

Stanisław Nawrat, Zbigniew Kuczera*, Rafał Łuczak*,
Sebastian Napieraj*, Piotr Życzkowski**

GOSPODARCZE WYKORZYSTANIE METANU Z ODMETANOWANIA POKŁADÓW WĘGLA POLSKICH KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO**

1. Wprowadzenie

Metan towarzyszący eksploatacji węgla kamiennego w kopalniach głębinowych ze względu na wybuchowość stanowi poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa załóg i ruchu zakładów górniczych.

W kopalniach podstawowymi metodami opanowania zagrożenia metanowego są:

- intensywne przewietrzanie wyrobisk górniczych,
- odmetanowanie pokładów węgla.

Metanowość bezwzględna polskich kopalń węgla kamiennego jest bardzo wysoka i w 2004 roku wynosiła ponad 825 mln m³ CH₄, przy czym podziemnym odmetanowaniem ujęto ok. 250 mln m³ CH₄ [10].

Metan z pokładów węgla kopalń jest odprowadzany w procesach przewietrzania i odmetanowania na powierzchnię.

Metan odprowadzany w powietrzu kopalnianym a także metan odprowadzany z instalacji odmetanowania na powierzchni do atmosfery, ze względu na brak możliwości jego pełnego wykorzystania gospodarczego, przyczynia się do powstawania „efektu cieplarnianego”, który jest niekorzystnym zjawiskiem ekologicznym.

Gaz z odmetanowania może być wykorzystywany jako paliwo niskometanowe w różnego rodzaju instalacjach ciepłowniczo-energetycznych np. w kotłach z palnikami gazowymi, silnikach i turbinach gazowych.

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

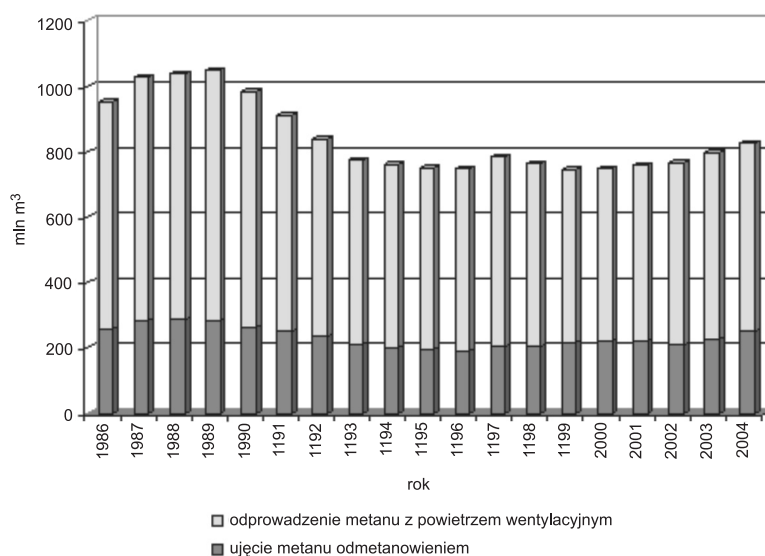
** Artykuł opracowano w ramach pracy statutowej AGH nr 11.11.100.851

W Polsce gaz niskometanowy jest wykorzystywany jako paliwo w wielu instalacjach energetycznych np. w Jastrzębskiej Spółce Węglowej SA, jednakże globalny wskaźnik gospodarczego wykorzystania metanu ujętego odmetanowaniem z pokładów węgla polskich kopalń jest niski i wynosi tylko 53%.

2. Metanowość i wykorzystanie metanu z odmetanowania polskich kopalń węgla kamiennego

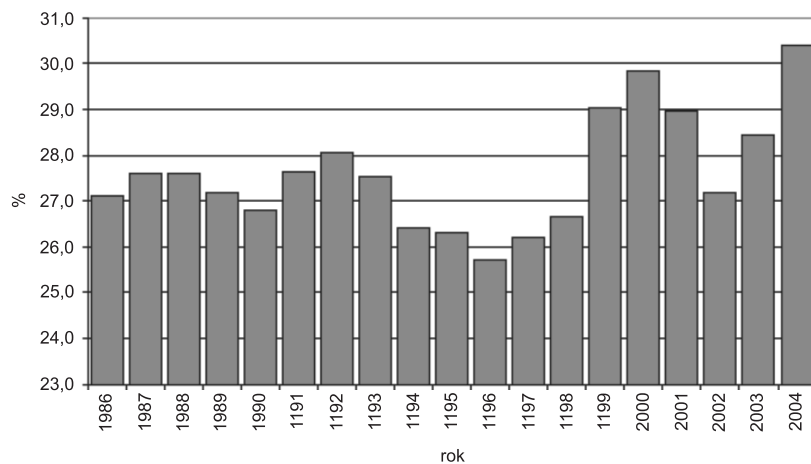
Metanowość kopalń i wielkość zagospodarowania metanu z odmetanowania ulega ciągłym zmianom [10]. Na wykresach (rys. 1–4) przedstawiono:

- metanowość bezwzględna kopalń w latach 1986–2004 (rys. 1),
- wskaźnik ujęcia metanu poprzez odmetanowanie w latach 1986–2004 (rys. 2),
- wykorzystanie metanu z odmetanowania w latach 1990–2004 (rys. 3),
- wskaźnik wykorzystania metanu z odmetanowania w latach 1990–2004 (rys. 4).



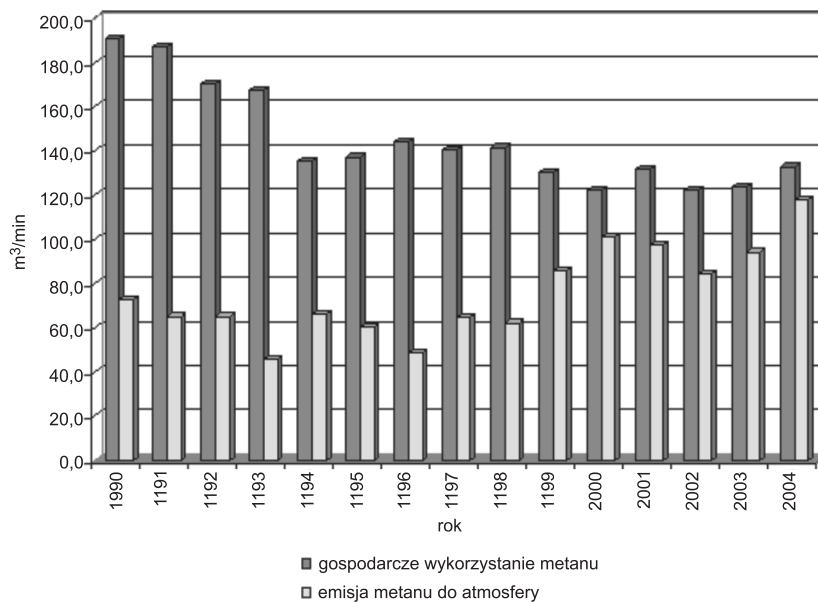
Rys. 1. Metanowość bezwzględna kopalń węgla kamiennego w latach 1986–2004

Metanowość bezwzględna kopalń węgla kamiennego w latach 1989–1999 uległa obniżeniu, co było związane z likwidacją kopalń silnie metanowych i zaprzestaniem eksploatacji w rejonach o dużym zagrożeniu metanowym. W ostatnich latach widoczny jest wzrost metanowości bezwzględnej kopalń spowodowany między innymi wyższą metanowością eksploatowanych pokładów węgla zalegających na głębszych poziomach wydobywczych.



Rys. 2. Wskaźnik ujęcia metanu w kopalniach węgla kamiennego w latach 1986–2004

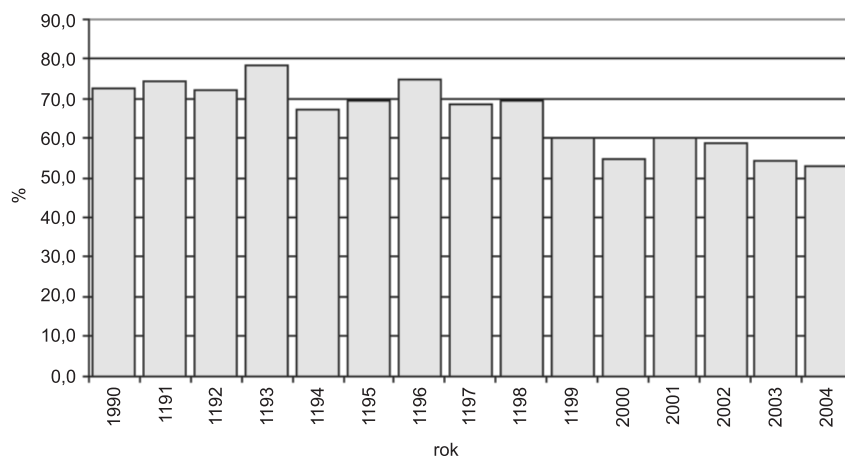
Wskaźnik efektywności ujęcia metanu przez odmetanowanie w kopalniach węgla kamiennego w latach 1986–1992 miał tendencję spadkową, natomiast zaczynając od 1993 r., wykazuje trend wzrostowy i uzyskuje największą wartość w 2004 r. W latach 2002–2004 największą ilość metanu ujmowano w procesie odmetanowania w KWK „Pniówek” (95,1 m³/min), KWK „Brzeszcze” (55,7 m³/min) i KWK „Krupiński” (51,9 m³/min).



Rys. 3. Wykorzystanie metanu z odmetanowania w instalacjach w energetyce i emisja metanu do atmosfery w latach 1990–2004

W latach 1973–1994 prawie cała ilość ujmowanego metanu z pokładów węgla pochodziła z odmetanowania kopalń Jastrzębsko-Rybnickiego Okręgu Węglowego i była rurociągiem przesyłana do Huty Łabędy w Gliwicach, gdzie była zużywana w instalacjach ciepłowniczo- hutniczych. Właścicielem i operatorem rurociągu przesyłowego do huty było Polskie Górnictwo Nafty i Gazu (PGNiG). W 1994 r. PGNiG zrezygnowało z odbioru gazu z odmetanowania kopalń i od tego czasu Spółki Węglowe zostały zmuszone do poszukiwania nowych możliwości zagospodarowania metanu z pokładów węgla, co napotykało na szereg barier techniczno-technologicznych i finansowych. W latach 1994–2004 ilość metanu wykorzystywanego gospodarczo uległa niewielkim zmianom, natomiast wzrosła ilość metanu emitowanego do atmosfery.

W latach 1990–2004 nastąpiło stopniowe obniżenie wielkości wskaźnika gospodarczego wykorzystania metanu pomimo uruchomienia szeregu instalacji energetycznych (rys. 4).



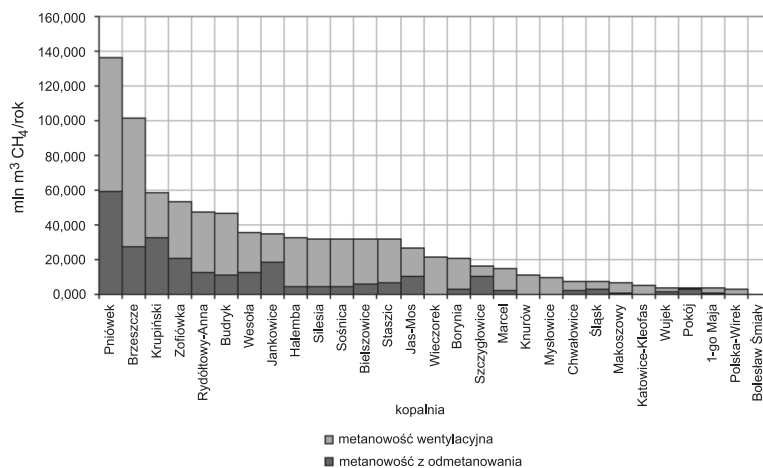
Rys. 4. Wskaźnik gospodarczego wykorzystania metanu w latach 1990–2004

Metanowość bezwzględna polskich kopalń węgla kamiennego jest bardzo wysoka i w 2004 roku wynosiła ponad 825 mln m³ CH₄ — najwyższą w KWK „Pniówek” 139 mln m³ CH₄. Metanowość bezwzględna poszczególnych kopalń jest różna i zależy od metanonośności i gazoprzepuszczalności eksploatowanych pokładów (rys. 5).

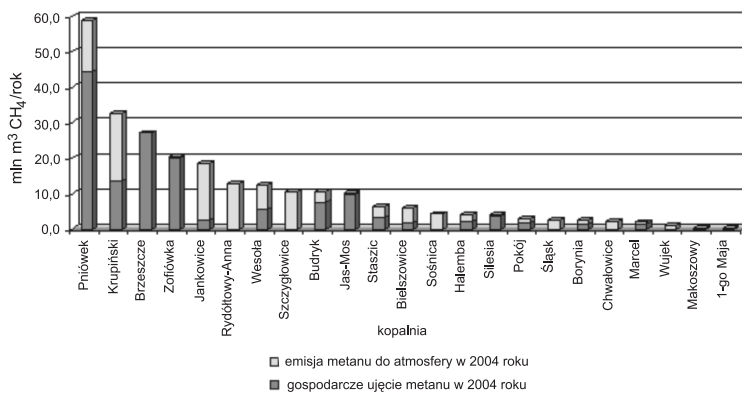
W roku 2004 stosowano odmetanowanie pokładów węgla w 23 kopalniach, które ujęło 250,88 mln m³ metanu — największą ilość metanu (58,72 mln m³/rok) w KWK „Pniówek”.

Ilość metanu wykorzystanego gospodarczo i emitowanego do atmosfery z podziałem na kopalnie węgla kamiennego przedstawia rysunek 6.

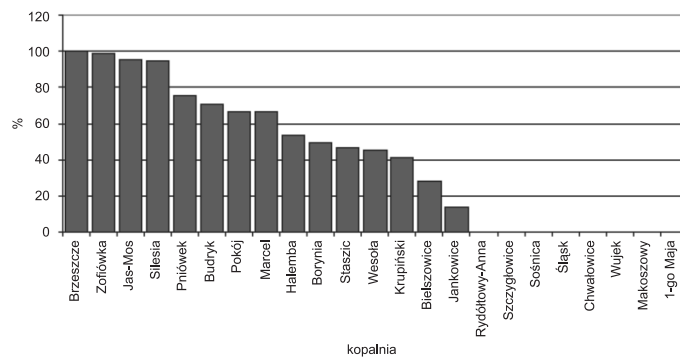
Wskaźniki gospodarczego wykorzystania metanu ujętego odmetanowaniem w kopalniach w 2004r. przedstawia (rys. 7). Najefektywniej wykorzystano metan w KWK „Brzeszcze” (100% wykorzystania CH₄), KWK „Zofiówka” (99,1%), KWK „Jas-Mos” (95,3%), a najniższy poziom wykorzystania wykazała KWK „Jankowice”.



Rys. 5. Metanowość wentylacyjna i z odmetanowania polskich kopalń węgla kamiennego w 2004 roku



Rys. 6. Gospodarcze wykorzystanie i emisja metanu do atmosfery w roku 2004



Rys. 7. Efektywność gospodarczego wykorzystania gazu z odmetanowania w polskich kopalniach w roku 2004

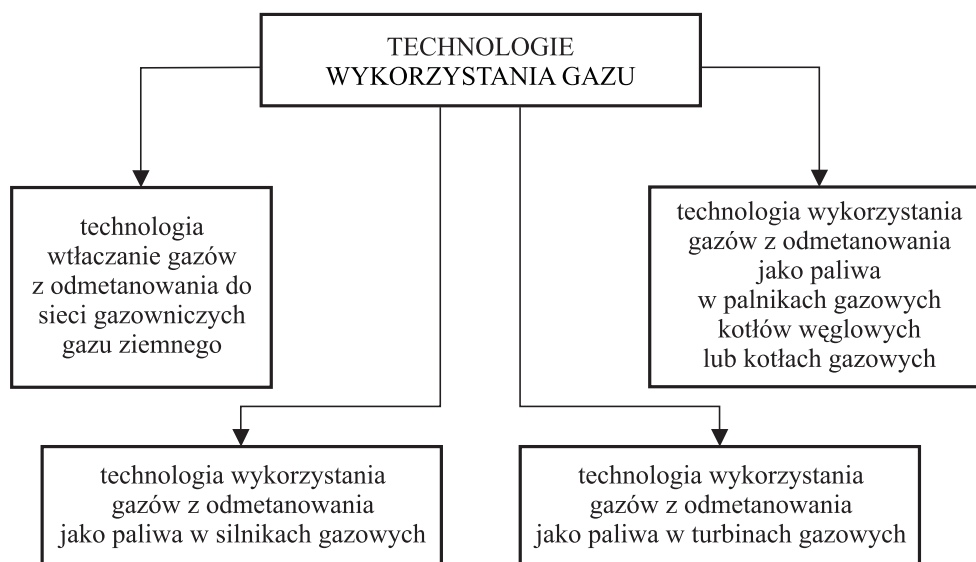
3. Technologie wykorzystania gazu z odmetanowania

Gaz z odmetanowania pokładów węgla polskich kopalń węgla kamiennego zawiera średnio 50% metanu i 50% powietrza w związku, z czym gaz traktowany jest jako gaz niskometanowy o wartości opałowej wynoszącej ok. 25 MJ/m³. W związku z zanieczyszczeniem, głównie gazami inertnymi, ujmowana mieszanina niskometanowa może być wykorzystywana w specjalnych instalacjach energetycznych.

Gaz ujęty w procesie odmetanowania kopalń może być wykorzystywany gospodarczo jako paliwo w sposób:

- bez oczyszczania w technologii kontrolowanego wtłaczania gazu do sieciowego gazu ziemnego;
- bez oczyszczania w technologiach spalania gazu w palnikach gazowych, kotłach gazowych, silnikach gazowych, turbinach gazowych;
- z oczyszczaniem polegającym na usuwaniu powietrza z gazu w wyniku czego gaz uzyskuje jakość zbliżoną do paliwa wysokometanowego określonego normą GZ-50, co pozwala na jego stosowanie w instalacjach gazowniczych komunalnych i przemysłowych.

Biorąc pod uwagę infrastrukturę sieci rurociągowych, metan z odmetanowania w większości przypadków jest wykorzystywany jako paliwo w instalacjach ciepłowniczo-energetycznych zlokalizowanych na terenie kopalń lub w ich bliskim sąsiedztwie. Sposoby technologicznego wykorzystania metanu przedstawiono na rysunku 8.

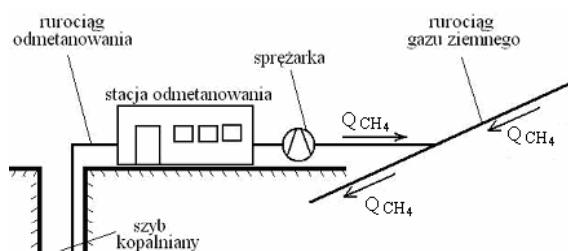


Rys. 8. Technologie wykorzystania gazu z odmetanowania

3.1. Właczanie gazu z odmetanowania do sieci gazowniczych gazu ziemnego

Metoda charakteryzuje się tym, że gaz niskometanowy ze stacji odmetanowania kopalni zostaje za pomocą sprężarki włączany do rurociągu gazu ziemnego i w taki sposób kontrolowany i regulowany, aby parametry jakościowe gazu ziemnego nie ulegały zmianie w zakresie ustalonym odrębnie dla danej instalacji gazowniczej.

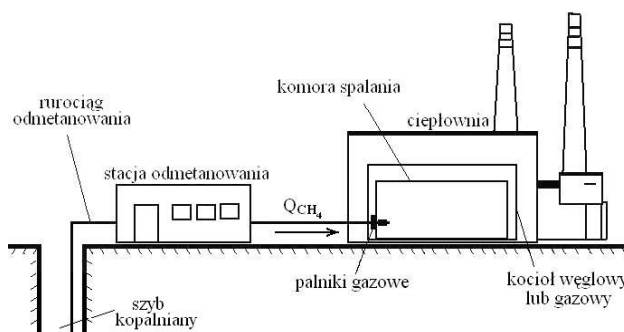
Na przykład (rys. 9) gaz z stacji odmetanowania o zawartości 50% metanu i strumieniu objętościowym $5 \text{ m}^3/\text{min}$ jest za pomocą sprężarki włączany do rurociągu sieci gazu ziemnego, którym przepływa gaz o zawartości 96% metanu i strumieniu objętościowym $100 \text{ m}^3/\text{min}$. W wyniku mieszania zostaje uzyskany gaz o zawartości metanu 93,8% i strumieniu objętościowym wynoszącym $105 \text{ m}^3/\text{min}$. Roczna wielkość wykorzystanego metanu w tym przypadku wyniesie $2,628 \text{ mln m}^3$.



Rys. 9. Schemat ideowy włączania gazu z odmetanowania do sieci gazu ziemnego

3.2. Wykorzystanie gazu z odmetanowania jako paliwo w palnikach gazowych kotłów węglowych lub kotłach gazowych

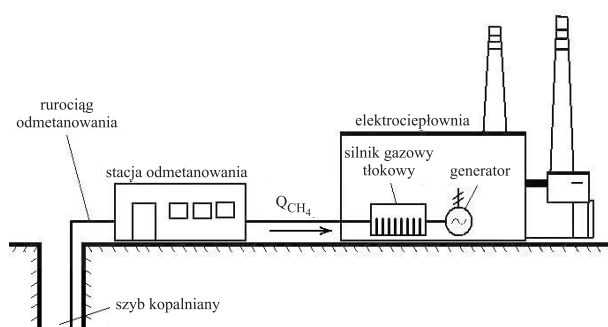
Od wielu lat najczęściej stosowaną metodą gospodarczego wykorzystania gazu z odmetanowania pokładów węgla było jego spalanie za pomocą palników gazowych zainstalowanych w kotłach węglowych lub gazowych w ciepłowniach zlokalizowanych w pobliżu kopalń i najczęściej będących własnością spółek węglowych (rys. 10).



Rys. 10. Schemat ideowy instalacji kotłów węglowych lub gazowych z palnikami gazowymi dla spalania gazu z odmetanowania

3.3. Wykorzystanie gazu z odmetanowania jako paliwo w silnikach gazowych

Kolejnym rozwiązaniem jest spalanie gazu z odmetanowania kopalń w silnikach gazowych zastosowane po raz pierwszy w Polsce w Jastrzębskiej Spółce Węglowej SA w KWK „Krupiński” w 1997 r. Ze względu na wysoką sprawność oraz stosunkowo niski poziom wymaganych nakładów inwestycyjnych, większość skojarzonych układów energetyczno-ciepłowniczych budowana jest w oparciu o tłokowe silniki spalinowe [3]. Ideę wykorzystania gazu z odmetanowania kopalni jako paliwa napędzającego gazowe silniki tłokowe przedstawiono na rysunku 11.



Rys. 11. Schemat ideowy instalacji z silnikiem gazowym dla spalania gazu z odmetanowania

Ze względu na budowę oraz układ zasilania metanem silniki tłokowe dzielimy na [1, 6]:

- silniki gazowe z zapłonem iskrowym (silniki małych mocy),
- silniki dwupaliwowe, tzn. zasilane paliwem gazowym oraz niewielką dawką paliwa ciekłego w celu inicjowania zapłonu mieszanki (silniki średnich mocy),
- silniki wysokoprzężne (silniki największej mocy).

Sprawność cieplna procesu wytwarzania energii elektrycznej przy wykorzystaniu silników gazowych wynosi od 30 do 40%.

Typowe silniki gazowe produkowane przez firmy: Deutz A.G., GE Jenbacher A.G., Wärtsilä, Perkins Engine, Viessmann, Caterpillar przedstawiono w tabeli 1.

Można zauważyć następujące wady silników gazowych [12]:

- stosunkowo wysokie koszty konserwacji i remontów,
- skomplikowany układ odzysku ciepła,
- ograniczone możliwości uzyskiwania wysokich parametrów czynnika grzewczego,
- rozbudowany układ gospodarki olejowej,
- konieczność stosowania katalizatorów dla ograniczenia emisji tlenku węgla i węglowodorów.

TABELA 1

Dane techniczne wybranych gazowych silników tłokowych wykorzystywanych w skojarzonych układach energetycznych (CHP) w warunkach normy ISO 3046/1 [6]

Typ układu CHP	2006 TSI	JM 312 GS-B.LC	TBK632V16	W50DF
Producent	Perkins Engines	GE Jenbacher	Deutz A.G.	Wärtsilä
Paliwo	gaz ziemny	gaz z odmetanowania	gaz z odmetanowania	gaz ziemny i olej napędowy
Moc elektryczna, kW	160	543	3173	15714
Ciepło chłodzenia silnika, kW	129	163	1236	5594
Ciepło chłodzenia powietrza (mieszanki), kW	0	106	170	1347
Ciepło chłodzenia spalin*, kW	102	479	2091	7644
Ciepło chłodzenia oleju smarowego, kW	ujęto w ciepłe chłodzenia silnika	67	270	1273
Całkowite ciepło użytkowe, kW	231	703	3767	15858
Straty promieniowania, kW	20	69	335	11080
Energia chemiczna paliwa, kW	439	1456	7874	34461
Temperatura spalin, °C	550	125	502	393
Strumień spalin wilgotnych za silnikiem, kg/s	0,215	0,88	4,88	25,4
Sprawność elektryczna, %	36,4	37,3	40,3	45,6
Sprawność całkowita, %	89	85,6	88	92
Wskaźnik skojarzenia	0,69	0,77	0,84	0,99

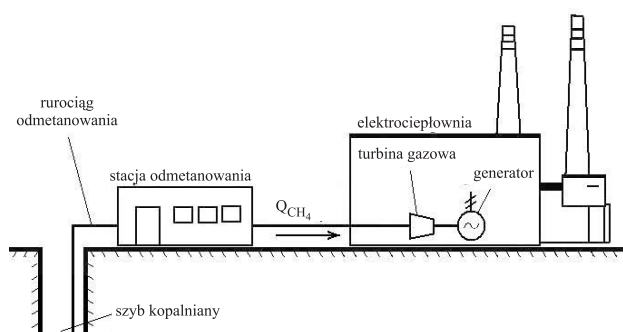
* spaliny wychłodzone do 120°C

3.4. Wykorzystanie gazu z odmetanowania jako paliwo w turbinach gazowych

W ostatnich latach coraz częściej stosuje się również turbiny i mikroturbiny gazowe [3].

Turbina gazowa jest to typ silnika spalinowego, w którym gazy powstające w wyniku reakcji chemicznych (najczęściej spalania) oddziałują na łopatki turbiny, wprawiając je w ruch [9]. W odróżnieniu od tłokowych silników spalinowych zamiana energii chemicznej na mechaniczną odbywa się bez pośrednictwa układu korbowego. Daje to większą sprawność, lecz dopiero przy bardzo dużych obrotach (ponad 30 000 obr./min).

Ideę wykorzystania gazu z odmetanowania kopalni jako paliwa napędzającego turbinę gazową zaprezentowano na rysunku 12.



Rys. 12. Schemat ideowy wykorzystanie metanu jako paliwa napędzającego turbiny gazowe

Typowe turbiny gazowe produkowane przez firmy: GE Jenbacher A.G., Solar, Alstom, Capstone, Siemens przedstawiono w tabeli 2.

TABELA 2

Dane techniczne wybranych turbin gazowych wykorzystywanych w skojarzonych układach energetycznych (CHP) w warunkach normy ISO 3046/1 [6]

Typ układu CHP	Saturn 20	Centuar 50	Tornado	Cyclone
Producent	Solar	Solar	Alston	Alston
Paliwo	gaz ziemny	gaz ziemny	gaz ziemny	gaz ziemny
Moc elektryczna, kW	1025	4344	6750	12 900
Moc cieplna*, kW	2850	8330	12 195	21 030
Energia chemiczna paliwa, kW	4878	14 877	20 455	38 053
Temperatura spalin za turbiną, °C	500	489	477	570
Strumień spalin wilgotnych za turbiną, kg/s	6,45	19,0	28,7	39,7
Sprawność elektryczna, %	24,7	29,2	33,0	33,9
Sprawność całkowita, %	83,1	85,2	92,6	89,1

* spaliny wychłodzone do 100°C

TABELA 3

Ujęcie i wykorzystanie gazu z odmetanowania w kopalniach JSW SA w 2004 roku [5, 10]

Kopalnia	Całkowita ilość ujętego metanu, tys. m ³ /rok	Zagospodarowanie ujętego metanu			
		łączna ilość i udział procentowy zagospodarowanego metanu		wyszczególnienie	
		tys.m ³ /rok	%	ilość metanu, tys. m ³ /rok	sposób wykorzystania
„Borynia” JSW SA	2429,4	1162,8	49	1162,8	JSW SA KWK „Borynia” – kotły gazowe 2 × 1,2 MW
„Jas-Mos” JSW SA	10042,6	9600,0	95	9600,0	SEJ SA EC „Moszczenica” – palniki gazowe w kotłach węglowych
„Krupiński” JSW SA	32 425,6	13 414,0	41	8009,0	SEJ SA EC – silnik gazowy TBG 632V16
				1253,3	SEJ SA EC palniki gazowe w kotłach węglowych
				4151,7	JSW SA KWK „Krupiński” – suszarnia flotokonzentratu
„Pniówek” JSW SA	58721,7	44 280,4	75	13 409,0	przesył do SEJ SA EC „Moszczenica” – palniki gazowe w kotłach węglowych
				10 548,4	przesył do SEJ SA EC „Zofiówka” – palniki gazowe w kotłach węglowych
				13 176,1	SEJ SA EC „Pniówek” – 2 silniki gazowe TBG 632V16
				7146,9	SEJ SA EC „Pniówek” – palniki gazowe w kotłach węglowych
„Zofiówka” JSW SA	20 408,2	19 985,9	99	19 985,9	SEJ SA EC „Zofiówka” – palniki gazowe w kotłach węglowych”
„Staszic” KHW SA	6356,4	3113,2	47	2013,0	przesył gazu hucie Ferum SA
				1100,2	KHW SA KWK „Staszic” Ciepłownia – palniki gazowe w kotłach węglowych
„Wesoła” KHW SA	12 333,9	5598,1	45	5598,1	KHW SA KWK „Wesoła” Ciepłownia – palniki gazowe w kotłach węglowych
„Bielszowice” KW SA	5802,9	1626,8	28	1626,8	KW SA KWK „Bielszowice” EC – silniki gazowe JM 312 GS-B.LC
„Brzeszcze” KW SA	27 006,5	27 006,5	100	26 100,5	przesył gazu do Kombinatoru Chemicznego Dwory SA
				906,0	KW SA KWK „Brzeszcze” – palniki gazowe w kotłach węglowych
„Halemba” KW SA	4038,5	2164,7	54	2164,7	KW S.A KWK „Halemba” EC silniki gazowe JM 312 GS-B.LC
„Jankowice” KW SA	18 485,1	2491,6	13	2491,6	przesył gazu do KW SA Oddział Zakład Elektrociepłowni – Ciepłownia „1 Maja” – kotły gazowe
„Marcel” KW SA	1950,3	1299,9	67	1299,9	przesył gazu do KW SA Oddział Zakład Elektrociepłowni – Ciepłownia „1 Maja” – kotły gazowe
„Pokój” KW SA	2792,1	1863,1	67	1863,1	przesył gazu do KW SA KWK „Halemba” – palniki gazowe w kotłach węglowych
„Silesia” KW SA	3907,5	3721,9	95	3721,9	przesył gazu (Metanel SA) do Rafinerii Czechowice-Dziedzice
„Budryk” SA	10 539,5	7457,7	71	7457,7	przesył gazu do ZPC „Żory” sp. z o.o. EC – 3 silniki gazowe TBG 620V 20K
RAZEM	217 240,2	144 786,6		68 659,8	palniki gazowe w kotłach węglowych
				4954,3	kotły gazowe
				4151,7	suszarnia flotokonzentratu
				309 226	przemysł chemiczny i hutniczy
				36 098,2	silniki gazowe

Sprawność cieplna procesu wytwarzania energii elektrycznej w turbinach gazowych wynosi od 25 do 30%.

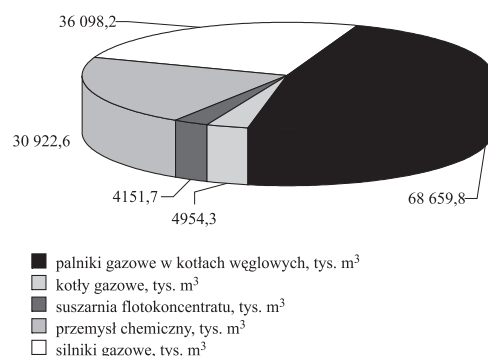
4. Analiza gospodarczego wykorzystania w 2004 r. gazu z odmetanowania

W 2004 roku odprowadzono rurociągami odmetanowania na powierzchnię kopalń 250,88 mln m³ metanu, z czego 144,821 mln m³ metanu zostało wykorzystane jako paliwo, co stanowi 57,2% ujęcia.

W tabeli 3 (na wklejce) przedstawiono ujęcie i wykorzystanie gazu z odmetanowania w kopalniach węgla w 2004 roku.

Najwyższe wykorzystanie gazu z odmetanowania pokładów węgla było w palnikach gazowych w kotłach węglowych (47%) z powodu niskonakładowej możliwości modernizacji kotłów węglowych, polegającej na zabudowie palników gazowych (rys. 13).

Korzystnym stanem jest 25% udział w spalaniu gazu z odmetanowania w silnikach gazowych pozwalających produkować nie tylko ciepło, lecz również energię elektryczną co znacznie podniosło rentowność inwestycji.



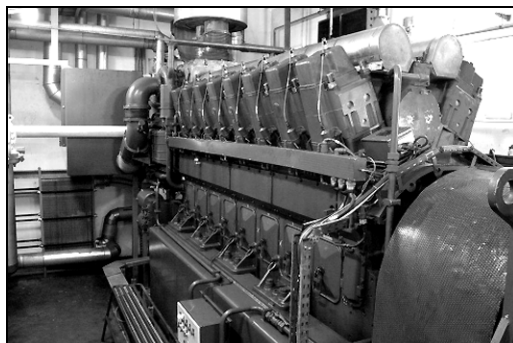
Rys. 13. Wykorzystanie gazu pochodzącego z odmetanowania kopalń (w grupach urządzeń)

4.1. Skojarzony układ energetyczny w KWK „Krupiński”

Silnik gazowy typu TBG 632 V 16 firmy Deutz połączony z agregatem prądotwórczym zabudowany został w Kopalni „Krupiński” przez „EEG-Suszec” w 1997 r. (rys. 14).

Dane techniczne silnika gazowego przedstawiają się następująco [7]:

- paliwo — gaz z odmetanowania o wydatku 14 m³/min z odmetanowania Kopalni „Krupiński” o stężeniu metanu 50÷60%,
- moc elektryczna — 3,0 MW,
- moc cieplna — 3,2 MW.



Rys. 14. Silnik gazowy w KWK „Krupiński”

W 2005 roku zabudowano drugi silnik tłokowy TCG 2032 V16 firmy Deutz połączony z kolejnym agregatem prądowym. Dane techniczne są następujące [7]:

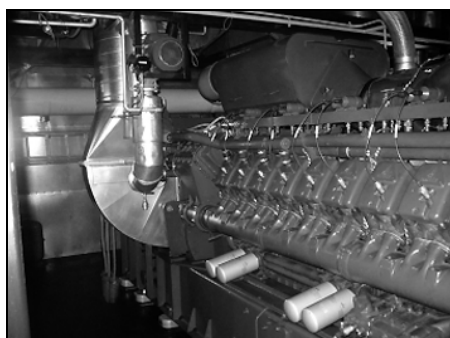
- paliwo — gaz o wydatku $17 \text{ m}^3/\text{min}$ z odmetanowania kopalni „Krupiński” o stężeniu metanu $50\pm 60\%$,
- moc elektryczna — 3,9 MW,
- moc cieplna — 4,2 MW.

Energia elektryczna i cieplna wytworzona w trakcie pracy silników gazowych wykorzystana jest przede wszystkim w:

- układzie elektro-energetycznym kopalni,
- sieci ciepłowniczej kopalni.

4.2. Skojarzony układ energetyczny w KWK „Budryk”

Trzy tłokowe silniki gazowe Deutz TBG 620V 20K wraz z generatorami prądu AVK DIG 130 o mocy 1 666 kW zostały zabudowane w KWK „Budryk” przez firmę ZPC „Żory” (rys. 15).



Rys. 15. Silniki gazowe w KWK „Budryk”

W skład takiego zespołu wchodzi [4]:

- silnik tłokowy,
- układ rozruchowy silnika,
- instalacja i urządzenia ścieżki gazowej,
- generator wraz z układem elektrycznym,
- instalacja i system wymienników ciepła,
- system automatycznego sterowania i monitoringu,
- układ odprowadzania spalin.

Dane techniczne są następujące [4]:

- paliwo — gaz z odmetanowania o wydatku 21 m³/min z odmetanowania Kopalni „Budryk” o stężeniu metanu 50÷60%,
- moc elektryczna — 4,998 MW,
- moc cieplna — 5,271 MW.

Energia elektryczna i cieplna wytworzona w trakcie pracy silników gazowych wykorzystana jest przede wszystkim w [2]:

- układzie elektro-energetycznym kopalni,
- sieci ciepłowniczej kopalni.
- zewnętrznej sieci ciepłowniczej.

4.3. Skojarzony układ energetyczno-chłodniczy w KWK „Pniówek”

Prognozy warunków klimatycznych dla KWK „Pniówek” wykazały, że w celu utrzymania temperatury powietrza na wylocie ze ścian poniżej dopuszczalnej 28°C, niezbędne jest chłodzenie powietrza wlotowego do ścian. Zaprojektowany został skojarzony układ energetyczno-chłodniczy oparty na silnikach gazowych i generatorach energii elektrycznej oraz chłodziarkach absorpcyjnych i sprężarkowych o mocy chłodniczej 5 MW. Instalacja centralnej klimatyzacji w kopalni „Pniówek” została uruchomiona w 2000 roku [8].

Silniki gazowe są zasilane metanem z odmetanowania kopalni a ciepło wytworzone w tym procesie jest wykorzystane do przemiany w chłodziarkach absorpcyjnych (rys. 16).



Rys. 16. Instalacja skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego w KWK „Pniówek”

Część wytworzona przez generator energii elektrycznej służy do zasilania sprężarek śrubowych. Pozostałą ilość energii elektrycznej i ciepła wykorzystuje się na potrzeby ruchowe kopalni [8].

Dane techniczne skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego w Kopalni „Pniówek” są następujące:

- dwa silniki gazowe typu TBG 632 V 16 firmy Deutz,
- paliwo — gaz z odmetanowania Kopalni „Pniówek” o wydatku ok. 50 m³/min i o stężeniu metanu 50÷60%,
- moc elektryczna — 6,4 MW,
- moc cieplna — 7,4 MW.
- dwie chłodziarki absorpcyjne — moc chłodnicza 4660 kW,
- dwie chłodziarki sprężarkowe — moc chłodnicza 1140 kW,
- moc chłodnicza — 5 MW.

5. Ocena możliwości wykorzystania metanu z odmetanowania pokładów węgla

Najbardziej efektywnymi ekonomicznie przedsięwzięciami zagospodarowania gazu z odmetanowania jest:

- sprzedaż gazu,
- spalanie gazu w palnikach gazowych w kotłach WR,
- spalanie gazu w palnikach w kotłach gazowych,
- wykorzystanie gazu w silnikach gazowych w procesie produkcji energii elektrycznej i ciepła,
- wykorzystanie gazu w silnikach gazowych w procesie produkcji energii elektrycznej, ciepła oraz chłodu dla celów klimatyzacji,
- wykorzystanie gazu w turbinach gazowych w procesie produkcji energii elektrycznej i ciepła,
- wykorzystanie gazu w turbinach gazowych w procesie produkcji energii elektrycznej, ciepła oraz chłodu dla celów klimatyzacji,
- oczyszczanie gazu niskometanowego z odmetanowania i sprzedaż gazu wysokometanowego.

Wybór technologii wykorzystania gazu z odmetanowania zależy od wielu czynników, a w szczególności od:

- stabilnej w czasie metanowości kopalni węgla kamiennego,
- możliwości sprzedaży gazu z odmetanowania,
- możliwości sprzedaży energii elektrycznej i ciepła;
- zaangażowania kapitałowego producenta węgla w proces odmetanowania kopalni i utylizacji metanu,
- pozyskania przez producentów węgla podmiotów gospodarczych zdolnych kapitałowo do realizacji inwestycji pozwalających na utylizację metanu z odmetanowania,
- pełnego zaangażowania się producentów w proces utylizacji metanu z pokładów węgla z uwagi na jego ważność ekonomiczną i ekologiczną.

TABELA 4

Podstawowe kierunki działań dla zwiększenia efektywności wykorzystania ujętego gazu z odmetanowania z kopalń

Kopalnia	Efekt wykorzystania CH ₄ w 2004 r.	Emisja CH ₄ ujętego odmetanowaniem do atmosfery w 2004 r.		Sposób zwiększenia gospodarczego wykorzystania metanu ujętego podziemnym odmetanowaniem
	%	m ³ /min	m ³ /rok	
„Brzeszcze”	100	0	0	budowa silników gazowych budowa urządzeń do spalania metanu z powietrza wentylacyjnego i odmetanowania
„Zofiówka”	99,1	0,33	422 300	budowa urządzeń do spalania metanu z powietrza wentylacyjnego i odmetanowania
„Jas-Mos”	95,3	0,89	442 600	
„Silesia”	95,0	0,37	179 663	
„Pniówek”	75,4	27,40	14 441 300	instalacja 3 silnika gazowego służącego do produkcji energii elektrycznej i ciepła
„Budryk” SA	71,0	5,80	3 081 839	zabudowa palników gazowych w kotłach węglowych dla produkcji ciepła w okresie zimowym
„Pokój”	66,8	1,76	928 934	instalacja silników gazowych
„Marcel”	66,8	1,23	650 367	przesyłanie metanu do Ciepłowni KWK „1-Maja” należącej do KW SA wtłaczanie metanu bezpośrednio do sieci gazu ziemnego np.za pomocą stacji przetłaczania firmy „Cetus” energetyka Gazowa sp. z o.o. Świerkłanach
„Halemba”	53,6	3,55	1 873 810	instalacja silników gazowych lub palników gazowych w kotłach węglowych
„Borynia”	49,3	2,33	1 231 854	zabudowa silnika gazowego
„Staszic”	46,9	6,69	3 249 183	zabudowa silników gazowych
„Wesoła”	45,4	12,78	6 735 820	zabudowa silników gazowych
„Krupiński”	41,4	36,07	19 011 600	w 2005 roku instalacja 2 silnika gazowego
„Bielszowice”	28,1	7,92	4 176 079	instalowanie palników gazowych w kotłach węglowych lub kotłów gazowych instalowanie silników gazowych
„Jankowice”	13,4	30,35	15 993 500	instalacja silników gazowych
„Rydułtowy-Anna”	0	24,1	12 700 404	budowa powierzchniowej stacji odmetanowania instalacja silników gazowych dla produkcji energii i ciepła dla ogrzewania i klimatyzacji centralnej
„Szczygłowie”	0	22	10 363 680	instalacja silników gazowych
„Sośnica”	0	9,2	4 215 116	po połączeniu z KWK „Makoszowy” w 2005 roku rozbudowa powierzchniowej stacji odmetanowania instalacja silników gazowych
„Śląsk”	0	5,01	2 507 743	budowa powierzchniowej stacji odmetanowania,
„Chwałowice”	0	4,19	2 210 933	budowa powierzchniowej stacji odmetanowania instalacja palników gazowych w kotłach węglowych instalacja silników gazowych
„Wujek”	0	2,03	1 066 968	budowa stacji odmetanowania Instalacja silników gazowych
„Makoszowy”	0	1,41	308 621	zagospodarowanie wspólne z KWK „Sośnica”
„1-Maja”	0	0,51	266 785	wykorzystanie metanu do produkcji ciepła w palnikach gazowych KW S.A Oddział Zakład Elektrociepłowni

Aby zwiększyć efektywność zagospodarowania gazu z odmetanowania, należy zapewnić stabilność składu mieszaniny metanowo-powietrznej wykorzystywanej w instalacjach energetycznych i ciepłych.

Stabilizacja parametrów ilościowo-jakościowych gazu z odmetanowania może być uzyskana w wyniku:

- prowadzenia kontroli i regulacji procesu odmetanowania pokładów węgla w kopalni,
- stosowania urządzeń stabilizacyjnych takich jak:
 - podziemne zbiorniki gazu z odmetanowania,
 - powierzchniowe zbiorniki gazu,
- doprowadzenia gazu wysoko metanowego z zewnętrznej sieci gazowniczej,
- usuwania gazów inertnych z mieszaniny metanowo-powietrznej.

W tabeli 4 (na wklejce) przedstawiono podstawowe kierunki, które powinny być przeanalizowane pod kątem możliwości zwiększenia gospodarczego wykorzystania gazu z odmetanowania z kopalń węgla kamiennego.

Przeprowadzona ocena możliwości gospodarczego wykorzystania metanu wskazuje kierunki rozwiązań techniczno-technologicznych, które muszą być analizowane indywidualnie dla każdej kopalni szczególnie pod kątem:

- wielkości zasobów metanu w czasie działalności kopalni i po jej zakończeniu;
- opłacalnej sprzedaży produkowanej energii elektrycznej i ciepła.

Jednym z poważnych problemów, które ograniczają efektywność wykorzystania metanu z kopalń węgla kamiennego jest:

- w kopalniach podziemnych magazynów gazu z odmetanowania niwelujących cykliczne zapotrzebowania przez sezon grzewczy, a także wahania w zakresie wielkości ujętego metanu odmetanowaniem w związku z zmianami metanowości ścian i innych rejonów w kopalni;
- technologii stabilizacji ilościowo-jakościowej mieszaniny gazów z odmetanowania umożliwiającej tworzenie w miarę jednorodnego i stabilnego w czasie paliwa dla urządzeń ciepłowniczych.

5. Wnioski

- 1) Analiza metanowości bezwzględnej, wentylacyjnej i odmetanowania polskich kopalń węgla w latach 1986–2004 wykazała, że od 2000 roku w 36 kopalniach metanowych nastąpił stopniowy wzrost metanowości bezwzględnej. W badanym okresie odmetanowanie prowadzone było w 23 kopalniach. Ujęcie metanu przez odmetanowanie wzrosło, ale gospodarcze wykorzystanie tego paliwa wciąż było niepełne i około 40% ujętego metanu odprowadzono do atmosfery.
- 2) W 2004 r. w 23 kopalniach węgla kamiennego stosowano technologię odmetanowania, która umożliwiła ująć 250,88 mln m³ gazu niskometanowego, przy czym największą ilość metanu ujęto w KWK „Pniówek” — 58,72 mln m³, KWK „Krupiński” — 32,43 mln m³ i KWK „Brzeszcze” — 27,01 mln m³.

- 3) W 2004 r. najefektywniej wykorzystano metan z odmetanowania z KWK „Brzeszcze” — 100%, KWK „Zofiówka” — 99,1%, KWK „Jas-Mos” — 95,3%, a nie wykorzystywano z KWK „Rydułtowy-Anna”, KWK „Sośnica”, KWK „Śląsk”, KWK „Szczygłowiec”, KWK „Makoszowy” i KWK „Wujek”.
- 4) Niski poziom gospodarczego wykorzystania metanu z pokładów węgla ujętego odmetanowaniem w kopalniach wynika głównie z:
- wykorzystywania gazu z odmetanowania jako paliwa w energetyce w tym głównie cieplnej, której praca jest uzależniona od potrzeb wynikających z warunków pogodowych (sezonowość klimatyczna);
 - wykorzystywania gazu z odmetanowania jako paliwa w układach wytwarzających energię cieplną i elektryczną dla urządzeń związanych z ruchem kopalń, których część jest wyłączana w dni wolne od pracy lub pracuje na niepełnych parametrach (cykliczność pracy);
 - braku wykorzystywania zbiorników (magazynów) metanu umożliwiających retencję gazu z odmetanowania w okresach ograniczonego zapotrzebowania na paliwo metanowe przez instalacje energetyczne;
 - niewielkiej liczby urządzeń energetycznych, w których możliwe byłoby wykorzystanie gazu z odmetanowania jako paliwa energetycznego;
 - braku synchronizacji procesów odmetanowania pokładów węgla z procesami energetycznymi, gdyż do tej pory odmetanowanie pokładów węgla traktowane było jako technologia zapewniająca przede wszystkim bezpieczeństwo wydobywania węgla;
 - trudności ekonomicznych kopalń węgla kamiennego w przeszłości i niedocenia- nia zysków z tego tytułu przez górnictwo węglowe;
 - niedostatecznego finansowego wsparcia procesu odmetanowania pokładów węgla i gospodarczego wykorzystania metanu zwłaszcza przez instytucje zajmujące się ochroną środowiska, np. NFOŚ, WFOŚ.
- 5) W związku z bardzo dużą wagą ekonomiczną i ekologiczną gospodarczego wykorzysta- nia metanu z odmetanowania pokładów węgla z polskich kopalń konieczne są w naj- bliższej perspektywie następujące działania:
- dalsza poprawa stopnia wykorzystania metanu ujętego przez odmetanowanie pokładów węgla (obecnie jeszcze około 42% metanu jest odprowadzane do atmo- sfery), jako paliwa dla:
 - kotłów węglowych z palnikami gazowymi,
 - kotłów gazowych,
 - silników gazowych dla wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej;
 - wdrożenie na skalę przemysłową instalacji i technologii do oczyszczania gazu z odmetanowania, będącego mieszaniną metanowo-powietrzną z powietrza, co pozwoli uzyskać paliwo o parametrach handlowych (ok. 96% CH₄) nadającej się do powszechnego stosowania w instalacjach gazowniczych;
 - ograniczenie emisji metanu z pokładów węgla podczas procesów wydobywania wę- gla do wyrobisk górniczych poprzez zintensyfikowane odmetanowanie, przy czym

warunkiem koniecznym jest stworzenie możliwości gospodarczego wykorzystania ujętego gazu niskometanowego, jako paliwa w instalacjach ciepłowniczo-energetycznych.

- 6) Energetyczne wykorzystanie metanu ujętego w procesie odmetanowania wyrobisk korytarzowych, eksploatacyjnych i zrobów niesie za sobą następujące korzyści [4]:
- zmniejszenie zużycia innych paliw pierwotnych w systemach energetycznych,
 - zmniejszenie szkodliwej emisji metanu do atmosfery,
 - zmniejszenie emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych z elektrowni oraz elektrociepłowni węglowych,
 - wykorzystanie infrastruktury likwidowanych kopalń,
 - zysk finansowy inwestora,
 - tworzenie nowych miejsc pracy.

LITERATURA

- [1] *Drzymala Z., Gniewek-Grzybczyk B.*: Energetyka ciepła i gazowa. Obsługa i eksploatacja urządzeń, instalacji i sieci. Kraków, 2001
- [2] *Gembalczyk J., Jaksza Z., Kowacki N., Tabaka A.*: Metan źródłem energii elektrycznej i ciepła na przykładzie KWK „Budryk”. Materiały Konferencyjne Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2005
- [3] *Kalina J., Skorek J.*: Energetyczne wykorzystanie metanu z pokładów węgla likwidowanych kopalń. Przegląd Górniczy, nr 7–8, 2003
- [4] Materiały udostępnione przez ZPC „Żory” sp. z o.o.
- [5] Materiały udostępnione przez JSW SA
- [6] *Skorek J.*: Ocena efektywności energetycznej i ekonomicznej gazowych układów kogeneracyjnych małej mocy. Gliwice, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2002
- [7] *Taut A.*: Sposób na metan. Zagospodarowanie metanu w Kopalni Węgla Kamiennego „Krupiński” w Suszczu. Środowisko, 21(309), 2005
- [8] *Tor A., Gatnar K.*: Ujęcie i gospodarcze wykorzystanie metanu pokładów węgla z obszaru górniczego Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A w skojarzonych układach energetyczno-chłodniczych. Proceedings of International Conference „Geothermal Energy in Underground Mines”. Ustroń. November 21–23, Poland 2001
- [9] *Recknagel H., Sprenger E., Hönneman W., Schramek E.*: Poradnik. Ogrzewnictwo i klimatyzacja. EWFE 1994
- [10] Raporty Roczne (1986–2004) o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. Katowice, GIG 1986–2004
- [11] <http://www.karbonia.pl>, 20.12.2005
- [12] <http://www.powersolution.pl/silniki/>, 20.12.2005