

Jerzy Stopa

Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Adam Hoszowski

PGNiG SA w Warszawie, Oddział w Sanoku

## Wpływ podziemnego magazynowania gazu na efektywność eksploatacji złóż w PGNiG SA, Oddział w Sanoku

### Wstęp

Jednym z aktualnych kierunków w zakresie organizacji gazownictwa w UE jest proces otwierania się rynku gazu i jego liberalizacji. Celem tego procesu, rozpoczętego przez Komisję Europejską na początku lat 90. ub. wieku, jest rozwinięcie konkurencji w dostawach gazu, w celu poprawy warunków ekonomicznych dostępu do gazu dla odbiorców. Zgodnie z Drugą Dyrektywą Gazową (2003/55/WE z 26.06.2003 r.), jednym ze środków służących do realizacji tych celów jest zasada TPA, gwarantująca dostęp „Stron Trzecich” (w tym również nowych uczestników rynku) do instalacji magazynowych na zasadach przejrzystości i braku dyskryminacji. W krajach UE następuje organizacyjne wydzielanie podmiotów zajmujących się PMG; np. we Francji powołano spółkę Storengy, zależną od GDF Suez, która przejęła wszystkie zadania związane z PMG. Rozdział dotyczy aspektów prawnych, księgowych i technicznych. Niezmiernie istotnym jest fakt, iż zgodnie z Dyrektywą 2003/55/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy, rozdz. 1., art. 1., pkt 9. „*Instalacja magazynowa*” oznacza z definicji: „*instalację używaną do magazynowania gazu ziemnego i będącą własnością przedsiębiorstwa gazowniczego lub eksploatowaną przez*

*nie, włącznie z częścią instalacji LNG używaną do magazynowania LNG, ale z wyłączeniem części wykorzystywanej do działalności produkcyjnej oraz z wyłączeniem urządzeń przeznaczonych wyłącznie dla operatorów systemu przesyłowego dla realizacji ich zadań*”. Oznacza to, że pojemności czynne służące do regulacji wydobycia z własnych złóż nie podlegają zasadzie TPA i mogą być wyłączone z oferty wolnorynkowej. Prawidłowe określenie tych pojemności i mocy magazynowych jest więc krytyczne dla zarządzania eksploatacją złóż; szczególnie w sytuacji niedoboru pojemności magazynowych, co aktualnie ma miejsce w Polsce.

W niniejszym artykule przeprowadzono analizę eksploatacji złóż PGNiG SA Oddział w Sanoku pod względem wykorzystania PMG do działalności produkcyjnej. Oparto się na danych dotyczących dobowych ilości gazu oddawanych w poszczególnych PZO do sieci przesyłowej, obejmujących okres od początku 2004 roku do końca pierwszego kwartału 2009 r. Przeprowadzona została również analiza wpływu importu gazu oraz zmienności zapotrzebowania na gaz, co umożliwiło obliczenie ilości gazu niezbędnej do regulacji wydobycia z własnych złóż w PGNiG SA Oddział w Sanoku.

### Analiza warunków eksploatacji złóż i zmienności wydajności

Przedsiębiorstwo prowadzące działalność górnictwem zobowiązane jest przepisami Ustawy Prawo Geologiczne i Górnicze (tekst jednolity: Dz.U. z 2005 r., Nr 228,

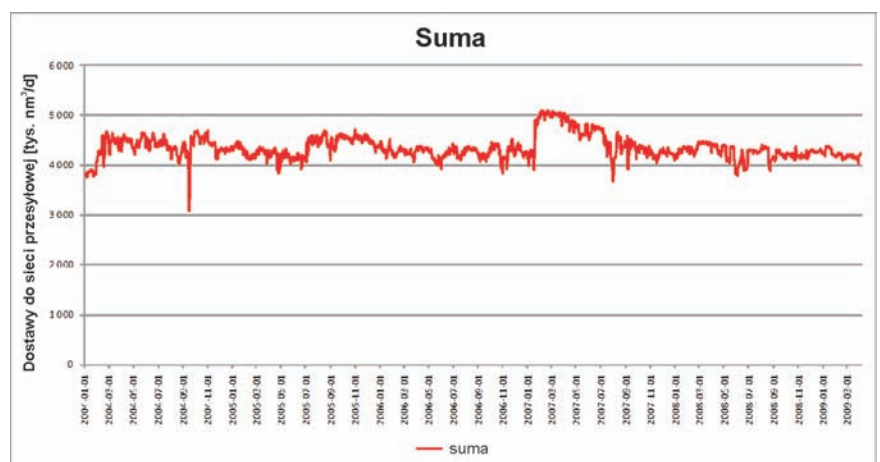
poz. 1947 z późn. zm.) oraz warunkami prowadzenia działalności wynikającej z otrzymanej koncesji do kierowania się „*zasadami racjonalnej gospodarki złożem, wymaganiami*

w zakresie ochrony środowiska, w tym dotyczącymi włączania wód do górotworu, bezpieczeństwa życia i zdrowia ludzkiego oraz technicznych możliwości wydobywania kopaliny”. W odniesieniu do eksploatacji złóż ropy i gazu wymóg ten narzuca taki sposób zarządzania złożami, aby utrzymywać optymalne warunki eksploatacyjne otworów. W praktyce można to osiągnąć poprzez sterowanie pracą otworów, głównie za pomocą utrzymywania odpowiednich wydajności eksploatacyjnych. Wydajności te mogą zmieniać się w czasie, jednak w danym momencie ich wartość maksymalna jest ściśle określona i podlega komisijnemu zatwierdzeniu. Warunki eksploatacyjne zapewniające stabilną pracę złóż są indywidualnymi cechami otworów eksploatacyjnych i zależą od szeregu czynników, takich jak: warunki geologiczno-złożowe, właściwości skał złożowych, konstrukcja otworu i infrastruktura napowierzchniowa. W szczególności dla zapewnienia racjonalnej pracy otworów wymaga się, aby depresja wywierana na złożę nie przekraczała wartości dopuszczalnych i w miarę możliwości utrzymywana była na stałym poziomie, co również limituje możliwą do osiągnięcia wydajność eksploatacyjną. Takie działanie pozwala wyeliminować lub ograniczyć negatywny wpływ wód złożowych (eliminacja podciągania stożków wodnych, odcinania części złoża przez ruch wody) czy piaszczenie (destabilizacja struktury skały otaczającej odwiert wydobywczy).

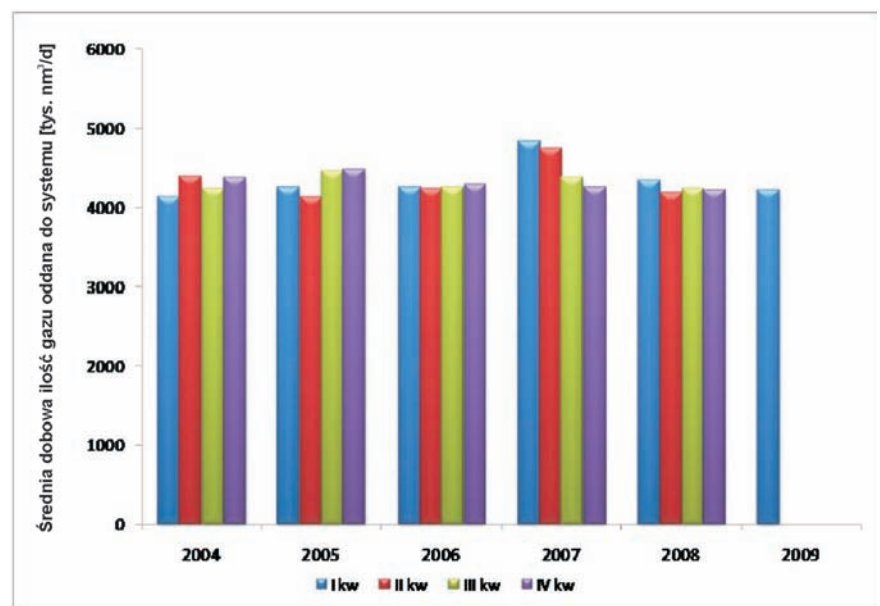
Przyjmując, że celem działalności wydobywczej jest maksymalizacja ilości wydobytej kopaliny, przy równoczesnym spełnieniu powyższych zasad racjonalnej gospodarki złożem, narzuca się więc wnioski, iż złoża ropy naftowej i gazu ziemnego winny być eksploatowane w sposób stabilny, z wydajnością określoną na podstawie pomiarów i obliczeń jako optymalną, bez gwałtownych jej zmian. Utrzymanie równomierności odbioru gazu jest kluczowe również z punktu widzenia optymalizacji poziomu i kosztów wydobycia gazu ziemnego. W przypadku zarządzania eksploatacją złóż gazu, którego zużycie podlega sezonowym wahaniom, oznacza to konieczność magazynowania gazu w okresach zmniejszonego popytu, w celu

utrzymania stabilnej eksploatacji złóż. Strategia taka stosowana jest (w miarę możliwości) przez wszystkie firmy wydobywcze na świecie.

W dalszej części przeprowadzono analizę eksploatacji złóż przez PGNiG S.A. Oddział w Sanoku pod względem zmienności wydajności. Oparto się na danych dotyczących dobowych ilości gazu oddawanych w poszczególnych PZO do sieci przesyłowej, obejmujących okres od początku 2004 roku do końca pierwszego kwartału 2009 r. Na rysunku 1 przedstawiono dobowe ilości gazu oddawane do systemu przesyłowego w latach 2004–2009, a na rysunku 2 – średnie kwartalne z tego samego okresu.



Rys. 1. Dobowa ilość gazu oddawana do systemu przesyłowego w latach 2004–2009



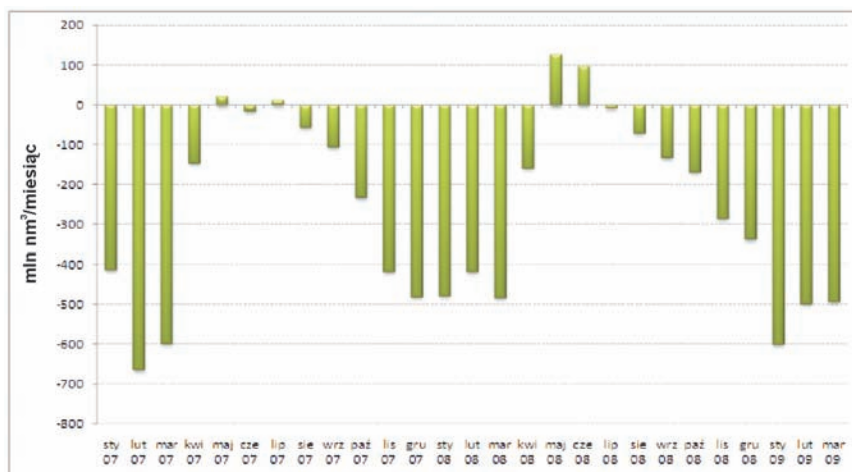
Rys. 2. Średnia dobowo ilość gazu oddana do systemu przesyłowego w poszczególnych kwartałach w latach 2004–2009

Widoczne jest, że dostawy gazu ziemnego z kopalni PGNiG S.A. Oddział w Sanoku nie wykazują wahań

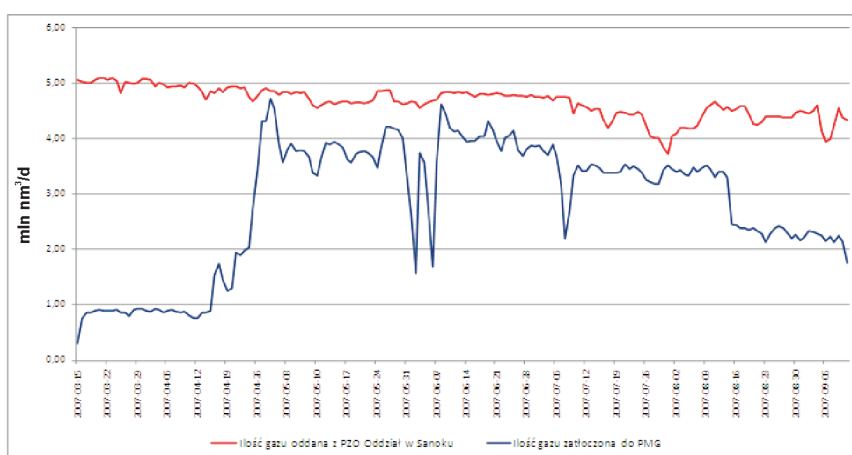
sezonowych, a zmienność wielkości dobowych dostaw jest niewielka – dla całego okresu wynosi zaledwie 5,4% (przeciętne odchylenie od średniej). Jest to efektem wykorzystania podziemnych magazynów gazu do regulacji wydobycia. Działanie takie jest konieczne, ponieważ w miesiącach letnich występuje sytuacja, gdy krajowe zużycie jest mniejsze od importu, co zostało przedstawione na rysunku 3.

W przypadku braku możliwości zmagazynowania krajowej produkcji gazu ziemnego występowałaby konieczność czasowego, znacznego ograniczania wydobycia, co w efekcie prowadziło do nieoptymalnej, niestabilnej i potencjalnie szkodliwej eksploatacji złóż. Brak wykorzystania podziemnych magazynów gazu skutkowałaby koniecznością dużego ograniczania wydobycia krajowego w miesiącach letnich, uniemożliwiałyby realizację zawartych umów kontraktowych oraz powodowałby deficyt gazu w miesiącach zimowych.

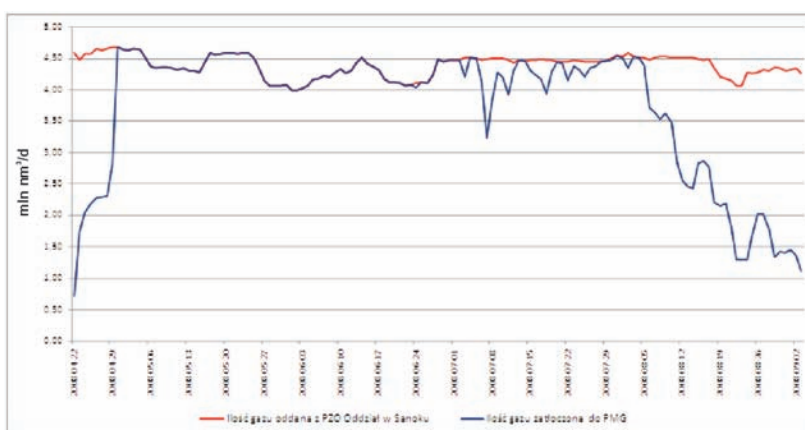
Ograniczenia krajowego wydobycia gazu ziemnego byłyby znaczne, ponieważ – jak pokazują dane historyczne – do sprzedaży przeznaczony jest w pierwszej kolejności gaz pochodzący z importu, a gaz krajowy w miesiącach letnich jest magazynowany. Rysunki 4 i 5 przedstawiają dobowe ilości gazu ziemnego oddane przez PZO z PGNiG SA Oddział w Sanoku do systemu przesyłowego oraz dobowe ilości gazu pochodzącego z PGNiG SA Oddział w Sanoku zatłoczone do PMG w sezonach letnich lat 2007 i 2008.



Rys. 3. Różnica pomiędzy miesięcznym zużyciem, a importem gazu ziemnego od stycznia 2007 r. do marca 2009 r.



Rys. 4. Dobowa ilość gazu oddana z PZO PGNiG SA Oddział w Sanoku oraz jego część zatłoczone do PMG od marca do września 2007 roku



Rys. 5. Dobowa ilość gazu oddana z PZO PGNiG SA Oddział w Sanoku oraz jego część zatłoczone do PMG od kwietnia do września 2008 roku

## Magazynowanie gazu pochodzącego z kopalń PGNiG SA Oddział w Sanoku

Na obszarze Polski południowo-wschodniej zlokalizowane są cztery podziemne magazyny gazu: Husów, Strachocina, Swarżów i Brzeźnica. W tabelicy 1 przedstawiono ich aktualne oraz możliwe do osiągnięcia pojemności czynne.

W tabelicy 1 przedstawiono ich aktualne oraz możliwe do osiągnięcia pojemności czynne.

W roku 2007 do PMG zatłoczono 513,41 mln  $\text{nm}^3$  gazu ziemnego, oddanego do systemu przesyłowego z wydobycia w PGNiG SA Oddział w Sanoku, co stanowi niemal 61% gazu przekazanego do systemu przesyłowego w okresie od 15 marca do 11 września 2007 roku i 30,91% gazu ziemnego oddanego do systemu przesyłowego w całym 2007 roku.

Rok później do PMG przesłano 503,85 mln  $\text{nm}^3$  gazu ziemnego pochodzącego z wydobycia w PGNiG SA Oddział w Sanoku, co stanowi prawie 85% gazu ziemnego oddanego do systemu przesyłowego w okresie od 22 kwietnia do 3 września i 32,4% gazu oddanego do systemu przesyłowego w całym 2008 roku. Oczywiście strumienie gazu pochodzącego z krajowego wydobycia i importu mieszają się i stwierdzenie czy dana objętość gazu, zatłoczona do magazynu, pochodzi z importu, czy z krajowego wydobycia – jest często niemożliwe. Dane dobowe umożliwiają jednak obliczenie objętości pochodzącej z wydobycia własnego, zatłoczonej do magazynów; przy założeniu, iż gaz z importu zużywany jest w pierwszej kolejności.

Bilans gazu ziemnego w systemie przesyłowym można opisać następującym równaniem:

$$P + I + PMG_o = K + PMG_z + R \quad (1)$$

gdzie:

$P$  – dostawy z wydobycia krajowego,

$I$  – dostawy z importu,

$PMG_o$  – odbiór z PMG,

$K$  – sprzedaż,

$PMG_z$  – zatłoczenie do PMG,

$R$  – pozostałe (straty, zużycie dla potrzeb technologicznych oraz zwiększenie ilości gazu w systemie przesyłowym).

Stan napełnienia podziemnych magazynów gazu po czasie  $t$  można więc obliczyć następująco:

$$Z(t) = S_p + \int_0^t [p(\tau) + i(\tau) - k(\tau) - r(\tau)] d\tau \quad (2)$$

gdzie:

$Z$  – zgromadzony zapas [ $\text{m}^3$ ],

$S_p$  – stan początkowy [ $\text{m}^3$ ],

$p(t)$  – dostawy z wydobycia krajowego [ $\text{m}^3/\text{d}$ ],

$i(t)$  – dostawy z importu [ $\text{m}^3/\text{d}$ ],

$k(t)$  – sprzedaż [ $\text{m}^3/\text{d}$ ],

$r(t)$  – pozostałe [ $\text{m}^3/\text{d}$ ].

Tablica 1. Podziemne magazyny gazu w południowo-wschodniej Polsce

PMG	Pojemność czynna 2009/2010 [ $\text{mln m}^3$ ]	Po rozbudowie [ $\text{mln m}^3$ ]	Planowane zakończenie	Potencjalne możliwości rozbudowy [ $\text{mln m}^3$ ]
Husów	350	–	–	500
Strachocina	150	330	2011	1200
Swarzów	90	–	–	90
Brzeźnica	65	–	–	100
RAZEM	655	835		

Wymagana pojemność czynna to maksymalne  $Z(t)$  dla  $t \in [0, T]$ .

Biorąc pod uwagę gaz pochodzący wyłącznie z produkcji z własnych złóż i zakładając priorytet wykorzystania gazu z importu, wydajność zatłaczania gazu do PMG możemy obliczyć jako:

- jeżeli  $i(t) \geq k(t)$  to wydajność zatłaczania gazu z własnych złóż do PMG wynosi:  $q(t) = p(t)$ ,
- jeżeli  $i(t) < k(t)$  i równocześnie  $i(t) + p(t) > k(t)$  to  $q(t) = p(t) - [k(t) - i(t)]$ ,
- w pozostałych przypadkach  $q(t) = 0$ .

Stosując opisaną wyżej metodykę, obliczono wydajności i zapotrzebowania na pojemności czynne dla PGNiG SA Oddział w Sanoku. W latach 2007 i 2008 magazynowaniu podlegało odpowiednio 30,91% i 32,4% łącznej, oddanej do systemu, ilości gazu. W okresie letnim często magazynowany był niemal cały gaz pochodzący z kopalń PGNiG SA Oddział w Sanoku (rysunki 4 i 5).

Powyższa analiza pozwala na stwierdzenie, iż w celu prowadzenia optymalnego wydobycia PGNiG SA Oddział w Sanoku wykorzystuje pojemności czynne pozwalające na zatłoczenie niemal całej ilości gazu ziemnego oddanego do systemu przesyłowego od maja do lipca i znacznej części gazu oddanego w kwietniu, sierpniu i wrześniu, przy utrzymywaniu stałego poziomu dostaw przez cały rok.

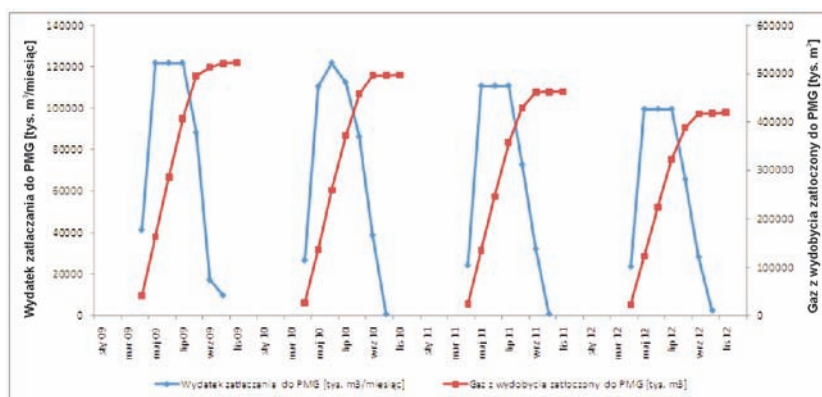
Zestawienie prognozowanego zapotrzebowania na pojemności magazynowe w latach 2009–2012, obliczo-

Tablica 2. Zestawienie ilości gazu oddanego z PZO PGNiG SA Oddział w Sanoku oraz jego części zatłoczonej do PMG do roku 2012 (bez uwzględnienia nowych odkryć)

	2009	2010	2011	2012
Dostawy do systemu przesyłowego [ $\text{mln nm}^3$ ]	1462,05	1373,35	1329,35	1195,03
Gaz z wydobycia zatłoczony do PMG [ $\text{mln nm}^3$ ]	522,89	497,52	462,86	419,39
Odsetek gazu zatłoczony do PMG [%]	35,76%	36,23%	34,82%	35,09%

ne zgodnie z zaprezentowaną metodyką, zawiera tablica 2 i rysunek 6.

Wymagana, maksymalna pojemność magazynowa konieczna do regulacji wydobycia w roku 2009 wynosiła 522,89 mln nm<sup>3</sup>, a rok później – 497,52 mln nm<sup>3</sup>. Jak pokazują wyniki analizy, na potrzeby regulacji wydobycia powinna być przeznaczona cała pojemność czynna PMG Swarzędz, Strachocina i Brzeźnica oraz znaczna część pojemności PMG Husów.



Rys. 6. Prognoza zatłaczania do PMG gazu z wydobycia własnego PGNiG SA Oddział w Sanoku w latach 2009–2012

### Podsumowanie i wnioski

1. Analiza warunków eksploatacji złóż i zmienności wydajności pokazuje na stabilność eksploatacji złóż gazu w PGNiG SA Oddział w Sanoku. Wahania wydajności eksploatacyjnych są niewielkie i w przeciwieństwie do zużycia gazu nie podlegają wahaniom sezonowym, co świadczy o racjonalnej gospodarce złożami. Zmienność wielkości dobowych dostaw jest niewielka – dla całego okresu wynosi zaledwie 5,4%. Jest to efekt stosowania PMG do regulacji wydobycia ze złóż. W przypadku braku możliwości zmagazynowania krajowej produkcji gazu ziemnego występowałaby konieczność czasowego, znacznego ograniczania wydobycia, co w efekcie prowadziłoby do nieoptymalnej, niestabilnej i potencjalnie szkodliwej eksploatacji krajowych złóż.
2. W roku 2007 do PMG zatłoczono 513,41 mln nm<sup>3</sup> gazu ziemnego oddanego do systemu przesyłowego z wydobycia w PGNiG SA Oddział w Sanoku, co stanowi niemal 61% gazu przekazanego do systemu przesyłowego w okresie od 15 marca do 11 września 2007 roku i 30,91% gazu ziemnego oddanego do systemu przesyłowego w całym 2007 roku. Do regulacji wydobycia wykorzystano 72,82% pojemności czynnych PMG zlokalizowanych w południowo-wschodniej Polsce. Rok później do PMG przesłano 503,85 mln nm<sup>3</sup> gazu ziemnego pochodzącego z wydobycia w PGNiG SA Oddział w Sanoku, co stanowi prawie 85% gazu ziemnego oddanego do systemu przesyłowego w okresie od 22 kwietnia do 3 września i 32,4% gazu oddanego do systemu przesyłowego w całym 2008 roku. Wykorzystano 71,47% pojemności czynnych PMG zlokalizowanych w południowo-wschodniej Polsce. Magazynowaniu podlega więc około 1/3 gazu ziemnego oddanego w ciągu roku do systemu przesyłowego z kopalń PGNiG SA Oddział w Sanoku.
3. Na podstawie analizy danych historycznych oraz struktury dostaw i konsumpcji gazu ziemnego, opracowano ocenę zapotrzebowania na pojemności magazynowe ze strony PGNiG SA Oddział w Sanoku, zapewniającą regulację poziomu wydobycia. Powyższa analiza pozwala na stwierdzenie, iż w celu prowadzenia optymalnego wydobycia PGNiG SA Oddział w Sanoku powinno dysponować pojemnościami czynnymi pozwalającymi na zatłoczenie niemal całej ilości gazu ziemnego oddanego do systemu przesyłowego od maja do lipca i znacznej części gazu oddanego w kwietniu, sierpniu i wrześniu. Łącznie, maksymalne wymagane pojemności czynne w poszczególnych latach wynoszą około 35% rocznych dostaw do systemu przesyłowego. Wymagana maksymalna pojemność magazynowa konieczna do regulacji wydobycia w roku 2009 wynosiła 522,89 mln nm<sup>3</sup>, przy wydobyciu 1700 mln nm<sup>3</sup>.
4. Jak pokazują wyniki analizy, na potrzeby regulacji wydobycia powinna być przeznaczona cała pojemność czynna PMG Swarzędz, Strachocina i Brzeźnica oraz znaczna część pojemności PMG Husów.
5. W przypadku zagospodarowania nowych złóż, nieujętych w obecnych ocenach dostaw, pojemność czynna magazynów, niezbędna do prowadzenia wydobycia w sposób optymalny, ulegnie zwiększeniu.

Artykuł nadesłano do Redakcji 15.04.2010 r. Przyjęto do druku 19.04.2010 r.

Recenzent: doc. dr inż. Andrzej Froński

## Literatura

- [1] *Gas Storage in Europe Adding security through flexibility*. EFET, London 2009.
- [2] Stopa J., Rychlicki S., Jaskólski T., Kosowski P.: *PMG jako element bezpieczeństwa energetycznego i rynku gazowego*. V Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Bóbrka, 17–19.05.2007, Materiały konferencyjne, SITPNiG, Zarząd Główny, Kraków 2007.



Dr hab. inż. Jerzy STOPA – profesor nadzwyczajny na Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie. Ukończył studia w kierunku Podstawowych Problemów Techniki – specjalność: matematyka stosowana; studia doktoranckie w zakresie górnictwa, a stopień dr habilitowanego uzyskał w zakresie inżynierii złożowej i hydrodynamiki podziemnej.

## ZAKŁAD PODZIEMNEGO MAGAZYNOWANIA GAZU

Zakres działania:

- analiza struktur geologicznych złóż gazu ziemnego, ropy naftowej oraz obiektów zawodnionych, pod kątem możliwości ich przekształcenia w PMG;
- szczegółowa analiza warunków geologiczno-złożowych, ocena dotychczasowej eksploatacji złoża, warunków hydrodynamicznych, zdolności wydobywczych odwiertów;
- ocena stanu technicznego istniejącej infrastruktury pod kątem jej wykorzystania w pracy PMG;
- wykonywanie cyfrowych modeli geologicznych PMG, złóż gazu ziemnego i ropy naftowej;
- wykonanie projektu budowy PMG;
- analiza dotychczasowej pracy istniejących PMG w celu optymalizacji parametrów dalszej eksploatacji magazynów na bazie symulacji komputerowej;
- opracowanie projektów prac geologicznych, dotyczących poszukiwania i rozpoznawania złóż gazu ziemnego i ropy naftowej;
- opracowanie dokumentacji geologicznych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego;
- opracowanie programu optymalnej eksploatacji złoża, wydajności poszczególnych odwiertów, tempa szczyrpywania itp.

**Kierownik:** mgr inż. Bogdan Filar

**Adres:** ul. Armii Krajowej 3, 38-400 Krosno

**Telefon:** 13 436-89-41 w. 202

**Faks:** 13 436-79-71

**E-mail:** bogdan.filar@inig.pl

