

*Eugeniusz Mokrzycki**

PERSPEKTYWY WYKORZYSTANIA WĘGLA KAMIENNEGO

1. Wprowadzenie

Rozwój technologiczny w ubiegłym wieku przyczynił się do poprawy warunków życia ludzi na Ziemi. Rozwój ten nieodłącznie związany był z popytem na energię. Świat zafascynowany był kolejno „erą naftową”, „erą atomową”, następnie „erą gazu” i obecnie „erą energii odnawialnej”, natomiast węgiel pozostawał w tle, spełniając istotną rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa dostaw i stabilizacji cen. Obecna sytuacja paliw i energii na rynkach światowych, uwidacznia słabość światowego zaopatrzenia w energię i groźbę przerwania ciągłości dostaw energii. Węgiel właśnie może być decydującym ogniwem stabilizującym bezpieczeństwo energetyczne.

Obecnie sytuacja zasobowa paliw pierwotnych kształtuje się następująco. Około 62% zasobów ropy naftowej znajduje się na Bliskim Wschodzie (dane za 2005 rok: Arabia Saudyjska — 22%, Irak — ponad 9,6%, Kuwejt — ponad 8,5%, Zjednoczone Emiraty Arabskie — 8,1%, Iran — ponad 11,5%), również ponad 34% zasobów gazu ziemnego znajduje się w tamtym regionie. Zasoby węgla w przeciwieństwie do zasobów węglowodorów ciekłych i gazowych są równomiernie rozłożone w różnych regionach geograficznych świata (w około 75 krajach). Największe zasoby węgla występują w następujących krajach: USA, Rosja, Chiny, Australia, Indie i Niemcy.

Obecnie węgiel jest paliwem najtańszym i ze względu na olbrzymie zasoby może dominować w najbliższych latach [4–7, 10, 11, 18, 35, 36, 38].

2. Węgiel w zrównoważonym światowym rozwoju energetycznym

Obecnie dostępność do energii ograniczona jest zamożnością danego kraju, także sytuacją polityczną świata oraz negatywnym wpływem energetyki na środowisko przyrodnicze. Istotnym więc problemem jest stała dążność do zwiększenia efektywności wykorzystania

* Wydział Paliw i Energii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

energii. Efektywność energetyczna jest określana produktywnością energii oraz energochłonnością Produktu Krajowego Brutto. Wskaźniki te odnoszą się do relacji PKB do całkowitego zużycia energii pierwotnej. O efektywności energetycznej decydują czynniki: struktura pierwotnych nośników energii, efektywność wytwarzania z nich energii końcowej i jej przesył, struktura gospodarki, nowoczesność technologii, materiałochłonność produkcji, efektywność organizacji produkcji, nawyki i zachowania społeczeństwa w zakresie oszczędności energii itp. [30].

Zwiększenie produktywności energii z równoczesnym ograniczeniem energochłonności Produktu Krajowego Brutto ma istotne znaczenie dla:

- problemu zanieczyszczenia środowiska, a zwłaszcza emisji gazów i pyłu do atmosfery, która ma wpływ na ocieplenie klimatu;
- problemu zachowania zasobów surowców energetycznych dla przyszłych pokoleń, a więc zagadnień wynikających z filozofii zrównoważonego rozwoju.

Zrównoważony rozwój energetyczny jest oceniany według następujących kryteriów [49, 50]:

- ciągłej dostępności technicznej energii o określonej ilości i odpowiednich parametrach jakościowych dostosowanych do wymagań odbiorców;
- wzrastającej dostępności ekonomicznej, a więc umożliwiającej osiągnięcie rentowności co sprzyja dalszemu rozwojowi;
- akceptowalności energii zgodnie z wymaganiami społeczeństwa.

Węgiel spełnia te wymagania. Jak już wspomniano, zasoby węgla są ogromne, pomimo ich dużego wykorzystania, możliwości dalszego ich wykorzystania są bardzo duże [5]. Ze względu na znaczną dywersyfikację zasobów węgla w różnych regionach i krajach świata jest on dostępny dla większej liczby ludzi. Należy mieć świadomość tego, że na początku XXI wieku 2 mld ludzi nie ma dostępu do komercyjnych źródeł energii, a następne 2 mld ma dostęp do źródeł energii ograniczony i zbyt kosztowny [13, 50].

Górnictwo węglowe zajmuje pierwsze miejsce w światowym górnictwie pod względem wielkości produkcji i zatrudnienia oraz odbioru maszyn i urządzeń górniczych.

Tak więc górnictwo węglowe stanowi [6]:

- 70% (4,3 mld ton) światowego wydobycia surowców kopalnych (2000 r. — światowe wydobycie surowców mineralnych stanowiło 6,3 mld ton);
- 9% (18 mld USD) wartości eksportu wszystkich kopalni i surowców mineralnych (2003 r. — wartość globalnego eksportu surowców mineralnych wynosiła 194 mld USD);
- 50% zatrudnionych górników (2003 r. — 5÷6 mln osób zatrudnionych była w górnictwie węglowym);
- ponad 71% wypadków (10 tys. osób), (łącznie wypadków 14 tys.);
- 53% obrotów na rynku maszyn i urządzeń górniczych (6,1 mld USD), (łącznie obroty wynoszą 12 mld USD);
- 12% (około 50 mld USD) stanowi kapitalizacja rynkowa spółek węglowych (430 mld USD światowe górnictwo).

2.1. Dostępność techniczna węgla

W literaturze spotyka się wiele długoterminowych prognoz dotyczących światowego popytu na węgiel. Wymienić tutaj należy prognozy opracowane przez specjalistyczne instytucje i agendy energetyczne:

- Międzynarodowa Agencja Energii (International Energy Agency) [13] przyjmuje w swoim scenariuszu referencyjnym wzrost popytu na węgiel: 2000 r. — 3,4 mld tpu, 2020 r. — 4,5 mld tpu i 2030 r. — 5,2 mld tpu;
- Generalna Dyrekcja ds. Badań Komisji Europejskiej (Directoriate Genral for Research of the European Commission EC — WETO) przewiduje wzrost popytu na węgiel: 2020 r. — 5,6 mld tpu i 2030 r. — 6,8 mld tpu; w przypadku polityki ograniczeń węgla, popyt na węgiel w 2010 roku osiągnie poziom 3,7 mld tpu i 3,9 mld tpu w 2030 roku;
- Światowa Rada Energetyczna (World Energy Council) i Międzynarodowy Instytut Stosowanej Analizy Systemowej (International Institute for Applied Systems Analysis) — WEC/IIASAC przewidują ciągły wzrost popytu na węgiel do poziomu 11 mld tpu pod koniec wieku; w przypadku polityki ograniczeń węgla, popyt na węgiel może spaść do poziomu 2,9 mld tpu w 2030 roku i 1,4 mld tpu w 2100 roku.

O wielkości popytu na węgiel decydują elektrownie, które w 2030 r. zużywać będą około 79% dostaw węgla, w porównaniu do 66% w 2000 roku.

Produkcja węgla będzie wzrastać w następujących krajach: Chiny, USA, Republika Południowej Afryki, Australia, Kanada, Kolumbia, Indonezja. Natomiast produkcja węgla w krajach europejskich będzie zmniejszać się. Powodem tego są zbyt wysokie koszty pozyskania tego surowca z kopalń głębinowych. Trzeba zdać sobie sprawę, że popyt i podaż węgla będą stale się zmieniać i przesunąć w kierunku od państw uprzemysłowionych do państw rozwijających się (przejście przez fazę industrializacji). Tendencje te będą się nasilać w warunkach ograniczenia wykorzystania węgla. Tak więc przemysł węglowy, będzie charakteryzował się coraz bardziej globalnym charakterem [4–6, 10, 15, 38].

Zasoby operatywne węgla są olbrzymie i wynoszą 970 mld ton, co przy obecnym poziomie jego wydobycia wskaźnik szczypania wynosi 460 lat. Trzeba pamiętać, że ocena wielkości i struktury zasobów węgla kamiennego zależy od przyjętych kryteriów, które zależne są od stanu i postępu nauki, techniki, technologii, jak również od zapotrzebowania na ten nośnik (popyt, podaż, substytucja). Wszystkie te czynniki są powodem dużej dynamiki zasobów.

Konkurencja międzynarodowa, jak również wzrastająca świadomość ekologiczna przyczyniły się do znacznego postępu w górnictwie węglowym. Wdrożono liczne innowacje w zakresie planowania szkoleń, łączności bezprzewodowej itp. Nie oczekuje się znaczącego przełomu w tym zakresie. Przewiduje się natomiast, że w nieodległej przyszłości zostanie wprowadzone sterowanie komputerowe całymi, złożonymi systemami górniczymi.

2.2. Dostępność ekonomiczna energii

Międzynarodowa Agencja Energetyczna [13] oraz Unia Europejska [52] przewidują, że światowy poziom PKB na mieszkańca będzie przyrastać o około 2% rocznie do 2030 r.

Jeżeli wzrost dochodów ludności będzie wyższy od wzrostu cen energii, to należy się spodziewać, że 2 mld osób w 2030 r. może skorzystać z energii elektrycznej (a tym samym z węgla). Niemniej jednak trzeba mieć świadomość, że w 2030 r. 1 mld osób będzie żyć w warunkach ubóstwa energetycznego [13, 52].

Obecnie średnia światowa sprawność wytwarzania energii elektrycznej z węgla w elektrowniach wynosi około 32%, wobec maksymalnego poziomu 42÷45%.

Zaawansowane czyste technologie umożliwiają osiągnięcie sprawności w granicach 50÷55% [1]. Szacuje się, że do 2030 roku ponad 72% elektrowni opalanych węglem na świecie będzie korzystało z zaawansowanych technologii o sprawności 49÷50%. Technologie te zastąpią technologię bloku gazowo-parowego ze zintegrowanym zgazowaniem węgla do 4500 h/rok [52].

Obecnie sprawność przepływowego spalania pyłu węglowego w dużych jednostkach wynosi 45%, z możliwością wzrostu do 48%. Technologia ta utrzyma się do 2020 roku. W przypadku węgla brunatnego, spalanie pyłu pozwala uzyskać sprawność rzędu 43%, a docelowo nawet 50% przy wprowadzeniu wstępnego suszenia.

Spalanie fluidyzacyjne jest stosowane bardziej do mniejszych jednostek spalających węgiel o dużej zawartości popiołu. Sprawność wynosi około 40%, z możliwością zwiększenia do 44%.

Typowa elektrownia ciepłota na węgiel kamienny o sprawności wytwarzania 35% emituje 943 g CO₂ na 1 kW h wytworzonej energii elektrycznej. Natomiast wprowadzenie nowoczesnego, zaawansowanego bloku na parametry nadkrytyczne (ASC — *Advanced Supercritical*) o sprawności rzędu 46% powoduje emisję 720g CO₂/kW h, a więc redukcję emisji o 23,6% w stosunku do bloku o sprawności 35% [37].

Wydobycie węgla kamiennego jest mniej kapitałochłonne niż wydobycie ropy naftowej, czy gazu ziemnego. Wydobycie 1 tony węgla w przeliczeniu na toe wynosi około 5 USD, ropy naftowej — 22 USD, natomiast gazu ziemnego aż 25 USD [6].

Szacunki IEA [14] podają, że łączna wartość inwestycji w górnictwo węglowe, urządzenia portowe i transportowe w latach 2001–2030 wyniesie około 398 mld USD, a więc około 13 mld USD rocznie, natomiast w samo górnictwo — 351 mld USD. Nakłady te umożliwiłyby wzrost światowej produkcji węgla z 4595 mln ton w 2000 roku do 6954 mln ton w 2030 roku (scenariusz odniesienia).

Uwzględniając inwestycje w elektrownie węglowe, łączna wartość inwestycji w wydobywanie, transport i spalanie do roku 2030 wzrośnie do 1,9 bln USD, co stanowi 12% wszystkich inwestycji wymaganych przez światowy sektor energetyczny [52].

2.3. Akceptowalność energii

W ostatnim okresie w kompleksie paliwowo-energetycznym coraz częściej większe znaczenie mają technologie czystego węgla [35].

Pod pojęciem „technologie czystego węgla” należy rozumieć procesy i technologie prowadzące do zmniejszenia negatywnego wpływu węgla na etapach:

1. przed spalaniem (procesy wzbogacania węgla);

2. w trakcie spalania (nowoczesne wzbogacania efektywne technologie spalania: spalanie pyłu węglowego, spalanie w złożu fluidalnym, spalanie w cyklu kombinowanym ze zgazowaniem, technologie nadkrytyczne i ultranadkrytyczne);
3. po spalaniu (technologie redukcji emisji: odpylanie, odsiarczanie, ograniczenie emisji CO₂).

Wyższa czystość węgla oraz czystsze technologie spalania paliw kopalnych wydają się być uzasadnionymi ekonomicznie rozwiązaniami dla świata, gdyż oferują rozwiązanie istotnych problemów:

- ograniczenie emisji gazów cieplarnianych,
- zapewnienie globalnej dostępności energii.

Rozwiązanie tych problemów związane będzie jednak z koniecznością zmniejszenia kosztów dotyczących nowych technologii w celu sprostania konkurencji rynkowej. Silna konkurencja spowodowała dominację kontraktów krótkoterminowych na niekorzyść kontraktów długoterminowych. Trzeba jednak pamiętać, że zamiana paliw kopalnych na inne alternatywne źródła energii wymagać będzie wprowadzenia co dekadę znaczącego wzrostu cen, który bezsprzecznie wpłynie na spowolnienie światowej gospodarki [51].

Zaawansowane technologie pozwalają na ograniczenie emisji dwutlenku węgla. W tym zakresie przemysł węglowy i elektroenergetyczny opracowują technologie wychwytywania i usuwania CO₂.

Obecnie prowadzone są badania w tym zakresie:

- ZECA (Zero Emission Coal to Hydrogen Alliance) — Sojusz na rzecz zerowej emisji węgla na wodór;
- amerykańskie prognozy: VISION 2.1, FutureGen;
- Carbon Sequestration Leadership Forum — Forum, w którym uczestniczy 13 państw oraz kraje Unii Europejskiej,
- IEA Clean Coal Centre — Centrum Czystego Węgla Międzynarodowej Agencji Energii.

W celu likwidacji różnic pomiędzy obecnym i powszechnym postrzeganiem węgla, a jego przydatnością i potencjałem na przyszłość, górnictwo węglowe powinno [6]:

- stosować dobre zasady ładu korporacyjnego i wykorzystywać nowoczesne narzędzia zarządcze,
- stosować najlepsze praktyki w dziedzinie bezpieczeństwa pracy w górnictwie,
- wymagać od kopalń certyfikatów ISO 9001 (zarządzanie) oraz 14001 (środowisko),
- przyczynić się do transferu zaawansowanych technologii z zakresu górnictwa i spalania węgla do krajów rozwijających się,
- wspierać działania mające na celu ułatwienie wykorzystania węgla przez społeczeństwo pozbawione dostępu do nowoczesnej techniki,
- współpracować z instytucjami naukowymi i badawczymi w zakresie technologii i spalania następnej generacji.

Węgiel oprócz energetyki zaczyna wkraczać również na inne obszary (rynk):

- proces gazyfikacji podziemnej (Chiny, Australia, Wlk. Brytania, Słowenia, USA);
- upłynnianie węgla:
 - zakład w Majiata w Mongolii Wewnętrznej (Chiny),
 - zakład pilotowy w Gilberton; węgiel — na — energię — i — czyste — paliwo (*coal – to – power – and – clean – fuel*) (USA);
 - stan Victoria w Australi — list intencyjny w sprawie budowy dużego zakładu.

Przewiduje się, że do 2050 r. paliwa syntetyczne uzyskane z węgla mogą pokryć około 14% światowego popytu paliwa w transporcie. Wymagać to jednak będzie integracji przedsiębiorstw funkcjonujących oddzielnie w sektorach górnictwa i energetyki z globalnymi koncernami naftowymi, węglowymi i gazu ziemnego.

3. Energetyczne wykorzystanie węgla

Energetyczne wykorzystanie węgla można ująć w dwa główne kierunki, które obecnie rozwijają się niezależnie, a więc [41]:

1. zaawansowane spalanie, stosowane przede wszystkim w energetyce zawodowej w formie technologii pyłowych i fluidalnych, realizowane pod ciśnieniem atmosferycznym lub wyższym;
2. zgazowanie, zwłaszcza zintegrowane układy gazowo-parowe (IGCC — *Integrated Gasification Combined Cycle*) umożliwiające ukierunkowanie produkcji na energię elektryczną i chemiczną (metanol, wodór, paliwa silnikowe).

W tabeli 1 przedstawiono porównanie układów spalania węgla w kotłach pyłowych [32, 41]. Uwzględniono trzy warianty technologii:

- 1) najbardziej rozpowszechnioną technologię spalania z odsiarczaniem spalin i palnikami o niskiej emisji tlenków azotu;
- 2) technologie posiadającą dodatkowo wprowadzony moduł usuwania CO₂ metodą aminową;
- 3) technologię, w której zamiast powietrza do spalania stosuje tlen, recykulowane są spaliny i usuwany dwutlenek węgla.

W tabeli 2 przedstawiono porównanie różnych układów zgazowania węgla [35, 41]. Przyjęto założenia:

- zgazowaniu poddawany jest węgiel o wartości opałowej 22 GJ/Mg;
- oczyszczanie gazu procesowego przeprowadzane jest na zimno (po ochłodzeniu), jak i na gorąco;
- wydzielany gaz CO₂ sprężany jest do stanu ciekłego.

TABELA 1

Porównawcze zestawienie technologii spalania węgla

Charakterystyka układu	Spalanie węgla w kotłach pyłowych przy parametrach podkrytycznych pary		
	spalanie węgla + turbina parowa	spalanie węgla + turbina parowa + usuwanie CO ₂	tlenowe spalanie węgla + turbina parowa + usuwanie CO ₂
Moc netto, MW _e	396,8	283	298,4
Sprawność netto, %	38,86	27,72	30,5
Koszty inwestycyjne, USD/kW _e	1268	2373	2259
Koszty energii elektrycznej, USD/MW·h	42,3	76,6	68,8
Emisja NO _x , kg/MW·h	2,04	2,87	0,102
Emisja SO ₂ , kg/MW·h	1,56	2,08	1,49
Produkcja CO ₂ , kg/MW·h:			
— emisja do atmosfery	918	64	
— usunięcie		1244	1166
Koncentracja CO ₂ , % mol	13,6	99,7	86,6

Źródło: [41]

TABELA 2

Porównawcze zestawienie układów zgazowania węgla

Charakterystyka układu	Zintegrowany układ gazowo parowy ze zgazowaniem węgla		
	zgazowanie węgla + „zimne” oczyszczanie gazu	usuwanie węgla + „gorące” oczyszczanie gazu	zgazowanie węgla + „zimne” oczyszczanie gazu + usuwanie CO ₂
Moc netto, MW _e	400,6	400,4	358,6
Sprawność netto, %	46,7	49,4	40,1
Koszty inwestycyjne, USD/kW _e	1374	1354	1897
Koszty energii elektrycznej, USD/MW·h	40,9	39,1	54,4
Emisja NO _x , kg/MW·h	0,165	0,165	1,185
Emisja SO ₂ , kg/MW·h	0,342	0,04	0,113
Produkcja CO ₂ , kg/MW·h:			
— emisja do atmosfery	1517	1431	231
— usunięcie			1536

Źródło: [41]

Trzeba mieć świadomość, że w prognozach dotyczących przyszłości sektora paliwo-energetycznego coraz częściej uwzględniane jest zastosowanie wodoru jako „paliwa przyszłości”. Wprowadzenie nowych technologii użytkowania, magazynowania i dystrybucji wodoru jako paliwa wymaga wielu lat. Tak więc rozwój produkcji energii z wodoru nie eliminuje użytkowanie węgla, również przez wiele lat. Zwłaszcza, że dobrze znane elementy produkcji wodoru z węgla, to nowoczesny proces produkcji energii elektrycznej IGCC (*Integrated Gasification Combined Cycle*). W wyniku tego procesu ze zgazowania węgla otrzymuje się gaz procesowy, z którego wytwarzany jest gaz syntezowy będący półproduktem dla:

- silnikowych paliw płynnych oraz surowców dla przemysłu chemicznego w oparciu o metodę Fischera–Tropscha;
- metanolu oraz wodoru do syntezy chemicznej, jak również w przyszłości dla ogniw paliwowych.

Produkcja energii elektrycznej z paliw kopalnych przyczynia się do wzrostu emisji dwutlenku węgla. Konieczne zatem jest wydzielenie CO₂ ze spalin oraz jego deponowanie pod ziemią [25–29, 42, 43, 47, 48].

4. Unia Europejska a węgiel kamienny

Europa jest regionem importującym węgiel. W 2004 roku produkcja wyniosła 557,1 mln tpu, a zużycie — 726,4 mln tpu. Tak więc wskaźnik pokrycia produkcją wynosił 0,77, a więc 23% zużytego węgla było importowane spoza Europy. Do Europy importowano 270,2 mln ton węgla, w tym UE 15÷207 mln ton, a kraje które wstąpiły do UE w 2004 r. (UE 10) — 11,6 mln ton [10]. Węgiel był importowany do Europy od wszystkich znaczących eksporterów (RPA, Australia, Indonezja, Rosja, Wenezuela, Kolumbia).

W krajach Unii Europejskiej wykorzystywane są wszystkie dostępne rodzaje źródeł energii dla wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. Dobór paliw pierwotnych w krajach członkowskich UE uzależniony jest przede wszystkim od dostępu do zasobów o znaczeniu lokalnym lub narodowym: węgla, ropy naftowej, gazu ziemnego, biomasy.

Polska jako członek OECD — Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (Organisation for Economic Cooperation and Development) swoją politykę energetyczną powinna harmonizować z krajami UE. Polityka energetyczna Unii Europejskiej i akty prawne dotyczące sektora paliwo-energetycznego mają na celu realizację filozofii zgodnej z zasadami zrównoważonego rozwoju, a więc rozwój: technologii wykorzystujących odnawialne źródła energii, skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła.

Do realizacji tych celów służą akty prawne Unii Europejskiej [22]:

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 96/92/WE, tzw. Dyrektywa IEM (*Internal Electricity Market*) dotycząca jednolitych zasad wewnętrznego rynku energii elektrycznej;
- Dyrektywa Rady 93/76/EWG i decyzja Rady 96/737/WE dotycząca ograniczenia emisji dwutlenku węgla oraz poprawy efektywności energetycznej;

- Dyrektywa Parlamentu i Rady 2001/80/WE, tzw. Dyrektywa LCP (*Large Combustion Power*) dotycząca ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dużych obiektów energetycznych spalania paliw;
- Dyrektywa Parlamentu i Rady 2001/81/WE, tzw. Dyrektywa NEC (*National Emission Ceilings*) dotycząca krajowych pułapów emisji dla niektórych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego;
- Dyrektywa Rady 97/11/WE dotycząca oceny skutków niektórych publicznych i prywatnych przedsięwzięć dla środowiska;
- Dyrektywa Rady 96/61/WE, tzw. Dyrektywa IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*) dotycząca ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dużych obiektów energetycznego spalania paliw;
- Dyrektywa 2003/87/EC ustanawiająca system handlu zbywalnymi uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych.

Zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, jak również Dyrektywy IPPC wszystkie działania powinny wynikać z najlepszych osiągalnych technik BAT (*Best Available Techniques*). Czołowe miejsce w obszarze BAT zajmują technologie efektywnego użytkowania energii i stosowane w wielkich obiektach energetycznego spalania. W tabeli 3 podano przykład uregulowań dotyczących wielkości sprawności dla określonych rodzajów paliwa i stosowanych technik ich wykorzystania [24].

TABELA 3
Sprawność cieplna przy stosowaniu BAT dla bloków opalanych węglem kamiennym i węglem brunatnym

Rodzaj paliwa	Technika	Sprawność cieplna, %	
		obiekty nowe	obiekty istniejące
Węgiel kamienny i brunatny	skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej (CHP)	75÷90	75÷90
Węgiel kamienny	palniki pyłowe	43÷47	osiągalne polepszenie sprawności zależy od specyfiki bloku, lecz jako odniesienie można przyjąć, że zastosowanie BAT w istniejących obiektach umożliwia osiągnięcie wartości 36÷40% lub przyrostu sprawności powyżej 3%
	spalanie fluidalne	> 41	
	spalanie fluidalne (złoże ciśnieniowe)	< 42	
Węgiel brunatny	palniki pyłowe	42÷45	
	spalanie fluidalne	40	
	spalanie fluidalne (złoże ciśnieniowe)	> 42	

Źródło: [24]

Bieżąca i przyszła sytuacja energetyczna krajów Regionu Europy Środkowej i Wschodniej jest złożona i bardzo zróżnicowana w poszczególnych krajach.

W perspektywie do 2030 roku w Regionie Centralnej i Wschodniej Europy przewiduje się dalsze kontynuowanie reformy górnictwa węgla kamiennego i ograniczenia wydobycia w scenariuszu niskim o około 18%, a w scenariuszu bazowym o około 5%. Dalsze ograniczenie wydobycia węgla kamiennego może mieć miejsce w przypadku realizacji programu budowy elektrowni jądrowych [39].

W perspektywie do 2030 zamierza się utrzymać wydobycie węgla (węgiel kamienny + węgiel brunatny) na poziomie zbliżonym do obecnego.

Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej stworzyło nową sytuację w krajowym górnictwie węgla kamiennego. Polski węgiel stał się węglem unijnym. Produkcja energii w UE jest w znaczącym stopniu uzależniona od paliw pierwotnych, w tym od węgla. Nie do końca jest klarowne pojęcie bezpieczeństwa energetycznego Unii Europejskiej [3, 17].

Prognoza krajowego zapotrzebowania na energię do 2025 roku jest sporządzona w czterech wariantach [33]:

- 1) Traktowym,
- 2) Podstawowym węglowym,
- 3) Podstawowym gazowym,
- 4) Efektywnościowym.

W każdym wariancie prognozowana jest zmiana struktury krajowego zużycia energii na korzyść węglowodorów ciekłych i gazowych.

W wariantach Podstawowym, Gazowym i Efektywnościowym gaz pokrywa większość przyrostu zużycia paliw do produkcji energii elektrycznej, a zużycie węgla utrzymane jest na obecnym poziomie. Natomiast w wariancie Podstawowym węglowym, wzrasta znacząco zużycie węgla kamiennego do produkcji energii elektrycznej, a przyrost gazu jest mniejszy.

5. Przeróbka węgla kamiennego w Polsce

5.1. Kompania Węglowa S.A.

W skład Kompanii Węglowej S.A., która powstała 1 lutego 2003 roku, wchodziły 23 kopalnie z byłych spółek węglowych: Bytomskiej, Rudzkiej, Gliwickiej, Nadwiślańskiej i Rybnickiej. Obecnie w skład Kompanii Węglowej wchodzi kopalnie (stan na 26.04.2006 r.): ZG Piekary, Bielszowice, Polska-Wirek, Bolesław Śmiały, Szczygłowice, Piast, Rydułtowy-Anna, Chwałowice, Sośnica-Makoszowy, Bobrek-Centrum, Halemba, Pokój, Knurów, Brzeszcze-Silesia, Ziemowit, Marcel, Jankowice oraz Zakłady: Remontowo-Produkcyjny, Zagospodarowania Mienia, Elektrociepłowni, Górniczych Robót Inwestycyjnych, Informatyki i Telekomunikacji.

Łączna powierzchnia obszarów górniczych kopalń wynosi ponad 810 km². Zasoby bilansowe wynoszą ponad 10,122 mld ton (63% całości górnictwa), przemysłowe — 4,599 mld ton (64,8%) a operatywne — 3,061 mld ton (64,3%). W zasobach kopalń Kompanii Węglowej występują węgle energetyczne (31÷33), gazowo-koksowe (typu 34), węgiel koksowy (typu 35) i węgiel semikoksowy (typu 37).

Udział poszczególnych typów węgla w zasobach operatywnych (stan na 31.12. 2003 r.) kształtuje się następująco [31]:

- typy 31÷33 — 1,943 mld ton (65,1% całości),
- typ 34 — 0,878 mld ton (75,2%),
- typ 35 — 0,236 mld ton (43,9%),
- typy 36÷38 — 4,4 mln ton (6,4%),
- razem — 3,062 mld ton (64,3%).

Kompania Węglowa posiada na poziomach czynnych 520,3 mld ton węgla, o zawartości siarki poniżej 0,6%, co stanowi 38,2% zasobów operatywnych. W 2010 roku Kompania będzie produkowała około 6 mln ton węgla o zawartości 0,6% [17].

Kompania Węglowa S.A. jest obecnie największym koncernem węglowym w Europie produkującym 55÷60 mln ton węgla handlowego rocznie, w tym około 4 mln ton węgla koksowego.

Produkcja węgla kamiennego w 2004 r. w KW S.A. wynosiła 53,8 mln ton, w tym węgiel energetyczny stanowił 49,6 mln ton, a węgiel koksowy — 4,2 mln ton.

W 2003 r. Kompania dysponowała 23 kopalniami, które posiadały 25 zakładów przerobczych, w których funkcjonowało 27 systemów produkcyjnych (kopalnia Piast, ZG Piaskary posiadają po 2 systemy).

W tych zakładach przerobczych znajduje się [31]:

- 25 ciągów technologicznych do wzbogacania węgla w klasie ziarnowej +20 (10) mm;
- 17 ciągów technologicznych do wzbogacania mialowych klas ziarnowych węgla 20 (10,8,6,3) ÷ 0,5 mm;
- 7 ciągów technologicznych wzbogacania flotacyjnego (klasa ziarnowa 0,5 (0,75) ÷ 0 mm.

W związku z tym, że Kompania Węglowa eksploatuje kilka typów węgla, technologia wzbogacania węgla jest zróżnicowana.

Typowy model technologiczny wzbogacania węgla w kopalniach węgla Kompanii Węglowej S.A. obejmuje:

- wzbogacanie węgla +20 (10,8) w separatorach z cieczą zawieszinową,
- wzbogacanie części węgla 20 (10,8) — 0,5 mm w osadzarkach wodnych,
- flotację mułów w przypadku wzbogacania węgla koksowego.

Wszystkie zakłady przerobcze posiadają zamknięte obiegi wodno-mułowe. Wyposażenie maszynowe poszczególnych zakładów przerobczych jest różne, gdyż jest to uzależnione od okresu ich budowy i modernizacji. Generalnie, należy stwierdzić, że większość zakładów przerobczych reprezentuje średni poziom techniczny i technologiczny.

Jakość węgla handlowego z kopalń Kompanii Węglowej S.A. jest bardzo zróżnicowana i zależy zarówno od typu węgla i jego właściwości, jak również od efektywności procesów wzbogacania.

5.2. Katowicki Holding Węglowy S.A.

Katowicki Holding Węglowy powstał w 1983 r. w wyniku połączenia 11 kopalń będących jednoosobowymi spółkami Skarbu Państwa. Obecnie w skład Holdingu wchodzi sześć kopalń: Murcki, Mysłowice, Wesola, Wieczorek, Wujek-Śląsk, Staszic oraz wchodząca w skład Katowickiej Grupy Kapitałowej S.A. — kopalnia Kazimierz-Juliusz. Możliwości produkcyjne Holdingu wynoszą około 17,5 mln ton netto na rok (około 21 mln Mg/r brutto) i jest on drugim krajowym producentem węgla energetycznego.

Udziały procentowe poszczególnych grup pokładów w wydobywaniu (netto) Katowickiej Grupy Kapitałowej w 2004 roku kształtowały się następująco [21]:

- pokłady grupy 300 — 22,7%,
- pokłady grupy 400 — 12,4%,
- pokłady grupy 500 — 60,6%,
- pokłady grupy 600 — 43%.

Zasoby węgla w Katowickim Holdingu Węglowym kształtują się następująco [23]:

- zasoby bilansowe — 2534 mln ton,
- zasoby przemysłowe — 1051 mln ton,
- zasoby operatywne przewidywane do wydobywania — 709 mln ton,
- zasoby operatywne udostępnione — 337,2 mln ton.

W zasobach operacyjnych węgla o zawartości siarki poniżej 0,6% wynosi 69,2%, co stanowi 491 mln ton. Węgiel ten jest bardzo chętnie poszukiwany przez elektroenergetykę zawodową i przez ciepłownię, których nie stać na zabudowanie instalacji odsiarczania spalin.

Kopalnie Holdingu posiadają zakłady wzbogacania węgla. Zakłady te, oprócz kopalni Wesola, posiadają układ dwusystemowy z pełnym wzbogacaniem sortymentów grubych i średnich we wzbogacalnikach DISA z cieczą ciężką.

Trzy zakłady przeróbcze (kopalnie: Murcki, Mysłowice, Staszic) posiadają sekcje wzbogacania sortymentów miałowych. Zakład przeróbczy kopalni Murcki posiada również selekcję wzbogacania mułów węglowych.

Katowicki Węgiel sp. z o.o. — holdingowa spółka — eksploatuje dwa zakłady przeróbcze występujące przy zlikwidowanych kopalniach Juliusz i Kleofas.

Zakład przeróbczy przy kopalni Juliusz produkuje paliwo węglowe do niskoemisyjnych kotłów z paleniskami retortowymi — EKORET, jak również mieszanki energetyczne charakteryzujące się odpowiednimi parametrami i przeznaczone dla wybranych odbiorców [21].

Zakład przeróbczy zlikwidowanej kopalni Kleofas oprócz wzbogacania sortymentów średnich i miałowych również przygotowuje paliwo niskoemisyjne, podobnie jak zakład przeróbczy kopalni Juliusz.

Katowicki Holding Węglowy S.A. opracował *Program ekologii i ochrony środowiska na lata 2004–2010*. Dla usunięcia lub ograniczenia uciążliwości związanych z działalnością górniczą, Holding prowadzi działalność inwestycyjną mającą na celu: ochronę wód powierzchniowych, gospodarkę odpadami górnictwem, ograniczenie emisji pyłów i gazów do atmosfery, ochronę przed hałasem, rekultywacją terenów zdegradowanych [9].

5.3. Jastrzębska Spółka Węglowa S.A.

Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. powstała w 1993 r. i grupuje następujące kopalnie: Borynia, Jas-Mos, Krupiński, Pniówek, Zofiówka. W skład Spółki wchodzi również Zakład Logistyki Materiałowej. Łączny obszar górniczy kopalń Spółki wynosi 122 km². Zasoby operatywne szacowane są na poziomie około 250 mln ton (stan na 31.12. 2003 r.) [19]. Udział procentowy poszczególnych typów węgla w zasobach operatywnych Spółki kształtuje się następująco: typy 32 i 33 — 6,8%, typ 34.1 — 2,2%, typ 34.2 — 6,4%, typ 35.1 — 23,1%, typ 35.2A — 37,4%, typ 35.2B — 19,8%, typy 36 i 37 — 4,3%.

W 2004 roku kopalnie JSW S.A. wydobyły 13 738,7 tys. ton węgla, w tym około 83% (11,4 mln ton) stanowił węgiel koksujący (typu 34 i 35), a pozostałe 17% (około 1,79 mln ton) węgiel energetyczny, produkowany przede wszystkim przez kopalnię Krupiński. JSW S.A. posiada zdolności produkcyjne wynoszące około 54 tys Mg/dobę i jest największym producentem węgla koksowego, w tym węgla ortokoksowego typu 35 (około 42 tys. Mg/dobę). Zdolności produkcyjne węgla typu 35 w 2004 roku wynosiły około 10,7 mln ton. Wielkość ta utrzyma się na tym poziomie do 2010 roku [16].

Z 11,4 mln ton węgla koksowego wyprodukowanego w 2004 roku, 9,3 mln ton węgla skierowane zostało do krajowych koksowni, a ponad 2,1 mln ton była przedmiotem eksportu.

Zakłady przeróbcze Spółki posiadają pełny zakres wzbogacania węgla, zamknięte obiegi wodno-mułowe oraz wydzieloną gospodarkę odpadami poflotacyjnymi. Cztery zakłady przeróbcze mają suszarnie koncentratu flotacyjnego. Obecnie ze względu jednak na uwarunkowania ekologiczne i ekonomiczne instaluje się wirówki sedymentacyjno-filtracyjne, które z powodzeniem zastępują proces termicznego suszenia węgla.

5.4. Lubelski Węgiel Bogdanka S.A.

Kopalnia Lubelski Węgiel Bogdanka S.A. prowadzi wydobycie węgla w granicach obszaru górniczego Puchaczów IV o powierzchni 57 km². W obszarze tym występuje 18 pokładów bilansowych węgla pod nadkładem o grubości 650÷730. Do eksploatacji wytypowano 8 pokładów w tym: 382 i 385/2. Zasoby przemysłowe Kopalni w tych dwóch pokładach szacuje się na około 330 mln ton, a zasoby operatywne — 225 mln ton [40].

Eksploatowane są węgle energetyczne typu 32.1 i 32.2 z dwóch pokładów usytuowanych na głębokościach 920 m i 960 m. Węgiel ten charakteryzuje się kruchością oraz wysoką rozmywalnością [2]. Te cechy węgla spowodowały, że przed procesem jego wzbogacania wydzielany jest węgiel drobny. Z procesów wzbogacania otrzymuje się miały węglowe (20÷0 mm) o wartości opałowej w granicach 20÷28 GJ/Mg, które stanowią około 86% produkcji oraz sortymenty średnie i grube o wartości opałowej 27÷28 GJ/Mg, które stanowią około 14% produkcji.

Ciąg technologiczny obejmuje następujące główne procesy technologiczne:

- przygotowanie i klasyfikację węgla surowego na klasy: 200÷20 mm, 20÷1,5 (0) mm i 1,5÷0 mm;
- wzbogacanie węgla surowego klasy 200÷20 mm w trójproduktowych separatorach z cieczą zawieszinową (magnetyt);

- wzbogacania węgla surowego klasy $20\div 1,5$ (0) mm w dwuproduktowych osadzarkach wodnych pulsacyjnych;
- klasyfikacja i filtracja mułów;
- odstawa, załadunek i magazynowanie (składowanie) produktów wzbogacania.

5.5. Południowy Koncern Węglowy S.A.

W skład Południowego Koncernu Węglowego S.A. wchodzi: Zakład Górniczy Sobieski i Zakład Górniczy Janina. Zakład Górniczy Sobieski obejmuje obszar górniczy o powierzchni $49,5 \text{ km}^2$. Kopalnia charakteryzuje się zagrożeniami naturalnymi do których zaliczyć należy zagrożenie pożarowe (skłonność pokładów węgla do samozapalenia) oraz zagrożenia wodne (najbardziej zawodniona kopalnia w Europie) [34].

Ciąg technologiczny obejmuje następujące procesy przerobcze:

- przygotowanie i klasyfikację węgla surowego;
- wzbogacanie węgla surowego $200\div 30$ mm w dwuproduktowym wzbogacalniku cieczy zawiesinowej (magnetyt);
- wzbogacanie węgla surowego $30\div 2$ mm w trójproduktowych osadzarkach wodnych pulsacyjnych (Allmineral);
- wzbogacanie węgla surowego $2\div 0,1$ mm w trójproduktowych wzbogacalnikach spiralnych;
- obieg wodno-mułowy, klarowanie, zagęszczanie wód popłuczkowych;
- odstawę, załadunek i magazynowanie (składowanie) produktów wzbogacania.

Charakterystyka jakościowa produkowanego koncentratu — miałów kształtuje się następująco [34]:

- wartość opałowa $18,5\div 20,5$ GJ/Mg,
- zawartość popiołu $10\div 16\%$,
- zawartość siarki całkowitej $1,00\div 1,40\%$,
- zawartość wilgoci całkowitej $18,0\div 22,4\%$,
- zawartość wilgoci przemijającej $12,0\div 15,0\%$.

Zakład Górniczy Janina powstał na bazie kopalni Janina. ZG Janina posiada olbrzymie zasoby bilansowe węgla energetycznego typu 31.1 wynoszące około 1,73 mld ton, w tym zasoby operatywne około 841 mln ton.

Ciąg technologiczny obejmuje następujące główne procesy przerobcze [34]:

- przygotowanie i klasyfikację węgla surowego,
- wzbogacanie klasy ziarnowej $200\div 20$ mm w dwuproduktowych wzbogacalnikach z cieczą zawiesinową (magnetyt),
- wzbogacanie klasy $20\div 2$ mm w osadzarkach wodnych pulsacyjnych,
- wzbogacanie klasy $2\div 0$ mm we wzbogacalnikach zwojowych (spirale),

- klarowanie wód popłuczkowych,
- odwadnianie mułów popłuczkowych,
- odstawa, załadunek i składowanie produktów wzbogacania.

5.6. Kopalnia Węgla Kamiennego Budryk S.A.

Kopalnia Budryk położona jest na terenie powiatów: mikołowskiego, gliwickiego i rybnickiego (woj. śląskie) i zajmuje obszar górniczy o powierzchni 35,97 km². W złożu udokumentowano 35 pokładów bilansowych o zasobach wynoszących 692 mln ton, w tym 19 pokładów uznano za przemysłowe, które zawierają około 252 mln ton zasobów operatywnych [12]. Kopalnia posiada głównie węgiel koksowy typu 34 i 35 oraz w niewielkiej ilości typy 32 i 33.

Proces wzbogacania obejmuje następujące operacje technologiczne:

- przygotowanie węgla surowego; oczyszczanie urobku z brył kamienia i zanieczyszczeń niewęglowych, odsianie klasy 65÷0 mm na przesiewaczach klasyfikacyjnych, selektywne kruszenie i rozdrabnianie klasy > 65 mm w kruszarce bębnowej;
- wzbogacanie w osadzarkach; klasa 65÷0 mm po uprzednim odmulaniu lub wydzieleniu klasy 6(10) ÷ 0 mm (w zależności od struktury i wymagań odbiorców) jest wzbogacana w trójproduktowych osadzarkach średnioziarnowych;
- wzbogacanie przerostów z osadzarek średnioziarnowych, po ich selektywnym skruszeniu poniżej 10 mm w pneumatycznej osadzarce miałowej;
- wzbogacanie flotacyjne klasy ziarnowej 0,5÷0 mm;
- odwadnianie produktów wzbogacania;
- odstawę, załadunek i magazynowanie (składowanie) produktów wzbogacania.

Obecnie kopalnia eksploatuje węgiel gazowy — typ 33 i węgiel gazowo-koksowy — typ 34.2. Produktami handlowymi zakładu przerobczego są:

- mieszanki energetyczne — MIIA o wartości opałowej 21÷26 GJ/Mg i zawartości popiołu 14÷25%; w skład mieszanki wchodzi: koncentraty z osadzarek, węgiel surowy o uziarnieniu 6(10) — i muły węglowe;
- węgiel koksowy klasy 08/08/08 typu 34.2, który stanowią koncentraty z osadzarek oraz koncentrat flotacyjny.

5.7. Wzbogacanie odpadów pogórnich

W krajowym przemyśle węglowym występują również zakłady: wzbogacania odpadów pogórnich HALDEX i wzbogacania odpadów flotacyjnych POLHO.

Polsko Węgierska Spółka Akcyjna HALDEX powstała w 1959 roku. Obecnie odzyskuje węgiel z odpadów w dwóch zakładach Haldex-Michał i Haldex-Szombierki, natomiast zakład Haldex-Brzezinka jest modernizowany. Każdy z tych zakładów może również wzbogacać, po odpowiednim przestawieniu technologii, miały węglowe.

Ciąg technologiczny obejmuje następujące procesy główne procesy technologiczne [20]:

- przygotowanie i klasyfikacja materiału surowego,
- wzbogacanie nadawy 20 ± 0 mm w hydrocyklonach,
- odwadnianie i klasyfikacja produktów wzbogacania,
- zagęszczanie i odwadnianie mułów.

Parametry jakościowe produkowanego węgla przez Polsko-Węgierską Górnictwem Spółkę Akcyjną Haldex kształtują się następująco [20]: wartość opałowa 22 ± 23 GJ/Mg, zawartość popiołu $18\pm 20\%$, zawartość siarki całkowitej $0,7\pm 0,8\%$, zawartość wilgoci całkowitej $8\pm 12\%$.

Zakład Wzbogacania Odpadów Poflotacyjnych POLHO został uruchomiony w 1993 r. na terenie byłej kopalni Dębieńsko Zakład wzbogaca muł poflotacyjny, który wydobywany jest z osadnika terenowego o pojemności około 1,9 mln ton.

Ciąg technologiczny obejmuje następujące główne procesy technologiczne [8]:

- rozmywanie mułu poflotacyjnego w bębnie rozmywającym;
- klasyfikację rozmytego mułu na klasy ziarnowe: powyżej 3,0 mm (odpady), $3,0\pm 0,3$ mm (kierowana do odwadniania na sita łukowe), $0,3\pm 0,0$ mm (kierowana do procesu flotacji);
- wzbogacanie flotacyjne klasy ziarnowej $0,3\pm 0,0$ mm;
- odwadnianie koncentratu;
- klarowanie wód poflotacyjnych.

Eksploatowany muł poflotacyjny charakteryzuje się następującymi parametrami jakościowymi: zawartość popiołu $33,0\pm 55,0\%$, zawartość siarki całkowitej $1,1\pm 1,4\%$, zawartość wilgoci $28,0\pm 37,0\%$.

Produkowana mieszanka koncentratów węglowych charakteryzuje się parametrami jakościowymi: wartość opałowa 19 ± 20 GJ/Mg, zawartość popiołu $22,0\pm 25,0\%$, zawartość siarki — 1,0%.

6. Podsumowanie

- 1) Podstawowym czynnikiem rozwoju gospodarki światowej i dobrobytu społeczeństw jest polityka energetyczna. Światowe zużycie energii opiera się przede wszystkim na pierwotnych nośnikach energii: węgiel — 25%, gaz ziemny — 25%, ropa naftowa — 40% oraz na innych źródłach energii, w tym odnawialnych — 10%.
- 2) Światowe zasoby węgla są bardzo duże (wskaźnik szczypania wynosi około 300 lat) i ich rozkład jest zdywersyfikowany na poszczególne regiony geograficzne świata w przeciwieństwie do zasobów węglowodorów ciekłych i gazowych.
- 3) Wydaje się, że konieczne jest podjęcie szerokich działań zmierzających do tego, ażeby węgiel miał szansę zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego świata. Może to nastąpić wówczas jeśli ten nośnik energii uzyska akceptowalność społeczną jako paliwo przyjazne dla środowiska przyrodniczego. Wymagać to będzie poprawy jakości produktów

wzbogacania węgla, sprawności przetwarzania węgla w energię finalną, jak również wprowadzenie nowoczesnych technologii ograniczających zdecydowanie emisje pyłów i gazów cieplarnianych.

- 4) Węgiel w Polsce będzie dominującym nośnikiem energii pierwotnej w najbliższym ćwierćwieczu, dlatego też konieczne jest podjęcie odpowiednich działań mających na celu poprawę konkurencyjności górnictwa węglowego.
- 5) Kompania węglowa S.A. jako jeden z największych producentów węgla w Europie i obejmujący ponad 50% krajowego rynku węglowego powinien wykorzystać tę szansę poprzez: racjonalne gospodarowanie posiadanymi zasobami, dostosowanie do zmian otoczenia zewnętrznego, unowocześnienie potencjału produkcyjnego, wzrost efektywności produkcji.
- 6) Należy dążyć do podniesienia efektywności procesu wzbogacania węgla poprzez przedsięwzięcia modernizacyjne i inwestycyjne poszczególnych procesów technologicznych zapewniających poprawę kontroli stabilizacji jakości nadawy oraz produktów wzbogacania (sortymentów handlowych).

LITERATURA

- [1] *Benesch W., Günther E.C., Schiffer H.-W.*: Coal — based Power Plant Technology: A Competitive and Efficient Bridge to a Benign Future. Sustainable Global Energy Development: The Case of Coal. Part I: Global Analysis. Chapter 4. WEC, Londyn, 2004
- [2] *Bieńko W.*: Lubelski Węgiel Bogdanka S.A. — technologia zakładu przeróbki mechanicznej węgla. Inżynieria Mineralna rocznik V, 2004, nr 2, 45–49
- [3] *Blaschke W.*: Perspektywy węgla w gospodarce świata i Polski — szanse polskiego węgla w Unii Europejskiej. Polityka Energetyczna, 2005, t. 8, z. specjalny, 13–34
- [4] *Borkowski Z.*: Coal Production and Profitability: The Promise of Restructuring, Integration and Consolidation. Sustainable Global Energy Development: The Case of Coal. Part I: Global Analysis. Chapter 2. WEC, Londyn, 2004
- [5] *Brendow K.*: Global and Regional Coal Demand Perspectives to 2030 and Beyond. Sustainable Global Energy Development: The Case of Coal. Part I: Global Analysis. Chapter 6. WEC, Londyn, 2004
- [6] *Brendow K.*: Zrównoważone wydobycie i wykorzystanie węgla: perspektywy do 2030. Materiały Międzynarodowej Konferencji: Polityka i strategia zrównoważonego rozwoju energetyki krajów Europy Środkowo-Wschodniej do 2030. 22–23 listopada 2005. Materiały Międzynarodowej Konferencji. Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej, Instytut Energetyki — Centrum Doskonałości CENERG, Izba Gospodarcza Energetyki i Ochrony Środowiska. Warszawa, 22–23 listopada 2005
- [7] *Dubiński J., Turek M., Wachowicz J.*: Szanse i możliwości węgla kamiennego — wybrane problemy badawcze. Przegląd Górniczy, 2005, nr 9, 3–11
- [8] *Dziwok M., Grzesik M.*: Zakład wzbogacania odpadów poflotacyjnych Spółki POLHO. Inżynieria Mineralna, 2004, rocznik V, nr 2, 56–59
- [9] *Gajos S.*: Katowicki Holding Węglowy S.A. — działalność w zgodzie z zasadami zrównoważonego rozwoju. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 1697, 2005, Górnictwo. Gliwice nr 269, 33–57
- [10] *Gawlik L.*: Zaopatrzenie Europy w paliwa pierwotne. Polityka Energetyczna, 2005, t. 8, z. 2, 5–25
- [11] *Gawlik L., Soliński J.*: Zrównoważony globalny rozwój energetyczny — przypadek węgla. Polityka Energetyczna, 2004, t. 7, z. 2, 5–27
- [12] *Gawliński A.*: Technologia wzbogacania węgla w zakładzie przerobczym KWK „Budryk” S.A. Inżynieria Mineralna, 2004, rocznik V, nr 2, 50–55
- [13] IEA 2002: World Energy Outlook 2002. Paryż
- [14] IEA 2004: World Energy Outlook 2004. Paryż
- [15] *Janssens L., Cosack C.*: Forging Internationally Consistent Energy and Coal Policies. Sustainable Global Energy Development: The Case of Coal. Part I: Global Analysis. Chapter 5. WEC, Londyn, 2004

- [16] *Jarno L.*: Rola Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. w tworzeniu Grupy Węglowo-Koksowej. *Polityka Energetyczna*, 2005, t. 8, z. specjalny, 613–621
- [17] *Klank M.*: Możliwości i prognozy produkcji niskosiarkowych miałów energetycznych w aspekcie zaspokojenia zapotrzebowania krajowej energetyki. *Polityka Energetyczna*, 2005, t. 8, z. specjalny, 35–47
- [18] *Klank M.*: Kompania Węglowa S.A. — perspektywy szans, zagrożenia. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, nr 1697, 2005, *Górnictwo*, nr 269, 59–84
- [19] *Kowalczyk J., Strzelec G.*: Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. — jakość produkcji i technologia wzbogacania węgla. *Inżynieria Mineralna*, 2004, rocznik V, nr 2, 28–44
- [20] *Kucharzyk P.*: Polsko-Węgierska Spółka Akcyjna HALDEX — technologia zakładów przeróbki mechanicznej odpadów pogórnich. *Inżynieria Mineralna*, 2004, rocznik V, nr 2, 60–64
- [21] *Kurczabiński L., Łój R.*: Przeróbka mechaniczna węgla w kopalniach Katowickiego Holdingu Węglowego S.A. *Inżynieria Mineralna*, 2004, rocznik V, nr 2, 20–27
- [22] *Lorek E.*: Ocena dostosowania polskiego sektora elektroenergetycznego do funkcjonowania na rynku europejskim. *Polityka Energetyczna*, 2005, t. 8, z. specjalny, 117–132
- [23] *Łój R., Kurczabiński L.*: Polityka Katowickiego Holdingu Węglowego w zakresie ilości i jakości produkcji. *Polityka Energetyczna*, 2005, t. 8, z. specjalny, 347–357
- [24] *Malko J.*: Globalizacja w energetyce — wybrane problemy. *Polityka Energetyczna*, 2005, t. 8, z. specjalny, 167–179
- [25] *Marzec A.*: Carbon dioxide emission from fossil fuels: Major component of greenhouse gases. *Polish Journal Applied Chemistry*, 2002, No. 3–4, 143–149
- [26] *Marzec A.*: Emisja dwutlenku węgla z paliw kopalnych — klimatyczne i społeczne konsekwencje. *Nafta — Gaz*, 2003, nr 4, 173–180
- [27] *Marzec A.*: Światowe prognozy produkcji energii, bezpieczeństwo energetyczne UE a polskie górnictwo węglowe. *Polityka Energetyczna*, 2004, t. 7, z. specjalny, 41–47
- [28] *Marzec A.*: Zagadnienia surowców energetycznych i paliw w problematyce sesji Europejskiej Komisji Ekonomicznej ONZ (Genewa, 27–30 czerwca 2005). *Polityka Energetyczna*, 2005, t. 8, z. specjalny, 197–204
- [29] *Mazurkiewicz M., Uliasz-Bocheńczyk A., Mokrzycki E., Piotrowski Z., Pomykała R.*: Metody separacji i wychwytywania CO₂. *Polityka Energetyczna*, 2005, t. 8, z. specjalny, 527–538
- [30] *Ney R.*: Efektywność wykorzystania energii — ważnym zadaniem polityki energetycznej. *Polityka Energetyczna*, 2004, t. 8, z. specjalny, 11–24
- [31] *Nycz R., Zieleźny A.*: Kompania Węglowa S.A. — technologia wzbogacania węgla i jakość produkcji. *Inżynieria Mineralna*, 2004, rocznik V, nr 2, 2–19
- [32] *Parsons E.L., Shelton W.W., Lyons J.L.*: Advanced Fossil Power Systems Comparison Study. Final Report. Morgentown, WV, 2002, 623–635
- [33] Polityka energetyczna Polski do 2025 roku. Dokument przyjęty przez Rade Ministrów w dniu 4 stycznia 2005 roku. Ministerstwo Gospodarki i Pracy. Zespół do Spraw Polityki Energetycznej
- [34] *Poznański C.*: Wzbogacanie węgla w zakładach przerobczych należących do Południowego Koncernu Węglowego. *Inżynieria Mineralna*, 2004, rocznik V, nr 2, 65–74
- [35] Praca zbiorowa pod red. J. Sablika: Model ekologicznego i ekonomicznego prognozowania wydobycia i użytkowania czystego węgla. Tom 1: Bazy i prognozy gospodarki surowcami energetycznymi oraz strategii i kierunki rozwoju sektora paliwowo-energetycznego. Tom 2: Ekofektywność technologii czystego spalania węgla. Główny Instytut Górnictwa Katowice, 2004
- [36] *Probiez K., Gabzdyl W., Borówka B.*: Zasoby węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w latach 1989–2003. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej* nr 1697. *Górnictwo*, 2005, nr 269, 13–32
- [37] *Spalding D.*: Węgiel, nowe paliwo ekologiczne? *Elektroenergetyka*, 2005, nr 4, 32–40
- [38] *Soliński J.*: Coal Statistics. Sustainable Global Energy Development. The Case of Coal. Part II. WEC, Londyn, 2004
- [39] *Soliński J.*: Prognoza rozwoju energetyki regionu Centralnej i Wschodniej Europy do 2030. *Polityka Energetyczna*, 2005, t. 8, z. specjalny, 181–196
- [40] *Stachowicz S.*: Zagadnienia wielkości produkcji i jakości węgla w planach rozwojowych Lubelskiego Węgla Bogdanka S.A. *Polityka Energetyczna*, 2005, t. 8, z. specjalny, 623–635
- [41] *Ściążko M., Tramer A.*: Zintegrowana karbo — energo — chemia. *Polityka Energetyczna*, 2005, t. 8, z. specjalny, 149–165
- [42] *Tarkowski R.*: Podziemne magazynowanie dwutlenku węgla z energetyki w Polsce. *Polityka Energetyczna*, 2003, t. 6, z. specjalny, 321–331

- [43] *Tarkowski R.*: Możliwość redukcji emisji CO₂ z procesów przemysłowych w Polsce poprzez podziemne składowanie. *Polityka Energetyczna*, 2004, t. 8, z. specjalny, 531–540
- [44] *Tarkowski R., Uliasz-Misiak B.*: Instalacje podziemnego magazynowania dwutlenku węgla. *Polityka Energetyczna*, 2004, t. 8, z. specjalny, 519–529
- [45] *Tarkowski R., Uliasz-Misiak B.*: Wybrane aspekty prawne podziemnego składowania dwutlenku węgla. *Polityka Energetyczna*, 2005, t. 8, z. specjalny, 539–549
- [46] *Tomczyk P.*: Wodór — paliwo jutra. *Polityka Energetyczna*, 2004, t. 7, z. specjalny, 269–281
- [47] *Uliasz-Bocheńczyk A., Mazurkiewicz M., Mokrzycki E., Piotrowski Z.*: Utylizacja ditlenku węgla poprzez mineralną karbonatyzację. *Polityka Energetyczna*, 2004, t. 8, z. specjalny, 541–554
- [48] *Uliasz-Misiak B.*: Instrumenty ekonomiczne w celu ograniczenia CO₂ w Europie i w Polsce. *Polityka Energetyczna*, 2003, t. 6, z. specjalny, 377–387
- [49] WEC 2000: Energy for Tomorrow's World — Acting Now!, Londyn
- [50] WEC 2001: Living in One World. Londyn
- [51] WEC 2004: Drivers of the Energy Scene. Londyn
- [52] WETO 2003: World Energy, Technology and Climate Change Outlook 2030. Komisja Europejska. Dyrekcja Generalna Badań Naukowych, EUR 20366. Bruksela