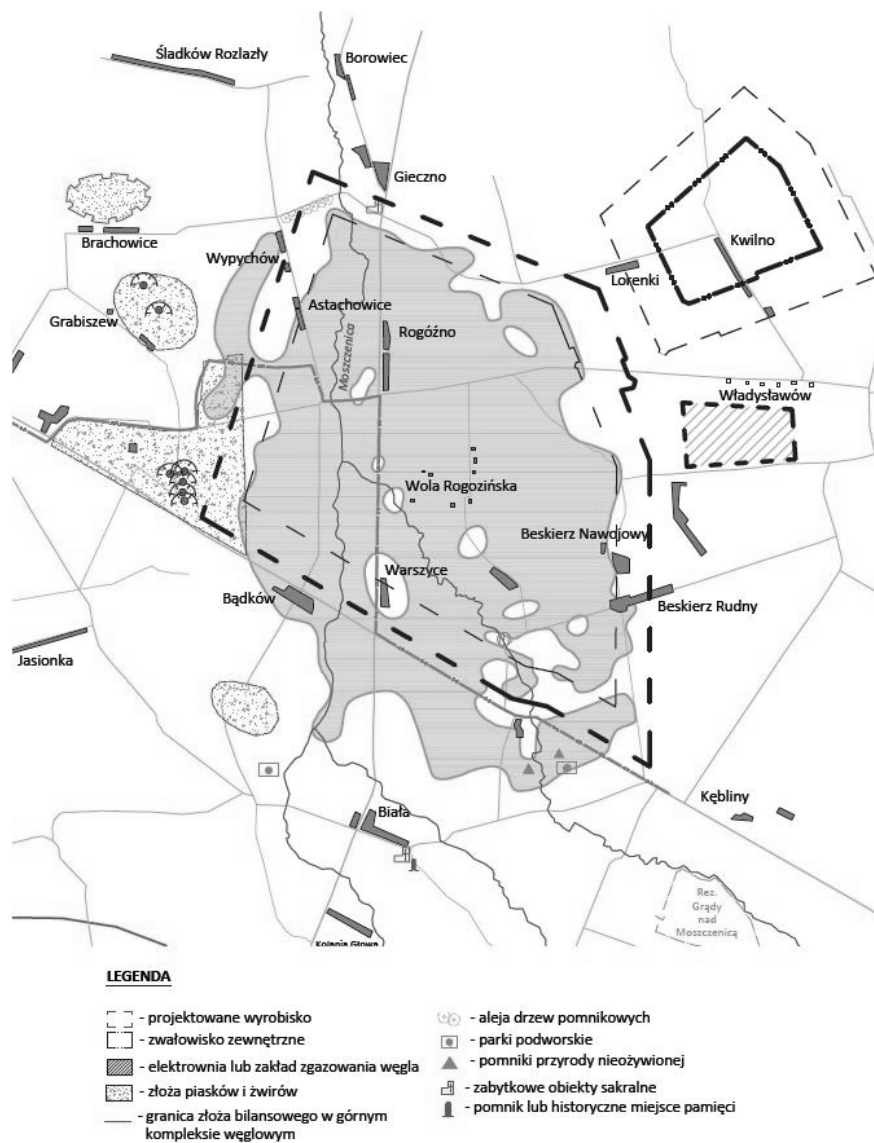
Na południowej części terenu złoża ustanowiony został także Obszar Chronionego Krajobrazu Centralny Zespół Krajobrazowy woj. łódzkiego. Dodatkowo w południowo-wschodniej części w miejscowości Wola Branicka znajduje się jeden park podworski i dwa pomniki przyrody nieożywionej.

W celu wyznaczenia ilości zasobów przemysłowych określono taką granicę eksploatacji, która powinna zminimalizować oddziaływanie przyszłego zagospodarowania górnego złoża na otaczający teren. Południową granicę eksploatacji ograniczono m.in. do miejsca przebiegu drogi wojewódzkiej Łódź–Łowicz.

Lokalizację granicy złoża bilansowego dla górnego kompleksu węglowego złoża Rogóźno na tle przewidywanego zasięgu eksploatacji pokazano na rysunku 1.

Wszystkie elementy infrastrukturalne oraz środowiskowe znajdujące się w zasięgu wyrobiska docelowego zestawiono w tabeli 2, natomiast zwałowiska zewnętrznego w tabeli 3.

Przewidziano, że docelową eksploatacją objęty zostanie teren o powierzchni 2235 ha pod wyrobiskiem docelowym oraz 570 ha pod zwałowiskiem zewnętrznym. Na terenie planowanej eksploatacji występują w głównej mierze grunty orne dobrej i średniej klasy (ok. 90%



Rys. 1. Lokalizacja granicy złoża bilansowego dla górnego kompleksu węglowego złoża Rogóźno na tle przewidywanego zasięgu eksploatacji [5]

Fig. 1. The location of the border of economic resources for the upper complex of lignite in Rogozno deposit against anticipated exploitation range [5]

powierzchni), lasy (ok. 7%) oraz tereny inne (ok. 3%). Część powierzchni znajduje się także w granicach OChK Centralnego Zespołu Krajobrazowego woj. łódzkiego (402 ha) oraz jednego użytku ekologicznego. W zasięgu planowanego wyrobiska docelowego znajduje się także 8 miejscowości, w których według stanu na koniec 2009 roku zamieszkiwało 1136 osób.

TABELA 2. Inwentaryzacja infrastrukturalna i środowiskowa w zasięgu wyrobiska docelowego [5]

TABLE 2. Infrastructural and environmental inventory within the range of the planned excavation [5]

<b>Drogi przechodzące przez wyrobisko [m]</b>		
wojewódzkie	4 838	
powiatowe	14 634	
gminne	8 855	
<b>Miejscowości leżące na terenie wyrobiska</b>		
Nazwa miejscowości	Liczba mieszkańców (stan na rok 2009)	
Astachowice	142	
Rogózno	123	
Wola Rogozińska	106	
Warszyce	86	
Beskierz Nawojowy	191	
Beskierz Rudny	215	
Wypychów	140	
SUMA	1 003	
<b>Uwarunkowania środowiskowe</b>		
	Powierzchnia [ha]	Procent wyrobiska [%]
Wyrobisko	2235	100
Grunty rolne	2011	90,0
Lasy	159	7,1
Pozostałe	65	2,9
Użytek ekologiczny o powierzchni < 5 ha		
<b>Uwarunkowania kulturowe</b>		
1 zabytkowy obiekt chroniony (sakralny)		

TABELA 3. Inwentaryzacja infrastrukturalna i środowiskowa w zasięgu zwałowiska zewnętrznego [5]

TABLE 3. Infrastructural and environmental inventory within the range of the external dump [5]

<b>Drogi przechodzące przez zwałowisko zewnętrzne [m]</b>		
Powiatowe	2 310	
Gminne	1 351	
<b>Miejscowości leżące na terenie zwałowiska zewnętrznego</b>		
Nazwa miejscowości	Liczba mieszkańców (stan na rok 2009)	
Lorenki	133	
Kwilno	122	
SUMA	255	
<b>Uwarunkowania środowiskowe</b>		
	Powierzchnia [ha]	Procent powierzchni [%]
Zwałowisko	570	100
Grunty rolne	478	84
Lasy	92	16

#### 4. Koncepcja eksploatacji złoża Rogóżno w kontekście wykorzystania węgla w elektrowni konwencjonalnej lub instalacji naziemnego zgazowania

W konturze wyrobiska docelowego znajdzie się 1752 mln m<sup>3</sup> nadkładu oraz 325 mln ton węgla (jako zasoby przemysłowe), co daje przemysłowy wskaźnik N:W na poziomie 5,4:1 m<sup>3</sup>/tonę.

Z uwagi na zakładaną wielkość rocznego wydobycia węgla na poziomie 10,0 mln ton, założono zdejmowanie nadkładu w ilości około 54 mln m<sup>3</sup> rocznie i przewidziano następujący układ technologiczny:

- ✧ Koparki nadkładowe
  - ✧ 3 x KWK 3000 o wydajności teoretycznej  $Q_{\text{teor.}} = 8\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
  - ✧ 3 x zwałowarka ZGOT 8800 o wydajności teoretycznej  $Q_{\text{teor.}} = 8\,800 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- ✧ Koparki nadkładowo-węglowe
  - ✧ 1 x koparka KWK 1500 o wydajności teoretycznej  $Q_{\text{teor.}} = 4\,500 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
  - ✧ 1 x koparka KWŁ 500 o wydajności teoretycznej  $Q_{\text{teor.}} = 750 \text{ m}^3/\text{h}$ .

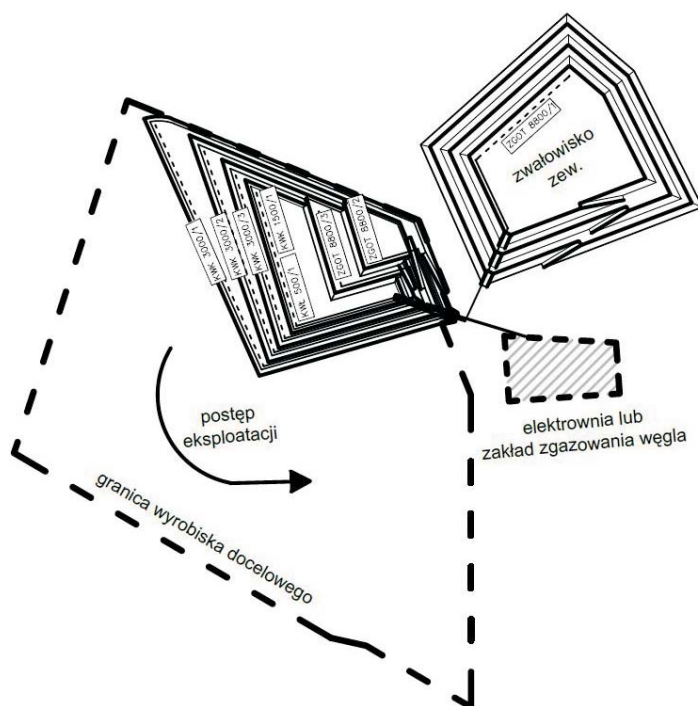


Wkop udostępniający zlokalizowany został po wschodniej stronie wyrobiska, gdzie węgiel brunatny zalega na najmniejszej głębokości. Taka lokalizacja wkopu udostępniającego umożliwia także usytuowanie zwałowiska zewnętrznego w bliskiej odległości od wkopu udostępniającego po jego wschodniej stronie. Zajęcie terenu pod wkop i zwałowisko będzie wymagało w pierwszej fazie przeniesienia części zabudowań miejscowości Lorenki. Docelowa powierzchnia zwałowiska wyniesie 570 ha, a jego objętość 280 mln m<sup>3</sup>.

W pierwszej fazie postęp frontów eksploatacyjnych prowadzony będzie równoległe w kierunku zachodnim na długości 2,5 km z ułożeniem linii transportowych na zboczu południowym.

I piętro udostępnione zostanie przez koparkę KWK 3000/1, która powinna rozpocząć pracę w 2020 roku. Wykona ona także pochylnię zjazdową na zboczu czołowym (kierunek wschodni). W kolejnym roku, po uzyskaniu bezpiecznego wyprzedzenia, wprowadzona zostanie koparka KWK 3000/2, a w następnym trzecia koparka KWK 3000/3 na III piętrze. W czwartym roku od rozpoczęcia udostępnienia złoża możliwe będzie wprowadzenie na poziom nadkładowo-węglowy koparki KWK 1500 oraz KWL 500.

Układ frontów eksploatacyjnych po udostępnieniu złoża wraz z kierunkiem eksploatacji pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Układ frontów eksploatacyjnych po udostępnieniu złoża i przejścia na zwałowanie wewnętrzne wraz z kierunkiem eksploatacji [5]

Fig. 2. Front operating systems and the directions of exploitation after the opening of the deposit and converting to internal dumping is done [5]

Z uwagi na lokalne przekroczenie dopuszczalnej wysokości urabianych skarp (ok. 25 m) konieczne będzie zastosowanie technologii pracy koparki z zastosowaniem podpięter. Generalnie górny kompleks węglowy urabiany będzie w pracy selektywnej koparką KWK 1500. Do wybierania węgla w deniwelacjach spągowych przewidziano także koparkę łańcuchową KWŁ 500.

W następnej fazie eksploatacji fronty nadkładowe przejdą do urabiania postępowo wachlarzowym w kierunku południowo-zachodnim z punktem obrotu na zboczu transportowym w okolicach miejscowości Wola Rogozińska. Po wykonaniu pełnego wachlarza nastąpi zmiana kierunku eksploatacji na wschodni w postępie równoległym, aż do osiągnięcia docelowego zbocza wschodniego wyrobiska.

Zwałowanie prowadzone będzie trzema zwałowarkami ZGOT 8800 początkowo na zwałowisku zewnętrznym, a po osiągnięciu odpowiedniego wyprzedzenia stopy skarpy węglowej nastąpi przejście do zwałowania wewnętrznego. Prowadzone ono będzie z trzech poziomów zwałowych o wysokości około 30–35 m. Umożliwi to pracę tylko w systemie podsięsyprnym.

## Podsumowanie

W złożu Rogóżno zalega 408,2 mln ton węgla brunatnego w górnym kompleksie węglowym. W przypadku dolnego kompleksu węglowego jego duża głębokość zalegania, znaczna zawartość alkaliów oraz siarki drastycznie obniża wartość energetyczną tego surowca. Dlatego też w przedstawionej strategii wykorzystano zasoby obejmujące tylko górny kompleks węglowy.

Uwzględniając uwarunkowania środowiskowe i infrastrukturalne do eksploatacji przewidziano 325 mln ton zasobów przemysłowych. Pozostałą część zasobów zakwalifikowano jako zasoby nieprzemysłowe z uwagi na pozostawienie filaru ochronnego dla miejscowości leżących wzdłuż drogi Łódź–Łowicz.

Wyposażenie kopalni Rogóżno stanowić mogą trzy koparki KWK 3000, jedna KWK 1500 oraz jedna koparka łańcuchowa KWŁ 500. Zwałowanie realizowane może być trzema zwałowarkami ZGOT 8800.

Wkop udostępniający zlokalizowano w północno-wschodniej części złoża Rogóżno, a zwałowisko zewnętrzne oraz elektrownię lub zakład zgazowania węgla w bliskiej jego odległości po stronie wschodniej. Fronty robocze przesuwają się będą początkowo równoległe w kierunku zachodnim, a następnie w postępie wachlarzowym oraz równoległym aż do osiągnięcia docelowego zbocza wschodniego.

Według określonej strategii rozwoju działalności górnictwa węgla brunatnego w czynnych kopalniach zagłębia adamowskiego, bełchatowskiego i turoszowskiego w kontekście zgazowania węgla, ze złoża Rogóżno wydobyte może być łącznie 253 mln ton węgla (do roku 2050) o wskaźniku N:W<sub>przemysłowym</sub> na poziomie 5,4:1.

Zasoby tego złoża mogą być wykorzystane także w elektrowniach ZE PAK S.A. dla celów energetycznych lub też w instalacji naziemnego zgazowania węgla. Możliwe jest

także przeznaczenie tego złoża dla zagłębia bełchatowskiego, jeżeli jego udostępnienie nastąpi po roku 2030.

Pracę sfinansowano ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach zadania badawczego pt.: „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej” – Obszar 1.4. „Opracowanie kryteriów do weryfikacji krajowej bazy surowcowej przydatnej do zgazowania węgla brunatnego” (nr projektu 23.23.660.8902/R34).

## Literatura

- [1] HAJDO S., 2011 – Analiza wyników eksperymentalnych dotyczących wymagań technologicznych i środowiskowych podziemnego zgazowania węgla brunatnego oraz opracowanie kryteriów złożowych i technologicznych dla weryfikacji krajowych zasobów węgla brunatnego. Opracowanie części tematu badawczego 1.4.1. AGH Kraków (praca niepubl.).
- [2] KASIŃSKI J., 2011 – Geologiczna baza danych złoża „Rogóżno”. Opracowanie części tematu badawczego 1.4.3. Analiza strategii rozwoju górnictwa węgla brunatnego w kontekście podziemnego zgazowania węgla brunatnego oraz ocena ekonomiczna procesów górniczych i skutków środowiskowych zgazowania tego węgla. PIG Warszawa (praca niepubl.).
- [3] KASZTELEWICZ Z. 2011. Strategia rozwoju działalności górnictwa węgla brunatnego w czynnych kopalniach zagłębia adamowskiego, bełchatowskiego i turowskiego w kontekście zgazowania węgla. Opracowanie części tematu badawczego 1.4.3. Analiza strategii rozwoju górnictwa węgla brunatnego w kontekście podziemnego zgazowania węgla brunatnego oraz ocena ekonomiczna procesów górniczych i skutków środowiskowych zgazowania tego węgla. AGH Kraków (praca niepubl.).
- [4] STAŃCZYK K., DUBIŃSKI J., CYBULSKI K., WIATOWSKI M., ŚWIĄDROWSKI J., KAPUSTA K., ROGUT J., SMOLIŃSKI A., KRAUSE K., GRABOWSKI J., 2010 – Podziemne zgazowanie węgla – doświadczenia światowe i eksperymenty prowadzone w KD Barbara. Polityka Energetyczna t. 13, z. 2. Wyd. Instytutu GSMiE PAN, Kraków.
- [5] ZAJĄCZKOWSKI M., 2011 – Analiza możliwości zagospodarowania perspektywicznego złoża „Rogóżno” w kontekście strategii rozwoju górnictwa węgla brunatnego i zgazowania tego węgla. Opracowanie części tematu badawczego 1.4.3. Analiza strategii rozwoju górnictwa węgla brunatnego w kontekście podziemnego zgazowania węgla brunatnego oraz ocena ekonomiczna procesów górniczych i skutków środowiskowych zgazowania tego węgla. AGH Kraków (praca niepubl.).

Zbigniew KASZTELEWICZ, Maciej ZAJĄCZKOWSKI

## The analysis of the possibility of the Rogozno lignite deposit utilization in the context of lignite gasification

### Abstract

The article analyzes the possibilities of perspective utilization lignite deposits Rogozno located near the town of Zgierz. It discusses the geological structure of the deposit and the possibility of its use in the future taking into account the development strategies of lignite in the context of lignite gasification is determined.

All the work is carried out within the framework of the project “Development of coal gasification technology for highly efficient production of fuels and electricity” as part of a research topic 1.4.3. “Analysis of the lignite mining development strategy in the context of underground lignite gasification and the economic evaluation of mining processes and environmental effects of lignite gasification”.

Conducted analyses concerned various ways of utilization of the reserves of Rogozno deposit, both in conventional power plants as well as in technologies of underground and on-surface lignite gasification. The borders of the potential exploitation were marked, taking into account geological, environmental and infrastructural conditions and the concept of opencast exploitation of Rogozno deposit was described.

KEY WORDS: lignite, the lignite gasification, Adamow lignite basin, Rogozno deposit