

Bogdan Filar, Mariusz Miziołek
Instytut Nafty i Gazu, Oddział Krosno

Adam Hoszowski
PGNiG S.A., Oddział Sanok

Parametry PMG Strachocina osiągnięte w pierwszym cyklu eksploatacji magazynu, po rozbudowie pojemności czynnej zakończonej w 2011 r.

Wstęp

Historia eksploatacji podziemnego magazynu gazu ziemnego Strachocina datuje się od 1982 r. Magazyn Strachocina został wytworzony w szcerpanym złożu gazu ziemnego. Eksploatacja złoża była prowadzona w latach 1928–1982, natomiast w 1982 r. rozpoczęto proces magazynowania gazu. Eksploatacja magazynu do 2011 r. była prowadzona w systemie bezsprężarkowym. Proces zatłaczania gazu odbywał się z gazociągu o wyższym ciśnieniu (Hermanowice–Pogórska Wola). Proces jego odbioru następował do gazociągu o niższym ciśnieniu. System bezsprężarkowy posiadał i wady, i zalety, jednakże w znaczącym stopniu ograniczał wykorzystanie pełnych możliwości PMG Strachocina. Wytwarzanie pojemności czynnej magazynu Strachocina trwało do 1992 r. W dalszych latach pracy magazyn dostarczał do systemu w sezonie zimowym od 26 mln m³ do 147 mln m³ gazu. Ilość gazu, jaką magazyn mógł dostarczyć do systemu, silnie zależała od ciśnień występujących w gazociągach, do których PMG Strachocina był podłączony. W związku z dużą zmiennością ilości dostarczanego do systemu gazu przyjmowało się, że pojemność czynna Strachociny wynosiła $V_a = 100$ mln m³, gdyż tylko taką ilość gazu można było odebrać z PMG w czasie nie dłuższym niż 120 dni, bez względu na warunki występujące w systemie gazowniczym. Największą ilość gazu, wynoszącą 147 mln m³, magazyn oddał do systemu w sezonie 2005/2006. Jednakże tak duża ilość gazu została oddana przy niskim ciśnieniu w systemie gazowniczym oraz czasie odbioru gazu wydłużonym do

152 dni. W 2007 r. została rozpoczęta inwestycja rozbudowy pojemności czynnej i mocy PMG Strachocina. Bieżący artykuł przedstawia parametry PMG Strachocina osiągnięte w pierwszym cyklu eksploatacji magazynu po rozbudowie zakończonej w 2011 r.

Przygotowania do rozbudowy magazynu Strachocina trwały od początku lat dziewięćdziesiątych. Liczne analizy były prowadzone zarówno po stronie PGNiG S.A. Oddziału w Sanoku, jak i Instytutu Nafty i Gazu Zakładu PMG. Zakład PMG Instytutu Nafty i Gazu wykonywał różne analizy możliwości rozbudowy magazynu Strachocina. Przeprowadzone analizy wykazywały, że podstawowym problemem magazynu jest stosunkowo niska wydajność odwiertów pionowych [2]. Przygotowując się do inwestycji powiększenia pojemności czynnej magazynu, INiG Zakład PMG wykonał wiele prac oraz analiz. Głównym celem realizowanych prac było opracowanie optymalnej metody rozbudowy pojemności czynnej magazynu Strachocina. Z wszystkich prac dwie, przedstawione poniżej, miały fundamentalne znaczenie dla rozbudowy PMG Strachocina:

- Mariusz Miziołek: *Analiza warunków techniczno-petrograficznych PMG Strachocina pod kątem przeprowadzenia zabiegów intensyfikacji wydobywania na odwiertach eksploatacyjnych*, INiG Krosno, 2002,
- Bogdan Filar: *Ocena ekonomiczna zastosowania odwiertów horyzontalnych i multilateralnych w PMG*, INiG Krosno, 2005.

Wyniki otrzymane w pierwszej analizie wykazały, że horyzonty magazynowe złoża Strachocina są naturalnie zeszczelinowane. Ocena zastosowania otworów horyzontalnych na PMG pokazała, że najefektywniejsza metoda eksploatacji „spękanych” horyzontów gazonośnych związana jest z zastosowaniem technologii odwiertów horyzontalnych. Wnioski płynące z wymienionych prac były głównym impulsem do zaprojektowania całej inwestycji rozbudowy PMG Strachocina w oparciu o technologię odwiertów horyzontalnych. W latach 2006 i 2007 INiG Zakład PMG wykonał projekt geologiczno-złożowy rozbudowy magazynu do pojemności czynnej 330 mln m³. Główną ideą projektu rozbudowy było maksymalne wykorzystanie naturalnych własności złożowych (szczelinowatość) przy jednoczesnej optymalizacji nakładów inwestycyjnych. Wykonany projekt zakładał:

- powiększenie pojemności czynnej do 330 mln m³,
 - skrócenie czasu odbioru pojemności czynnej do 120 dni,
 - skrócenie czasu zatłaczania pojemności czynnej do 150 dni,
 - sprężanie gazu zarówno podczas fazy odbioru, jak i zatłaczania,
 - pozostawienie wielkości buforu bez zmian.
- Osiągnięcie zakładanych parametrów wymagało:
- odwiertowania 8 odwiertów horyzontalnych: 4 odwierty do horyzontu I (każdy udostępnia 300 m horyzontu) i 4 odwierty do horyzontu II (każdy udostępnia 300 m horyzontu),
 - wymiany całej instalacji napowierzchniowej,
 - budowy stacji sprężania gazu.

Projekt rozbudowy magazynu oraz podstawowe parametry pracy PMG Strachocina po rozbudowie zostały przedstawione w opracowaniu [1] oraz w tablicy 1.

Tablica 1. Parametry pracy PMG Strachocina po rozbudowie

Parametry projektowane	PMG
Pojemność czynna V_a [mln m ³]	330
Pojemność buforu wydobywalnego V_b [mln m ³]	530,0
Dotłoczenie gazu do buforu [mln m ³]	0,0
Zakres ciśnień pracy P_{ds} [MPa]	4,4÷2,6
Zakres ciśnień pracy P_{gs} [MPa]	4,1÷2,5
Zakres ciśnień odbioru gazu [MPa]	2,8÷1,8
Moc odbioru gazu $Q_{omax-min}$ [m ³ /min]	2678÷1147
Czas odbioru T_{odb} [doby]	120
Moc zatłaczania gazu $Q_{zmax-min}$ [m ³ /min]	1610÷1448
Czas zatłaczania T_{zat} [doby]	150
Liczba odwiertów [sztuk]	34 pionowe 8 horyzontalnych

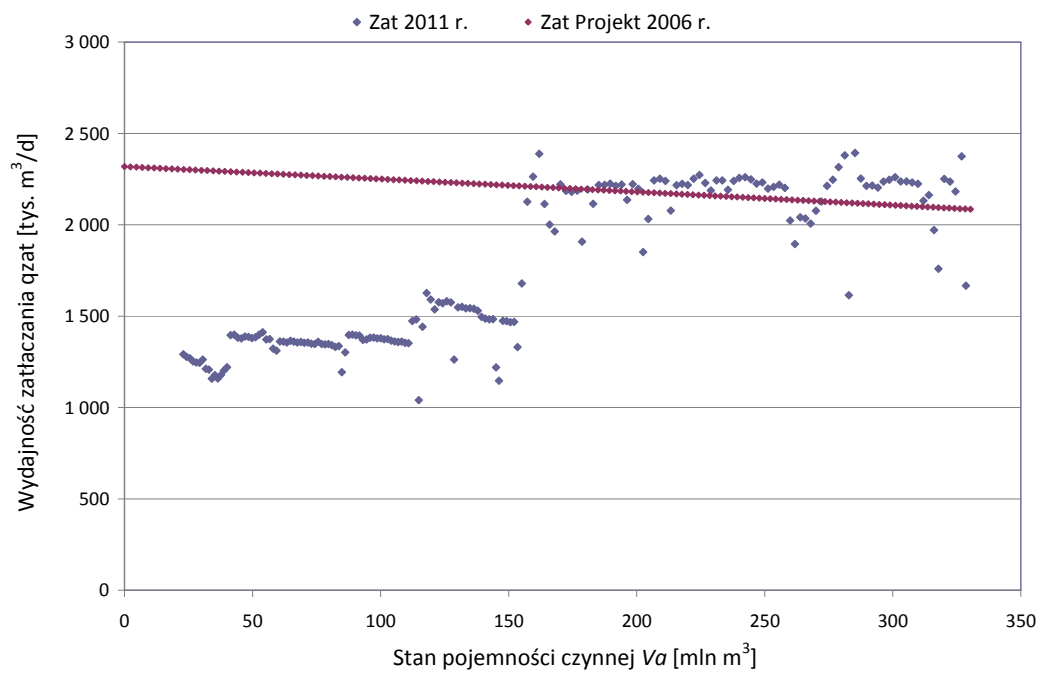
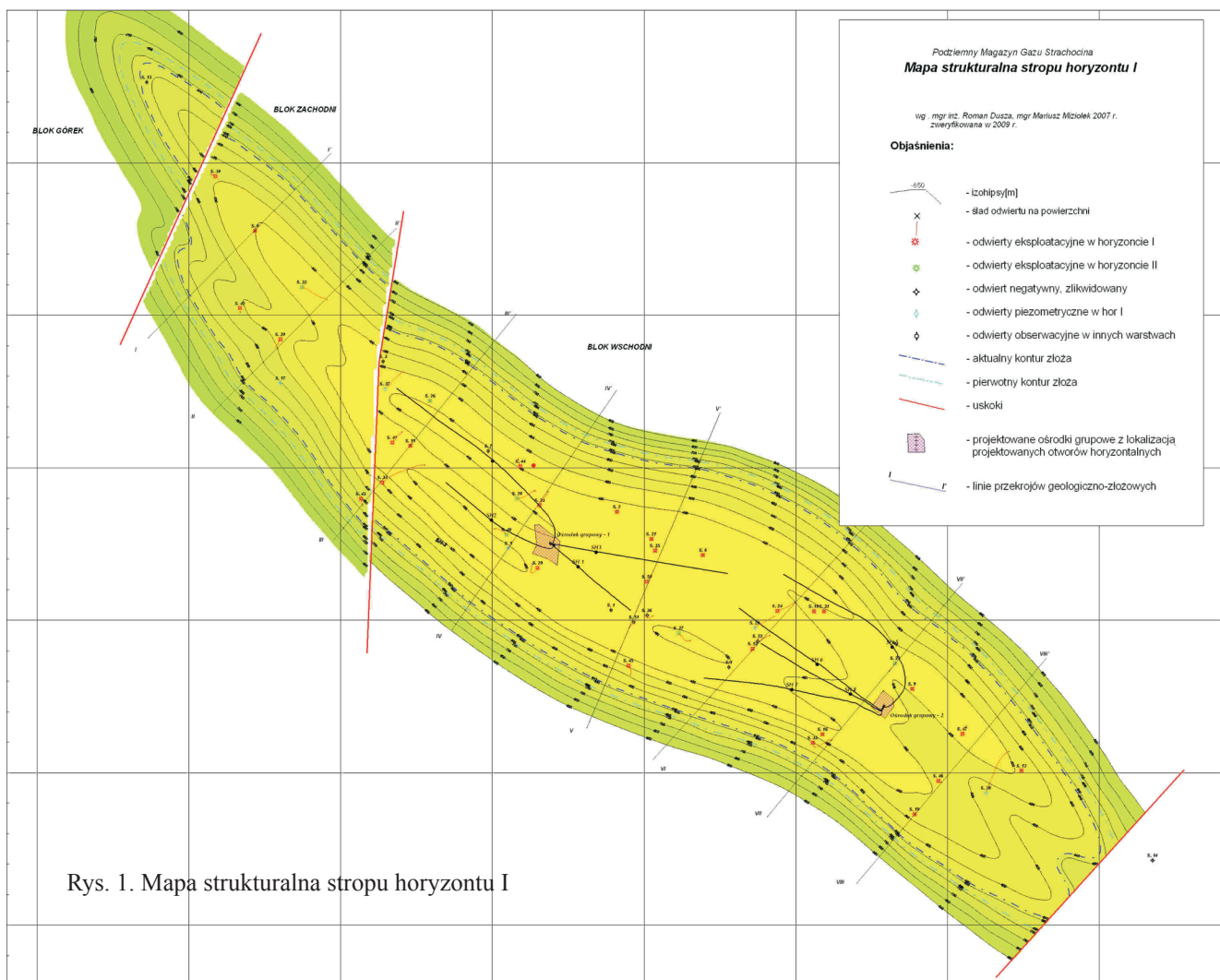
Inwestycję rozbudowy magazynu zakończono w czerwcu 2011 r. Inwestycję przeprowadzono zgodnie z projektem. Jedynym odstępstwem od projektu rozbudowy PMG było odwiertowanie jednego dodatkowego otworu kierunkowego udostępniającego zarówno horyzont I, jak i II. Decyzja o wierceniu dodatkowego otworu wynikała z problemów występujących podczas wiercenia otworów poziomych. Duże ucieczki płuczki spowodowały, że odwiercone otwory horyzontalne miały odcinki poziome krótsze od planowanych. Projekt zakładał odwiertowanie czterech otworów poziomych o łącznej długości otwarcia wynoszącej 1200 m zarówno w horyzontie I, jak i II. Rysunek 1 prezentuje lokalizację nowych odwiertów. Otwory zostały odwiercone z dwóch platform.

Praca rozbudowanego PMG rozpoczęła się zatłaczaniem gazu w 2011 r. Zatłaczanie gazu w sezonie 2011 można podzielić na dwa okresy. Pierwsza faza, która trwała od 1 kwietnia do 6 lipca, polegała na zatłaczaniu gazu bez użycia stacji sprężania. Drugi okres, który rozpoczął się 7 lipca i trwał do 30 września, był prowadzony z wykorzystaniem stacji sprężania gazu. Po zakończeniu zatłaczania PMG Strachocina osiągnął stan pojemności czynnej wynoszący 333,9 mln m³, a więc zgodnie z wielkością projektowaną. Po zakończeniu zatłaczania ciśnienie gazu w magazynie mierzone na głowicy osiągnęło wartość $P_{gs} = 4,11$ MPa ($V_a = 332,05$ mln m³), podczas gdy projektowana wartość wynosiła 4,1 MPa. Przebieg zatłaczania przedstawiono na rysunku 2. Na wykresie przedstawiono dwie serie danych. Linia czerwona (Zat Projekt 2006 r.), przedstawiona w pracy [1], prezentuje prognozę wydajności zatłaczania gazu do PMG po rozbudowie magazynu do pojemności czynnej $V_a = 330$ mln m³. Seria niebieska (Zat 2011 r.) prezentuje rzeczywistą wydajność zatłaczania osiągniętą

w pierwszym cyklu pracy magazynu po zakończonej inwestycji. Należy podkreślić, że zatłaczanie gazu do PMG z udziałem stacji sprężania gazu nastąpiło począwszy od stanu pojemności czynnej wynoszącej 157 mln m³.

Na rysunku 2 można zauważyć, że wydajność zatłaczania magazynu po rozbudowie (Zat 2011 r.) potwierdziła założenia projektowe (Zat Projekt 2006 r.).

Pierwsze próby odbioru gazu, związane z uruchomieniem instalacji napowierzchniowej, przeprowadzono w dniach 20–21.10.2011 r. przy stanie PMG wynoszącym 333,89 mln m³. Rzeczywisty odbiór gazu w sezonie 2011/2012 rozpoczęto 16.11.2011 r. ($V_a = 332,05$ mln m³), a zakończono 15.04.2012 r. W okresie od 20.10.2011 r. do 15.04.2012 r. z magazynu wydobyto 328,73 mln m³ gazu. Ciśnienie gło-

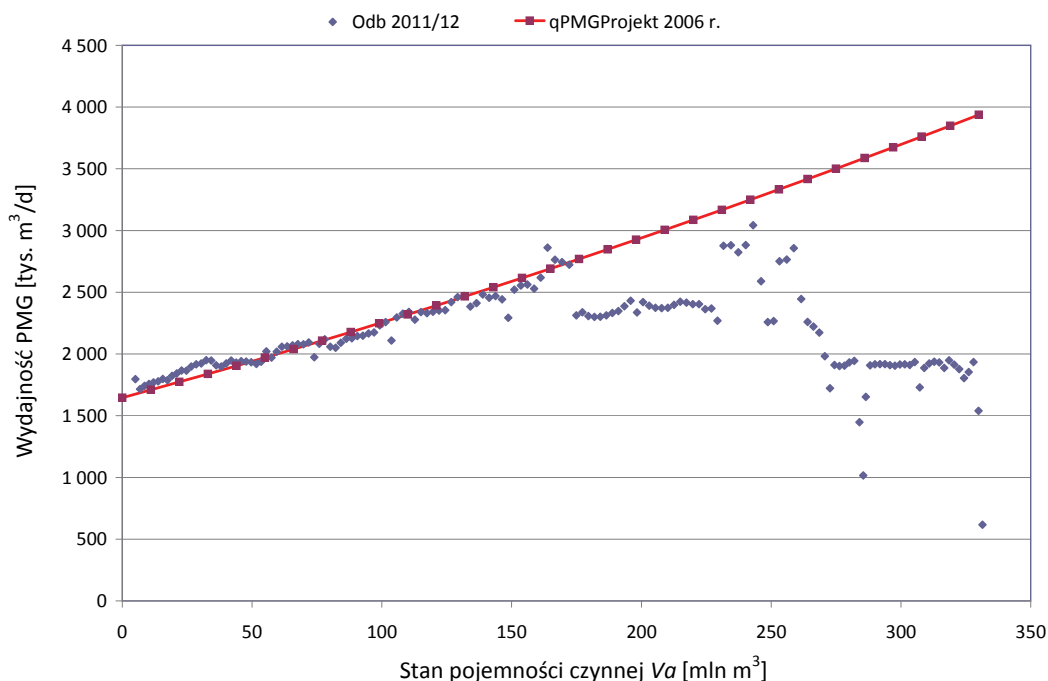


Rys. 2. PMG Strachocina. Porównanie projektowanej wydajności zatłaczania gazu do wydajności osiągniętej podczas zatłaczania w 2011 r.

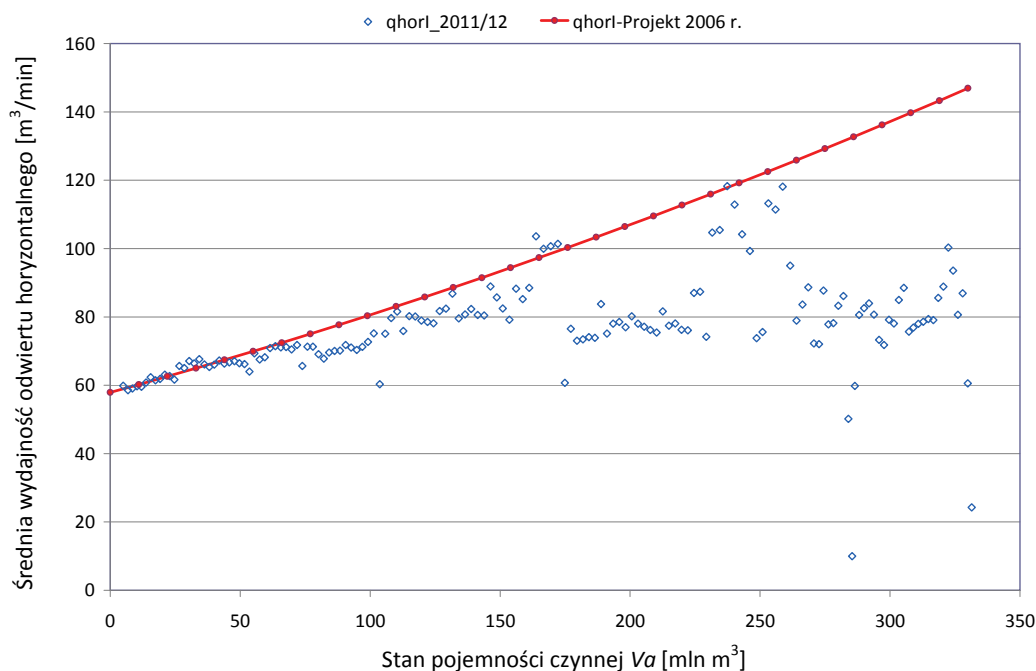
wicowe po zakończeniu odbioru wynosiło $P_{gs} = 2,49$ MPa ($V_a = 5,0$ mln m^3) i było zgodne z wartością projektowaną ($P_{gs} = 2,5$ MPa dla $V_a = 0$ mln m^3). Podczas całej fazy odbioru magazyn oddawał gaz do systemu z wykorzystaniem stacji sprężania gazu. Przebieg odbioru gazu przedstawiono na rysunku 3. Podobnie jak dla fazy zatłaczania wykres prezentuje dwie serie danych. Linia czerwona

(qPMGProjekt 2006 r.) prezentuje prognozę wydajności odbioru gazu z PMG po rozbudowie magazynu [1], natomiast niebieska seria danych (Odb 2011/12) przedstawia rzeczywistą wydajność odbioru osiągniętą w pierwszym cyklu pracy magazynu po zakończonej inwestycji.

Rysunek 3 pokazuje, że począwszy od stanu magazynu około 170 mln m^3 wydajność odbioru gazu z PMG



Rys. 3. PMG Strachocina. Porównanie projektowanej wydajności odbioru gazu z wydajnością osiągniętą w sezonie 2011/2012



Rys. 4. PMG Strachocina. Wykres porównawczy projektowanej wydajności średniego odwiertu horyzontalnego z wydajnością rzeczywistą osiągniętą podczas fazy odbioru gazu w sezonie 2011/2012

uzyskana podczas sezonu 2011/2012 (Odb 2011/2012) całkowicie potwierdziła założenia projektowe (qPMG-Projekt 2006 r.). Projektowana maksymalna wydajność odbioru gazu dotychczas nie została potwierdzona, gdyż początkowa faza odbioru była prowadzona z wykorzystaniem tylko jednej sprężarki. Uzyskanie maksymalnych wydajności wymaga pracy dwóch sprężarek. Jednakże wyniki wydajności uzyskane podczas analizowanego odbioru gazu dają solidną podstawę do stwierdzenia, że PMG Strachocina powinien również osiągnąć projektowaną maksymalną wydajność odbioru.

Należy podkreślić, że najtrudniejszą częścią projektu było przygotowanie prognozy wydajności dla odwiertów horyzontalnych, gdyż tego typu odwierty były wykonywane po raz pierwszy nie tylko na PMG Strachocina, ale również w Polsce południowo-wschodniej. Wydajność odwiertów horyzontalnych zależy głównie od długości odcinka horyzontalnego, warunków złożowych oraz wyposażenia technicznego odwiertu. Niejednorodność warunków geologiczno-złożowych jest podstawowym powodem, dla którego obliczenie prognozowanej wydajności odwiertu horyzontalnego (przed jego odwierceniem) jest trudne. Autorzy projektu zdecydowali się na wykorzystanie metodyki przedstawionej przez S. D. Jo-shiego [4] do wykonania prognozy wydajności odwiertu

horyzontalnego. Prognozę wydajności projektowanych otworów horyzontalnych wykonano oddzielnie dla poszczególnych horyzontów (I i II). Rysunek 4 przedstawia porównanie projektowanej wydajności średniego odwiertu horyzontalnego (qhorI-Projekt 2006 r.) z rzeczywistą wydajnością osiągniętą w sezonie odbioru 2011/2012 przez średni odwiert horyzontalny odwiercony do horyzontu I (qhorI_2011/12). Rysunek 4 potwierdza osiągnięcie założeń projektowych.

Analogiczny rysunek 5 przedstawia porównanie projektowanej wydajności średniego odwiertu horyzontalnego (qhorII-Projekt 2006 r.) z rzeczywistą wydajnością osiągniętą w sezonie odbioru 2011/2012 przez średni odwiert horyzontalny odwiercony do horyzontu II (qhorII_2011/12). Poniższy wykres również potwierdza osiągnięcie założeń projektowych.

Należy podkreślić, że rzeczywiste wydajności zostały osiągnięte przy ciśnieniu odbioru gazu niższym zaledwie o 0,15 MPa od ciśnienia projektowanego.

Dane uzyskane zarówno podczas zatłaczania, jak i odbioru gazu w pierwszym cyklu pracy PMG Strachocina po rozbudowie magazynu potwierdziły osiągnięcie projektowanej pojemności czynnej 330 mln m³, projektowanych mocy zatłaczania i odbioru gazu oraz zakresu ciśnień pracy magazynu.



Rys. 5. PMG Strachocina. Wykres porównawczy projektowanej wydajności średniego odwiertu horyzontalnego z wydajnością rzeczywistą osiągniętą podczas fazy odbioru gazu w sezonie 2011/2012

Podsumowanie

Rozbudowa PMG Strachocina zakończyła się powodzeniem, gdyż założone parametry projektowe zostały osiągnięte. Na uwagę zasługuje fakt, że sukces nastąpił w trudnych warunkach złożowych i dzięki zastosowaniu nowatorskich rozwiązań technicznych. Kluczem do niego była ścisła współpraca wszystkich zespołów zaangażowanych w prowadzenie inwestycji:

- inwestora: PGNiG S.A. Oddział Sanok,
- projektanta części złożowej wraz z nadzorem autorskim wiercenia projektowanych otworów: INiG Oddział Krosno Zakład PMG,
- projektanta części napowierzchniowej: Biuro Projektów „Nafta-Gaz” Sp. z o.o.,

- wykonawcy otworów: Poszukiwania Nafty i Gazu Kraków Sp. z o.o.,
- wykonawcy wyposażenia wglębnego odwiertów: Baker Hughes.

Współpraca wymienionych zespołów rozpoczęła się już na początku opracowania studium wykonalności w czerwcu 2006 r. i trwała do końca realizacji inwestycji w 2011 r. Należy podkreślić, że na każdym etapie inwestycji specjaliści z wymienionych zespołów wspólnie rozwiązywali bieżące problemy, konsultowali swoje propozycje i podejmowali decyzje, które były podstawą przyszłego sukcesu. Autorzy artykułu pragną podziękować wszystkim osobom, z którymi współpracowali podczas realizacji inwestycji.

Literatura

- [1] Filar B. i zespół: *Studium wykonalności rozbudowy PMG Strachocina*. INiG Krosno, 2006.
- [2] Filar B., Miziołek M., Dusza R.: *Ocena aktualnego stanu geologiczno-złożowego i technologicznego PMG Strachocina pod kątem etapowej jego rozbudowy*. IGNiG Krosno, 2000.
- [3] Filar B.: *Ocena ekonomiczna zastosowania odwiertów horyzontalnych i multilateralnych w PMG*. INiG Krosno, 2005.
- [4] Joshi S. D.: *Horizontal Well Technology*. Tulsa, USA 1991.
- [5] Miziołek M.: *Analiza warunków techniczno-petrograficznych PMG Strachocina pod kątem przeprowadzenia zabiegów*

intensyfikacji wydobywania na odwiertach eksploatacyjnych. IGNiG Krosno, 2002.



Mgr inż. Bogdan FILAR – pracownik Instytutu Nafty i Gazu Oddział Krosno, kierownik Zakładu Podziemnego Magazynowania Gazu. Absolwent Wydziału Wiertniczo-Naftowego Akademii Górniczo-Hutniczej. Specjalizuje się w projektowaniu, eksploatacji i optymalizacji podziemnych magazynów gazu ziemnego.



Mgr Mariusz MIZIOŁEK – geolog, absolwent Uniwersytetu Jagiellońskiego. Pracuje w Zakładzie Podziemnego Magazynowania Gazu INiG. Zajmuje się geologią podziemnych magazynów gazu zapadliska przedkarpackiego i Karpat oraz analizą geologiczno-złożową PMG i złóż gazu ziemnego. Współautor m.in. kilku dokumentacji geologicznych z rejonu zapadliska przedkarpackiego i Karpat.

Inż. Adam HOSZOWSKI – pracownik PGNiG SA Oddział w Sanoku. Wieloletni kierownik Działu Podziemnego Magazynowania Gazu. Brał udział w budowie, rozbudowie i modernizacji PMG Husów, Brzeźnica, Strachocina, Swarzędz. Zainteresowania: sport, muzyka.