ROLA WĘGLA, ROPY I GAZU ZIEMNEGO W ŚWIATOWYCH I KRAJOWYCH PROGNOZACH ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ

Anna MARZEC

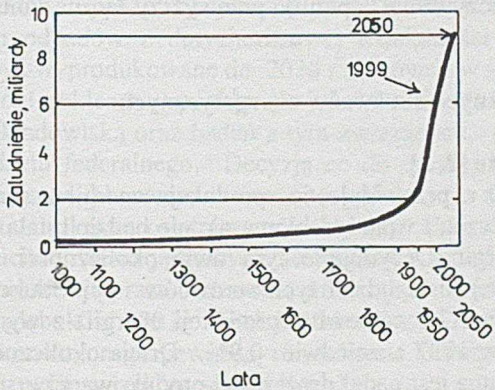
Zakład Karbochemii Polskiej Akademii Nauk
ul. Sowińskiego 5, 44-114 Gliwice

1. Wprowadzenie

Warunki życia na ziemi w okresie najbliższych kilkudziesięciu lat będą zależały od tego w jaki sposób ludzkość upora się z problemami gwałtownego wzrostu zaludnienia, związanym z tym wzrostem zapotrzebowania na energię oraz negatywnym wpływem produkcji energii na środowisko naturalne.

1.1. Prognozy dotyczące zaludnienia [1, 2]

Prognoza ONZ opracowana w 1998 r. przewiduje, że zaludnienie ziemi w 2020 wynosić będzie ok. 7,5 miliarda a w 2050 r. - blisko 9 miliardów. Oznacza to wzrost o ok. 3 miliardy (do 2050 r.) czyli o 50 % w stosunku do obecnego zaludnienia, wynoszącego 6 miliardów. Prognoza uwzględnia zarówno spadek rozrodczości kobiet, obserwowany w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat, jak również wzrost śmiertelności wywołany epidemią HIV-AIDS - szczególnie na terenie Afryki. Obecny eksplozywny wzrost zaludnienia (Rys. 1) stanowi wyzwanie, którego ludzkość nigdy dotąd nie doświadczyła.



Rys.1 Zaludnienie ziemi w latach 1000 - 2050

Największy wzrost zaludnienia (60 % światowego wzrostu) wystąpi na terenie 10 krajów. W roku 2050, krajami o największej liczbie ludności będą (w nawiasach podano zaludnienie w milionach): Indie (1 530), Chiny (1 480), USA (350), Pakistan (346), Indonezja (312), Nigeria (244), Brazylia (244), Bangladesz (213), Etiopia (170) i Republika Kongo (160). Sumaryczne zaludnienie w wymienionych 9 państwach (z wyłączeniem USA) będzie stanowiło 52 % całkowitej liczby mieszkańców ziemi. Łączna liczba mieszkańców Indii i

Chin obecnie stanowi nieco ponad 1/3 globalnego zaludnienia; ta relacja nie ulegnie zmianie w ciągu najbliższych 50 lat. Trzeba podkreślić, że większość z dziewięciu wymienionych państw należy do kategorii słabo rozwiniętych pod względem gospodarczym.

2. Prognozy dotyczące zapotrzebowania na energię [2, 3]

Jak dotąd, wzrost zaludnienia zawsze prowadził do wzrostu zapotrzebowania na energię. Np., w latach 1970 - 1990 globalne zaludnienie wzrosło o 43 % a konsumpcja energii wzrosła o 59 %. Prognoza zapotrzebowania na energię nie może być jednak oparta wyłącznie o prognozy demograficzne. Wzrost tego zapotrzebowania będzie różny w różnych krajach w zależności od ich stopnia rozwoju gospodarczego i obecnego zużycia energii. I tak np., średnie roczne zużycie energii (per capita) w USA i Kanadzie wynosi 317- 319 GJ (G = 10^9) natomiast w Nigerii - 7GJ i Bangladeszu - 3 GJ. W prognozie założono, że w USA szybkość wzrostu zapotrzebowania na energię utrzymana zostanie na dotychczasowym poziomie a w pozostałych dziewięciu krajach zużycie energii w 2050 r. osiągnie poziom 85 GJ. Przy tych założeniach, sumaryczne zapotrzebowanie na energię w 2050 r. dla wymienionych dziesięciu państw wyniesie 395 % w stosunku do energii produkowanej w tych krajach w 1998 r.
Prognoza do 2020 r. - odnosząca się do wszystkich regionów świata - przewiduje, że światowe zużycie energii będzie wyższe o 60 %, w porównaniu z jej produkcją w 1998 r. W związku z tym, iż szybkość wzrostu produkcji energii w krajach wysokorozwiniętych jest mniejsza w porównaniu z szybkością charakteryzującą kraje słabo rozwiniete, już w roku 2010 sumaryczna konsumpcja energii w azjatyckich krajach rozwijających się (ta kategoria nie obejmuje oczywiście Japonii) przewyższy łączną konsumpcję energii USA, Kanady i Japonii.

3. Prognozy zużycia różnych surowców energetycznych

3.1. Surowce odnawialne [2, 3]

Prognoza do 2020 r. przewiduje, iż produkcja energii z surowców odnawialnych (geotermia, energia słoneczna i wiatrów, biomasa) nie będzie miała znaczącego udziału w globalnej produkcji energii. Decydują o tym dwie okoliczności. Do pierwszej należy obecny (dane dla 1997 r.) niski udział tych surowców w produkcji energii. Produkcja energii elektrycznej (ponad 2/3 całkowitej produkcji energii) z wymienionych surowców odnawialnych wynosiła w 1997 r. zaledwie 0,9%. Druga okoliczność wynika z faktu, iż energia z nich produkowana jest nadal droższa od produkowanej z surowców kopalnych w związku z czym budowa takich instalacji wymaga subwencjonowania. W tej sytuacji, Unia Europejska planuje przeznaczenie dotacji w wysokości 11 miliardów USD na budowę elektrowni wiatrowych o docelowej zdolności produkcyjnej 10 GW w 2010 r. Jest to jeden z przykładów wskazujących na to, iż postęp w dziedzinie „czystych" technologii produkcji energii jest w zasadzie realny jedynie w krajach o wysokim stopniu rozwoju gospodarczego. W odróżnieniu od produkcji energii z w/w surowców odnawialnych, hydroelektrownie mają (22 % produkowanej energii elektrycznej w 1997 r.) i mieć będą istotny udział w globalnej produkcji energii. Według prognozy, produkcja energii w oparciu o wszystkie surowce

odnawialne, łącznie z produkcją hydroelektrowni, będzie wzrastać w sposób umiarkowany i osiągnie w 2020 r. 8 % udział w globalnej produkcji energii.

3.2. Energia jądrowa [3, 4, 5]

Przewiduje się, że do 2020 r. udział energii jądrowej w ogólnym bilansie spadnie do poziomu 3 % (w 1995 r. wynosił 6 %). Na taką prognozę wywarło wpływ kilka okoliczności.

W ośmiu z dziewięciu krajów, w których obecnie znaczna część energii elektrycznej jest produkowana w elektrowniach jądrowych, nie planuje się budowy nowych instalacji, które miałyby zastąpić instalacje wyeksploatowane lub zwiększyć potencjał produkcyjny (wyjątek stanowi Japonia). Okazuje się bowiem, że koszty produkcji energii w elektrowniach jądrowych nie mogą konkurować z energią produkowaną w elektrowniach węglowych. Dane dotyczące USA [4] wskazują, że koszty inwestycyjne dla elektrowni jądrowych są zdecydowanie wyższe niż dla elektrowni konwencjonalnych co powoduje, iż mimo niższych kosztów surowca paliwowego, ostateczna cena wyprodukowanej energii jest niekonkurencyjna. Drugą okoliczność wpływająca na koszty produkcji energii stanowi fakt, iż elektrownie jądrowe na ogół nie mogą być eksploatowane w ciągu 40 lat (na taki okres udzielano im licencji) i kończą żywot po 17 do 35 lat z uwagi na wysokie koszty ew. remontów kapitalnych. Jednak najbardziej istotnym czynnikiem, ograniczającym udział energetyki jądrowej w krótkoterminowej (do 2020 r.) prognozie jest fakt, iż dotąd nie widać żadnych realnych perspektyw bezpiecznego składowania odpadów z elektrowni jądrowych. Dowodem to jest historia budowy takiego składowiska w USA [5] w stanie Nevada. Składowisko zlokalizowano na głębokości 300 m, w skałach znajdujących się 300 m powyżej warstw wodonośnych. Trwająca od 15 lat budowa tuneli na ok. 75 tys. ton odpadów (35 tys. ton odpadów z dotychczasowej działalności oraz ok. 40 tys. ton odpadów, które mają być wyprodukowane do 2020 r., zarówno w siłowniach jądrowych jak i podczas produkcji broni nuklearnej) pochłonęła już 5,9 miliarda USD. Przewiduje się, że kontynuacja budowy składowiska oraz badań z tym związanych, pochłonie jeszcze ok. 37 miliardów USD z budżetu federalnego. Decyzja co do dalszej budowy ma być podjęta dopiero w 2001 r. Nie jest wykluczone, że może to być decyzja negatywna, ponieważ na poziomie składowiska odkryto ostatnio radioaktywny chlor-36, który pochodzi z doświadczalnych wybuchów bomb jądrowych, testowanych przed zaledwie ok. 50 laty na pustyni Nevada. Obecnie trwają prace badawcze, zmierzające do wyjaśnienia w jaki sposób chlor-36 przeniknął na głębokość 300 m w tak krótkim czasie. Badania te dadzą odpowiedź na pytanie, czy w ogóle można mieć pewność, iż w okresie kilkuset lat nie nastąpi migracja do otoczenia radioaktywnych związków ze składowiska.

Udział energii jądrowej w światowym bilansie energii w perspektywie, wykraczającej poza 2020 r., może jednak znacznie wzrosnąć. Nastąpiło by to wówczas, gdyby zostały wprowadzone tak wysokie opłaty za emisję dwutlenku węgla, że koszty produkcji energii z paliw kopalnych stałyby się wyższe od kosztów energii jądrowej.

3.3. Kopalne surowce energetyczne [3, 4, 6]

Wzrost produkcji energii (2,3 % rocznie) do roku 2020 opierać się będzie głównie o wzrost zużycia gazu ziemnego, ropy naftowej i węgla. Trzy wymienione surowce dostarczą

ok. 88-89 % energii produkowanej w 2020 r. Należy jednak zaznaczyć, iż według innych źródeł (World Energy Council 1998) udział surowców kopalnych będzie niższy o ok. 10 %.

Najszybciej wzrastać będzie produkcja energii z gazu ziemnego (3,3 % roczny przyrost). Jego transport rurociągami jest stosunkowo prosty pod względem technicznym i bezpieczny (obecnie buduje się na świecie ok. 55 000 km rurociągów gazowych). Sprawność przemiany gazu w energię jest wyższa a stopień zanieczyszczenia spalin znacznie niższy, w porównaniu z ropą i węglem. W roku 2005 produkcja energii z gazu przewyższy produkcję z węgla i do 2020 r przewaga ta będzie nadal wzrastać.

Przewidywane zużycie ropy naftowej w 2020 r. ma być wyższe o 66 % od jej zużycia w 1995 r. W krajach uprzemysłowionych wzrost zapotrzebowania na ropę będzie kreowany przede wszystkim przez sektor transportu, w którym nie przewiduje się żadnej istotnej konkurencji dla paliw naftowych. W krajach rozwijających się zapotrzebowanie na ropę będzie rosło we wszystkich działach gospodarki.

Przewidywane zużycie węgla do 2020 r. wzrośnie do ok. 7,7 miliarda ton. Natomiast udział węgla w produkcji energii w 2020 r. wyniesie 24 %, co oznacza jedynie bardzo nieznaczny spadek w porównaniu z obecnym udziałem, wynoszącym 25 %. Jednakże rola węgla stanie się coraz bardziej ograniczona do produkcji energii elektrycznej (poza energetyką, węgiel będzie nadal stosowany w produkcji stali, cementu i surowców chemicznych). Niemal 90 % wzrostu konsumpcji węgla przypadnie na rozwijające się kraje azjatyckie, głównie na Indie i Chiny. Ponadto, niewielki wzrost zużycia węgla jest przewidywany w Ameryce Północnej i Japonii. Natomiast spadek zużycia wystąpi w krajach Europy Wschodniej i Zachodniej oraz na terenie byłego ZSRR. Należy jednak podkreślić, że zużycie węgla na terenie krajów rozwiniętych może się zmniejszyć (w porównaniu z prognozą) w przypadku wprowadzenia w życie radykalnych ograniczeń emisji dwutlenku węgla.

4. Emisja dwutlenku węgla

Dwutlenek węgla nie jest jedyną szkodliwą substancją emitowaną do atmosfery w wyniku spalania kopalnych surowców energetycznych. Stanowi jednak ponad 95 % wag. wszystkich produktów emisji.

Spalanie gazu, ropy i węgla jest nieodłącznie związane z emisją dwutlenku węgla. Spalenie 1 tony gazu ziemnego prowadzi do emisji ok. 2,7 t CO_2. 1 tona ropy naftowej emituje od 3 do 3,2 t CO_2 (odpowiednio dla rop zawierających od 82 do 87 % wag. C) a 1 tona węgla - od 2,9 do 3,4 t CO_2 (dla węgli zawierających od 80 do 92 % wag. C). W przeliczeniu na jednostkę energii, uzyskiwanej z wymienionych surowców, emisja CO_2 przedstawia się następująco: 56 kg CO_2/GJ z gazu; 74 kg CO_2/GJ z ropy oraz 95 kg CO_2/ GJ z węgla kamiennego. Innymi słowy, produkcja tej samej ilości energii z trzech surowców prowadzi do emisji CO_2 o 70 % wyższej dla węgla i o 32 % wyższej dla ropy, w porównaniu z emisją CO_2 będącą wynikiem spalania gazu.

4.1. Prognoza do 2020 r. [3]

Prognozowany wzrost zużycia surowców do produkcji energii doprowadzi do wzrostu emisji dwutlenku węgla. W 2010 r. globalna emisja dwutlenku osiągnie poziom 30 miliardów t, a w 2020 r - 38 miliardów t, co oznacza wzrost poziomu emisji o 78 %, w

porównaniu z emisją w 1990 r. wynoszącą 21,3 miliarda ton. W tej sytuacji, nasilenie już zaobserwowanego [7] procesu ocieplenia klimatu globu ziemskiego wydaje się nieuchronne.

Opisana prognoza nie uwzględnia możliwości znaczącego obniżenia emisji dwutlenku węgla do 2020 r., poza jedną, która wynika z postępującej obecnie i prognozowanej substytucji węgla przez gaz ziemny w produkcji energii (p. 3.3). Ten proces substytucji nie dotyczy jednak ani Chin ani Indii, w których energia będzie produkowana głównie z węgla.

4.2. Szanse eliminacji lub obniżenia emisji CO_2 w krajach rozwiniętych

Całkowita eliminacja emisji CO_2 mogłaby nastąpić wówczas, gdyby surowce kopalne całkowicie zastąpiono wodorem, produkowanym w rezultacie zastosowania nowych technologii jego produkcji, np. z wody lub biomasy. Stosowane dotąd technologie produkcji wodoru (reforming gazu ziemnego za pomocą pary wodnej lub częściowe utlenienie paliw kopalnych) są nieuchronnie związane z emisją dużych ilości CO_2. Jak można wnioskować na podstawie materiałów sympozjum pt. „Hydrogen Production, Storage and Utilization", które odbyło się w 1999 r. w USA, nowe technologie produkcji wodoru są nadal odległe od skali przemysłowej [8] i na pewno w okresie najbliższych 20 lat nie odegrają żadnej istotnej roli.

Inna propozycja eliminacji lub znacznego obniżenia emisji polega na wydzieleniu CO_2 z gazów spalinowych, a następnie - zmagazynowaniu gazu pod powierzchnią ziemi lub na dnie oceanów. Obie możliwości magazynowania, a w szczególności wpływ CO_2 na żywe organizmy oceanów, są słabo zbadane i jak się wydaje, traktowane przez środowiska naukowe ze sceptycyzmem. Międzynarodowa konferencja zorganizowana na ten temat w maju 1999 r. w Londynie zgromadziła zaledwie 35 uczestników [9a], a w następnym spotkaniu, w Nowym Jorku w październiku 1999 r., uczestników było jeszcze mniej [9b].

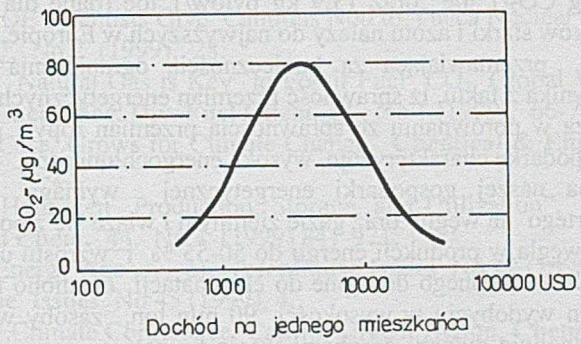
Podejmowane są wysiłki, zmierzające do ograniczenia tempa wzrostu emisji CO_2. W grudniu 1997 r. przedstawiciele ponad 140 krajów uczestniczyli w Kyoto w konferencji ONZ, poświęconej zagadnieniu emisji gazów cieplarnianych (w tym, głównie CO_2) i ich wpływu na zmiany klimatyczne. Na konferencji podjęto uchwałę o konieczności zredukowania tej emisji w krajach uprzemysłowionych do roku 2010 o kilka procent rocznie - liczonych od poziomu emisji, jaka miała miejsce w 1990 r. Szanse realizacji tego postanowienia są conajmniej wątpliwe. Po pierwsze, żaden rząd w krajach uprzemysłowionych nie ratyfikował dotąd (tzn., do listopada 99 r.) postanowień konferencji [3, 10], ponieważ ratyfikacja musiałaby spowodować niezwłoczne, drastyczne ograniczenie produkcji i zużycia energii. W USA twierdzono, że groziło by to załamaniem gospodarczym [7]. Po drugie, postanowienia ograniczenia emisji nie dotyczyły krajów rozwijających się, z których po 2010 r. będzie pochodziła większość emitowanego dwutlenku [3]. Na następnej konferencji (w Bonn, na przełomie pazdziernika i listopada 1999) stwierdzono, że konieczne jest przyspieszenie realizacji redukcji emisji a ratyfikacja powinna być dokonana przez conajmniej 55 państw, w których łączna emisja gazów cieplarnianych stanowi 55 % emisji globalnej [10].

Możliwość obniżenia emisji dwutlenku poprzez jego wydzielanie z gazów spalinowych i przemysłowe wykorzystanie jest obecnie przedmiotem intensywnych badań w USA. Projekt, znany pod nazwą Carnol, składa się z szeregu operacji technologicznych [6]. CO_2 zostaje wydzielony z gazów spalinowych elektrowni lub ciepłowni a następnie - kierowany do reaktora syntezy metanolu. Drugim reagentem, wprowadzanym do reaktora jest wodór, otrzymywany z metanu na drodze przemiany gazu ziemnego. Metanol ma być wykorzystywany jako paliwo w transporcie samochodowym. Redukcja emisji CO_2 wynika także z faktu, iż pierwiastek C wydzielony w czasie przemiany gazu ziemnego nie podlega spaleniu lecz ma być magazynowany i wykorzystywany w postaci stałej. Realizacja procesu Carnol może doprowadzić w USA do obniżenia emisji CO_2 o 45 - 60%. Umożliwiłaby ona ponadto zachowanie przemysłu wydobycia węgla w skali niezbędnej dla produkcji energii elektrycznej oraz zachowanie infrastruktury zaopatrywania transportu samochodowego w paliwa ciekłe. Dalsze korzyści, to eliminacja kontrowersyjnych i kosztownych projektów składowania CO_2 na dnie oceanów lub pod powierzchnią ziemi oraz rozbudowy energetyki jądrowej.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że nie ma dotąd żadnego, gotowego do przemysłowego wdrożenia, procesu całkowitej eliminacji emisji CO_2 lub choćby procesu znacznego obniżenia tej emisji. W krajach rozwiniętych są natomiast już stosowane sposoby umiarkowanego obniżenia emisji CO_2, polegające na postępującej substytucji węgla przez gaz ziemny oraz na poprawie efektywności zużywania energii. Nie zmieni to jednak prognozowanej emisji tego gazu (p. 4.1), ponieważ ta korzystna tendencja została w niej już uwzględniona.

4. 3. Możliwości ograniczenia emisji substancji szkodliwych w wyniku spalania węgla w krajach rozwijających się

S.S. Kuznetz (laureat nagrody Nobla w dziedzinie ekonomii) i jego współpracownicy stwierdzili na terenie krajów rozwiniętych występowanie zależności pomiędzy emisją tlenków siarki i pyłów z jednej strony a rocznym dochodem brutto, przypadającym na jednego mieszkańca danego kraju [2] . W licznych krajach objętych ich studiami, w początkowym okresie rozwoju ekonomicznego, poziom emisji wzrastał wraz ze wzrostem dochodu (GDP/capita), aż do osiągnięcia pewnego dostatecznie wysokiego dochodu, przypadającego na jednego mieszkańca (rys. 2). Spadek emisji następował dopiero po przekroczeniu tego „progowego" dochodu, a tendencja spadkowa utrzymywała się wraz z dalszym rozwojem ekonomicznym. Wysokość owego progowego dochodu jest różna w zależności od rodzaju emitowanej substancji, co wynika oczywiście z różnych kosztów wdrożenia i realizacji technologii zapobiegania emisji. Najniższa z nich, tzn. dla emisji SO_2 wynosi ok. 4 000 USD/capita. Powstaje zatem pytanie, na które trudno znaleźć odpowiedź: jak wiele lat trzeba czekać aby w krajach rozwijających się, o obecnych dochodach rzędu kilkuset USD/capita i wysokim tempie wzrostu zaludnienia, rozwój gospodarczy umożliwił wdrożenie znanych (w krajach rozwiniętych) technologii oczyszczania spalin?



Rys.2 Stężenie SO_2 w powietrzu oraz dochód narodowy brutto przypadający na jednego mieszkańca (GDP/capita) w krajach rozwiniętych.

Jakie są szanse szybkiego wdrożenia w krajach rozwijających się technologii eliminacji/obniżenia emisji CO_2 (niewątpliwie będą one znacznie droższe od procesów usuwania SO_2 i pyłów ze spalin) po ich ewentualnym wdrożeniu w krajach rozwiniętych?

5. Sytuacja energetyczna Polski [11, 12]

W Polsce, po roku 1989 opracowano dwie oficjalne prognozy zużycia energii do 2010 r., jedna z nich została opracowana przez Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN oraz Zakład Problemów Energetyki PAN i stała się prognozą rządową (1992 r.); drugą opracował Komitet Problemów Energetyki PAN (1994 r.). Jednakże szybko postępujące zmiany gospodarcze spowodowały, iż obie prognozy nie są już aktualne i zachodzi potrzeba opracowania nowej prognozy, co najmniej do 2020 r.
Można przypuszczać, że w okresie ok. 20 lat nie będzie potrzeby dużego wzrostu poziomu produkcji energii, ponieważ w kraju istnieją znaczne rezerwy energii, tkwiące w wysokiej energochłonności gospodarki. Energochłonność (mierzona w toe/1000 USD GDP) w Polsce w roku 1997 była ok. dwukrotnie wyższa niż w krajach europejskich (Niemcy, Anglia, Szwecja) o podobnym klimacie.

W Polsce, w 1998 r. energia produkowana była w 69 % z węgla, w 19,8 % z ropy naftowej oraz w 10 % z gazu ziemnego . Te proporcje są całkowicie różne od tych, jakie występują w innych krajach Europy. Tylko Czechy zużywają jeszcze stosunkowo znaczną ilość węgla: udział węgla w produkcji energii - 55 %, ropy - 18 %, gazu - 18 %. Drugim z kolei państwem europejskim o największym udziale węgla w produkcji energii są Niemcy: węgiel - 25,5 %, ropa - 40 %, gaz - 21 %. Struktura zużycia surowców energetycznych w Polsce jest oczywiście niekorzystna, głównie z uwagi na znaczne zanieczyszczenie powietrza, wody i gleby, powodowane zarówno przez przemysł wydobywczy jak i przemysłowe spalanie węgla.

Podpisane przez Polskę porozumienia międzynarodowe [13] oraz starania o przyjęcie do Unii Europejskiej, zobowiązują do ograniczenia zanieczyszczenia atmosfery. Nie jest to przesadne wymaganie, jeśli wziąć pod uwagę, iż w kraju emisja CO_2 i pyłów, przypadająca na 1 t paliwa umownego (toe) była najwyższa w porównaniu z innymi krajami europejskimi

i wynosiła: 3490 kg CO_2/1 toe oraz 13,9 kg pyłów/1 toe (dane dla 1995 r.). Ponadto, krajowa emisja tlenków siarki i azotu należy do najwyższych w Europie.
Druga okoliczność przemawiająca za koniecznością ograniczenia zużycia węgla w produkcji energii wynika z faktu, iż sprawność przemian energetycznych opartych o paliwo węglowe jest niższa w porównaniu ze sprawnością przemian ropy i gazu. Z tego m.in., powodu, polską gospodarkę charakteryzuje wysoka energochłonność.

Racjonalizacja naszej gospodarki energetycznej wymaga budowy systemu energetycznego opartego na węglu oraz gazie ziemnym i wiąże się z potrzebą ograniczenia do 2015 r. udziału węgla w produkcji energii do 50-55 % i wzrostu udziału gazu do ok. 20 %. Zasoby węgla kamiennego dostępne do eksploatacji oceniono na ok. 5,5 mld ton. Przy średniorocznym wydobyciu w wysokości 90 mln ton, zasoby wystarczą na 55 lat. Ponadto, Polska dysponuje dużymi zasobami węgla brunatnego, ocenianymi na 7 do 10 mld ton. Zasoby węgla stanowią, jak dotąd, jedyną realną szansę - choćby częściowego - zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju. Realizacja modelu energetycznego węgiel-gaz wiąże się z szeregiem trudności i dylematów. Wobec braku własnych, znaczących zasobów gazu oraz nikłej nadziei na odkrycie dużych złóż gazu (podobnie zresztą jak i złóż ropy naftowej), należało by znacznie zwiększyć import gazu. Dotychczsowe starania o zabezpieczenie stałych dostaw importowanego gazu z różnych kierunków (taka dywersyfikacja jest konieczna z uwagi na bezpieczeństwo energetyczne kraju) nie przyniosły rezultatu poza nadziejami, związanymi z trwającą budową gazociągu Yamal - Europa Zachodnia. Druga trudność wynika z pogłębiającego się deficytu w handlu zagranicznym Polski. Następny problem to wysokie koszty społeczne, związane z ograniczeniem zatrudnienia w górnictwie węglowym.

6. Wnioski

W świetle przytoczonych prognoz do 2020 r. , nieuchronny wzrost poziomu produkcji energii w skali świata doprowadzi do wzrostu emisji dwutlenku węgla do atmosfery i intensyfikacji zmian klimatycznych. W tej sytuacji, polityka energetyczna w każdym państwie winna zapewnić realizację programów zwiększenia efektywności produkcji i użytkowania energii w celu hamowania wzrostu emisji dwutlenku węgla.

W Polsce, oparcie krajowej produkcji energii o węgiel i gaz ziemny oraz realizacja projektów ograniczenia energochłonności krajowej gospodarki, byłaby zgodna zarówno z ogólnonarodowym interesem jak i z naczelnym, w skali świata, imperatywem obniżenia emisji dwutlenku węgla.

7. Literatura

[1] United Nations 1998 Revision of the World Population Estimates and Projections. adres intern.: **http://www.popin.org/pop 1998/1.htm**
[2] Gluskoter, H. Increase in Fossil Fuel Utilization in the Twenty-First Century. **Prepr. Am. Chem. Soc. Div. Fuel Chem.** 44, No 1 (1999), 36-41.
[3] Doman, L.E. World Energy Projections from the International Energy Outlook 1998. **Prepr. Am. Chem. Soc. Div. Fuel Chem.** 44 , No 1 (1999), 42-46.
[4] Eynon, R.T. The Role of Nuclear Power in US Energy Supply. **Prepr. Am. Chem. Soc. Div. Fuel Chem.** 44 , No 1 (1999), 71-75.

[5] Johnson, J. DOE Scientists Give Cautious Nod to Yucca Nuclear Dumpsite. **Chem. & Eng. News** 77, No 2 (1999), 28.
[6] Steinberg, M. Natural Gas is Key to Fossil Fuel CO_2 Global Warming Mitigation. **Prepr. Am. Chem. Soc. Div. Fuel Chem.** 44 , No 1 (1999), 66-70.
[7] Hileman, B. Case Grows for Climate Change. **Chemical & Engineering News** 77, No 32 (1999), 16-23.
[8] Symposium „Hydrogen Production, Storage, and Utilization". **Prepr. Am. Chem. Soc. Div. Fuel Chem.** 44, No 4 (1999) 841-971.
[9] International Energy Agency. a) **Greenhouse Issues** No 42 (1999), 1-6.
b) **Greenhouse Issues** No 45 (1999), 4.
[10] Hileman, B. Climate Conference: Call for Urgent Action. **Chem. & Eng. News** 77 , No 44 (1999), 9.
[11] Ney, R. Uwarunkowania i dylematy polskiej polityki energetycznej. **Polityka energetyczna** (wyd. PAN) 1, No 1-2 (1998), 7-27.
[12] Ney, R. Gaz ziemny w polskiej energetyce (perspektywy i warunki). **Gaz, woda i technika sanitarna** nr 12 (1999), 440-448.
[13] Internet: **http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo**