

---

<b>PRACE NAUKOWE GIG</b>	<b>RESEARCH REPORTS</b>
<b>GÓRNICtwo I ŚRODOWISKO</b>	<b>MINING AND ENVIRONMENT</b>
<b>Kwartalnik</b>	<b>Quarterly</b>

---

**2/2005**

*Józef Dubiński, Marian Turek, Henryk Aleksa*

## **WĘGIEL KAMIENNY DLA ENERGETYKI ZAWODOWEJ W ASPEKTCIE WYMOGÓW EKOLOGICZNYCH**

### **Streszczenie**

W świecie wytwarza się obecnie ponad 39% energii elektrycznej z węgla, w Polsce udział paliw węglowych w produkcji tej energii jest znacznie większy i wynosi około 95%. W 2003 roku zużycie węgla wyniosło nieco ponad 4 mld ton, a do 2030 roku przewiduje się jego podwojenie. Światowe zasoby kopalnych paliw stałych występują w olbrzymich ilościach i wystarczą na kilkaset lat, gdy tymczasem paliw węglowodorowych starczy zaledwie na 60 lat. Węgiel będzie więc nadal, przez najbliższe stulecia, podstawowym nośnikiem energii w wymiarze globalnym.

W Polsce zasoby węgla brunatnego i kamiennego są również znaczne i zapewniają produkcję energii przez najbliższe 100 lat. Węgiel, nasze bogactwo narodowe, jest atrakcyjnym surowcem dla energetyki, gdyż jest paliwem stabilnym, bezpiecznym w transporcie i magazynowaniu, a także w użytkowaniu. Jest również jednym z najtańszych nośników energii pierwotnej. Oprócz tych zalet produkcja i użytkowanie węgla powodują wiele ujemnych skutków w środowisku naturalnym. Powstają duże ilości odpadów, występuje emisja do atmosfery pyłów i gazów, zawierających wiele szkodliwych substancji, jak: tlenki siarki i azotu, chlor, fluor, pary rtęci i metale ciężkie. Energetycznemu użytkowaniu węgla towarzyszy również emisja dwutlenku węgla, który jest postrzegany jako gaz cieplarniany.

Praktyka wykazała, że natężenie negatywnych skutków, co należy podkreślić, pozostaje w bezpośrednim związku z jakością węgla. W polskiej energetyce zawodowej są użytkowane nadal węgle kamienne niskiej jakości, a stosowane technologie do energetycznej utylizacji węgla nie są tak nowoczesne jak w krajach Europy Zachodniej i USA, w których spala się węgle wysokiej jakości, uprzednio wzbogacone.

Skutki z powodu użytkowania węgla niskiej jakości są odczuwalne nie tylko w środowisku naturalnym, ale również w energetyce. Spalanie węgla o wysokiej zawartości popiołu skutkuje głównie powstawaniem większej ilości popiołu lotnego i żużla, co wpływa na zwiększenie kosztów eksploatacji przez energetykę. Większe są również koszty transportu węgla z kopalń do elektrowni. Koniecznością jest więc przeciwdziałanie tym niekorzystnym skutkom produkcji węgla i jego spalania w energetyce. Drogą poprawy jakości użytkowanego przez energetykę węgla, dzięki stosowaniu metod jego głębokiego wzbogacania, opanowanych i sprawdzonych w polskiej praktyce górniczej oraz przez zastosowanie w energetyce najnowocześniejszych układów przetwarzających węgiel, przy bardzo wysokiej sprawności konwersji, realna jest możliwość znaczącego zmniejszenia negatywnego oddziaływania kompleksu paliwowo-energetycznego na środowisko naturalne i zwiększenia jego efektywności. To stwierdzenie oraz fakt małej konkurencyjności energetyki gazowej względem węglowej pozwala wysnuć wniosek, że w strukturze produkcji energii elektrycznej nie nastąpią radykalne zmiany, a węgiel utrzyma nadal swoją pozycję gwaranta bezpieczeństwa energetycznego kraju i strategicznego nośnika energii pierwotnej.

Program przeciwdziałania negatywnym skutkom wydobycia węgla i jego energetycznego przetwarzania znany jako *clean coal technology*, to filozofia i strategia kompleksu węglowo-energetycznego na najbliższe dziesięciolecia.

### **Hard coal for professional power plants in the aspect of ecological demands**

#### **Abstract**

39% of electricity produced around the world origins from coal. In Poland the share of coal fuels in electricity production is much higher and amounts to about 95%. The world coal consumption arises.

It was about 4 billion tons in 2003 and it is foreseen to increase twice up to 2030. World resources of solid fuels occur in huge amount and will be enough for a few hundred years. Meanwhile hydrocarbon base fuels will be enough only for 60 years. The coal will be still, for a few nearest hundred years, basic energy carrier in the global scale.

Resources of hard and brown coal in Poland are also considerable. They will protect the energy production for the nearest 100 years. The coal, our national natural resource, is very attractive for power industry, due to stability, safety of transport and storage and also safety of utilisation. It is also the cheapest primary source of energy. Despite of these advantages coal production and utilisation cause many disadvantageous impacts on environment. Huge amounts of waste come into existence, the emission of dust and gases occurs. Dust and gases comprise many harmful substances, like: sulphur oxides, nitrogen oxides, chlorine, fluorine, mercury vapours and heavy metals. The utilisation of coal in power industry is accompanied also by the emission of carbon dioxide, which is regarded as the greenhouse gas.

The practice demonstrates that the intensity of negative impact of coal utilisation, depends directly on, what should be emphasised, the coal quality. Polish power industry utilizes hard coal of poor quality, and technologies applied are not so modern like in Western European countries or in the USA, where in power sectors clean coals of good quality are combusted.

Impacts of utilisation of coal of poor quality are perceptible both for environment and for power industry. The combustion of coal of high ash content results in greater amount of dust and slag, what determines the costs in power industry. The costs of coal of poor quality transportation from the producer to the consumer are also higher. The necessity appears to counteract all those negative impacts of coal production and utilisation in power industry. Directions of change to the better is the utilisation in polish power industry of coal of better quality, due to implementation in mining industry of deep coal cleaning methods (such methods are known in Poland and are already used). Another solution is the implementation of the most modern method of coal utilisation in power industry, with the highest efficiency of conversion what decreases negative impacts of mining and power sectors on environment and increases its eco-efficiency. All above mentioned issues and low competitiveness of natural gas based power industry, comparing it with coal based power industry, enables to conclude that one shouldn't await huge changes in the share of the primary energy carriers consumption for the electricity production in Poland. The coal will remain the strategic primary energy source in Poland with its high position in the share of primary sources of energy consumption and it will guarantee the safety of the electricity and heat supply.

The program of the counteraction negative impacts of coal exploitation and utilisation is known as the *clean coal technologies*. It is the philosophy and the strategy of the coal and coal based power industry complex for the nearest decades.

## WPROWADZENIE – WĘGIEL W ŚWIECIE, EUROPIE I POLSCE

W ostatnich kilkunastu latach, ze względu na niekorzystne oddziaływanie na środowisko naturalne, produkcja węgla dla energetyki zawodowej uległa zmniejszeniu.

W energetyce coraz częściej wykorzystywano gaz ziemny, co wynikało z dostępności taniego gazu oraz z przeświadczenia, że sytuacja ta utrzyma się przez bardzo długi czas. Z uwagi na tani gaz inwestowano w instalacje pracujące w kombinowanym układzie turbin gazowo-parowych, bo zapewniało to krótkie okresy realizacji przedsięwzięć i szybki zwrot nakładów.

Niestabilność polityczna świata arabskiego, głównie tam, gdzie koncentrują się bogate zasoby gazu ziemnego i ropy naftowej, systematyczny wzrost cen gazu i kosztów produkcji energii z tego paliwa, wzrost sprawności elektrowni węglowych nowej generacji, a także stabilność cen węgla – to czynniki, które zmieniają dotychczasowe podejście do stosowania węgla w energetyce.

Okazuje się, że węgiel będzie nadal podstawowym surowcem dla energetyki światowej, ponieważ jego zasoby są najbardziej obfitymi i najpowszechniej występującymi zasobami energii pierwotnej. Znajduje to odzwierciedlenie w światowej produkcji energii elektrycznej. Obecnie około 39% energii elektrycznej wytwarza się z węgla. Przewiduje się, że do 2030 roku produkcja energii z węgla wzrośnie do około 45% (World energy... 2003). W Stanach Zjednoczonych, gdzie znajdują się olbrzymie zasoby węgla, około 53% energii elektrycznej uzyskuje się z tego paliwa i jest zakładany dalszy wzrost produkcji energii z węgla.

Prognozę zużycia nośników podstawowych energii pierwotnej w świecie przedstawiono w tablicy 1 (Dubiński, Krzystalik, Roszkowski, Tajduś 2005).

**Tablica 1.** Prognoza zużycia nośników energii pierwotnej w świecie

Wyszczególnienie	Prognoza zużycia nośników energii, mld toe	
	2020 rok	2050 rok
Węgiel	3,4	4,2
Ropa naftowa	3,8	4,1
Gaz ziemny	3,2	4,5
Energia jądrowa	0,9	2,7
Pozostałe nośniki	2,3	4,5
Ogółem	13,6	20,0

Przy obecnej wielkości wydobycia, węgla kamiennego wystarczy na ponad 250 lat, biorąc pod uwagę zasoby udokumentowane, gdy tymczasem ropy naftowej wystarczy na około 40 lat, a gazu na 60 lat (Przyszłość węgla... 2004). Węgiel jest wydobywany w ponad 50 krajach świata, natomiast większość ropy naftowej i gazu ziemnego wydobywa się w kilku krajach, które są politycznie niestabilne.

Cenną zaletą węgla są jego właściwości jako paliwa stałego. Jest paliwem stabilnym, bezpiecznym w transporcie i magazynowaniu, a przede wszystkim w użytkowaniu. Jest również jednym z najtańszych nośników energii chemicznej wykorzystywanej do przetwarzania na energię elektryczną. Koszt produkcji energii elektrycznej z węgla kamiennego jest wyższy niż z węgla brunatnego, ale znacznie niższy od kosztów produkcji energii z gazu ziemnego.

Prognozę wielkości i struktury wytwarzania energii elektrycznej przedstawiono w tablicy 2 (Dubiński, Krzystalik, Roszkowski, Tajduś 2005).

**Tablica 2.** Wielkość i struktura wytwarzania energii elektrycznej w świecie – prognoza

Wyszczególnienie	Energia elektryczna, TW·h	
	2010 rok	2020 rok
Węgiel	7467	9763
Ropa naftowa	1442	1498
Gaz ziemny	4698	7745
Energia jądrowa	2467	2369
Energia wodna	3341	3904
Inne nośniki	395	603
Ogółem	19989	25881

Jednym z głównych problemów jest tzw. efekt cieplarniany powodowany między innymi przez dwutlenek węgla. Dwutlenek węgla jest emitowany do atmosfery

w wyniku spalania paliw kopalnych, przede wszystkim węgla brunatnego i kamiennego, w mniejszej ilości powstaje podczas spalania gazu ziemnego i ropy naftowej. Przykładowo, emisja CO<sub>2</sub> ze spalania węgla kamiennego wynosi około 94,6 kg CO<sub>2</sub>/GJ, a ze spalania gazu ziemnego – około 56,1 CO<sub>2</sub>/GJ. Jest więc o ponad 40% mniejsza podczas energetycznego przetwarzania gazu ziemnego. Układy energetyczne, w których wykorzystuje się gaz ziemny mają jeszcze inne zalety ekologiczne. Cechuje je praktycznie zerowa emisja pyłu, mniejsza emisja SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>, brak stałych odpadów z procesu spalania, a także ścieków, które są typowe dla kotłów parowych. Właśnie te fakty powodują, że układy, w których stosuje się gaz ziemny były traktowane jako ekologicznie czystsze od układów, w których wykorzystuje się węgiel.

Obecnie coraz częściej w opinii specjalistów węgiel kamienny jest również przyjazny dla środowiska naturalnego w stopniu porównywalnym z innymi nośnikami energii pierwotnej. Takie czynniki, jak wzrost sprawności elektrowni węglowych, dzięki zastosowaniu układów energetycznych nowej generacji, o bardzo dużej sprawności, przy wysokim stopniu oczyszczania spalin, stosowanie zaawansowanych technologii czystego węgla oraz możliwość separacji CO<sub>2</sub> ze spalin w elektrowniach i jego magazynowania przemawiają za tym, że węgiel w skali globalnej ma dużą przyszłość jako długofalowe źródło energii oraz ze względu na znaczenie dla rozwoju gospodarczego, społecznego i bezpieczeństwa energetycznego (Przyszłość węgla... 2004; Dubiński 1997).

W krajach Europy Zachodniej w wyniku restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego została zamknięta znaczna liczba kopalń. Produkcja węgla kamiennego zmniejszyła się z 600 mln ton w latach sześćdziesiątych XX wieku do około 80 mln ton obecnie. W energetyce zaczęto stosować bardziej zdywersyfikowane źródła energii. Około 25% energii elektrycznej pochodzi z węgla, z czego około 17,5% z węgla kamiennego o wysokich parametrach jakościowych. Z gazu ziemnego produkuje się 17% energii elektrycznej, a z paliwa jądrowego 34% tej energii. Zapotrzebowanie na energię elektryczną w krajach Unii Europejskiej stale wzrasta o około 1–2% rocznie. W państwach nowo przyjętych zapotrzebowanie to będzie wzrastało jeszcze szybciej – o 3%, do 2020 roku. Ocenia się, że zapotrzebowanie na energię elektryczną w Europie do 2020 roku zwiększy się o około 55%, a do 2030 o około 74% (Chroszcz 2004).

W 1990 roku węgiel był jeszcze dominującym źródłem w produkcji elektrycznej energii (37%), ale w następnych latach, tj. 2010 i 2020 jego udział spadnie i będzie odpowiednio wynosił: 20,5 i 21,6%. Dopiero w 2030 roku udział ten wzrośnie do około 27%. Podstawowym surowcem do produkcji energii elektrycznej będzie w rozpatrywanym okresie gaz ziemny, którego udział w latach 2020 i 2030 będzie wynosił 38,2 i 36,5% (Chroszcz 2004).

Wzrost gospodarczy i wynikający z niego wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną uzależnia kraje Europy Zachodniej od zewnętrznych dostaw nośników energii pierwotnej. Aktualnie zależność energetyczna tych krajów kształtuje się w wysokości około 56%, ale przewidywany wzrost gospodarczy spowoduje dalsze zwiększenie ich ilości do około 70% w ciągu 20–25 lat. W przypadku ropy naftowej

zależność ta osiągnie 86–88%, w przypadku gazu 75–81%, a węgla 68% (Olszowski 2004). Przewiduje się, że za około 25–30 lat zasoby gazu w basenie Morza Północnego oraz Śródziemnego ulegną wyczerpaniu. Pomimo znacznego postępu w wykorzystywaniu konwencjonalnych źródeł energii, zasoby ich w krajach Europy Zachodniej są niewielkie, a wydobycie coraz bardziej kosztowne.

Sytuacja w krajach UE jest inna jak na świecie. W celu zagwarantowania bezpieczeństwa energetycznego oraz dzięki rozwojowi metod, które pozwalają lepiej wykorzystać węgiel, rozważa się jednak utrzymanie określonych zdolności wydobywczych w celu zapewnienia ich sprawności ruchowej i technologicznej. Zgodnie z prognozami, wydobycie węgla wśród nośników energii pierwotnej nie zmniejszy się i w 2030 roku jego produkcja będzie większa niż obecnie, co wynika też z tego, że przewiduje się budowę nowych mocy produkcyjnych o około 550 GW.

Z porównania zapotrzebowania na energię pierwotną i możliwości produkcyjnych krajów rozszerzonej Unii Europejskiej wynika, że w krajach dawnej UE jest zużywane dwa razy więcej węgla niż jest produkowane. Wejście Polski do UE sprawiło, że stała się ona producentem ponad połowy węgla kamiennego w rozszerzonej Unii, w związku z czym rysują się dobre perspektywy dla polskiego górnictwa węglowego.

Warto podkreślić, że gremia decyzyjne Unii Europejskiej traktują węgiel kamienny jako łatwo dostępne, rodzime źródło energii pierwotnej. Podstawowe znaczenie dla większego zużycia paliwa węglowego ma również fakt, że sprawność wytwarzania energii z tego paliwa ulega ciągłej poprawie. Obecnie możliwe jest uzyskanie sprawności energetycznej rzędu 45%, przy istniejącym potencjale wzrostu sprawności do 51–53%. Wzrost sprawności elektrowni węglowych umożliwi bowiem uzyskanie takiej emisji szkodliwych substancji, jak podczas spalania gazu. Godnym podkreślenia jest również i to, że przemysł elektroenergetyczny, w którym jest wykorzystywany węgiel, zapewnia setki tysięcy miejsc pracy.

W świetle powyższych uwag węgiel może być paliwem potencjalnie ekologicznym, które zapewnia bezpieczeństwo energetyczne Krajów Wspólnoty. Polskie górnictwo po odpowiednim doinwestowaniu ma dużą szansę stać się jednym z filarów tego bezpieczeństwa.

Węgiel jest podstawowym paliwem polskiej gospodarki. Głównym użytkownikiem węgla jest sektor energetyczny, który wytwarza około 95% energii elektrycznej z węgla, w tym około 61% z węgla kamiennego i 34% z węgla brunatnego. Należy podkreślić, że polska energetyka zawodowa nabywa od kopalń miały energetyczne o znacznie gorszych parametrach jakościowych niż, na przykład energetyka niemiecka czy innych krajów UE (Ziółkowski 1980; Lorenz 2000; Nodzyński 1997; Kurczabiński 1995; Danielewski 1997).

Udział pozostałych paliw w produkcji energii elektrycznej jest bardzo mały.

Wśród krajów UE Polska ma jeden z najniższych wskaźników zużycia energii elektrycznej na mieszkańca, który wynosi około 3300 kW·h/r. Przykładowo w Czechach wskaźnik ten wynosi około 5700 kW·h, a w krajach UE około 7000. Prognozowany wzrost zapotrzebowania na energię, zwłaszcza energię elektryczną, spowoduje w nadchodzących dekadach wzrost zapotrzebowania elektroenergetyki na węgiel kamienny. Jednym z dowodów na to jest wydanie Rozporządzenia Rady UE z 23.07.2002 r. o pomocy państwa dla przemysłu węglowego. Z tego względu

w okresie najbliższych 25 lat węgiel kamienny, oprócz węgla brunatnego, będzie podstawowym surowcem do produkcji energii elektrycznej.

## **1. CHARAKTERYSTYKA PIERWOTNYCH NOŚNIKÓW ENERGII ZUŻYWANYCH W POLSKIEJ ENERGETYCE**

Polska ma znaczne zasoby węgla kamiennego i brunatnego, stosunkowo niewielkie zasoby gazu ziemnego oraz nikle zasoby ropy naftowej. Mały jest również potencjał hydroenergetyczny. Zasoby energii geotermalnej, słonecznej i wiatrowej, nadające się do przemysłowego wykorzystania, są niewielkie i mają znaczenie lokalne. Nie ulega więc wątpliwości, że produkcja energii elektrycznej będzie bazować na węglu kamiennym i brunatnym, ponieważ paliwa te są dostępne w kraju w dostatecznej ilości, a koszty pozyskiwania z nich jednostki energii elektrycznej są konkurencyjne. Produkcja energii elektrycznej z gazu nie jest obecnie znacząca. Wzrastający udział gazu ziemnego obserwuje się natomiast w produkcji ciepła. Decydują o tym walory ekologiczne tego nośnika energii pierwotnej.

Oprócz wymienionych nośników energii pierwotnej udział w produkcji energii elektrycznej i ciepłej mają „nośniki pierwotne” energii odnawialnej.

Węgiel brunatny w Polsce, oprócz węgla kamiennego, jest podstawowym nośnikiem energii elektrycznej. Pod względem posiadanych, nadających się do eksploatacji zasobów węgla brunatnego, Polska należy do ścisłej czołówki światowej.

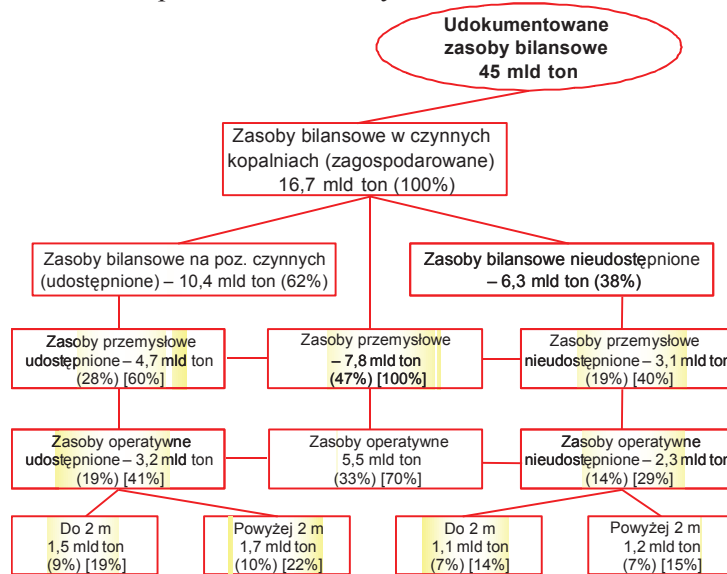
Obecnie produkcję węgla brunatnego prowadzi się w czterech zespołach kopalń, które dostarczają go bezpośrednio do elektrowni: „Adamów”, „Bełchatów”, „Konin” i „Turów” o łącznej ilości około 65 mln ton i łącznej mocy około 8,8 GW, co stanowi około 25% mocy zainstalowanej w polskich elektrowniach. Użytkowany węgiel ma wartość opałową około 8,5 GJ/Mg. Jego wydobycie, na przykład w latach 2000, 2001, 2002 i 2003 wynosiło odpowiednio: 59,5; 59,6; 58,2 i 60,9 mln ton. Prawie cała ilość tego węgla została wykorzystana do produkcji energii elektrycznej i ciepłej, przy niewielkim zużyciu bezpośrednim wynoszącym około 0,4 mln ton.

Udział węgla brunatnego w produkcji energii elektrycznej od wielu lat jest znaczący i wynosi około 34% (Przyszłość węgla... 2004; Kasztelewicz 2002, 2003 i 2004).

Węgiel brunatny jest najtańszym źródłem energii elektrycznej. Średnia cena sprzedaży energii elektrycznej z węgla brunatnego jest około 30% niższa od ceny energii wyprodukowanej z węgla kamiennego. W latach 2001, 2002 i 2003 średnie ceny sprzedanej energii elektrycznej, wyprodukowanej na bazie węgla brunatnego, były niskie w porównaniu z cenami innych paliw i kształtowały się odpowiednio: 106,1; 116,56 i 126,25 zł/MW·h. Również koszty pozyskania energii chemicznej z węgla brunatnego były niższe od kosztów pozyskania energii z węgla kamiennego i innych paliw, i wynosiły w latach 2001, 2002 i 2003 odpowiednio: 4,56; 4,93 i 5,2 zł/GJ.

Na podstawie przytoczonych danych można stwierdzić, że węgiel brunatny przez najbliższe 30 lat utrzyma swoją pozycję jako podstawowy surowiec do produkcji energii elektrycznej, pozyskiwanego z własnych źródeł i będzie współgwarantem, oprócz węgla kamiennego, bezpieczeństwa energetycznego kraju.

Głównym źródłem energii jest i pozostanie węgiel kamienny, który dla Polski jest strategicznym nośnikiem energii. Wynika to z faktu posiadania pokaźnych zasobów tego surowca, co zostało przedstawione na rysunku 1.



Rys. 1. Zasoby węgla kamiennego w Polsce

Fig. 1. Hard coal resources in Poland

Udokumentowane zasoby bilansowe wynoszą 45 mld ton, w tym w czynnych kopalniach jest około 16,7 mld ton węgla jako zasoby bilansowe zagospodarowane. Około 10,4 mld ton stanowią zasoby bilansowe na czynnych poziomach wydobywczych, reszta to zasoby bilansowe niedostępne. Zasoby przemysłowe wynoszą około 7,8 mld ton, z tego około 4,7 mld stanowią zasoby udostępnione.

Z ogólnej masy zasobów przemysłowych około 70% stanowią zasoby operatywne, co daje wartość około 5,5 mld ton. W masie tego węgla około 3,2 mld ton stanowią zasoby operatywne udostępnione. Przy rocznym wydobyciu węgla, przyjętym na poziomie 100 mln ton, wystarczy go na ponad 32 lata. Dotyczy to węgla typów 31, 32, 33, 34 i 35. Uwzględniając, że obecnie proporcje między zasobami węgla energetycznego i koksowego wynoszą: 69 i 31%, ostatecznie do wykorzystania przez energetykę pozostaje około 2,0 mld ton węgla.

W Polsce, jak już wspomniano, znajdują się jeszcze znaczne zasoby bilansowe, które dotychczas nie są zagospodarowane. Ich ilość ocenia się na około 36,4 mld ton. Część z nich w przyszłości będzie mogła być zagospodarowana. Oznacza to, że węgiel kamienny w ilości 100 mln ton będzie jeszcze można wydobywać przez następne 40–50 lat.

Jakość węgla w zasobach przemysłowych czynnych kopalń jest dość dobra. Węgłe charakteryzują się stosunkowo małą zawartością siarki i wysoką wartością opałową. Zasiarczenie węgla poniżej 0,8% cechuje około 48% zasobów, zaś zasiarczenie w granicach 0,8–1,5% obejmuje około 35% zasobów. Reszta zasobów cechuje się zasiarczeniem powyżej 1,5% (Przyszłość węgla... 2004; Kasztelewicz 2002, 2003

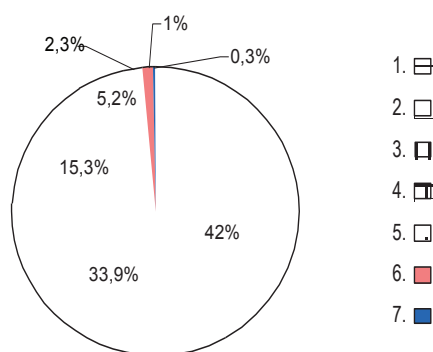
i 2004; Kicki, Sobczyk 2004). Na uwagę zasługuje fakt, że w polskich węglach siarka występuje w formie piryków, które można dość łatwo wydzielić metodami mechanicznymi.

Wartość opałowa węgla w złożu jest duża i w 72% kształtuje się powyżej 25 GJ/Mg. Węgla o wartości opałowej 18–25 GJ/Mg jest około 28%, natomiast węgla o bardzo niskiej kaloryczności – poniżej 18 GJ/Mg jest niewiele (Przyszłość węgla... 2004).

Wartość opałowa węgla wydobytego na powierzchnię jest z reguły zawsze mniejsza, gdyż urobek zawiera określoną ilość skały płonnej w wyniku mechanicznego urabiania pokładu. Drugą przyczyną gorszej jakości urobku są właściwości skały płonnej, a w szczególności jej podatność na degradację i rozmywanie w wyniku jej kontaktu z wodą. Rzuca to na zawartość popiołu w urobku węglowym kierowanym do zakładu przerobczego. Jest ona mocno zróżnicowana i kształtuje się w granicach 15–40%.

Z danych za 2004 rok o sytuacji energetycznej w Polsce wynika, że produkcja prądu elektrycznego wyniosła 154,1 TW·h, w tym nieco ponad 145 TW·h pochodziła z elektrowni zawodowych. Jest to o blisko 20% więcej niż w roku poprzednim. Porównując zużycie w 2004 i 2003 roku trzeba stwierdzić, że nastąpił wzrost zużycia węgla kamiennego o ponad 2% (43,2 mld ton), a węgla brunatnego o około 0,3% (60,3 mln ton). Nastąpił też wyraźny wzrost zużycia gazu ziemnego o blisko 23%.

Zwiększyła się także produkcja energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. W 2004 roku wyprodukowano około 2,9 TW·h energii elektrycznej, tj. niemal ponad 50% więcej niż w roku poprzednim. Zauważyć należy wzrost wielkości produkcji energii elektrycznej z biomasy i biogazu wynoszący w sumie 0,52 TW·h, a także wzrost o ponad 21% produkcji energii wodnej i wiatrowej do około 0,44 TW·h. W strukturze produkcji energii elektrycznej w 2004 roku nie wystąpiły jednak istotne zmiany. Struktura ta została przedstawiona na rysunku 2 (Gabryś 2005).

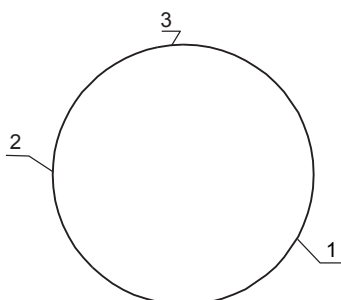


**Rys. 2.** Struktura produkcji energii elektrycznej w 2004 roku: 1 – elektrownie bazujące na węglu kamiennym, 2 – elektrownie bazujące na węglu brunatnym, 3 – elektrociepłownie zawodowe, 4 – elektrownie, 5 – elektrownie wodne, 6 – elektrociepłownie niezależne, 7 – odnawialne źródła energii



**Fig. 2.** The structure of electricity production in 2004: 1 – hard coal based power plant, 2 – brown coal based power plants, 3 – professional thermal – electric power plants, 4 – electric power plants, 5 – hydroelectric power plants, 6 – autonomous thermal – electric power plants, 7 – renewables

W 2004 roku z węgla kamiennego wyprodukowano około 62,4% energii elektrycznej, natomiast z węgla brunatnego i gazu ziemnego produkcja tej energii wynosiła: 35,1 i 2,5%. Świadczy to o podstawowym znaczeniu paliw stałych w produkcji energii elektrycznej. Zużycie paliw podstawowych w elektroenergetyce zawodowej w 2004 roku zostało przedstawione na rysunku 3 (Gabryś 2005).



**Rys. 3.** Procentowe zużycie paliw podstawowych w elektroenergetyce zawodowej w 2004 roku:  
1 – węgiel kamienny, 2 – węgiel brunatny, 3 – gaz

**Fig. 3.** The share of basic fuels in consumption in professional thermal – electric power plants in 2004:  
1 – hard coal, 2 – brown coal, 3 – natural gas

Analizując wykorzystanie węgla kamiennego w polskiej energetyce jako paliwa strategicznego należy podkreślić, że jest on również stosunkowo tanim źródłem energii, o czym świadczą poniższe dane. W latach 2000, 2001 i 2002 średnia cena sprzedaży energii elektrycznej z węgla kamiennego wynosiła odpowiednio: 146,33; 159,23 i 161,89 zł/MW·h i była większa od ceny sprzedaży tej energii z węgla brunatnego o około 38–28%. Koszty pozyskania energii z węgla kamiennego były również niskie i wynosiły w tych latach odpowiednio: 5,75; 6,07 i 6,19 zł/GJ.

Koszty te są więc około dwa razy mniejsze od kosztów pozyskania energii z gazu ziemnego.

W Polsce udokumentowane zasoby przemysłowe gazu ziemnego są oceniane na 150–170 mld m<sup>3</sup>, co w przeliczeniu na gaz wysokometanowy daje około 120 mld m<sup>3</sup> o wartości opałowej około 34,3 MJ/m<sup>3</sup>. Posiadany potencjał zasobowy umożliwia utrzymanie obecnie wydobywanego gazu na poziomie około 4,1 mld m<sup>3</sup>/rok. Przewiduje się wzrost zdolności wydobywczych do około 6 mld m<sup>3</sup> w latach 2005–2008 oraz do 8 mld m<sup>3</sup> w latach 2012–2020. Roczne zużycie gazu ziemnego wynosi około 12 mld m<sup>3</sup>, w tym około 2/3 gazu pochodzi z importu. Przewiduje się, że do 2030 roku gazownictwo będzie szybko rozwijającym się podsektorem energii. Gaz jako nośnik energii w porównaniu z węglem ma wyższą sprawność konwersji, mniejszą jednostkową emisję CO<sub>2</sub>, która wynosi około 56,1 CO<sub>2</sub>/GJ. Konkurencyjność gazu względem węgla kamiennego obniżają koszty wytwarzania energii elek-

trycznej z gazu ziemnego, które w latach: 2001 2002 wynosiły 10,67 i 12,14 zł/GJ. Są one około dwa razy większe od kosztów wytwarzania energii z paliwa węglowego.

Zaletą gazu ziemnego jest czystość, wygoda w użytkowaniu, duża koncentracja energii chemicznej, wysoka sprawność konwersji, niskie nakłady na budowę zakładów gazowych, krótki czas realizacji inwestycji. Jego wadą są cena, konieczność budowy dużych magazynów w celu zapewnienia odpowiednich zapasów oraz niepewność importu. Z tego względu, w warunkach polskich, budowa elektrowni gazowo-parowych, mimo niskich nakładów inwestycyjnych, z uwagi na konieczność importu gazu ziemnego i jego wzrastające ceny na świecie, jest mało realna. Nie dotyczy to jednostek gazowych dla pokrycia obciążeń szczytowych, co jest podyktowane potrzebami systemu. Tylko zwiększenie produkcji gazu ziemnego z krajowych złóż byłoby w stanie zmienić sytuację w tym zakresie. Tak więc węgiel kamienny będzie tym paliwem, które jest w stanie pokryć niedobory energii pierwotnej.

## 2. JAKOŚĆ UŻYTKOWANYCH WĘGLI ENERGETYCZNYCH

W poprzednich rozdziałach wykazano, że węgiel ze względu na olbrzymie zasoby nadal będzie podstawowym surowcem do produkcji energii elektrycznej na świecie. Jego udział w produkcji energii elektrycznej jest obecnie dominujący i jeszcze się zwiększy. Przedmiotem światowego obrotu towarowego jest węgiel o wysokich parametrach jakościowych.

W Polsce również w zaspokajaniu potrzeb energetycznych węgiel kamienny pozostanie przez najbliższe dwie dekady podstawowym źródłem energii chemicznej, stosowanej do przetwarzania na energię elektryczną. Problemem pozostaje jego jakość.

Urobek węglowy wydobywany z dołu kopalni na powierzchnię jest kierowany do zakładu przerobczego. Tam jest poddawany operacjom technologicznym w celu wydzielenia z niego skały płonnej, siarczków i innych zanieczyszczeń.

W latach 2002 i 2003 wydobyte węgla kamiennego netto wynosiło odpowiednio 102,1 i 100,4 mln ton. W wydobywaniu tym produkcja węgla energetycznego wynosiła około 84%, to znaczy 86,2 oraz 84,3 mln ton. Natomiast w 2004 roku wydobyte w Polsce wyniosło około 100 mln ton.

Wartość opałowa węgla energetycznego, stanowiąca wypadkową wartości poszczególnych sortymentów handlowych, nie jest duża i wynosi średnio 22,8 GJ/Mg.

W produkcji netto węgla kamiennego, na które składa się węgiel koksowy w ilości około 16% oraz węgiel energetyczny w 84%, znajduje się około 30% węgla, który nie jest wzbogacany mechanicznie. Węgiel koksowy, jak wiadomo, podlega w całości wzbogacaniu mechanicznemu w całym zakresie uziarnienia 0–200 mm, natomiast węgiel energetyczny nie jest wzbogacany w całości. Tylko klasa ziarnowa (10)20–200 mm jest wzbogacana w całości, co stanowi regułę, zaś klasa ziarnowa 0–(10)20 mm jest wzbogacana tylko w części. Oznacza to, że spora część miałów energetycznych, ponad 60%, nie jest wzbogacana i tym głównie należy tłumaczyć małą wartość opałową węgla energetycznego podaną powyżej. Oznacza to również,

że jakość samych tylko sortymentów miałowych, traktowanych jako całość, jest jeszcze gorsza.

Jak już wspomniano, część miałów energetycznych jest wzbogacana mechanicznie, dlatego jakość ich jest korzystna (około 26 GJ/Mg) i odbiega od średniej wartości opałowej całości węgla energetycznego. Na rynku węgla energetycznego znajduje się więc produkty handlowe o bardzo zróżnicowanej charakterystyce jakościowej, tzn. o różnych zawartościach popiołu i siarki, zawartości wilgoci i wartościach opałowych. To zróżnicowanie jakościowe produkcji węgla energetycznego powoduje również różnicowanie tej produkcji pod względem ilościowym. Świadczy o tym duża liczba klas zbytu, w jakich jest sprzedawany węgiel energetyczny. Jest to zjawisko niekorzystne.

Poniżej, w tabelicy 3 podano uśrednione parametry jakościowe węgla energetycznych zbywanych różnym odbiorcom w kraju (Kurczabiński 1996). Parametry te dotyczą stanu roboczego.

**Tabela 3.** Parametry jakościowe węgla nabywanych przez różnych odbiorców krajowych

Odbiorcy węgla	Wartość opałowa GJ/Mg	Zawartość popiołu %	Zawartość siarki %	Zawartość chloru %
Elektrownie	19–23 (sr.21,6)	12–30	0,6–1,2	0,1–0,3
Elektrociepłownie	20–26	14–15	0,6–0,8	0,1–0,3
Metalurgia i przemysł metalowy	19–25	6–25	0,6–1,2 (0,6–0,8)	–
Przemysł chemiczny	17–25	12–28	0,6–1,3	–
Przemysł drzewny i papierniczy	19–26	10–22	0,5–1,0(0,4–0,8)	–
Przemysł włókienniczy	20–26	8–25	0,5–1,0(0,5–0,8)	–
Przemysł cukrowy	22–29	8–18	0,4–0,9	–
Przemysł wydobywczy	20–26	11–25	0,6–1,0(0,5–0,7)	–
Przemysł cementowy	min. 22	12–18	0,8–1,0	–
Przemysł wapienniczy	min. 24	max 12	max 0,8	–

Z tabelicy wynika, że kopalnie węgla kamiennego dostarczają na rynek węgiel energetyczny o diametralnie zróżnicowanych parametrach jakościowych. Świadczy to o możliwościach produkcyjnych przemysłu węglowego, który stara się dostosować do wygórowanych żądań jakościowych rynku, jak np. w przypadku przemysłu wapienniczego czy węgla wysyłanego na eksport. Należy jednak odnotować z niepokojem, że w elektroenergetyce polskiej spala się nadal najgorsze jakościowo węgle. Jest to obecnie ewenementem w Europie. Cała prawie produkcja energii elektrycznej bazuje na miałach węglowych o małej wartości opałowej rzędu 21,6 GJ/Mg. Miały te spala się w elektrowniach w ilości około 34 mln ton, a w elektrowniach i elektrociepłowniach łącznie w ilości około 42 mln ton. Warto sobie uzmysłowić, że węgle o małej wartości opałowej cechują się zawsze dużą zawartością popiołu oraz z reguły dużą, choć nie zawsze, zawartością siarki całkowitej. Obrazuje to tablica 4, w której przedstawiono strukturę ilościowo-jakościową węgla energetycznego w rozbiciu na poszczególne sortymenty, tj. grube, średnie i miały.

Wynika z niej, że miałów energetycznych niewzbogaconych o zawartości popiołu powyżej 20% jest około 46 mln ton, natomiast miałów o zawartości siarki całkowitej powyżej 1% jest około 16 mln ton. Miałów energetycznych o małej zawartości popiołu, mniejszej niż 15%, jest około 14 mln ton. Są to miały, które stanowią

przedmiot eksportu do krajów zachodnich. Należy podkreślić, że podaż na polski rynek pokazanej ilości mialu surowego o tak niskiej jakości nie wynika z ograniczonych możliwości produkcyjnych kopalń, ale od zapotrzebowania sektora produkcji energii elektrycznej, w którym do dziś jest stosowana dawna technika spalania węgla. Jest to więc przykład na to, że węgiel gorszej jakości wyparł z energetyki zawodowej węgla lepszej jakości.

Tablica 4. Struktura produkcji węgla energetycznego typu 31–33 w 2003 roku

Sortymenty	Zawartość siarki, %	Parametry węgla				
		ilość, Mg	%	Str, %	Ar, %	Q <sub>i</sub> , kJ/kg
Sortymenty grube >25 mm	<= 1,0 > 1,0	6 582 586 39	7,81 0,00	0,61 1,16	6,7 6,7	28 863 27 558
Sortymenty średnie 8–31,5 mm	<= 1,0 > 1,0	3 436 645 187 887	4,08 0,22	0,55 1,16	5,8 6,5	27 972 27 557
Miały energetyczne, Ar <=15%	<= 0,6 >0,6 <= 1,0	4 526 726 7 364 464	5,37 8,74	0,51 0,71	9,0 9,7	27 576 26 121
Miały energetyczne, Ar >15 <=20%	> 1,0 <= 0,6 >0,6 <= 1,0	2 060 911 2 072 898 7 611 664	2,45 2,46 9,03	1,24 0,53 0,70	11,9 16,8 17,9	20 251 24 034 23 054
Miały energetyczne, Ar >20%	> 1,0 <= 0,6 >0,6 <= 1,0 > 1,0	1 176 362 3 124 005 30 825 289 12 843 003	1,40 3,71 36,58 15,24	1,85 0,53 0,78 1,19	16,9 22,4 24,1 21,2	18 533 21 961 21 115 20 436
Niesort		151 341	0,18	0,70	16,2	25 644
Węgiel drobny		301 198	0,36	0,83	9,4	23 321
Przerosty		337 281	0,40	0,75	26,3	20 704
Muły		1 623 122	1,93	0,74	17,7	18 957
Pył		38 900	0,05	0,74	15,1	27 557
Razem		84 264 321	100,00	0,80	18,1	22 892

W kopalniach węgla kamiennego została opanowana produkcja koncentratów mialowych o wysokich parametrach jakościowych, o czym świadczą wyniki uzyskiwane w przypadku węgla koksowych. Mała zawartość popiołu w koncentracie wsadowym, poniżej 8%, oraz duża jego kaloryczność, powyżej 29 GJ/Mg, jest standardem.

Jakość węgla energetycznych natomiast nabywanych przez elektroenergetykę państw UE-15 jest bardzo dobra, ich parametry są następujące:

- wartość opałowa 25–29 GJ/Mg,
- zawartość popiołu 12–15 %,
- zawartość siarki całkowitej < 1%.

Parametry węgla kamiennego znajdującego się w sprzedaży na rynkach zagranicznych przedstawiono w tablicy 5.

Tablica 5. Parametry jakościowe węgla, oferowanych do sprzedaży przez dziesięciu głównych światowych eksporterów według „Coal Week International” (Lorenz U. 2000)

Kraj	Wartość opałowa Q <sub>min</sub> – Q <sub>max</sub> GJ/Mg	Zawartość siarki S <sub>min</sub> – S <sub>max</sub> %	Zawartość popiołu A <sub>min</sub> – A <sub>max</sub> %
Australia	25,0–27,0	0,6–0,8	14–14
Chiny	24,2–25,0	0,8 - 1,0	8–15

Indonezja	20,9–27,0	0,1–0,8	1–8
Kanada	24,2–29,0	0,5–1,0	10–14
Kolumbia	25,4–27,0	0,7–0,8	8–9
Rosja	25,4–27,2	0,4–1,0	13–16
RPA	24,2–25,8	1,0	16–16
USA	19,7–29,0	0,4–2,5	5–15
Wenezuela	28,2–28,2	0,8	7
Polska-eksport „CWI”	25,1–28,5	0,8	8,5–15
Polska – 1999 energetyka zawodowa	18,6–24,2	0,5–1,45	6,5–26

Z tablicy wynika, że w obrocie handlowym znajdują się węgle o wysokich parametrach jakościowych. Potwierdzają to dane amerykańskie (Fiscov, Lyks 2000). Zawartość popiołu w produktach finalnych w 205 amerykańskich zakładach przerobczych jest bardzo mała i kształtuje się w granicach 5–15% (nie powinna przekraczać 15%). Przytoczone powyżej dane charakteryzują produkcję węgla energetycznego i jego jakość, dając wyobrażenie o energetyce, w szczególności, co nas interesuje najbardziej, o elektroenergetyce polskiej – producenta energii elektrycznej, nabywającego paliwo węglowe od górnictwa.

Po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej zgodnie z obowiązującymi w niej wymogami jakościowymi dotyczącymi węgla, szczególnie ważne stało się zagadnienie przeróbki mechanicznej węgla, która kształtuje jakość węgla handlowego.

W Polsce w 39 kopalniach, znajdują się zakłady przerobcze. Przed 2000 rokiem ukończono budowę 11 zakładów wzbogacania miałów węglowych. Łącznie więc jest 30 zakładów przerobczych, które są wyposażone w sekcje wzbogacania miałów. Jak wskazuje praktyka, zdolności przerobowe tych sekcji nie są w pełni wykorzystywane. Są one uruchamiane w zależności od popytu na węgiel. Wspomniane zakłady przerobcze, funkcjonujące poza kopalniami, stanowią znaczący potencjał produkcyjny, a zastosowane w nich technologie zapewniają uzyskiwanie dobrych jakościowo koncentratów węglowych, w tym przede wszystkim koncentratów miałowych dla energetyki. Właściwie doposażone w nowe rozwiązania technologiczno-maszynowe, zakłady przerobcze stanowiłyby efektywne zaplecze produkcyjne dające bardzo dobre jakościowo węgle dla coraz bardziej wymagającego rynku polskiego i europejskiego.

### 3. SKUTKI TECHNICZNE, EKOLOGICZNE I EKONOMICZNE UŻYTKOWANIA WĘGLI O NISKIEJ JAKOŚCI I MOŻLIWOŚCI ICH MINIMALIZACJI

Jak wspomniano w elektroenergetyce są użytkowane węgle kamienne niskiej jakości. Ich wartość opałowa wynosi średnio 21,6 GJ/Mg, a zawartość popiołu 21% i więcej. Zawartość siarki całkowitej kształtuje się w granicach 0,8–1,2%. Oprócz tych cenotwórczych parametrów węgla, zwraca się obecnie coraz częściej uwagę na takie parametry, jak: zawartość chloru, fosforu, alkaliów, skład i właściwości popiołu, jak również na zawartość pierwiastków śladowych: As, Ba, B, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Hg, Pb, Zn, Mo, Se itp. Podczas procesu spalania dostają się one do jego produktów i wywierają negatywny wpływ na środowisko naturalne (Świetlik 2000; Rózkowska 1987; Łuckoś 1995; Skrzypiec, Janusz 1998).

Spalanie węgla niskiej jakości (o relatywnie dużej zawartości popiołu) powoduje wiele negatywnych skutków zarówno w samej energetyce, jak i poza nią (Ziółkowski 1980; Danielewski 1997). W układach młynowych występuje zwiększone zużycie elementów mielących młynów i przewodów pyłowych, zwiększenie ich awaryjności, wzrost zapylenia kotłowni, a także notuje się powstawanie większej ilości popiołu lotnego i żużla. Skutkuje to wzrostem kosztów remontu młynów i przewodów. W kotłach zauważa się większą erozję. W urządzeniach odzuszania i odpopielania występują awarie odzuszaczy, występuje awaryjne wyłączanie elektrofiltrów i wzrost erozji wentylatorów ciągu. Powoduje to zwiększone koszty eksploatacji tych układów w elektrowni, jak i zwiększone nakłady inwestycyjne, związane z infrastrukturą zagospodarowania żużla i popiołu, a w szczególności instalacji odpylających.

Również poza energetyką są odczuwalne skutki użytkowania węgla o niskiej jakości. Występuje zwiększenie kosztów transportu węgla do elektrowni. Szczegółowa analiza poświęcona aspektom spalania niskokalorycznego węgla kamiennego w polskich elektrowniach wykazała opłacalność wzbogacania węgla z korzyścią dla gospodarki narodowej, a przede wszystkim dla energetyki, głównie z powodu obniżonych kosztów wytwarzania energii elektrycznej w samych elektrowniach i obniżenia kosztów transportu węgla koleją z kopalni do elektrowni. Korzyści te wyniosły ponad 10 mld USD – za okres 1970–1993 – według cen obowiązujących na początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku (Danielewski 1997).

Z powodu użytkowania węgla o niskiej jakości, środowisko naturalne ponosi określone straty. Są to straty przede wszystkim z powodu zwiększonej emisji pyłu, siarki i szkodliwych gazów zawierających pyły i pary pierwiastków śladowych, jak również z konieczności składowania i zagospodarowywania stałych produktów procesu spalania. Jakość węgla ma również wpływ na wielkość nakładów inwestycyjnych związanych z budową kotłów energetycznych opalanych węglem kamiennym. Stwierdzenie to nabiera obecnie znaczenia z uwagi na fakt, że energetyka polska staje przed koniecznością wymiany około 11 GW zainstalowanej mocy (Soliński 2004). Logika nakazuje, aby te nowe moce produkcyjne bazowały na instalacjach energetycznych zaprojektowanych na paliwo węglowe o bardzo wysokiej jakości, gdyż nie jest prawdą, że z kiepskiej jakości i taniego węgla jest tania energia elektryczna.

W tablicy 6 przedstawiono parametry jakościowe węgla przed i po wzbogaceniu i wpływ jakości na jego parametry ekologiczne.

Tablica 6. Jakość węgla przed i po procesie wzbogacania

Parametr	Jednostka	Przed wzbogacaniem	Po wzbogacaniu
Masa użytkowanego węgla	mln ton	42,5	36,7
Wartość opalowa	GJ/Mg	21,6	25
Zawartość popiołu	%	20,6	12
Zawartość siarki	%	1	0,65
Masa popiołu w węglu	mln ton	8,8	4,4
Emisja pyłu	g/GJ	162	82
Emisja SO <sub>2</sub>	g/GJ	880	494

Efektom zastosowania głębokiego wzbogacania węgla jest poprawa jego parametrów ekologicznych, zmniejszenie masy spalanego węgla o około 4 mln ton oraz ilości stałych produktów spalania.

Jak już wspomniano, bardzo szkodliwy dla środowiska naturalnego jest chlor w spalinach. Jego zawartość w węglu jest dość zróżnicowana i zmienia się w szerokim zakresie 0,05–0,4%. Chlor ten w formie chlorowodoru oddziałuje szkodliwie na środowisko naturalne oraz na urządzenia energetyczne, w których jest przetwarzany węgiel. Chlor używany jest również jako gaz, będący prekursorem tworzenia dioksyn w procesie spalania węgla (Świetlik 2000). Poprzez określone działania w obiegu wodno-mułowym i w procesie odwadniania węgla, jest możliwość zmniejszenia zawartości tego szkodliwego pierwiastka w węglu. Wstępne próby przemysłowe przeprowadzone w jednym z zakładów przerobczych pozwoliły na redukcję zawartości chloru w węglu o około 0,03–0,06%.

W węglu kamiennym znajduje się także spora liczba pierwiastków, które szkodliwie oddziałują na środowisko naturalne. Ich zawartość w węglu waha się od kilku do kilkudziesięciu gramów na tonę. Są one zawarte w niewielkiej ilości substancji organicznej węgla, głównie jednak gromadzą się w substancji mineralnej zawartej w węglu i mu towarzyszącej. Okolicznością korzystną jest to, że metale ciężkie są związane przede wszystkim z wolną, zewnętrzną substancją mineralną, która może być w 40–60% (a nawet większym) usunięta tradycyjnymi metodami wzbogacania. Przykładowo takie metale, jak Cu, Zn, Cd, Pb są związane w ponad 91% z substancją mineralną, a metale takie, jak Ni, Co związane w 83–88% z tą substancją (Kurczabiński 1995). Ważna jest też forma występowania pierwiastków śladowych w węglu. Pierwiastki takie, jak: As, Cd, Co, Cu, Hg, Mo, Sn, Se, towarzyszą pirytowi i innym związkom siarki, natomiast pierwiastki takie, jak: Cr i F, występują w materiale ilastym. Można więc stwierdzić, że przez zastosowanie metod przerobczych, takich samych, jakie stosuje się do klasycznego już odkamieniania i odsiarczania węgla, można znacząco zmniejszyć zawartość pierwiastków śladowych w węglach energetycznych poddawanych spalaniu i zmniejszyć tym samym ich ilość w popiołach lotnych poddawanych odpyłaniu.

Wzbogacanie węgla jest szczególnie istotne w przypadku występowania rtęci, gdyż metal ten znajduje się w spalinach w postaci par. Zatem wydzielenie jak największej ilości pirytu jest sposobem minimalizacji tego wybitnie toksycznego metalu w spalinach.

Duże znaczenie w ocenie redukcji pierwiastków śladowych ma wartość opałowa paliwa węglowego. Węgiel wzbogacony zawiera mniej pierwiastków śladowych, a ponieważ ma większą wartość opałową, na wyprodukowanie jednostki energii zużywa się go mniej. W ten sposób z mniejszym strumieniem paliwa wprowadzonego do spalania maleje też strumień pierwiastków śladowych.

Podczas spalania węgla następuje emisja CO<sub>2</sub> do atmosfery. W tym przypadku można również spodziewać się zmniejszonych emisji tego gazu do atmosfery wskutek zmniejszenia ilości substancji mineralnej kierowanej do spalania. Większy wpływ na zmniejszenie tej emisji ma wzrost sprawności przemiany energii chemicznej węgla na energię elektryczną, między innymi również na skutek poprawy jakości paliwa.

Zgodnie z literaturą (Couch 2000), spalanie węgla o wysokich parametrach jakościowych powoduje wzrost sprawności przetwarzania o co najmniej 2–3%, a zastosowanie najnowocześniejszych (ultranadkrytycznych) układów energetycznych umożliwia zwiększenie sprawności do 51–53%. Układy takie mogą być drogą dla polskiej energetyki. Warto pamiętać, że wzrost sprawności konwersji energii o 1% powoduje spadek emisji CO<sub>2</sub> o około 3%.

## WNIOSKI

1. Górnictwo polskie charakteryzuje się dużymi zasobami dobrej jakości węgla kamiennego oraz dobrze rozwiniętą, nowoczesną i wydajną infrastrukturą techniczną w zakresie urabiania, eksploatacji i wzbogacania węgla. Pozwala to na zapewnienie odpowiedniej ilości i wysokiej jakości paliwa węglowego do produkcji energii elektrycznej i ciepłej.
2. Istotnym problemem związanym z energetycznym przetwarzaniem paliwa węglowego jest sprostanie coraz bardziej rygorystycznym wymaganiom ekologicznym, dotyczącym emisji do atmosfery pyłu i gazów, w tym dwutlenku węgla powodującego tzw. efekt cieplarniany. Przez poprawę jakości węgla użytkowanego przez elektroenergetykę i stosowanie metod głębokiego wzbogacania, opanowanych i sprawdzonych w polskiej praktyce górniczej, istnieje możliwość znaczącego ograniczenia emisji uciążliwych pyłów zawierających metale śladowe oraz szkodliwych gazów, np. dwutlenku siarki. Zastosowanie zaawansowanych technologii czystego węgla pozwoli natomiast na znaczące zmniejszenie emisji dwutlenku węgla. Praktyka użytkowania węgla kamiennego o dobrych parametrach jakościowych do produkcji energii elektrycznej jest obowiązującym standardem w wysoko rozwiniętych krajach Europy i świata.
3. Potencjał kadrowy, techniczny i organizacyjny górnictwa węgla kamiennego jest w stanie sprostać wymogom ekonomicznym i społecznym związanym z użytkowaniem paliwa węglowego, przy zachowaniu przyjaznych relacji względem środowiska naturalnego.
4. W strukturze produkcji energii elektrycznej w najbliższych latach, wobec małej konkurencyjności energetyki gazowej, nie należy spodziewać się radykalnych zmian. Węgiel kamienny będzie nadal stanowił podstawę gwarancji bezpieczeństwa energetycznego kraju i strategicznego nośnika energii pierwotnej. Dla utrzymania tej wiodącej pozycji przez następne dziesięciolecia należy zintensyfikować prace badawcze nad zaawansowanymi technologiami czystego węgla i racjonalizacją jego wykorzystania z myślą też o przyszłych pokoleniach. Potrzebna jest również rozsądna, odważna i odideologizowana promocja węgla dobrej jakości z korzyścią dla całego sektora paliwowo-energetycznego i gospodarki narodowej.



**Literatura**

1. *World energy, technology and climate policy outlook 2030*. WETO 2003.
2. Dubiński J., Krzystolik P., Roszkowski J., Tajduś A. (2005): *Górnictwo węgla kamiennego w Polsce – analiza stanu i kierunki rozwoju*. Referat wygłoszony na zebraniu Komisji Górniczej PAN, Katowice.
3. *Przyszłość węgla w gospodarce świata i Polski* (2004). Międzynarodowa Konferencja. Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej. Katowice, Górnicza Izba Przemysłowo-Handlowa.
4. Dubiński J. (1997): *Czy polski węgiel będzie potrzebny Europie?* Przegląd Górniczy nr 1.
5. Chroszcz H. (2004): *Przyszłość górnictwa węgla i energetyki w Unii Europejskiej*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Górnictwo z. 261.
6. Olszowski J. (2004): *Węgiel gwarantem bezpieczeństwa energetycznego Unii Europejskiej*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Górnictwo z. 261.
7. Ziółkowski R. (1980): *Raport o negatywnych skutkach pogorszonej jakości węgla kamiennego i zagrożeniu bezpieczeństwa ruchu elektrowni*. Warszawa, Ministerstwo Energetyki i Energii Atomowej.
8. Lorenz U. (2000): *Wpływ jakości węgla na poziom emisji podczas jego spalania*. I Szkoła Inżynierii Mineralnej. Kraków, IGSMiE PAN.
9. Nodzyński R. (1997): *Paliwa stałe w bilansie energetycznym świata, krajów OECD i Polski*. Przegląd Górniczy nr 1 i 3.
10. Kurczabiński L. (1995): *Ekologiczno-ekonomiczne aspekty spalania węgla w funkcji jego parametrów jakościowych*. Przegląd Górniczy nr 4.
11. Danielewski I. (1997): *Ekonomiczne aspekty spalania niskokalorycznego węgla kamiennego w polskich elektrowniach*. VII Konferencja pt. Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej. Zakopane 1997.
12. Kasztelewicz Z. (2004): *Rola węgla brunatnego w gospodarce*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. T. 20 z. 3, 2004 r. Sytuacja energetyczna w Polsce. XRE S.X. 2002, 2003 i 2004.
13. Kicki I., Sobczyk E.I. (2004): *Wystarczalność zasobów węgla kamiennego w kopalniach GZW*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi T. 20.
14. Gabrys H.L. (2005): *Dobry rok, gorsze perspektywy*. Nowy Przemysł. Kwiecień 2005.
15. Kurczabiński L. (1996): *Wymagania odbiorców co do ilości i jakości użytkowanych węgla energetycznych*. Prace Naukowe GIG. Seria Konferencje nr 12.
16. Fiscov S., Lyks J. (2000): *Prep plants population. Reflects Industry*. Coal Age. October 2000.
17. Świetlik U. (2000): *Chlor w węglu – występowanie i zachowanie w procesach chemicznych*. Karbo nr 13.
18. Rózkowska A. (1987): *Zawartość chloru w węglach kamiennych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Kwartalnik Geologiczny T. 31, nr 1.
19. Łuckoś A. (1995): *Emisja związków chloru w procesie spalania węgla w kotłach pyłowych i fluidalnych*. Inżynieria i Aparatura Chemiczna nr 3.
20. Skrzypiec K., Janusz M. (1998): *Chlor w węglu. Studium Podyplomowe. Gospodarka odpadami*. Gliwice, Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki.
21. Soliński I. (2004): *Kluczowe elementy rozwoju światowego i polskiego sektora energii*. Energetyka, wrzesień 2004.
22. Couch G.R. (2000): *Opportunities for coal preparation to lower emission* IEA Coal Research. March 2000.

**Recenzent:** prof. dr hab. Jerzy Sablik