Górnictwo i Geoinżynieria • Rok 35 • Zeszyt 3 • 2011

*Antoni Tajduś**, *Piotr Czaja**, *Zbigniew Kasztelewicz**

ROLA WĘGLA W ENERGETYCE I STRATEGIA POLSKIEGO GÓRNICTWA WĘGLA BRUNATNEGO W I POŁOWIE XXI WIEKU**

1. Prognoza wykorzystania węgla w światowej gospodarce

Udział węgla kamiennego i brunatnego w światowych rezerwach surowców energetycznych wynosi 64%, ropy naftowej 18% i gazu ziemnego 18%. Z powyższego zestawienia wynika, że węgiel jest największym nośnikiem energii pierwotnej i elektrycznej na świecie.

1.1. Światowe wydobycie surowców energetycznych

W tabeli 1 przedstawiono światowe wydobycie surowców energetycznych na przestrzeni prawie 150 lat. Z tabeli widać wyraźny wzrost wydobycia wszystkich surowców energetycznych po 1950 roku.

Tabela 2 przedstawia światowe wydobycie węgla kamiennego w 2000 i 2009 roku. Z prezentowanych danych wynika, że jedynym krajem na świecie który posiada znaczne zasoby węgla kamiennego i obniża wydobycie jest nasz kraj. W porównaniu do 2000 roku Polska obniżyła o 24%, a cały świat zwiększył wydobycie o 68%. Obecnie na świecie wydobywa się ponad 6 mld ton „czarnego złota". Liderem są Chiny, które wydobywają ponad 2,9 mld ton. W okresie ostatnich 9 lat zwiększono wydobycie w tym kraju o prawie 250%.

Natomiast w tabeli 3 omówiono wydobycie węgla brunatnego na świecie. Z przedstawionego rankingu państw wydobywających węgiel brunatny Polska (dane za 2009 rok) zajmuje 8 miejsce za Niemcami, Chinami, Turcją, Rosją, Stanami Zjednoczonymi, Australią i Grecją. Jednocześnie ze swoim prawie 35% udziałem węgla brunatnego w produkcji energii elektrycznej zajmujemy jeszcze wyższą szóstą pozycję w świecie.

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

** Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008–2011 jako projekt badawczy

TABELA 1

Światowe wydobycie surowców energetycznych 1860–2005 [22]

Lata	Węgiel kamienny, mln ton	Węgiel brunatny, mln ton	Ropa naftowa, mln ton	Gaz ziemny, mld m^3
1860	132	6	0,07	–
1913	1 216	127	54	–
1937	1 310	233	279	80
1950	1 435	419	520	185
1960	1 991	692	1 052	449
1970	2 208	855	3 270	1 040
1980	2 810	879	2 979	1 500
1990	3 556	1 150	3 002	1 993
2000	3 639	889	3 560	2 538
2005	4 973	905	3 923	2 871

TABELA 2

Wydobycie węgla kamiennego na świecie — dane za 2009 rok [16]

Kraj	Rok 2000, mln ton	Rok 2009, mln ton	Dynamika 2009/2000, %
Polska	102	78	76
RPA	225	250	111
Chiny	1 171	2 910	249
Australia	238	344	146
Indie	310	532	172
Rosja	169	330	195
USA	899	983	104
Świat ogółem	3 639	6 100	168

Na podstawie danych zawartych w tabeli 3 można zauważyć, że więcej od naszego kraju wydobywają kraje, w których turystyka jest na światowym poziomie. W Turcji czy Grecji odkrywkowa eksploatacja węgla brunatnego nie przeszkadza w rozwijaniu tej gałęzi gospodarki. W Turcji procentowy udział energii elektrycznej produkowanej z węgla brunatnego (ok. 33%) jest podobny jak w naszym kraju, a w Grecji wynosi blisko 60%. Liderem w wydobyciu węgla brunatnego są Niemcy. Wydobycie jest trzy razy większe niż w Polsce i wynosi około 180 mln ton.

TABELA 3

Wydobycie węgla brunatnego i udział procentowy energii elektrycznej wyprodukowanej na bazie tego węgla w niektórych krajach w 2008 roku [16]

Kraj (Rok)	Wydobycie, mln Mg	Udział w krajowej produkcji energii elektrycznej, %
Niemcy (2008)	175,3	23,5
Chiny (2007)	110,0	4,0
Turcja (2008)	79,6	33,0
Rosja (2007)	79,0	7,0
USA (2007)	71,2	2,0
Australia (2001)	66,0	27,0
Grecja (2008)	65,6	59,2
Polska (2009)	57,8	34,5
Czechy (2008)	47,5	69,0
Kanada	36,0	10,0
Serbia i Czarnogóra	35,6	68,6
Rumunia (2008)	35,6	36,7
Indie (2007)	32,8	4,0
Bułgaria (2008)	26,1,	35,8
Tajlandia (2001r.)	17,9	17,0
Węgry (2008)	9,4	24,7
Ogółem świat (2008)	951,0	

Węgiel brunatny w wytwarzaniu energii elektrycznej stanowi w Niemczech ponad 23%. Strategia krajów, w których obecnie prowadzone jest wydobycie węgla brunatnego nastawiona jest na utrzymanie lub powiększenie obecnego stanu. W Niemczech plany rządowe przewidują wydobywanie węgla brunatnego na poziomie 180 mln ton przez najbliższe 50 lat. W Zagłębiu Reńskim wydobyciu 100 mln ton rocznie nie przeszkadza nawet sąsiedztwo ponad dwumilionowego miasta — Kolonii.

Dziś kraje wysoko rozwinięte z producentów zmieniły się w największych importerów surowców energetycznych, co niestety może negatywnie wpłynąć na ich stabilną sytuację ekonomiczną. Tym bardziej widać zwiększającą się rolę rodzimych surowców energetycznych, mogących z powodzeniem zastąpić dotychczasowe dostawy ropy i gazu dla krajów wysoko rozwiniętych.

2. Prognozy zapotrzebowania na energię elektryczną

Dla rozwoju świata niezwykle ważna jest odpowiedź na pytanie: jakie będzie zużycie energii w świecie i poszczególnych krajach za kilkanaście, kilkadziesiąt lat? Różne instytucje między innymi: Międzynarodowa Agencja Energii (IEA), Światowa Rada Energetyczna (WEC), Komisja Europejska, Międzynarodowy Instytut Badań Systemowych (IIASA), Departament Energii USA (DOE) oraz przedsiębiorstwa prowadzące międzynarodową działalność (BP, Shell itp.) dokonują co pewien czas prognozy zużycia energii w świecie. Opracowanie wiarygodnej prognozy zużycia energii pierwotnej jest niezwykle skomplikowanym zadaniem, bowiem na tę prognozę ma wpływ szereg czynników trudnych do oszacowania, między innymi: prognoza rozwoju gospodarczego świata, wzrost ludności, zmiany klimatyczne itp.

2.1. Prognozy zapotrzebowania na energię elektryczną na świecie

Autorzy artykułu opierają się na prognozach i scenariuszach zapotrzebowania na energię pierwotną i energię elektryczną na świecie opracowaną przez Międzynarodową Agencję Energii w prezentowanym wydaniu z 2009 r. World Energy Outlook (WEO-2009). Powyższe opracowanie opiera się na materiałach źródłowych Światowej Rady Energetycznej, Organizacji Narodów Zjednoczonych, Międzynarodowej Agencji Energii oraz Unii Europejskiej. Materiał powyższy upublicznił Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej w monografii pt. „Światowy i polski sektor energii: historia, teraźniejszość, prognoza do 2030 roku" z 2010 roku [22, 23].

W okresie 1971–2006 pozycja węgla jako paliwa do produkcji energii elektrycznej się umocniła i obecnie stanowi 41%. Pozostałe stanowią: ropa naftowa — 5,8%, gaz — 20,1%, energia jądrowa — 14,8%, woda — 16% i OZE — 2,3%. Ten stan dobitnie eliminuje doniesienia niektórych ekspertów o słabnącej roli węgla jako strategicznego paliwa dla produkcji energii elektrycznej na świecie.

Prognoza Międzynarodowej Agencji Energii z 2009 roku przedstawia dwa scenariusze rozwoju światowego sektora energii do 2030 roku:

1) Scenariusz Referencyjny, (wzrost zużycia węgla dla energetyki do ok. 44,5% w 2030 r.),
2) Scenariusz 450, (zmniejszenie zużycia węgla dla energetyki do ok. 24,2% w 2030 r.).

W tabeli 4 przedstawiono główne wielkości i wskaźniki rozwoju światowego sektora energii do 2030 — Scenariusz Referencyjny i Scenariusz 450. Omówiono wzrost ludności, zapotrzebowanie energii pierwotnej, produkcję energii elektrycznej, ceny paliw oraz emisja CO_2 ogółem i w podziale na główne grupy które wydzielają CO_2.

Na podstawie tabeli 4 można zauważyć, że elektroenergetyka emituje obecnie 41% CO_2. Według prognozy przedstawionej w scenariuszu referencyjnym dla roku 2030 udział ten wzrośnie jedynie nieznacznie. Natomiast w scenariuszu 450 udział tego sektora gwałtownie maleje w związku z ograniczeniem ilości paliw kopalnych do produkcji energii elektrycznej.

TABELA 4

Główne wielkości i wskaźniki rozwoju światowego sektora energii do 2030 — Scenariusz Referencyjny i Scenariusz 450 [22]

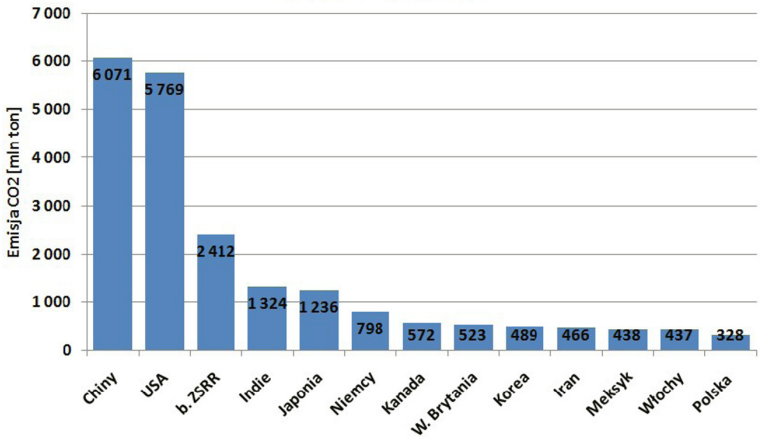
Wyszczególnienie	2007	2030	
		Scenariusz Referencyjny	Scenariusz 450
1. Ludność, mld	**6 614**	**8 236**	**8 236**
2. Zapotrzebowanie energii pierwotnej, Mtoe	**12 013**	**16 790**	**14 389**
w tym:			
• węgiel	3 184	4 887	2 614
• paliwa ciekłe	4 093	5 009	4 614
• gaz	2 512	3 561	2 941
• energia jądrowa	709	956	1 426
• OZE	1 515	2 376	3 159
3. Produkcja energii elektrycznej, TWh	**19 756**	**34 292**	**29 939**
w tym:			
• węgiel	8 216	15 259	7 260
• paliwa ciekłe	1 117	665	459
• gaz	4 126	7 058	5 668
• energia jądrowa	2 719	3 667	5 470
• OZE	3 578	7 632	11 062
5. Emisja CO_2 ogółem, Gt	**28,8**	**40,2**	**26,4**
udział, %:			
• elektroenergetyka	41	44	32
• transport	23	23	29
• przemysł	17	15	17
• budynki	10	8	10
• pozostałe	10	9	11

Z analizy danych emisji CO_2 na świecie (rys. 1) wynika jednoznaczny fakt, że zdecydowanymi liderami emisji tego gazu są Chiny i USA. Jeżeli te kraje nie podpiszą następnej Deklaracji na nowej Konferencji Klimatycznej o ograniczeniu emisji CO_2, to jednostronne ograniczenia w EU czy w Polsce nie dadzą pożądanego efektu.

Realność Scenariuszy

Autorzy Scenariuszy mieli nadzieję na zatwierdzenie Scenariusza 450 na Konferencji Klimatycznej w Kopenhadze w grudniu 2009 — wynik konferencji jest znany i z dużym prawdopodobieństwem będzie realizowany Scenariusz Referencyjny.

Cytat: W świetle fiaska Konferencji COP 15 w Kopenhadze czy Cancum i małej realności porozumienia wszystkich krajów odnośnie działań dla ograniczenia wzrostu emisji i koncentracji CO_2 — możliwość realizacji Scenariusza 450 jest dyskusyjna.



Rys. 1. Emisja CO_2 w 2007 roku — główni emitenci [22]

Wnioskiem końcowym z analizy prognozy zapotrzebowania na energię pierwotną i energię elektryczną na świecie w okresie do 2030 roku jest fakt, że Scenariusz Referencyjny jest najbardziej realnym Scenariuszem do zrealizowania w badanym okresie — czyli światowa energetyka będzie dalej opierać się na węglu. Dane zawarte w tym rozdziale pokazują realny stan światowej energetyki na następny okres 20 lat. Energetyka węglowa będzie miała zdecydowany priorytet w tym okresie. Obraz ten jest zdecydowanie inny niż podawany w naszym kraju — świat w dalszym ciągu będzie powszechnie wykorzystywał węgiel do produkcji energii elektrycznej.

2.2. Bezpieczeństwo energetyczne Polski

2.2.1. Dotychczasowy bilans energetyczny Polski

Polska energetyka jest oparta prawie w 95% na własnych surowcach energetycznych. Ten fakt tak odmienny od innych krajów EU czyni, że bezpieczeństwo energetyczne jest naszego kraju uniezależnione od importowanych surowców energetycznych. Polska posiada zainstalowaną moc w elektrowniach o wielkości ponad 35 800 MW. Rozwój naszej bazy

technicznej elektroenergetyki polskiej przedstawiono w tabeli 5. Zauważa się zastój w budowie nowych mocy w elektrowniach od 20 lat. W ostatnim okresie wybudowano tylko dwa nowe bloki energetyczne w Elektrowni Pątnów II i Łagisza o mocy 460 MW. Są to bloki o sprawności netto 41,5%. Należy zaznaczyć, że sprawność pozostałych bloków jest niska i mieści się w przedziale 28 do 38%.

TABELA 5

Rozwój bazy technicznej elektroenergetyki polskiej 1950–2008 [22]

Wyszczególnienie	1950	1970	1990	2000	2008
Moc zainstalowana, GW	2,7	13,9	32,0	34,5	35,8
— elektrownie cieplne zawodowej	1,4	10,9	26,8	29,8	31,1
— elektronie wodne	0,2	0,8	2,0	2,1	2,3
— elektrownie przemysłowe	1,1	2,2	3,2	2,6	2,4
Maksymalne roczne zapotrzebowanie mocy, GW	1,7	10,7	23,4	22,3	25,1
Długość linii elektrycznych, tys. km					
— najwyższe napięcia (750-220 kV)	0,1	5,8	12,3	12,9	13,2
—wysokie napięcia (110 kV)	2,3	17,2	30,5	32,3	32,5
— średnie napięcia	57,5	153,4	259,3	278,1	300,5
— niskie napięcia	59,8	227,5	355,2	389,8	423,9

W 2009 roku struktura produkcji energii elektrycznej w Polsce przedstawiała się następująco:

— Elektrownie na węgiel kamienny — 43,12%;
— Elektrownie na węgiel brunatny — 33,59%;
— Elektrociepłownie zawodowe — 14,31%;
— Elektrownie niezależne cieplne — 3,86%;
— Elektrociepłownie niezależne cieplne — 1,80%;
— Elektrownie wodne — 1,99%;
— OZE — 1,33%.

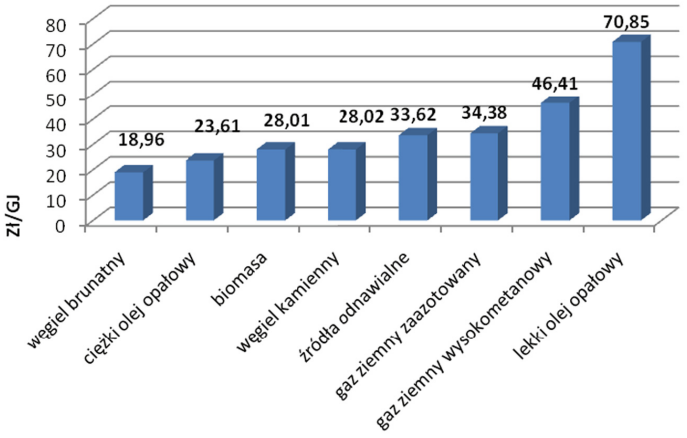
Natomiast struktura zużycia paliw podstawowych w 2009 roku w elektroenergetyce zawodowej przedstawiała się następująco;

— Węgiel kamienny — 59,37%;
— Węgiel brunatny — 34,34%;
— Biogaz i biomasa — 3,23%;
— Gaz — 3,06%.

Produkcja z OZE stanowiła w 2009 roku 5,7%. Moc zainstalowana w energetyce wiatrowej wynosił obecnie (IV kw. 2010 r.) około 1000 MW. W tabeli 6 przedstawiono średnie ceny sprzedaży energii elektrycznej w 2008 i 2009 roku. Natomiast na rysunku 2 pokazano średnie ceny ciepła uzyskane z różnych paliw.

TABELA 6
Średnie ceny sprzedaży energii elektrycznej w 2008 i 2009 roku [4]

Średnie ceny sprzedaży energii elektrycznej, zł/1 MWh	2008	2009
W elektrowniach zawodowych na węgiel brunatny	148,59	184,59
W elektrowniach zawodowych na węgiel kamienny	170,28	205,38
W elektrowniach na wiatr	–	430,21



Rys. 2. Średnia cena ciepła (bez kosztów przesyłu) według Urząd Regulacji Energetyki za 2009 rok [16]

Powyższe dane pokazują wyraźną dominację węgla jako paliwa — tak pod względem ilości, jak i konkurencyjności ekonomicznej w polskiej elektroenergetyce i ciepłownictwie w ostatnim okresie.

2.2.2. Węgiel a bezpieczeństwo energetyczne Polski

Prognozy różnych ośrodków decyzyjnych i badawczych w naszym kraju w latach 2005–2010 zakładały wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną Polski od 40 do 120% do 2030 roku. Kolejne wersje Polityki Energetycznej w tym okresie różniły się w swoich przewidywaniach o ponad 100%.

Jedne z ostatnio podawanych prognoz, obarczone wpływem kryzysu finansowo-gospodarczego kontynuują obniżanie przyszłego zapotrzebowania na energię. Zdaniem autorów podejście takie jest nieuzasadnione, ponieważ wpływ kryzysu nie będzie miał wpływu na długoterminowy rozwój gospodarczy kraju, a tym samym na zużycie energii elektrycznej. Polityka Energetyczna z 2009 roku opiera rozwój produkcji energii elektrycznej na OZE, gazie i energetyce jądrowej. Spada udział procentowy węgla kamiennego, a udział ilościowy ulega zmniejszeniu tylko nieznacznie. Prawdopodobnie polskie górnictwo węgla kamiennego nie zapewni tej ilości węgla kamiennego i wówczas konieczny będzie znaczny import tego paliwa. Według analizy możliwości zaspakajania potrzeb surowcowych i energetycznych Polski do 2030 roku należy stwierdzić, że jedynie energia z węgla brunatnego nie wymaga importu tego paliwa czy dotacji finansowych. Natomiast część energii odnawialnej jest dotowana. Dotacja do energii z wiatru, słońca, geotermii czy biogazu będzie obowiązywała tylko do pewnego okresu. Bez dotacji energia z tych nośników byłaby nieopłacalna. Widać to na przykładzie Niemiec czy Czech, gdzie rozważa się obecnie obniżenie dotacji do energii odnawialnej, co może być przyczyną do zmiany polityki energetycznej tego kraju.

TABELA 7

Całkowity koszt produkcji energii elektrycznej po roku 2020 z kosztami praw do emisji CO_2 według prof. Mielczarskiego [18]

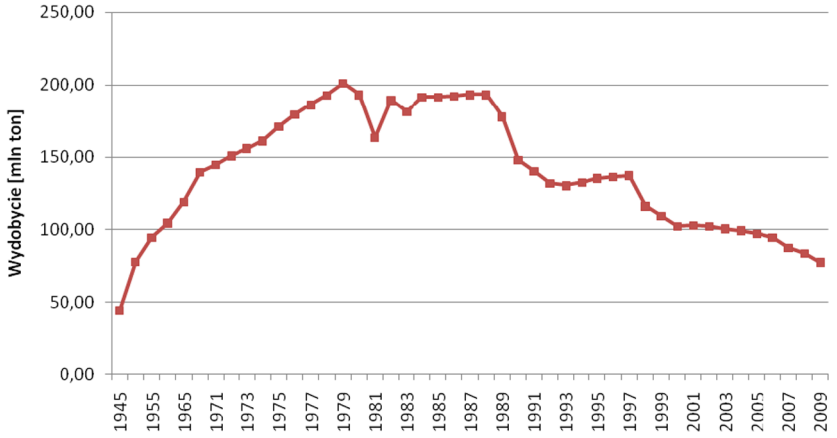
Rodzaj paliwa w elektrowni	Koszt produkcji energii elektrycznej, zł/MWh
Elektrownie atomowe	powyżej 500 zł (550–690 zł)
Elektrownie korzystających ze źródeł odnawialnych	powyżej 400 zł
Elektrownie na gaz	370 zł (w tym koszt praw do emisji CO_2 — 87 zł)
Elektrownie na węgiel kamienny	375 zł (w tym koszt praw do emisji CO_2 — 139 zł)
Elektrownie na węgiel brunatny	365 zł (w tym koszt praw do emisji CO_2 — 165 zł)

Z przedstawionej powyżej tabeli 7 wynika, że — wbrew obiegowym opiniom — koszt produkcji energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych będzie wysoki i wyniesie ponad 500 zł za 1 MWh — decydującą pozycją w tych kosztach będzie koszt kapitału, ponieważ według różnych danych, nakłady inwestycyjne na 1 MW energii atomowej są ponad dwukrotnie większe od nakładów na energetykę węglową. Natomiast w elektrowniach korzystających ze źródeł odnawialnych (OZE) ponad 400 zł za 1 MWh, w elektrowniach węglowych i gazowych licząc z opłatami z tytułu emisji CO_2 ponad 370 zł za 1 MWh. We wszystkich przypadkach założono zaciągnięcie 20 letniego kredytu i opłaty za emisję CO_2 w wysokości 30 euro za tonę.

2.3. Możliwości wydobycia węgla kamiennego w I połowie XXI wieku w Polsce

Największe wydobycie węgla kamiennego występowało na początku lat 80. XX wieku i wynosiło ponad 195 mln ton. Natomiast od początku lat 90. XX wieku rozpoczął się proces zamykania kopalń i zdecydowanego obniżania wydobycia tego surowca w Polsce.

W 2000 roku wynosiło około 100 mln ton, czyli w okresie 10 lat obniżono wydobycie o blisko 50 mln ton. Tendencja ta w dalszym ciągu się utrzymuje — w 2009 roku wydobycie wynosiło już tylko 77,4 mln ton (rys. 3).



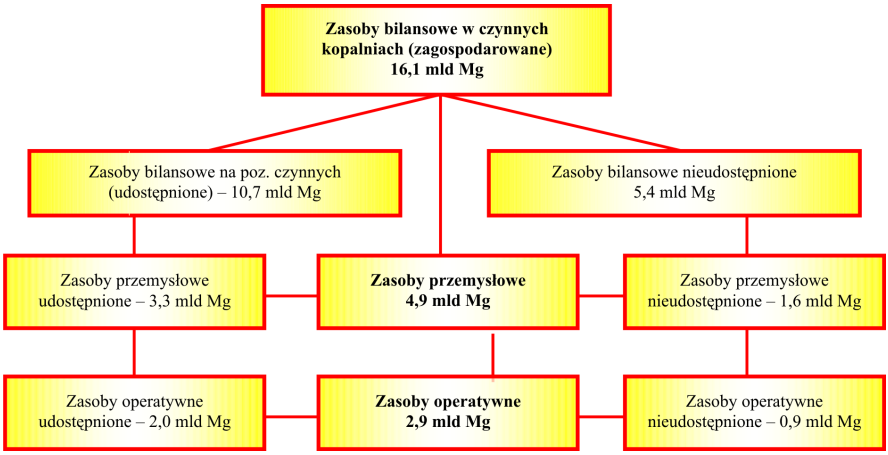
Rys. 3. Wydobycie węgla kamiennego od 1945–2009 roku [3]

Wydobycie węgla kamiennego wg spółek w 2008 roku przedstawiało się następująco:

— Kompania Węglowa S.A.: 44,6 mln ton;
— Katowicka Grupa Kapitałowa: 14,1 mln ton;
— Jastrzębska Spółka Węglowa: 13,7 mln ton;
— Kopalnie — spółki (LW "Bogdanka", Południowy Koncern Węglowy): 11,2 mln ton.

Zasoby geologiczne węgla kamiennego w Polsce wynoszą 67,9 mld ton według stanu na 31.12.2008 r. Zasoby bilansowe złóż węgla kamiennego (wg stanu na 31.12.2008) wynoszą 43.201 mld ton, z czego blisko 25% stanowią zasoby węgli koksujących. W złożach zagospodarowanych występuje 16,1 mld ton, z czego 4,9 mld ton to zasoby przemysłowe. Zasoby operatywne, czyli zasoby możliwe do wybrania głównie ze względu na stosowane dotychczas systemy eksploatacji wynoszą 2,9 mld ton (rys. 4). Możliwości produkcyjne polskich kopalń węgla kamiennego na I połowę XXI wieku są bardzo złożone tak pod względem udostępnionych zasobów operatywnych jak i też możliwości technicznych W okresie 20 lat ilość kopalń zmniejszyła się o 39 kopalń a tym samych drastycznie zmniejszyła się ilość aktywnych ścian z ponad 860 do 120.

W tym okresie wydobycie zmniejszyło się o 100 mln ton. Natomiast zatrudnienie zmniejszyło się o około 300 tys. osób. Bardzo skomplikowana sytuacja występuje z zakresie wystarczalności zasobów na poziomach czynnych lub w budowie. Na rysunku 4 przedstawiono zasoby operatywne w czynnych kopalniach na stan na koniec 2008 roku.



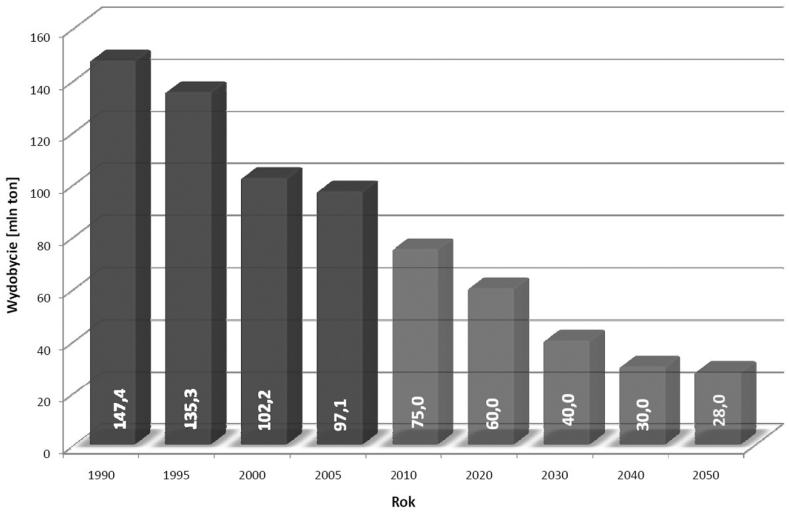
Rys. 4. Baza zasobowa węgla kamiennego (stan na koniec 2008 r.) [3, 19]

Z analizy zasobów na poszczególnych kopalniach wynika, że część kopalń posiada zasoby na kilka czy kilkanaście lat. Z roku na rok zdolność polskich kopalń węgla kamiennego będzie ulegała zmniejszeniu. Sytuacja ta może być zmieniona w wyniku radykalnej zmiany polityki w stosunku do górnictwa węglowego. Autorzy analizując obecną politykę państwa w kwestii górnictwa, a szczególnie górnictwa węglowego nie dostrzegają sygnałów, które by tą złą sytuację zmieniły.

Branża węgla kamiennego w Polsce posiada wszystkie atuty dla dalszego rozwoju w okresie następnych dekad XXI wieku. Zdobyte doświadczenie w bardzo trudnych warunkach górniczo-geologicznych, doświadczone załogi, zasoby geologiczne, zaplecze naukowo-projektowe, zaplecze techniczne oraz wzrastające zapotrzebowanie na energię pierwotną i elektryczną upoważniają do głośnego wołania o zmianę trwającej polityki ograniczania zdolności wydobywczej polskiej branży węgla kamiennego. Decyzje o inwestycjach należy podjąć już teraz bowiem budowa nowej kopalni trwa około 12–15 lat, nowy poziom buduje się od 7 do 10 lat, a nowy szyb 3–5 lat. Dlatego bez znaczących inwestycji głównie w budowę nowych poziomów eksploatacyjnych, wydłużenie lub budowę nowych szybów nie będzie możliwe zatrzymanie spadku wydobycia z polskich kopalń (rys. 5).

Import węgla kamiennego już za kilka lat postawi przed Polską ponownie problem bezpieczeństwa energetycznego, podobnie jak to jest dzisiaj z gazem i ropą naftową. Przecież już w ciągu ostatnich dwóch lat (2009 i 2010) sprowadziliśmy ponad 22 mln ton węgla kamiennego i należy przewidywać, że w następnych latach import będzie wzrastał w miarę

jak możliwości naszego rodzimego przemysłu wydobywczego będą malały i będzie rosło zapotrzebowanie.



Rys. 5. Szacunkowe możliwe ilości wydobycia węgla kamiennego przez polskie kopalnie węgla kamiennego w I połowie XXI wieku Polsce [16]

3. Górnictwo węgla brunatnego w Polsce

Zdobyte doświadczenia i opanowanie „sztuki górniczej eksploatacji węgla brunatnego" plasują nasze górnictwo w czołówce światowej. Można śmiało powiedzieć, że powstała „polska szkoła górnictwa węgla brunatnego" [16–31]. Ta „szkoła" posiada oparcie w wyższych uczelniach, biurach projektowych, zapleczu technicznym tj. w fabrykach maszyn i urządzeń górniczych jak i w kadrach menedżerów i znakomitych fachowców w kopalniach wydobywających węgiel brunatny i w elektrowniach opalanych tym paliwem. Niestety większość obecnie eksploatowanych złóż będzie się wyczerpywać po 2022 roku. Dla krajowego bilansu energetycznego konieczne jest co najmniej utrzymanie obecnego poziomu produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego w okresie I połowy XXI wieku. Węgiel brunatny to paliwo lokalne i najmniej podatne na koniunkturalne, duże wahania cen, mające znaczenie w utrzymywaniu bezpieczeństwa energetycznego Polski.

3.1. Zasoby węgla brunatnego w Polsce

Polska posiada bardzo bogate zasoby węgla brunatnego. W naszym kraju rozpoznano ponad 150 złóż i obszarów węglonośnych. Udokumentowano ponad 14 mld Mg zasobów w złożach pewnych, ponad 60 mld Mg w zasobach oszacowanych, a możliwość występowania w obszarach potencjalnie węglonośnych ocenia się na ponad 140 mld Mg [15, 20].

TABELA 8

Główne parametry geologiczno-górnicze wybranych perspektywicznych i satelickich złóż węgla brunatnego [15, 24]

Nazwa złoża/kompleksu złożowego	Kategoria rozpoznania	Zasoby geologiczne, mln Mg	Wartość opałowa, kJ/kg	Zawartość siarki, %	Zawartość popiołu, %	Liniowe N:W
Legnica-Ścinawa	od B do D	14 522	8 500–9 996	0,54–2,58	11,20–18,58	6,6 do 9,1
Gubin – Mosty – Brody	od B do D	4 215	9 204–9 550	0,55–1,26	14,10–19,58	6,7 do 11,7
Złoczew	C_2	486	8 462	1,18	21,67	4,5
Dęby Szlacheckie-Izbica Kujawska	C_1	113	8 377	1,46	25,19	9,0
Rogóźno	od C_1 do D	623	9 265	2,32	21,73	4,3
Radomierzyce	D	180	7 880	0,65	31,61	4,3
Tomisławice	B+C_1	55	8 967	0,49	10,8	6,9
Piaski	B+C_1+C_2	114	8 194	0,69	12,1	7,7
Ościsłowo	C_1	50	8 626	1,15	13,57	8,7
Mąkoszyn-Grochowiska	C_1+C_2	50	8 009	0,38	12,1	7,8
Grochowy-Siąszyce	D	szacunkowe 103	7928	1,33	34,4	–
Złoża k. Rawicza	D	szacunkowe 1 800	–	–	–	–
Cybinka-Torzym-Rzepin-Sieniawa	od C_1 do D	ok. 2 000	9 100 do 9 600	0,5 do 1,5	8,0 do 15	6,0 do 10,0

W tabeli 8 przedstawiono główne parametry geologiczno-górnicze wybranych perspektywicznych i satelickich złóż węgla brunatnego do ewentualnego zagospodarowani w I połowie XXI wieku.

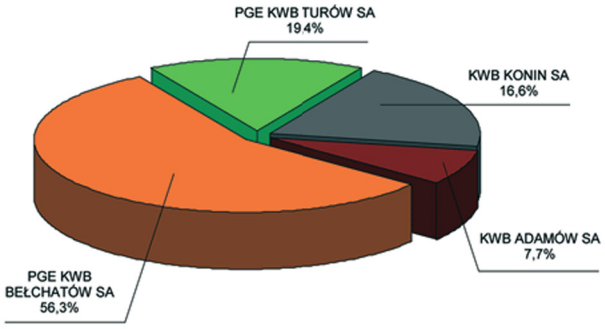
3.2. Wydobycie węgla brunatnego w Polsce

Branża węgla brunatnego w Polsce składa się z pięciu odkrywkowych kopalń węgla brunatnego i pięciu elektrowni opalanych tym paliwem. Kopalnie węgla brunatnego od początku działalności wydobyły ponad 2,42 mld ton węgla. Charakterystykę branży węgla brunatnego omówiono w tabeli 9 i na rysunku 6.

TABELA 9

Charakterystyka geologiczno-górnicza kopalń od początku działalności do końca 2009 roku [16]

Kopalnia	Węgiel, mln ton	Nadkład, mln m^3	Wskaźnik N:W (objętościowy), m^3/ton	Ilość wody wypompowanej, mln m^3	Średni wskaźnik zawodnienia, m^3/ton
Adamów	182,3	1 199,5	6,58	3 011,6	16,52
Bełchatów	848,1	3 601,1	4,25	7 379,4	8,70
Konin	544,0	2 863,5	5,26	4 449,1	8,18
Turów	851,3	1 882,2	2,21	903,0	1,06
Łącznie	2 425,7	9 546,3	3,93	15 743,1	6,49



Rys. 6. Procentowy udział kopalń w całkowitym wydobyciu węgla brunatnego w Polsce w 2009 r. [16]

3.3. Strategia rozwoju wydobycia węgla brunatnego w Polsce

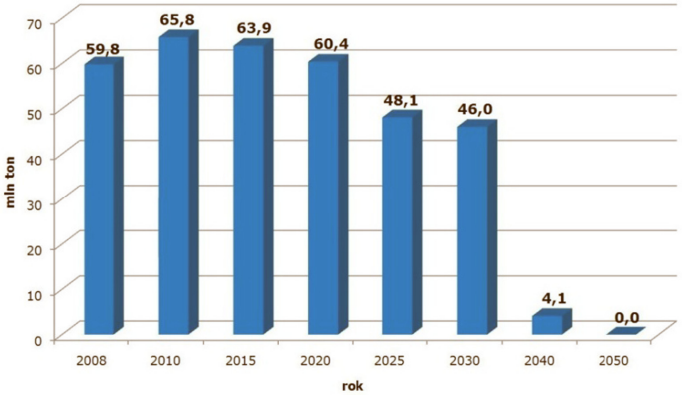
Według oceny branży węgla brunatnego, polskie górnictwo i elektrownie opalane tym węglem oraz krajowa gospodarka jest dobrze przygotowana do wyzwań na najbliższe 50 lat.

Podobnie jak branża węgla kamiennego górnictwo węgla brunatnego posiada jako nieliczny kraj na świecie wszystkie atuty do rozwoju tej gałęzi gospodarki na następne dekady XXI wieku. Założeniem jest jak najlepsze wykorzystanie już eksploatowanych złóż, łącznie ze złożami satelickimi. Fakt ten jednak nie wpłynie w sposób znaczący na wydłużenie czasu działania czynnych kopalń. Posiadane obecnie zasoby operatywne węgla brunatnego na złożach, na których kopalnie posiadają koncesje na wydobywanie umożliwiają na pracę tych kopalń przy obecnym poziomie wydobycia na 22 lata. Ale ze względu na wyczerpywanie się zasobów w dwóch kopalniach obecny poziom wydobycia (ok. 60 mln ton rocznie) można utrzymać tylko do początku lat 2020. Stan zasobów operatywnych przedstawiono w tabeli 10, a na rysunku 7 obecny poziom wydobycia i prognozę na przyszłość. Z danych przedstawionych w/w rysunku wynika, że po roku 2022 nastąpi gwałtowny spadek wydobycia.

TABELA 10

Stan zasobów operatywnych węgla brunatnego w kopalniach na 01.01.2010 rok , na które obecnie kopalnie posiadają koncesje na wydobywanie [16]

Kopalnia	Stan zasobów operatywnych na 01.01.2010 rok, mln ton	Okres zakończenia działalności przy obecnym poziomie wydobycia, lata
Adamów	55,0	2023
Bełchatów	880,0	2038
Konin	110,0	2022
Turów	341,0	2045
Sieniawa	1,5	2030
Łącznie	1 377,5	2023



Rys 7. Łączne wydobycie węgla brunatnego ze złóż, na które kopalnie posiadają koncesje [16]

W związku z tą sytuacją Porozumienie Producentów Węgla Brunatnego przygotowało scenariusz utrzymania znaczącego wydobycia węgla brunatnego w dalszej przyszłości, przez maksymalne wykorzystanie złóż kopalń czynnych i zagospodarowanie nowych złóż węgla brunatnego przedstawionych w tabeli 8.

3.4. Plany rozwoju górnictwa węgla brunatnego

Opierając się na posiadanych bardzo zasobnych złożach węgla brunatnego, bogatym doświadczeniu, szerokim zapleczu; naukowym, projektowym oraz technicznym opracowano strategię branży na następne dekady XXI wieku. Strategia zakłada w maksymalnym stopniu zagospodarowanie złóż satelickich kopalń czynnych oraz zbudowanie nowych kopalń na złożach perspektywicznych w nowych regionach. [14].

W poszczególnych kopalniach zagospodarowanie złóż przedstawiać się może następująco:

KWB „Adamów” — z obecnie eksploatowanych złóż („Adamów”, „Koźmin” i „Władysławów”) pracę kopalni przewiduje się do 2023 roku. Kopalnia planuje zagospodarować nowe złoże węgla brunatnego „Grochowy-Siąszyce”, z którego rozpocznie wydobywać węgiel od 2021 roku w ilości około 3,5 mln ton na rok. Wówczas na terenie obecnej Elektrowni „Adamów” planowany jest nowy blok energetyczny o mocy 460 MW. Drugim nowym złożem przewidzianym do zagospodarowania jest złoże „Rogóźno” po roku 2020. Trwają również dyskusje nad zagospodarowaniem złoża „Piaski” wspólnie z Kopalnią „Konin”.

KWB „Bełchatów” — Kopalnia „Bełchatów” z obecnie eksploatowanego „Pola Bełchatów” i „Pola Szczerców” planuje wydobywać węgiel brunatny do 2037 roku, z roczną produkcją od 35 do 41,5 mln ton. W strategii KWB „Bełchatów” zaplanowana jest kontynuacja wydobycia węgla ze złoża „Złoczew” od 2031 roku do 2055 roku. Ze złoża „Złoczew” wydobycie będzie się kształtowało na poziomie około 21 mln ton na rok. Powyższa strategia podporządkowana jest zapewnieniu dostaw węgla dla bloków energetycznych w Elektrowni „Bełchatów” łącznie z nowym blokiem 858 MW oddanym w 2011 roku.

KWB „Konin” — z obecnie eksploatowanych złóż („Kazimierz”, „Jóźwin” i „Drzewce”) oraz z nowo udostępnionego złoża „Tomisławice”, pracę kopalni o wydobyciu około 9,0 mln ton/rok przewiduje się do 2022 roku. Kopalnia planuje zagospodarować nowe złoża: „Ościsłowo”, „Mąkoszyn-Grochowiska” i „Dęby Szlacheckie” oraz złoże „Piaski”, na których pracę kopalni przewiduje się do 2051 roku.

KWB „Turów” — Kopalnia „Turów” eksploatuje złoże „Turów”. Eksploatacja przewidziana jest do roku 2048 roku. Z wymienionego złoża planowane jest wydobycie roczne około 12.0 mln ton do roku 2035. Po tym okresie wydobycie ulegnie zmniejszeniu do poziomu od 8,9 do 4,4 mln ton na rok. Powyższa strategia wydobycia podporządkowana jest w zapewnieniu dostaw węgla dla bloków energetycznych w Elektrowni „Turów” łącznie z nowym blokiem 460 MW planowanym do oddania w 2015 roku.

Planowana KWB „Gubin” — następnym nowym złożem przewidzianym do zagospodarowania jest złoże „Gubin”. W strategiach zagospodarowania tego złoża rozważane są różne terminy uruchomienia wydobycia węgla. W jednym z wariantów ze pierwszy węgiel planowany jest do wydobycia od 2018 roku. Docelowe wydobycie może osiągnąć ponad 20,0 mln ton na rok. Węgiel ze złoża „Gubin” będzie spalany w elektrowni o mocy od 2 400 do 4 000 MW o sprawności około 50% z instalacjami CCS.

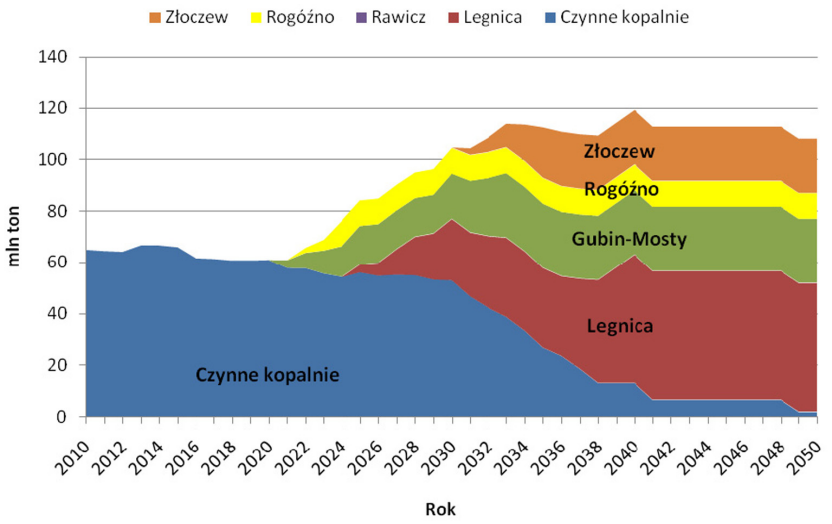
Planowana KWB „Legnica” — w strategii branży węgla brunatnego jest zagospodarowanie największych w Polsce i w Europie złóż węgla brunatnego „Legnica”. Z legnickiego węgla brunatnego planuje się produkować energię elektryczną w blokach energetycznych o sprawności około 50% z instalacjami CCS oraz wodór, paliwa płynne i gazowe. W etapie I planuje się rozpocząć wydobycie węgla po 2020 roku w ilości 31,0 mln ton na rok z podziałem 24,0 mln ton dla energetyki o mocy 4 600 MW i 7,0 dla przeróbki chemicznej z okresem realizacji do 2060 roku. Po wybudowaniu I etapu może zostać podjęta decyzja o ewentualnym podwojeniu wydobycia — etap II. Wówczas wydobycie węgla z tych złóż realizowane byłoby do końca XXI wieku.

Inne złoża do ewentualnego zagospodarowania — bardzo zasobnym obszarem są złoża węgla brunatnego koła Rawicza — ponad 1,5 mld zasobów geologicznych oraz północna część złóż lubuskich: obszar Cybinka-Torzym-Rzepin-Sieniawa o zasobach geologicznych około 2,0 mld ton. Obecnie w pierwszym rejonie trwają przygotowania związane z ewentualnym rozpoczęciem prac geologicznych związanych z dokładniejszym udokumentowaniem tego złoża.

Na rysunku 8 przestawiono łączne wydobycie w kopalniach czynnych: Adamów, Bełchatów, Konin i Turów ze złożami satelickimi (Złoczew, Makoszyn-Grochowiska, Dęby Szlacheckie, Piaski, Grochowy-Siąszyce, Radomierzyce) i perspektywicznych: Legnica, Złoczew i Gubin-Mosty i Rogóźno.

Poziom wydobycia po zagospodarowaniu złóż perspektywicznych wzrasta do poziomu 100, a następnie do 110 mln ton. Przedstawiony poziom ma bardzo duże szanse na realizację. W przypadku nie realizacji np. Rogóźna realne jest zagospodarowanie złóż pod Rawiczem lub północnych złóż lubuskich. Moc elektrowni może wynieść ponad 15 000 MW. Sprawność elektrowni planowana jest na blisko 50%. Podwojenie obecnego wydobycia węgla brunatnego pozwoli tylko na pokrycie 30% zapotrzebowania na energię elektryczną. W dalszym ciągu 70% pozostaje na inne paliwa, w tym energetykę atomową. Elektrownie będą produkować tanią i czystą energię elektryczną wykorzystując najnowsze światowe rozwiązania w zakresie wychwytywania i sekwestracji CO_2. Dodatkowe ilości wydobytego węgla umożliwiają poddanie tego paliwa przeróbce chemicznej i rozpoczęcia produkcji w naszym kraju wodoru oraz paliw płynnych i gazowych. W przyszłości można rozpatrywać uruchomienie wydobycia w innych regionach naszego kraju. Wykorzystanie rodzimych surowców energetycznych, których zasoby są jedne z największych w Europie w okresie kilkudziesięciu lat daje stabilność, bezpieczeństwo oraz co nie jest bez znaczenia, zatrudnienie dla wielu dziesiątków tysięcy ludzi w sektorze górniczym, energetycznym i w sekto-

rach współpracujących. Autorzy artykułu proponują wzmocnić na szczeblach unijnych dialog dla przedstawiania polskiej specyfiki — „kraju, który na węglu stoi" — celem wynegocjowania warunków korzystnych dla rozwoju górnictwa oraz energetyki na tym paliwie. W okresie kryzysu światowego, każdy kraj chroni swoje branże i specjalności. Polską światową specjalnością jest górnictwo.



Rys. 8. Łączne wydobycie węgla brunatnego
w kopalniach czynnych i w perspektywicznych [16]

4. Czyste technologie węglowe

Obecnie trwające prace nad ostatecznym kształtem pakietu energetyczno-klimatycznego UE, a raczej sposobem jego wdrażania w poszczególnych państwach członkowskich — co pokazuje jak wielki wpływ będzie on miał na gospodarki tych państw [10]. Zasadnicze cele tego pakietu odnoszące się do 20% redukcji emisji CO_2 i takiej samej skali wzrostu efektywności energetycznej i udziału energii ze źródeł odnawialnych już do roku 2020 będą wyznaczały kierunek i kształt modernizacji polskiego sektora energetycznego. Niewątpliwie jest to szansa, jak i wyzwanie na wdrożenie na wielką skalę czystych technologii węglowych. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery jest ogromnym wyzwaniem dla krajowej, europejskiej i światowej energetyki na początku XXI wieku. Możliwa mapa drogowa tego wyzwania posiada dwa warianty. Pierwszy wariant zakłada ograniczenie emisji CO_2 poprzez poprawę sprawności bloków energetycznych. Natomiast drugi wariant zakłada opanowanie na skalę przemysłową metody wychwytywania i składowania CO_2 w strukturach geologicznych ziemi. Pierwszy wariant jest ciągle w rozwoju i jest opanowany technologicznie, natomiast drugi wariant jest jeszcze w trakcie badań i sprawdzania

pod względem technicznym i ekonomicznym — wynik końcowy jest jeszcze nie określony. Dlatego zastąpienie starych bloków nowymi w istniejących elektrowniach lub budowa nowych z wyłączeniem z eksploatacji starych ma więc podwójny sens ekonomiczny. Według danych z RWE i Grecji można oszacować, że wzrost sprawności bloku energetycznego o 10% wiąże się z ograniczeniem emisji CO_2 o około 19,4 do 22,4% w zależności od punktu startu. Im niższa jest sprawność początkowa (starego bloku) tym ograniczenie emisji jest większe w nowym bloku o wyższej sprawności. Z powyższego nasuwa się wniosek, że wymiana starych bloków energetycznych na nowe w zupełności wystarczyłaby do spełnienia wymogów obniżenia emisji CO_2 o 20%.

Modernizacja, a najlepiej zastępowanie starych bloków nowymi o sprawności rzędu 45–48% jest więc drogą dla utrzymania energetyki na bazie węgla w warunkach rosnących kosztów przystosowywania się do wymogów polityki klimatyczno-energetycznej UE.

5. Potrzeby w zakresie nowych mocy w polskiej elektroenergetyce

Dla zachowania odpowiedniego bezpieczeństwa energetycznego Polski w związku z planowanym wzrostem zapotrzebowania na energie elektryczną do 2030 roku Polska winna do roku 2030 wybudować w naszym kraju ponad 30 tys. MW nowych mocy i mocy zmodernizowanych starych bloków energetycznych; czyli średnio co 3 lat należy oddawać do eksploatacji nowoczesne elektrownie o łącznej mocy zainstalowanej od 4 do 5 tys. MW (moc porównywalna z Elektrownią „Bełchatów") o sprawności zbliżonej do 50%.

Potrzeby finansowe na przebudowę polskiej elektroenergetyki i rozbudowę i modernizacje sieci przesyłowych dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego do 2030 roku są ogromne.

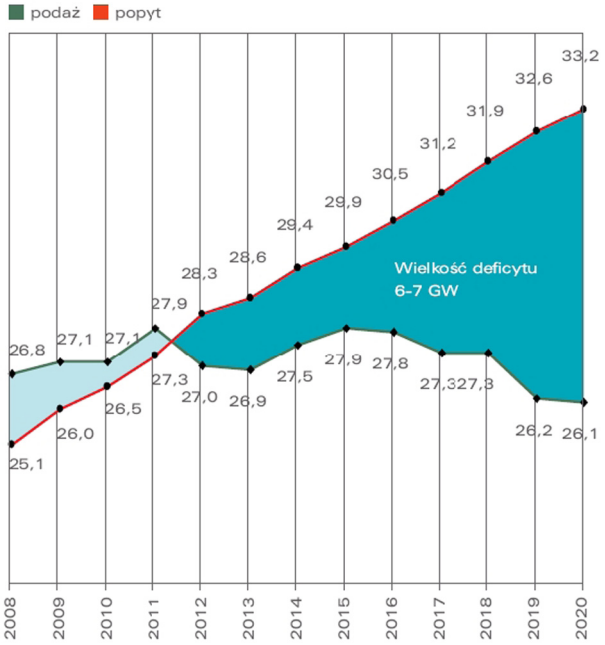
Pilne nakłady inwestycyjne Polski to:

— ok. 100 mld euro na elektroenergetykę,
— ok. 100 mld euro na sektor ciepła i termomodernizację,
— ok. 20 mld euro na sektor gazowy (w tym na gazoport).

Dochodzą do tego nakłady na rozbudowę sieci przesyłowych, budowę nowych kopalń węgla kamiennego czy brunatnego, OZE, budowę elektrowni atomowej, CCS, kogenerację czy zgazowanie węgla.

Podsumowując potrzeby finansowe w sektorze elektroenergetyki, górnictwa i sektorze ciepła dochodzimy do kwoty około 300 mld euro w okresie 20 lat, co daje ponad 15 mld euro na rok lub licząc w PLN — to kwota blisko 60 mld zł/rok. Dlatego autorzy artykułu apelują do wszystkim stron odpowiedzialnych za bezpieczeństwo energetyczne o bardzo poważne potraktowanie wyzwań stojących górnictwem i energetyką na najbliższe dekady w Polsce. Niezrealizowanie tych potrzeb spowoduje spadek bezpieczeństwa energetycznego Polski i wzrost importu znacznie droższej energii z zagranicy. Jest wiele zapowiedzi budowy nowych bloków, ale brakuje faktycznie rozpoczętych inwestycji. Ewentualni inwestorzy wy-

cofują się jak RWE czy Vattenfall albo zastanawiają się — licząc na wyraźne stanowisko władz Polski w sprawie kryteriów przydziału darmowych pozwoleń na emisję dwutlenku węgla od 2013 roku. Według prognoz specjalistów od energetyki — pierwszy kryzys energetyczny może wystąpić w Polsce za około 2–3 lat (rys. 9).



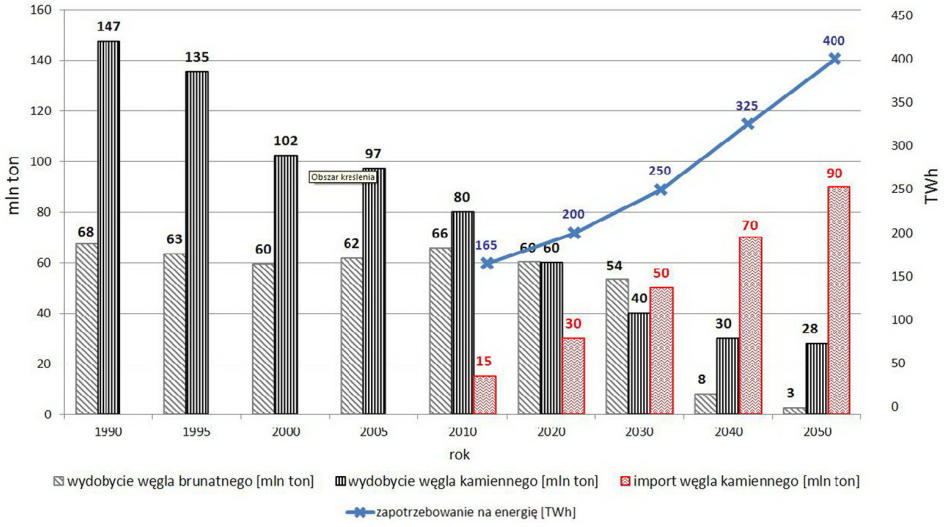
Rys. 9. Zagrożenie deficytem energii elektrycznej w Polsce
(Źródło: Raport Polska 2030. Wyzwania rozwojowe)

6. Podsumowanie

Z większości prognoz wynika, że w pierwszej połowie XXI wieku nastąpi blisko dwukrotny wzrost globalnego zapotrzebowania energii elektrycznej na świecie. Dla zaspokojenia tych potrzeb konieczny jest rozwój produkcji energii ze wszystkich kopalnych nośników energii (węgla kamiennego i brunatnego, ropy naftowej, gazu ziemnego) oraz energii odnawialnej i atomowej. Z dużym prawdopodobieństwem można przewidzieć, że w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat węgiel pozostanie najważniejszym paliwem, głównie dla produkcji energii elektrycznej przy równoczesnym rozwoju nowych technologii spalania i zmniejszania kosztów wydobycia oraz redukcji emisji spalin do atmosfery.

Wydaje się, że w Polsce, po kilkunastu latach niedoceniania walorów węgla następuje odzyskiwanie należnej mu pozycji (wcześniej zrozumiano to w Niemczech, gdzie zużywa się blisko 240 mln ton węgla kamiennego i brunatnego podczas, gdy w naszym kraju tylko

ok. 135 mln ton). Racjonalnego rozstrzygnięcia, z uwzględnieniem faktów ekonomicznych, wymaga problem wielkości planowanego zużycia węgla i gazu w strukturze zużycia energii. Węgiel, zarówno kamienny, jak i brunatny, przy racjonalnym gospodarowaniu oraz uwzględnieniu warunków ochrony środowiska powinien być gwarantem bezpieczeństwa energetycznego i stosunkowo niskich cen energii. Na węglu kamiennym i brunatnym powinna być oparta podstawowa elektroenergetyka w pierwszych dekadach XXI wieku. Drastyczne zmniejszenie zdolności wydobywczych przemysłu węgla kamiennego i brak zabezpieczenia stabilizacji wydobycia węgla brunatnego w najbliższej przyszłości, przy rosnących potrzebach energetycznych kraju, wymaga wzrastającego importu gazu ziemnego, ropy naftowej i — co się wydaje kuriozalne — węgla kamiennego. Nawet przy znacznym wzroście wykorzystania energii odnawialnej, spowoduje to niepokojące obniżenie samowystarczalności energetycznej Polski do poziomu 60–65% w 2020 r., a w 2030 r. (zakończenie eksploatacji większości czynnych kopalń węgla kamiennego i brunatnego) do poziomu nieco ponad 40%. Już dziś należy temu przeciwdziałać. W przypadku nie zagospodarowania więc nowych złóż węgla brunatnego i kamiennego oraz dalszego spadku wydobycia krajowego węgla kamiennego może wystąpić gwałtowny wzrost importu węgla kamiennego w przyszłości. Ten hipotetyczny obecnie stan przedstawiony na rysunku 10 może stać się rzeczywistością w przypadku braku decyzji o zagospodarowaniu złóż węgla brunatnego w rejonie Gubina, Legnicy, Rogóźna czy Gostynia-Rawicza i nieuruchomienia znacznych inwestycji na węglu kamiennym czy wystąpieniu opóźnień w budowie elektrowni atomowych. Polska z dużego eksportera węgla kamiennego może stać się jednym z największych importerów węgla kamiennego w Europie.



Rys. 10. Zagrożenie znacznego wzrostu importu węgla kamiennego przy braku inwestycji w górnictwie węgla kamiennego i brunatnego, opóźnieniu rozwoju energetyki atomowej przy wzroście zapotrzebowania na energie elektryczną [24]

Autorzy artykułu apelują do rządu, parlamentu i osób odpowiedzialnych za bezpieczeństwo energetyczne Polski o podjęcie ogólnonarodowej dyskusji nad stanem górnictwa i energetyki dla opracowania długofalowych działań dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego na I połowę XXI wieku w oparciu w pierwszej kolejności o krajowe zasoby surowców energetycznych. Polska winna podjąć zdecydowane działania w rozmowach z Unią Europejską o roli węgla w energetyce w Europie oraz w kwestii przydziału darmowych pozwoleń dwutlenku węgla dla polskich elektrowni od 2013 roku.

LITERATURA

[1] *Bednarczyk J.*: Perspektywiczne strategie technologii wykorzystania energetycznego węgla brunatnego w warunkach dużego ograniczenia emisji dwutlenku węgla. Polski Kongres Górniczy — Górnictwo Odkrywkowe w XXI wieku. Górnictwo Odkrywkowe Nr 5–6/2007. Poltegor-Instytut, Wrocław 2007

[2] *Bednarczyk J., Nowak A.*: Strategie i scenariusze perspektywicznego rozwoju produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego w świetle występujących uwarunkowań. Górnictwo i Geoinżynieria. Rok 34. Zeszyt 4. Kraków 2010

[3] *Dubiński J.*: Materiały dotyczące węgla kamiennego. Praca niepublikowana. GIG. Katowice 2010

[4] *Gabryś H.*: Elektroenergetyka w Polsce. Raport z wyników roku 2009. Praca niepublikowana. Mysłowice 2010

[5] *Grudziński Z.*: Konkurencyjność wytwarzania energii elektrycznej z węgla brunatnego i kamiennego. Polityka Energetyczna Tom 13. Zeszyt 2. Wyd. IGSMiE PAN Kraków 2010

[6] *Jurdziak L. Kawalec W.*: Wpływ wzrostu sprawności elektrowni oraz polityki CCS na wielkość zasobów bilansowych węgla brunatnego w warunkach bilateralnego monopolu kopalni i elektrowni. Polityka Energetyczna. Tom 13. Zeszyt 2. Wydawca IGSMiE PAN. Kraków 2010

[7] *Kasiński J.R., Mazurek S., Piwocki M.*: Waloryzacja i ranking złóż węgla brunatnego Polsce. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2006

[8] *Kasztelewicz Z.*: Polskie górnictwo węgla brunatnego. Związek Pracodawców Porozumienie Producentów Węgla Brunatnego.[red.] „Górnictwo Odkrywkowe", Bełchatów–Wrocław 2004

[9] *Kasztelewicz Z.*: Węgiel brunatny — optymalna oferta energetyczna dla Polski. Związek Pracodawców Porozumienie Producentów Węgla Brunatnego [red.] „Górnictwo Odkrywkowe", Bogatynia–Wrocław 2007

[10] *Kasztelewicz Z., Polak K., Zajączkowski M.*: Metody wydobycia i przetwórstwa węgla brunatnego w I połowie XXI wieku. Węgiel Brunatny zeszyt nr 4(65), Porozumienie Producentów Węgla brunatnego, Bogatynia 2008

[11] *Kasztelewicz Z., Ptak M.*: Wybrane problemy zabezpieczania złóż węgla brunatnego w Polsce dla odkrywkowej działalności górniczej. Polityka Energetyczna, Tom 12, zeszyt nr 2/2, Zakopane 2009

[12] *Kasztelewicz Z., Ptak M.*: Dziesięć postulatów branży węgla brunatnego w Polsce na tle aktualnych uwarunkowań. AGH, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne Kwartalnik AGH, Górnictwo i Geoinżynieria 2009, rok 33. zeszyt nr 2, 2009

[13] *Kasztelewicz Z., Ptak M.*: Dziesięć atutów branży węgla brunatnego w Polsce. Materiały konferencyjne. XIX Konferencja: Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi. Wydawnictwo IGSMiE PAN, Rytro 2009

[14] *Kasztelewicz Z., Kaczorowski Z., Mazurek S., Orlikowski D., Żuk S.*: Stan obecny i strategia rozwoju branży węgla brunatnego w I połowie XXI wieku w Polsce. VI Międzynarodowy Kongres Górnictwo Węgla Brunatnego. Kwartalnik AGH, seria Górnictwo i Geoiżynieria, rok 33, zeszyt nr 2, Kraków 2009

[15] *Kasztelewicz Z., Tajduś A.*: Węgiel brunatny optymalnym paliwem dla polskiej energetyki w I połowie XXI wieku. Konferencja nr 5: Bezpieczeństwo energetyczno-klimatyczne. Izba Gospodarcza Gazownictwa. Wydawnictwo AGH, Kraków 2009

[16] *Kasztelewicz Z.*: Materiały na temat węgla brunatnego. Materiały niepublikowane. Kraków 2010

[17] *Kozłowski Z., Nowak Z., Kasiński., Kudełko., Sobociński J., Uberman R.*: Techniczno-ekonomiczny ranking zagospodarowania złóż węgla brunatnego w aspekcie bezpieczeństwa energetycznego Polski. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2010

[18] Opracowanie Sejmu RP. Uwarunkowania rozwoju górnictwa węgla brunatnego w Polsce. Praca niepublikowana. Warszawa 2010

[19] *Paszcza H.*: Materiały dotyczące węgla kamiennego. Praca niepublikowana. ARP. O/Katowice 2010

[20] Polityka Energetyczna Polski do 2030. Materiały Ministerstwa Gospodarki z 2009 r.

[21] Praca zbiorowa pod redakcją K. Jeleń i M. Cała: Zarys stanu i perspektyw energetyki polskiej. Studium AGH. Wydawnictwa AGH. Kraków 2009

[22] *Soliński J.*: Światowy i Polski sektor energii, historia, teraźniejszość, prognoza do 2030 roku. Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej. Warszawa 2010

[23] *Soliński J.*: 85 lat Światowej Rady Energetycznej na tle rozwoju globalnego o polskiego sektora energii. Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej. Warszawa 2010

[24] *Tajduś A., Czaja P., Kasztelewicz Z.*: Stan obecny i strategia rozwoju branży węgla brunatnego w I połowie XXI wieku. Kwartalnik „Górnictwo i geologia", Tom 5, Zeszyt 3. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2010

[25] *Żuk S.*: Analiza wyników produkcyjnych polskiej branży węgla brunatnego za lata 2005–2009 oraz przegląd obecnej sytuacji w górnictwie węgla brunatnego krajów Unii Europejskiej. Górnictwo i Geoinżynieria. Rok 34. Zeszyt 4. Kraków 2010