

Wacława Piesik-Buś, Jadwiga Zamojcin

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Analiza przydatności wybranych złóż niecki zielonogórskiej do konwersji na PMG

Głównym celem niniejszego artykułu było przeprowadzenie analizy możliwości wykorzystania wybranych złóż gazowych niecki zielonogórskiej do konwersji na PMG. Ocena została wykonana dla złóż Brzostowo, Czeszów i Żuchłów. Przydatność struktur złóż gazu ziemnego do konwersji na podziemny magazyn gazu oceniono pod kątem szczelności, strukturalnym, złożowym i ekonomicznym. Powyższe złoża spełniają wszystkie wymagane kryteria, wstępna analiza geologiczno-złożowa wykazała, że w każdym z nich można wytworzyć podziemny magazyn gazu. W pracy obliczono również podstawowe parametry PMG możliwe do osiągnięcia po konwersji złoża na magazyn. Obliczenia wykazały, że w złożu Brzostowo można zbudować magazyn o pojemności czynnej wynoszącej około 1000 mln m³. Pojemność czynna możliwa do uzyskania w złożu Czeszów to około 700 mln m³. Największą pojemność czynną, wynoszącą 12 000 mln m³, można osiągnąć w złożu Żuchłów. Ponieważ pojemność złoża Żuchłów drastycznie przekracza zapotrzebowanie rynku gazowniczego na pojemność czynną, wybór złoża do konwersji na przyszły PMG powinien ograniczyć się do złóż Brzostowo i Czeszów. Należy pamiętać, że przedstawiona analiza ma charakter szacunkowy, a ewentualna decyzja o konwersji złoża Brzostowo lub Czeszów na PMG powinna zostać poprzedzona opracowaniem studium wykonalności.

Słowa kluczowe: niecka zielonogórska, czerwony spągowiec, konwersja, złożo gazu ziemnego.

The suitability analysis of selected gas fields located in the Zielona Góra basin for UGS development

The purpose of this article is to analyze the possibility for the development of underground gas storage in selected gas fields located in the Zielona Góra basin. The evaluation was performed for the gas fields, Brzostowo, Czeszów and Żuchłów. The selected gas fields were rated for structure tightness as well as geological and economic parameters. All the selected gas deposits meet UGS criteria. Preliminary analysis of the geological and reservoir parameters showed that each gas field is suitable as a gas storage facility. The article presents basic UGS parameters which can be achieved in the selected gas fields. Calculations showed that the projected working volume capacity in Brzostowo is about 1000 million m³. The active volume which can be achieved in the Czeszów field is about 700 million m³. The largest working volume capacity, of 12 000 million m³ can be obtained in the Żuchłów gas field. The working volume of the Żuchłów field drastically exceeds the market demand, so, the future UGS should be developed in the Czeszów or Brzostowo gas field. The presented analysis is just an estimate, so any decision should be preceded by a feasibility study.

Key words: reservoir basin Zielona Góra, Rotliegend, conversion, natural gas field.

Niecka zielonogórska

Na obszarze niecki zielonogórskiej mamy do czynienia z dwoma różnymi typami litologicznymi skał zbiornikowych: piaskowcami oraz skałami węglanowymi (wapienie i dolomity). W kilkunastu złożach gazu ziemnego zlokalizowanych w niecce zielonogórskiej skałami zbiornikowymi są piaskowce

saksonu, w kilku skały węglanowe wapienia podstawowego, a w pozostałych – warstwy jedne i drugie [1]. Skałami zbiornikowymi są piaskowce drobno- i średnioziarniste. Średnia porowatość poszczególnych złóż wynosi 6,8÷22%, w większości złóż waha się w przedziale 10÷16%. Podobnie

zmienia się przepuszczalność skały zbiornikowej, której średnie wartości w przypadku poszczególnych złóż wynoszą od kilku do 525 mD, w większości jednak przepuszczalność wynosi od 20 mD do 150 mD [6].

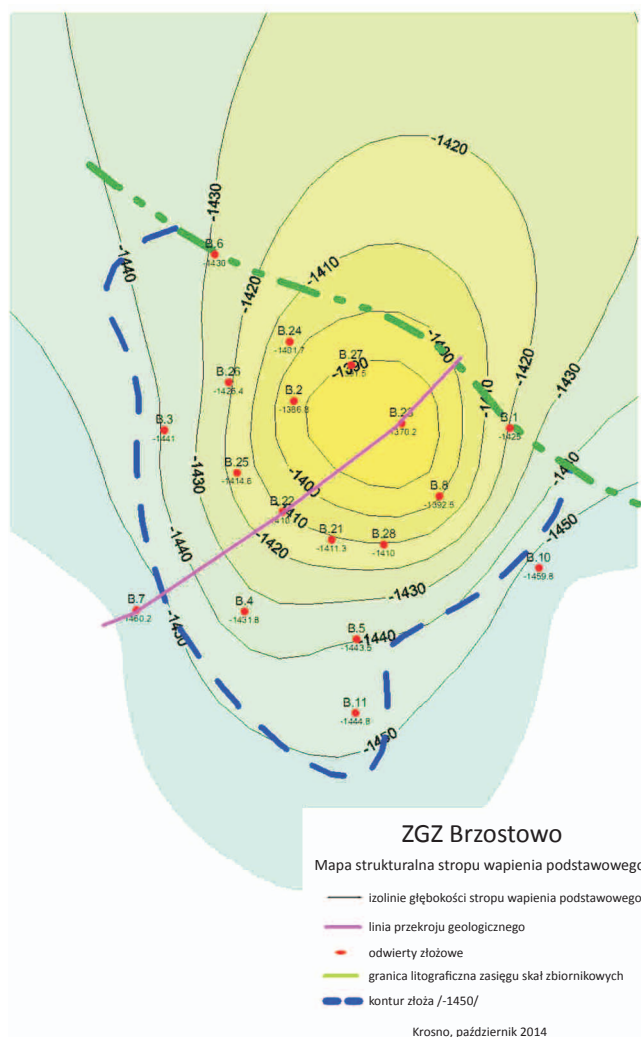
Nad utworami wapienia podstawowego zalegają warstwy anhydrytowe i solne, które spełniają rolę ekranu dla warstw gazonośnych. Analizę przydatności złoża do konwersji na PMG wykonano dla złóż: Brzostowo, Czeszów oraz Żuchłów.

Gaz ziemny występujący w analizowanych złożach jest gazem zaazotowanym, o zawartość azotu wynoszącej około 34% (Brzostowo i Czeszów) oraz 38,9% (Żuchłów).

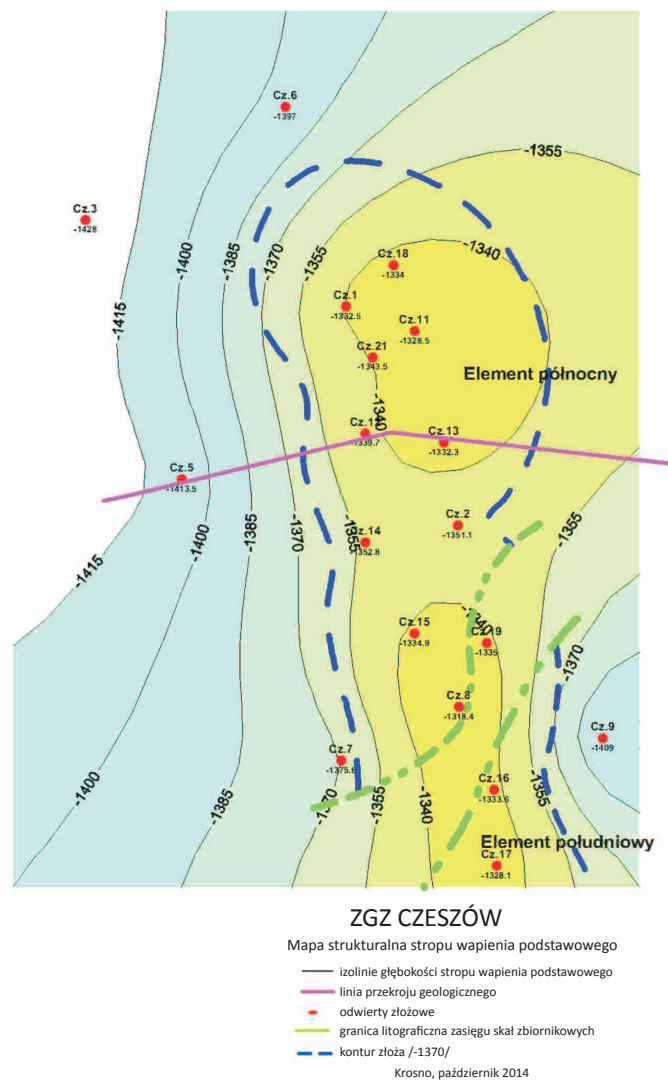
Złoże gazu ziemnego Brzostowo zostało odkryte w 1976 r. otworem B.2 (rysunek 1). Znajduje się ono w województwie dolnośląskim, na terenie gmin Krośnice i Twardogóra. Złoże to związane jest z brachyantyklinalnym podniesieniem utworów czerwonego spągowca i wapienia podstawowego. Analiza dotychczasowej eksploatacji złoża oraz przeliczenie zasobów gazu metodą bilansu materiałowego pozwalają na stwierdzenie, że pierwotne zasoby geologiczne wynosiły około $Q_0 = 3090,0$ mln m^3 . Gaz występujący w złożu Brzostowo

jest gazem zaazotowanym, o zawartości azotu wynoszącej 34,64%. Jego wartość opałowa to 23,54 MJ/ m^3 , a ciepło spalania gazu jest równe 26,09 MJ/ m^3 . Wykonane obliczenia wykazały, że w złożu Brzostowo można wytworzyć magazyn gazu o pojemności czynnej wynoszącej około 1000 mln m^3 , przy buforze całkowitym około 1750 mln m^3 . Eksploatacja PMG wymaga odwiercenia 13 horyzontalnych odwiertów magazynowych, rozbudowy infrastruktury napowierzchniowej oraz budowy stacji sprężania gazu.

Złoże gazu ziemnego Czeszów znajduje się na terenie woj. dolnośląskiego, w gminie Zawonia, powiat trzebnicki. Odkryto je otworem Czeszów-1 w 1967 r. Skałę zbiornikową złoża Czeszów tworzą wapienie i dolomity beżowe i szaro-beżowe, twarde, spękane, partiami porowate, a nawet z rozwiniętym mikrokrasem. Miąższość całego poziomu wynosi 43÷46 m [7]. Gaz rodzimy złoża Czeszów jest gazem zaazotowanym, o zawartości azotu wynoszącej 34%. Eksploatację złoża rozpoczęto w 1973 r. pięcioma odwiertami (Cz-1, Cz-2, Cz-12, Cz-13 i Cz-14) (rysunek 2). Pierwotne



Rys. 1. Mapa strukturalna stropu złoża gazu ziemnego Brzostowo



Rys. 2. Mapa strukturalna stropu złoża gazu ziemnego Czeszów

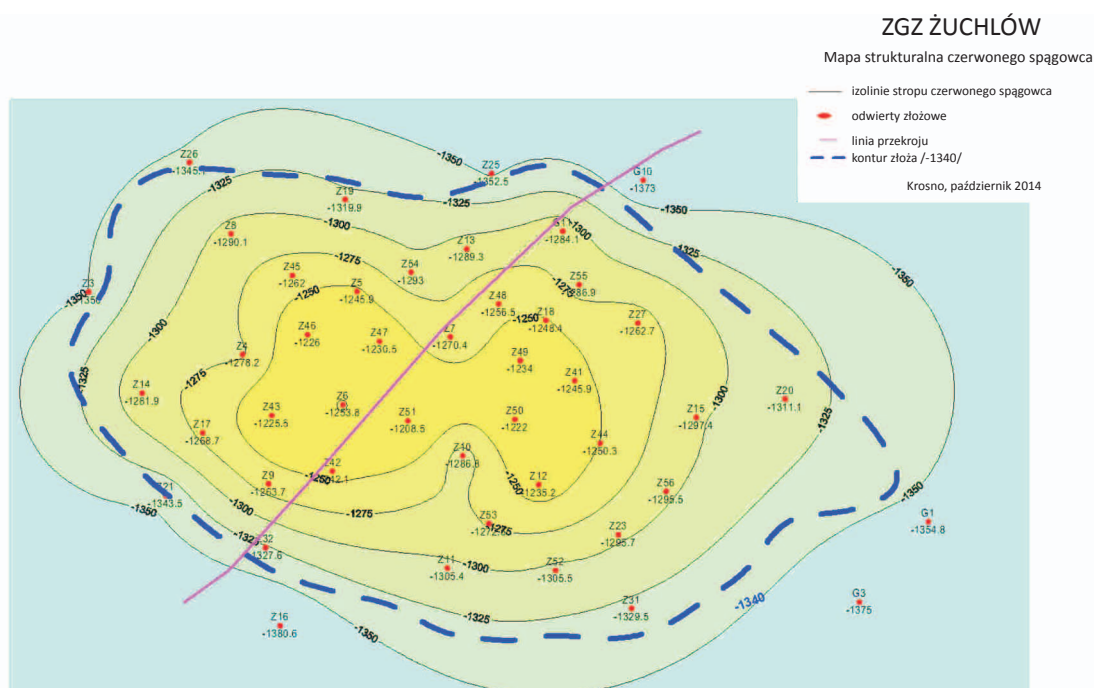
zasoby geologiczne gazu ziemnego, obliczone metodą bilansu masowego, wynosiły 1750,0 mln m³. Wstępna ocena parametrów geologiczno-złożowych złoża gazu ziemnego Czeszów wykazała jego przydatność do konwersji na PMG. Obliczenia pokazały, że można w nim zbudować magazyn gazu o pojemności czynnej wynoszącej około 700 mln m³. Wytworzenie PMG będzie wymagać odwiercenia 13 horyzontalnych odwiertów magazynowych, rozbudowy infrastruktury napowierzchniowej oraz budowy stacji sprężania gazu.

Złoże gazu ziemnego Żuchłów znajduje się na terenie dwóch gmin: Góra i Niechlów w województwie dolnośląskim. Złoże odkryto odwiertem Ż-4 w 1978 r. (rysunek 3), a eksploatację rozpoczęto w 1979 r. Gaz wydobywany ze złoża jest gazem zaazotowanym o zawartości azotu wynoszącej 38,9%. Serię gazonośną złoża stanowią piaskowce górnej serii osadowej czerwonego spągowca, których miąższość

dochodzi do około 105 m [3]. Pierwotne zasoby geologiczne gazu ziemnego złoża Żuchłów, obliczone metodą bilansu masowego, wynoszą około 27,2 mld m³. Analiza wykazała, że w złożu tym można zbudować bardzo duży magazyn gazu, o pojemności czynnej około 12 000 mln m³. Wytworzenie PMG wymaga budowy całej infrastruktury napowierzchniowej, budowy stacji sprężania gazu oraz odwiercenia 75 horyzontalnych odwiertów magazynowych.

Wstępna analiza geologiczno-złożowa wykazała, że w każdym z trzech analizowanych złóż można wytworzyć PMG, ale o różnych parametrach (tablica 1).

Można zauważyć dużą rozbieżność w pojemności czynnej i buforowej, dlatego wybór konkretnego złoża do konwersji na magazyn gazu powinien zostać dokonany na podstawie szacunkowej analizy finansowej, gdyż każde złoże posiada inne parametry.



Rys. 3. Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca złoża gazu ziemnego Żuchłów

Tablica 1. Szacunkowe podstawowe parametry PMG, jakie można osiągnąć w poszczególnych złożach

Parametry PMG	Jednostka	Brzostowo	Czeszów	Żuchłów
Pojemność czynna	mln m ³	1 000	700	12 000
Pojemność buforowa	mln m ³	1 750	920	14 000
Dotłoczenie gazu do buforu	mln m ³	290	234	9 840
Zakres ciśnień pracy, ciśnienie denne statyczne	MPa	10÷16	8÷16	8÷14
Wydajność odbioru PMG	mln m ³ /d	8,33	5,83	100,0
Konieczna liczba odwiertów	sztuk	13	13	75

Szacunkowa analiza finansowa

Wykonanie szacunkowej analizy finansowej dla inwestycji o różnych parametrach jest trudne. Największy problem

stanowi oszacowanie poszczególnych kosztów. Autorzy artykułu pomimo braku precyzyjnych kosztów zdecydowali

się na przeprowadzenie finansowej analizy porównawczej dla konwersji złóż Brzostowo, Czeszów oraz Żuchłów, gdyż jest to jedyny sposób na wybór korzystniejszej inwestycji. Oceny efektywności finansowej dokonano przy poniższych założeniach:

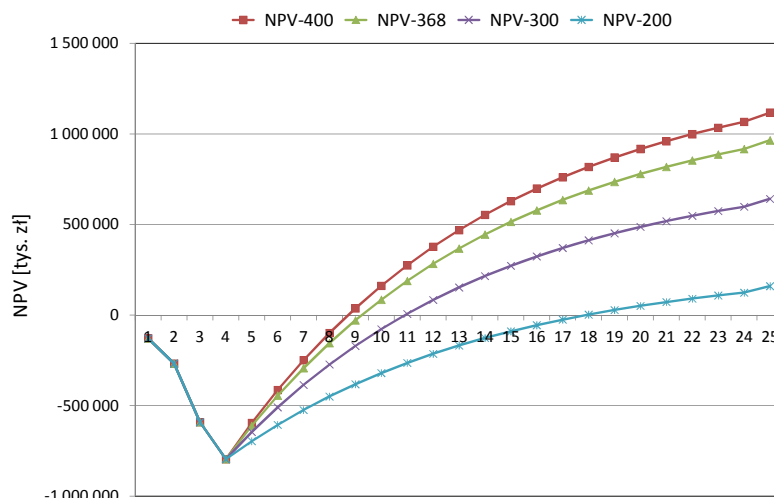
- Cała pojemność czynna danego magazynu jest wykorzystywana z cyklu na cykl.
- Koszt gazu dotłoczonego do buforu wyniesie 1 zł/ m³.
- Analiza została wykonana dla okresu 25 lat, który obejmuje okres budowy i eksploatacji PMG.
- Obliczenia przeprowadzono w cenach stałych z drugiej połowy 2014 r., założono stopę inflacji na poziomie 2% rocznie dla całego okresu analizy.
- Stopa dyskontowa została przyjęta na poziomie 10% realnie.
- Koszt stacji sprężania gazu oszacowano na podstawie jej mocy.

Przychody za usługę magazynowania określono, zakładając pełne wykorzystanie magazynu z cyklu na cykl. Jest to bardzo optymistyczne założenie, jednakże wystarczające do wykonania analizy porównawczej. Przychody poszczególnych PMG obliczono dla czterech cen za usługę magazynową, wynoszących odpowiednio: 400 zł/1000 m³, 365 zł/1000 m³, 300 zł/1000 m³ i 200 zł/1000 m³. Przyjęty zakres cenowy usług magazynowych pozwalał na wykonanie analizy wrażliwości inwestycji na zmienne warunki gospodarcze (zmienne przychody). Koszty budowy i eksploatacji magazynów oszacowano na bazie danych pochodzących z obecnie eksploatowanych PMG [6]. Szacunkowa analiza finansowa wykazała, że wartości NPV obliczone dla projektowanego PMG Brzostowo są dodatnie w całym zakresie ceny za usługę magazynową zmieniającej się w przedziale 200÷400 zł/1000 m³ (rysunek 4).

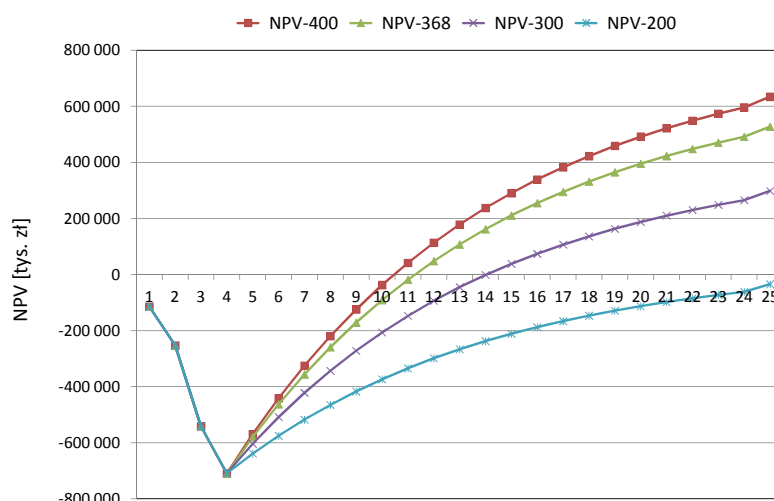
Analogiczne obliczenia wykonane dla złoża gazu ziemnego Czeszów wykazały, że oczekiwana wartość NPV w przypadku ceny magazynowania gazu wynoszącej 200 zł/1000 m³ będzie ujemna (rysunek 5). Analiza finansowa przeprowadzona dla złoża gazu ziemnego Żuchłów wskazała, że oczekiwana wartość NPV przy cenach magazynowania gazu zmieniających się w przedziale 200÷400 zł/1000 m³ będzie dodatnia (rysunek 6).

Wartości NPV obliczone dla PMG Brzostowo, Czeszów i Żuchłów przy założeniu aktualnej ceny za usługę magazynową (368 zł/1000 m³) wynoszą odpowiednio: 527,4 mln zł, 964,6 mln zł

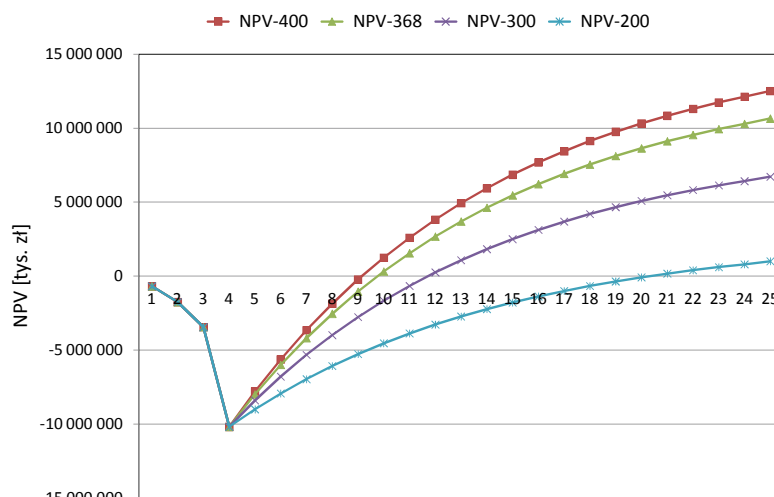
i 10 648,4 mln zł. Biorąc pod uwagę tylko wyliczenia NPV, należałoby stwierdzić, że najlepszą inwestycją jest



Rys. 4. Wykres wartości NPV obliczonych dla różnych cen usługi magazynowania gazu w złożu Brzostowo



Rys. 5. Wykres wartości NPV obliczonych dla różnych cen usługi magazynowania gazu w złożu Czeszów



Rys. 6. Wykres wartości NPV obliczonych dla różnych cen usługi magazynowania gazu w złożu Żuchłów

budowa PMG Źuchłów o pojemności czynnej wynoszącej 12 000 mln m³.

Aktualne zużycie gazu w Polsce kształtuje się na poziomie około 15,8 mld m³ rocznie. W związku z tym budowa PMG o pojemności czynnej 12 mld m³, pomijając możliwości przepustowości sieci gazowniczej, nie ma sensu ekonomicznego, gdyż rynek nie jest w stanie wykorzystać

tak dużej ilości gazu w sezonie zimowym. Z drugiej strony przeprowadzone obliczenia wykazały, że aby magazyn Źuchłów był opłacalny, wykorzystanie pojemności czynnej powinno wynosić co najmniej 5500 mln m³ rocznie. W związku z tym należy stwierdzić, że budowa PMG w złożu Źuchłów jest nieopłacalna, gdyż jest ono za duże w stosunku do potrzeb rynku.

Podsumowanie i wnioski

Przydatność struktur złóż gazu ziemnego do konwersji na podziemne magazyny gazu oceniono pod kątem spełniania następujących kryteriów:

- *Kryterium strukturalne* – obiekt powinien stanowić pułapkę strukturalną lub stratygraficzną, aby mogła ona uzyskać odpowiednią pojemność magazynową.
- *Kryterium zbiornikowe* – skały zbiornikowe muszą posiadać odpowiednią porowatość i przepuszczalność, aby zapewnić odpowiednią pojemność i wydajność magazynu.
- *Kryterium szczelności* – zbiornik magazynowy powinien być przykryty od góry skałami nieprzepuszczalnymi, aby zapewnić odpowiednie uszczelnienie.

Wytypowane złoża gazu ziemnego Brzostowo, Czeszów i Źuchłów spełniają wszystkie wymagane kryteria. Wstępna ocena geologiczno-złożowa wykazała, że w każdym analizowanym złożu można wytworzyć PMG. Obliczenia pokazały,

że w złożu Brzostowo można zbudować magazyn o pojemności czynnej 1000 mln m³. Pojemność czynna możliwa do uzyskania w złożu Czeszów to około 700 mln m³. Największą pojemność czynną, wynoszącą 12 000 mln m³, można osiągnąć w złożu Źuchłów. W związku z tym, że pojemność złoża Źuchłów drastycznie przekracza zapotrzebowanie rynku gazowniczego na pojemność czynną, wybór złoża do konwersji na przyszły PMG powinien ograniczyć się do złóż Brzostowo i Czeszów. Szacunkowa analiza ekonomiczna wykazała, że złożo Brzostowo jest lepszą opcją dla budowy PMG, gdyż nawet niska opłata za magazynowanie gazu, wynosząca 200 zł/1000 m³, zapewnia opłacalność inwestycji. Należy pamiętać, że wszelkie obliczenia przedstawione w artykule mają charakter szacunkowy, a ewentualna decyzja o konwersji złoża Brzostowo lub złoża Czeszów na PMG powinna zostać poprzedzona opracowaniem studium wykonalności.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2015, nr 3, s. 185–189

Artykuł nadesłano do Redakcji 17.11.2014 r. Zatwierdzono do druku 30.01.2015 r.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Analiza wytypowanych złóż gazu ziemnego niecki zielonogórskiej do konwersji na PMG* – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr zlecenia: 215/0019/14/01, nr archiwalny: KP-4100-19/2014.

Literatura

- [1] Dudek J. i in.: *Regionalne badania warunków akumulacji hydrogeologicznych i energetycznych czerwonego spagowca*. Dokumentacja INiG – PIB, Krosno 1985.
- [2] Dudek J. i in.: *Technologia podziemnego magazynowania gazu w szczypanych złożach gazowych w strukturach zawodnionych. Badanie struktury Czeszów pod względem wykorzystania jej na PMG*. Dokumentacja INiG – PIB, Krosno 1990.
- [3] Klaczkowski B., Dziadkiewicz M., Szlinkiert E.: *Źuchlow po 35 latach*. Szejk 2014, nr 2 (112), s. 4–5.
- [4] Piesik-Bus W., Zamojcin J.: *Perspektywiczność hydrodynamiczna występowania węglowodorów w utworach czerwonego spagowca na przykładzie basenu monokliny przedsudeckiej*. Nafta-Gaz 2009, nr 10, s. 745–754.
- [5] Piesik-Bus W.: *Analiza modelu geologicznego wytypowanego złoża gazu ziemnego do konwersji na PMG, z wykorzystaniem CO₂ jako gazu buforowego*. Nafta-Gaz 2010, nr 11, s. 1000–1007.
- [6] Piesik-Bus W. i in.: *Analiza wytypowanych złóż gazu ziemnego niecki zielonogórskiej do konwersji na PMG*. Praca Statutowa INiG – PIB, nr zlecenia: 215/0019/14/01, nr archiwalny: KP-4100-19/2014, Krosno 2014.
- [7] Such P.: *Model fizyczny przestrzeni filtracji basenu czerwonego spagowca*. Prace INiG nr 88, Kraków 1996.



Mgr inż. Wacława PIESIK-BUS
Starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Podziemnego Magazynowania Gazu.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25A
31-503 Kraków
E-mail: piesik@inigi.pl



Mgr inż. Jadwiga ZAMOJCIN
Starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Podziemnego Magazynowania Gazu.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25A
31-503 Kraków
E-mail: jadwiga.zamojcin@inigi.pl