



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Metody wydobywania węgla i rozwój technologii podziemnego zgazowania

dr hab. inż. prof. AGH **Zbigniew Kasztelewicz** - AGH Kraków
dr inż. **Krzysztof Polak** - AGH Kraków

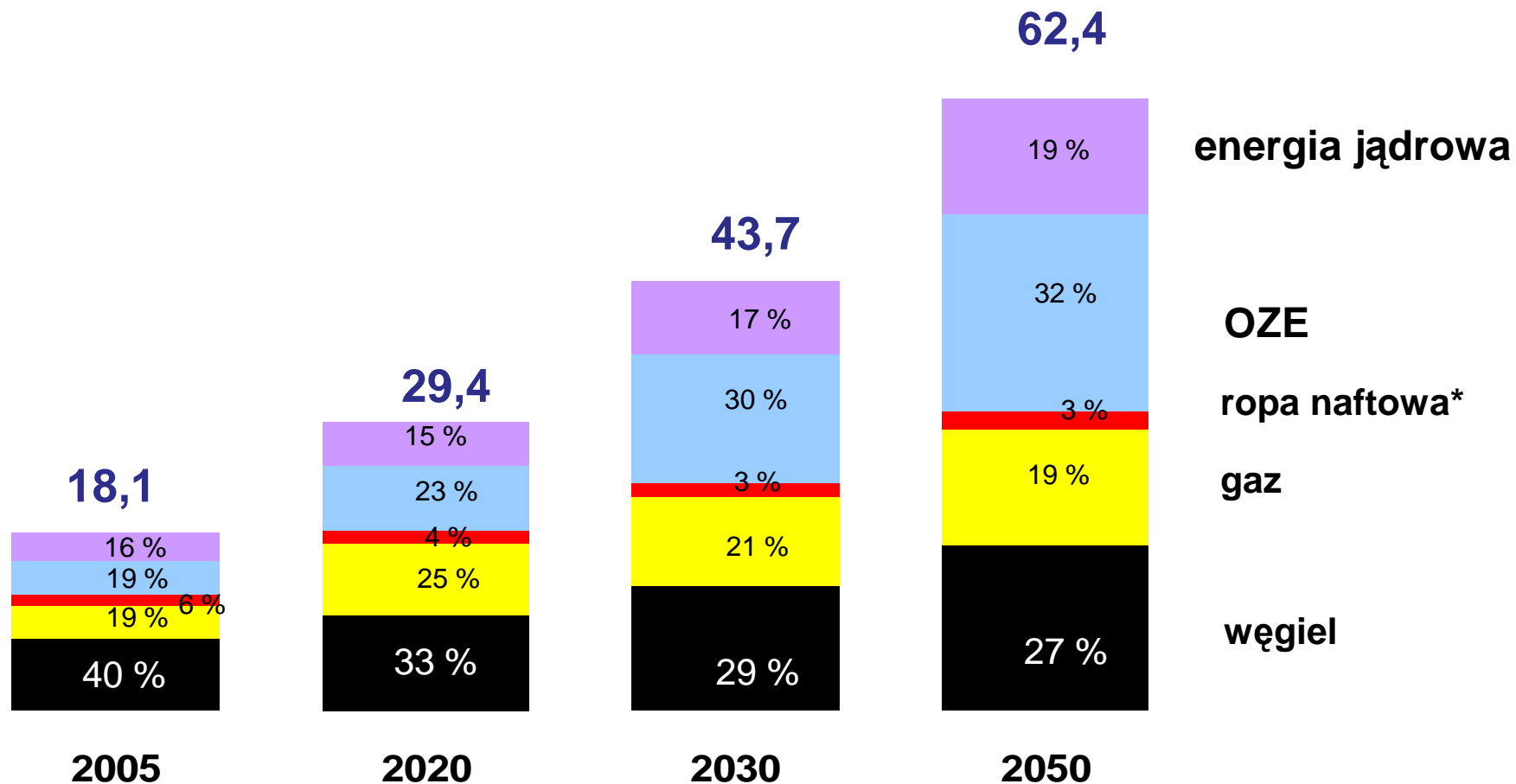
14 stycznia 2009r. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie



**Świat i Polska potrzebuje
do 2050 roku znacznego
zwiększenia produkcji
energii elektrycznej**

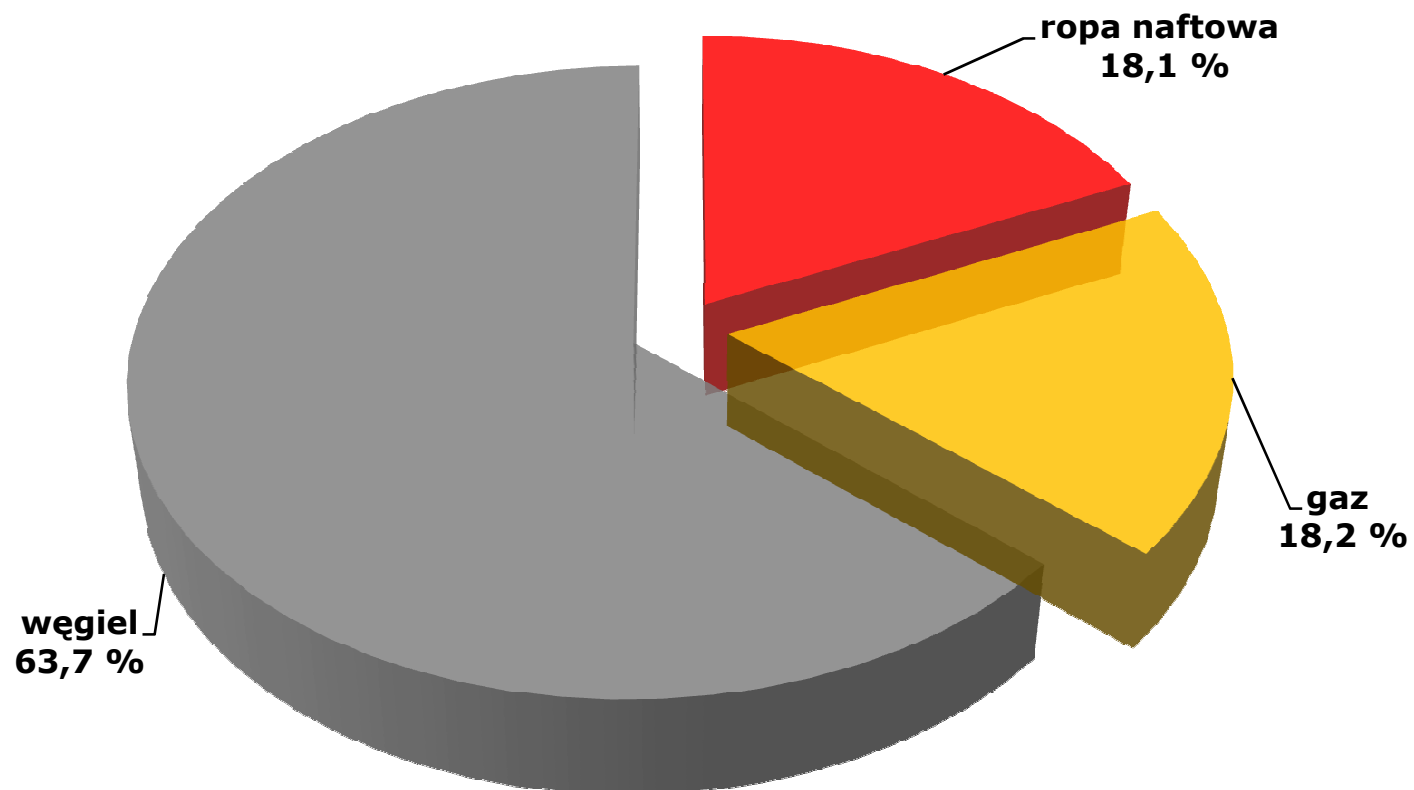


Światowa produkcja energii elektrycznej w podziale na nośniki energii w miliardach MWh



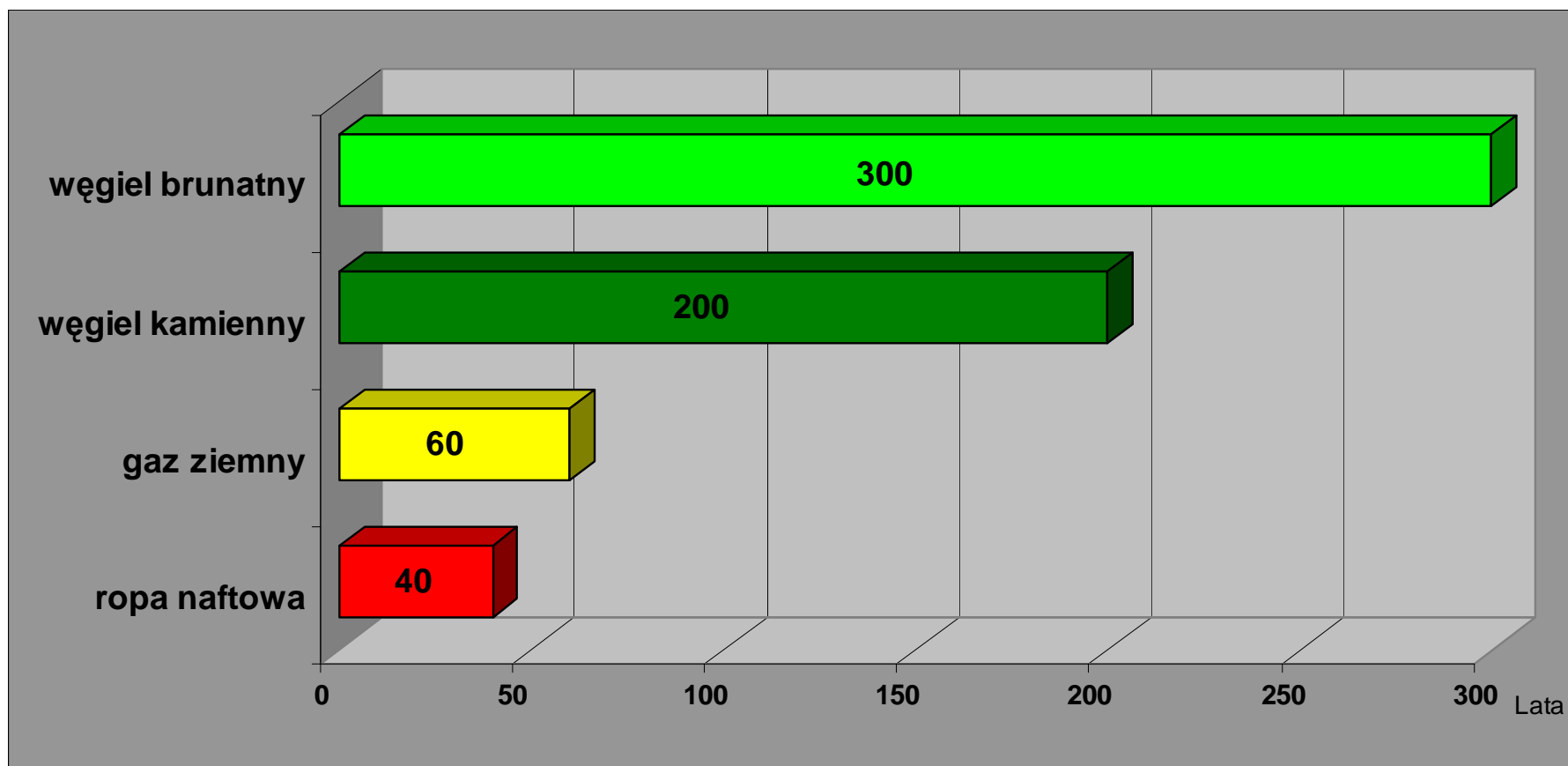
Źródło: World Energy Council, Energy Policy Scenarios to 2050, London 2007
* włącznie z inną produkcją ciepłą

Struktura światowych zasobów paliw kopalnych [%] po przeliczeniu na tone





Problem wystarczalności światowych zasobów podstawowych nośników energii pierwotnej [lata]





Zużycie węgla

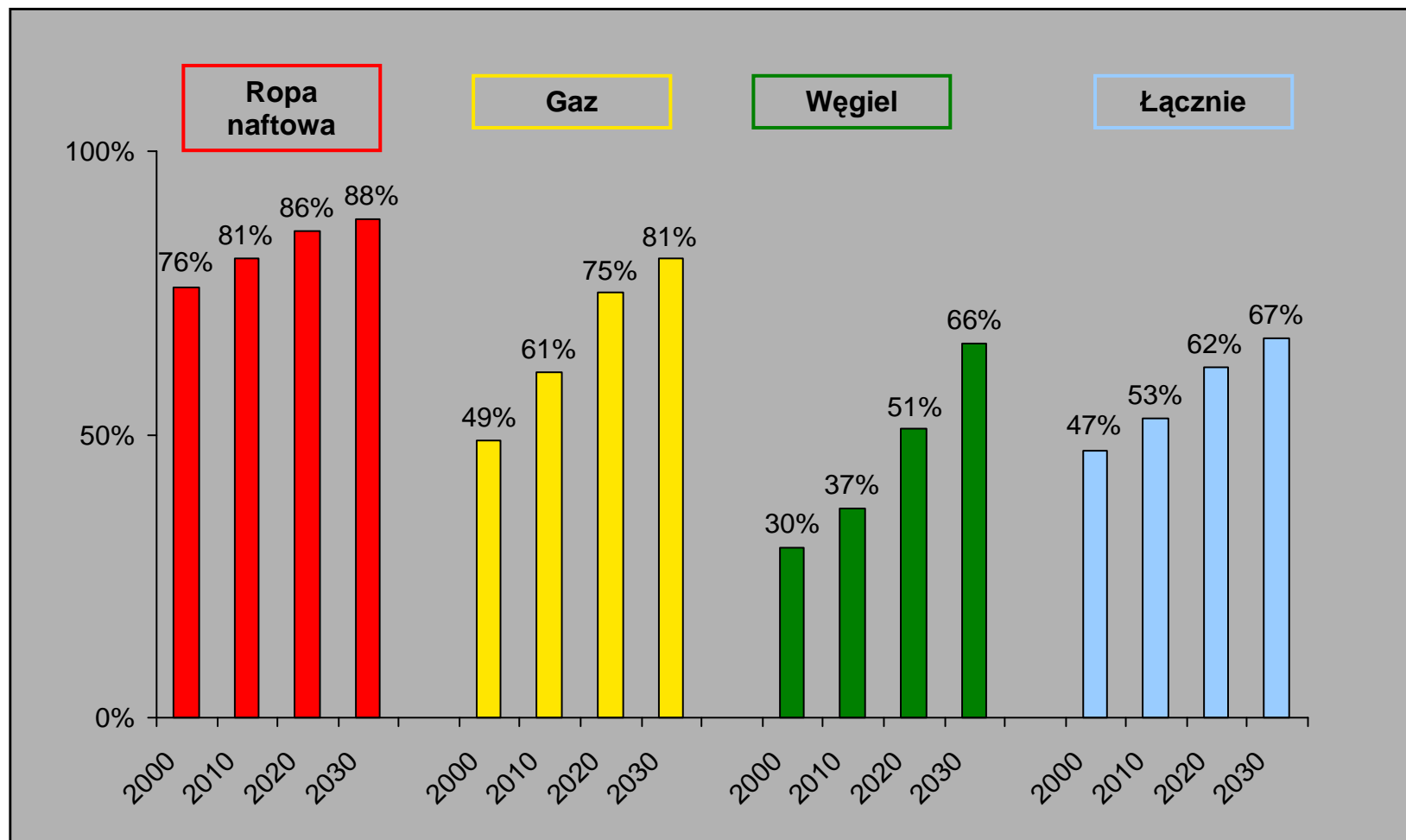
Rejon świata	Zużycie w 2003 roku	Przewidywane zużycie w 2030 roku
	(mld Mg)	(mld Mg)
Ameryka Północna	1,185	1,948
Europejskie kraje OECD	0,887	0,928
Azjatyckie kraje OECD	0,201	0,560
Kraje nie należące do OECD	1,902	7,125
RAZEM	4,175	10,561



Wydobycie węgla kamiennego na świecie

Kraj	2000	2007	zmiana
Polska	102	83,5 w 2008r.	-16%
RPA	225	244	8%
Chiny	1171	2549 !!!!	118%
Australia	238	323	36%
Indie	310	452	46%
Rosja	169	241	43%
USA	899	981	9%

Uzależnienie EU 25 od importu surowców energetycznych



Źródło: Komisja Europejska, 2005

W perspektywie 20-30 lat nie należy oczekiwać istotnych zmian w strukturze nośników energii wykorzystywanych w produkcji elektryczności.

Szczególną rolę nadal będzie odgrywał węgiel – decydują o tym jego walory.



Potrzeby energetyczne Polski



Przewidywania potrzeb energetycznych w Polsce do 2030 roku

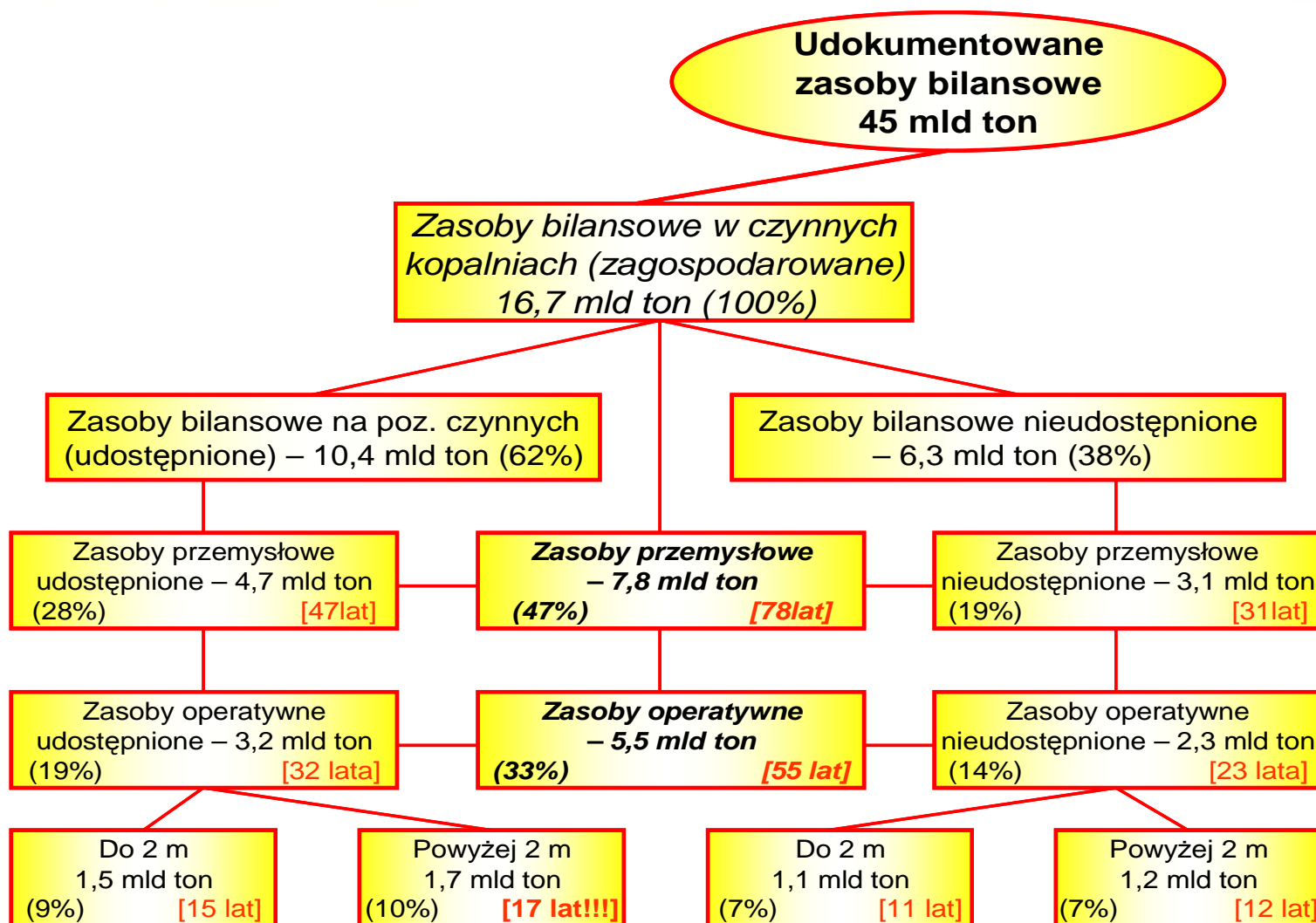
Roczny przyrost zapotrzebowania na energię elektryczną	4% ?
W 2007 roku moc zainstalowana	34 673 MW
Do 2030 roku wypadną stare bloki	15 000 MW
Do 2030 roku należy zainstalować	45 000 MW
W 2030 roku moc zainstalowana powinna wynieść	65 000 MW



Zasoby i możliwości wydobywcze węgla kamiennego



Baza zasobowa węgla kamiennego Polsce



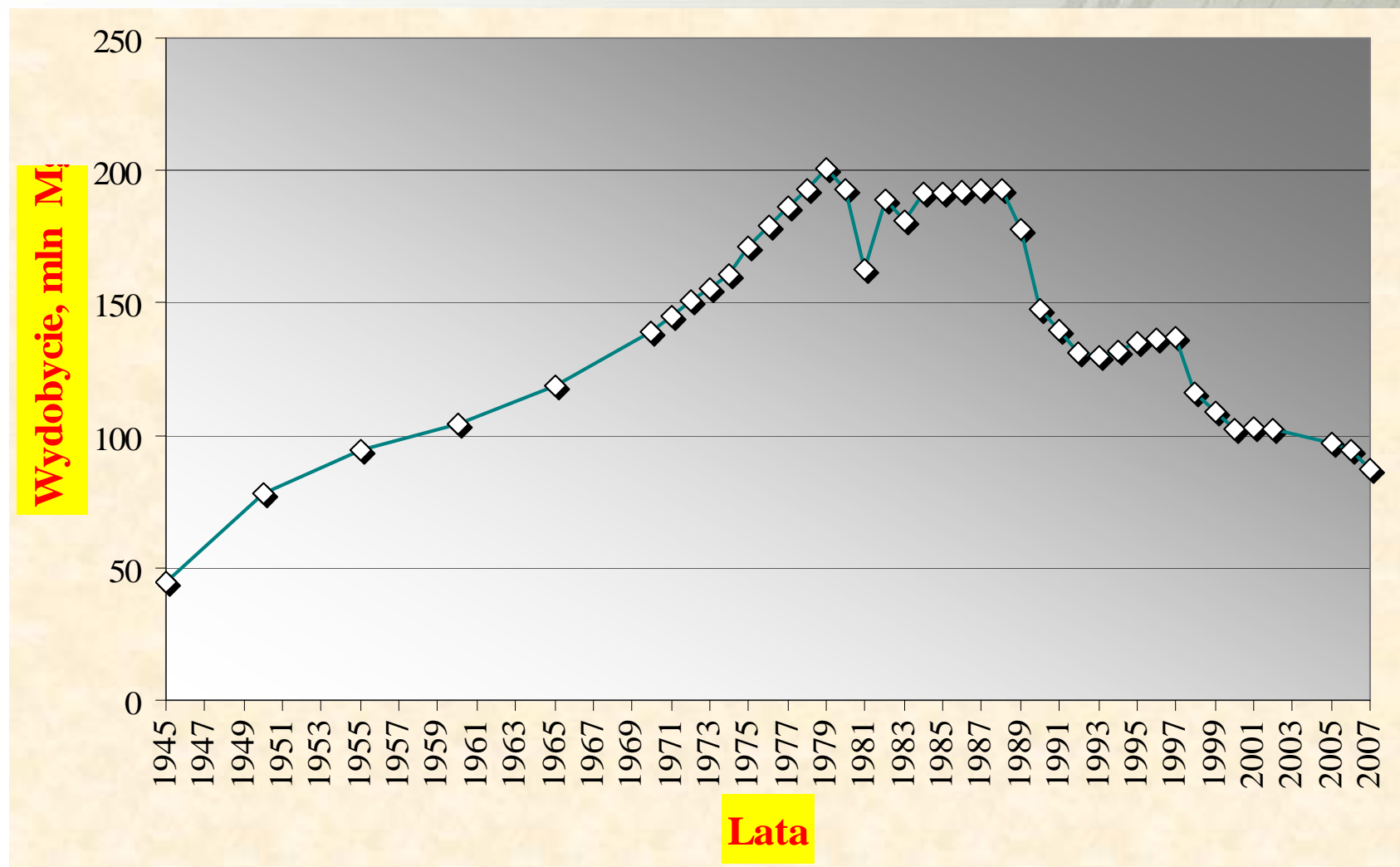


Udokumentowane zasoby węgla kamiennego w Polsce Stan Na 31.12.2006r. w mln Mg

ZAGŁĘBIE WĘGLOWE	Zasoby bilansowe	Zasoby przemysłowe
Górnośląskie		
- ogółem :	32 756	4 742
- w tym złoża zagospodarowane	14 765	4 742
Lubelskie		
- ogółem :	9 240	315
- w tym złoża zagospodarowane	585	315
Razem		
- ogółem :	41 996	5 057
- w tym złoża zagospodarowane	15 350	5 057

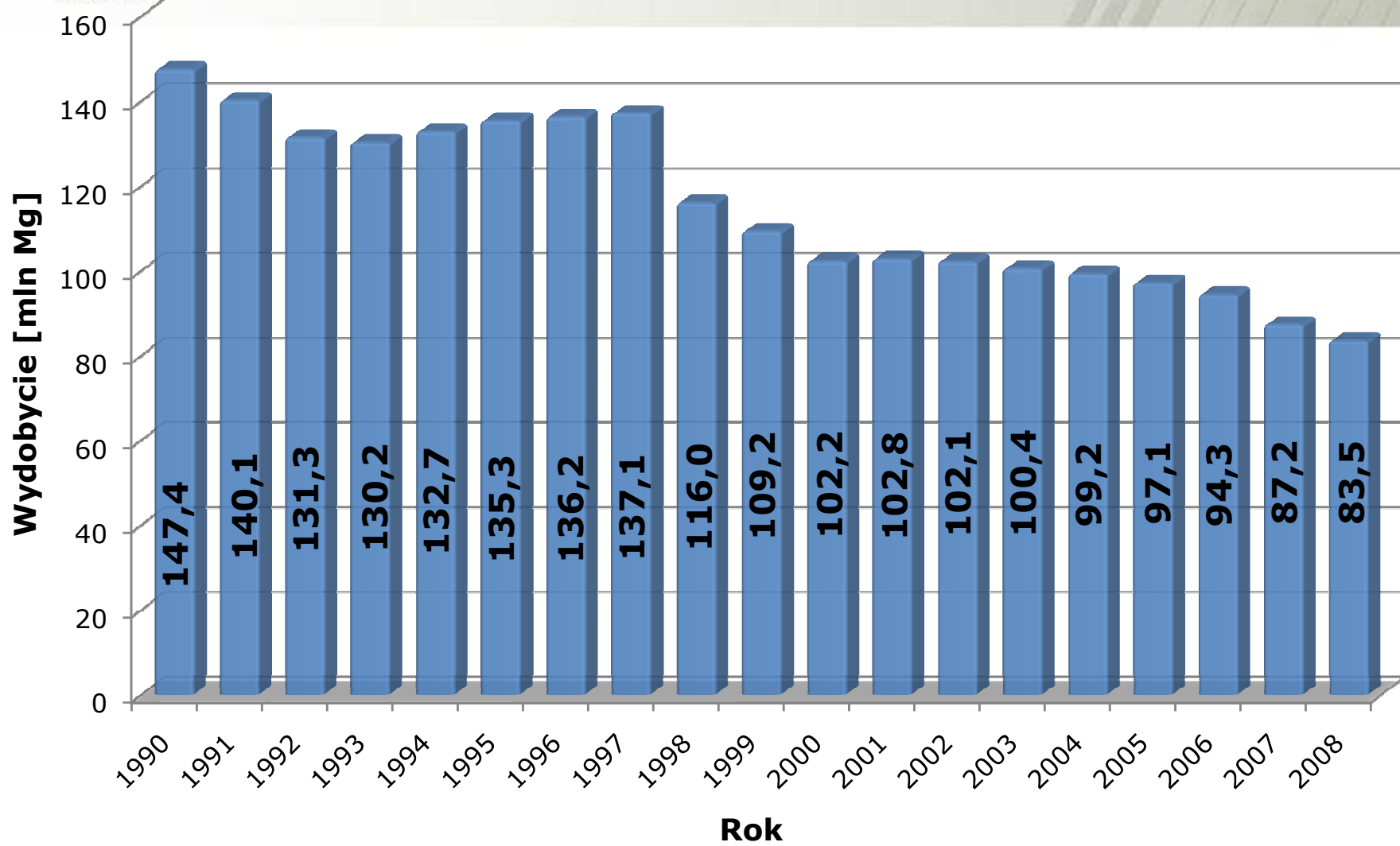
Zasoby operatywne to tylko 3 100 mln Mg

Produkcja węgla kamiennego w Polsce w latach 1945 - 2007



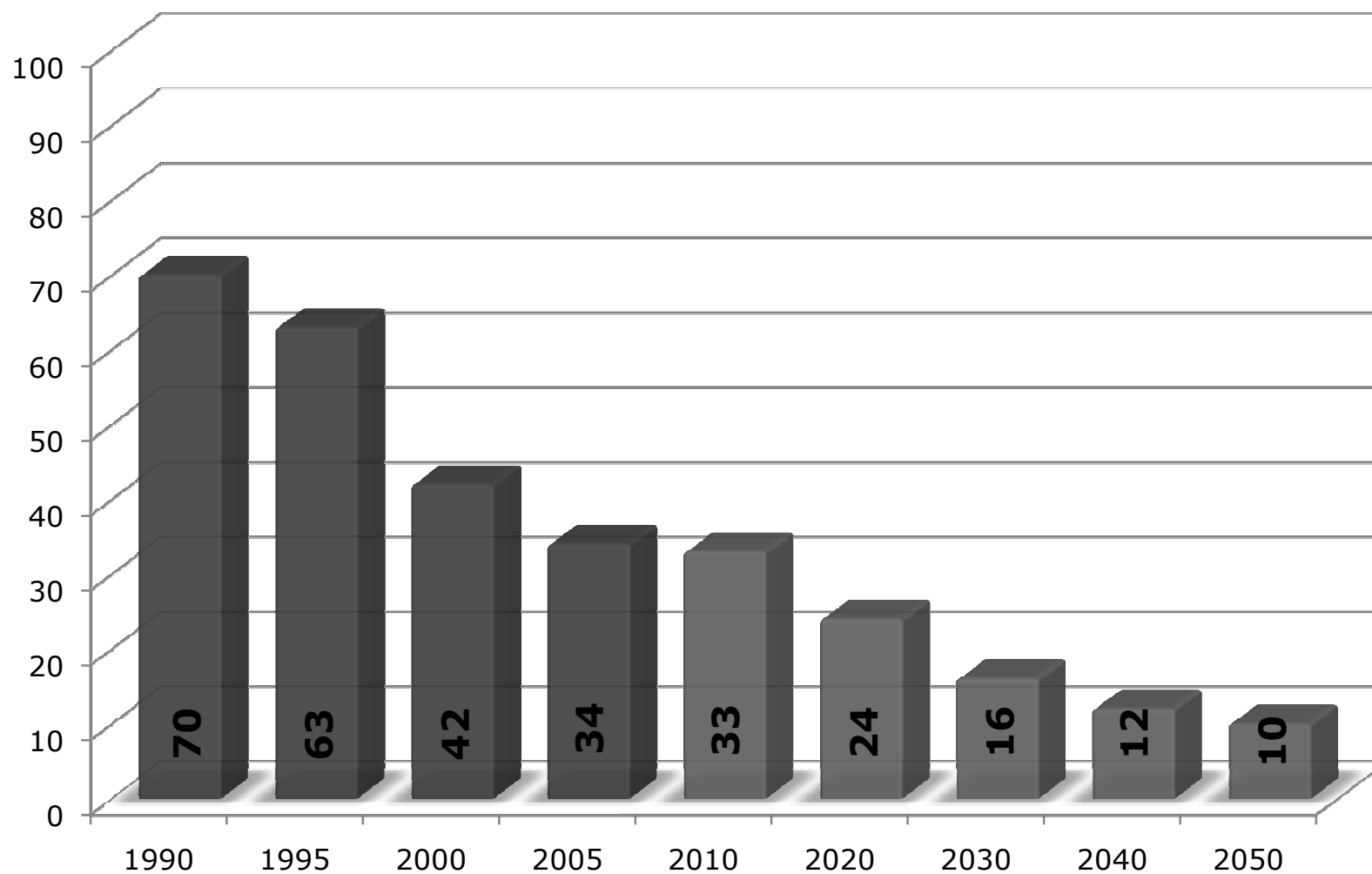


AGH



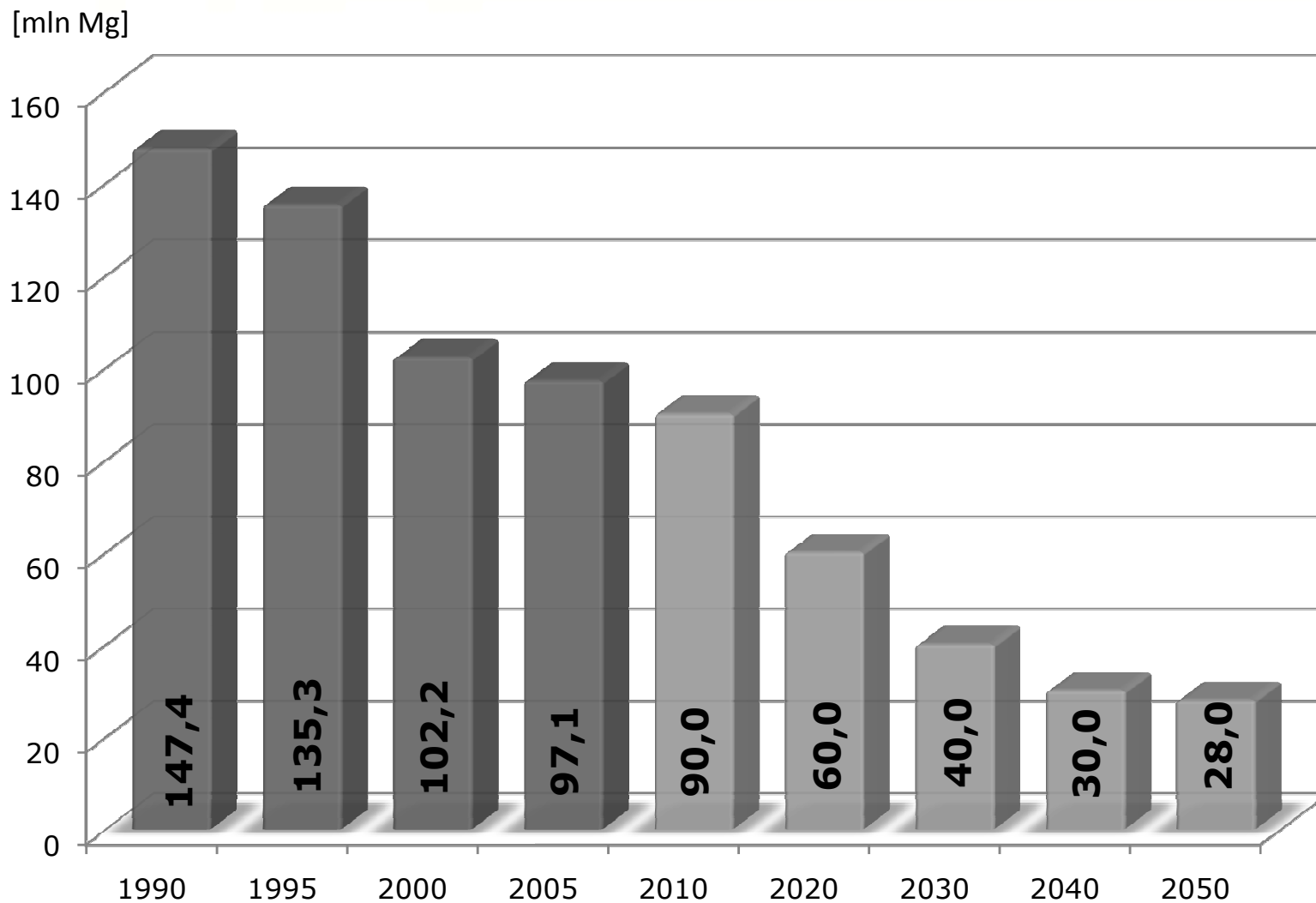


Prognozowana liczba czynnych kopalń węgla kamiennego w Polsce do 2050 roku





Prognozowane wydobycie węgla kamiennego w Polsce do 2050 roku





Szanse na wydłużenie żywotności polskich kopalń węgla kamiennego

- **budowa nowych kopalń w obszarach złóż niezagospodarowanych,**
- **budowa nowych poziomów i udostępnianie nowych partii złoża w obszarach górniczych kopalń istniejących,**
- **opracowanie i rozwój technologii umożliwiających efektywne wybieranie tych partii złoża, które aktualnie są zaniechane z przyczyn technicznych (pokłady cienkie reszkowe, nieregularne partie złoża, itp.),**
- **opracowanie niekonwencjonalnych technologii eksploatacji pokładów węgla, które pozwolą na sięgnięcie po zasoby niedostępne przy użyciu obecnych systemów wybierania.**



Zasoby i możliwości wydobywcze węgla brunatnego



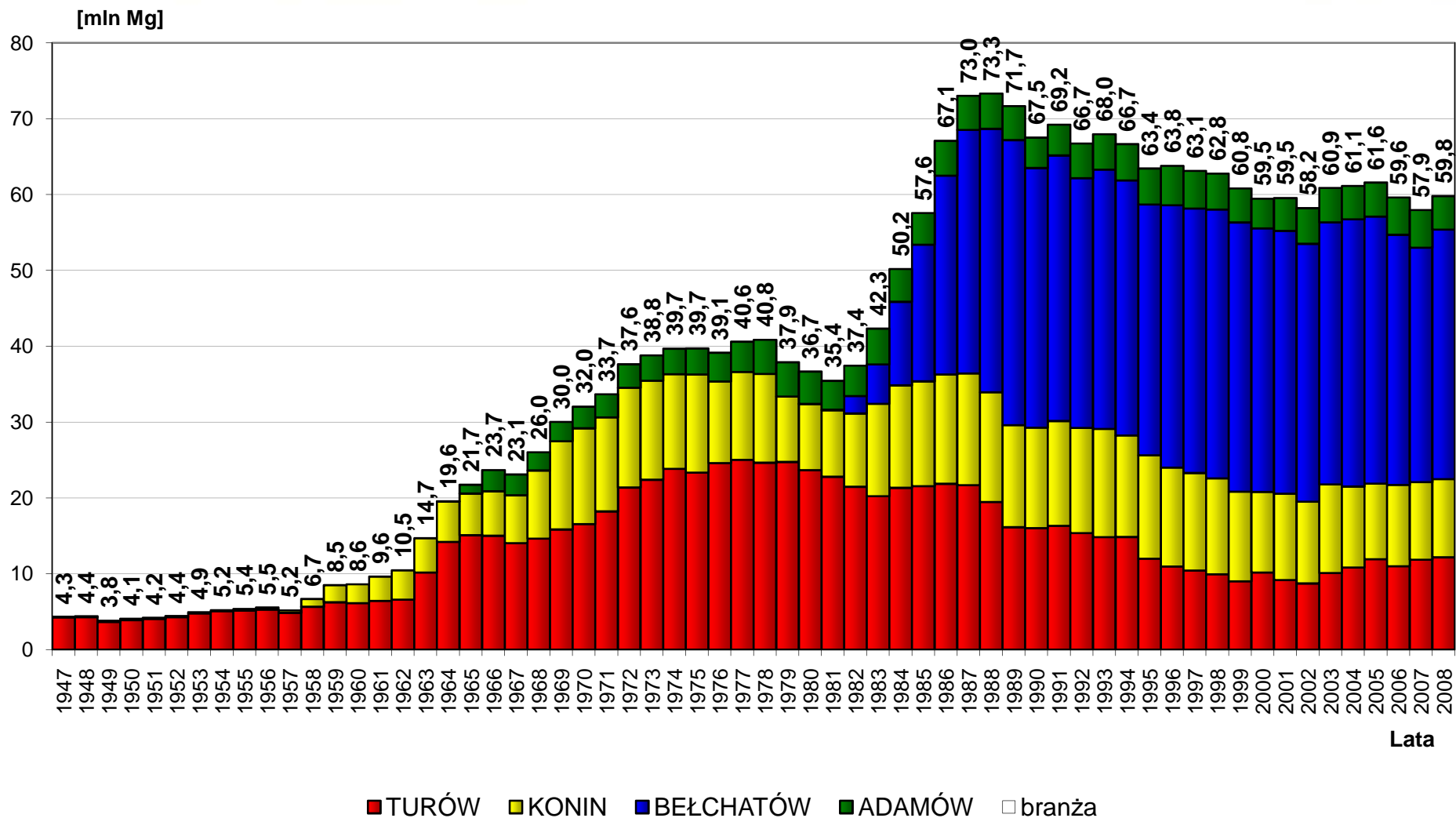
Rejony złożowe węgla brunatnego w Polsce

Nazwa rejonu złożowego	Ważniejsze złoża występujące w regionie
Zachodni	Turów, Mosty, Babina, Gubin, Cybinka, Sieniawa, Słubice-Rzepin
Północno- zachodni	Trzcianka, Więcbork, Nakło
Legnicki	Legnica, Ścinawa, Ruja
Wielkopolski	Mosina, Krzewino-Czempin, Szamotuły, Gostyń, Góra
Koniński	Pątnów, Adamów, Lubstów, Drzewce, Tomisławice, Mąkoszyn-Grochowiska, Morzyczyn, Dęby Szlacheckie, Piaski, Izbica Kujawska
Łódzki	Rogoźno
Bełchatowski	Bełchatów- Szczerców-Kamieńsk, Złoczew, Gorzkowice-Ręczno, Wieruszów
Radomski	Głowaczów, Wola Owadowska, Owadów



Całkowite geologiczne zasoby węgla brunatnego w Polsce w mln Mg

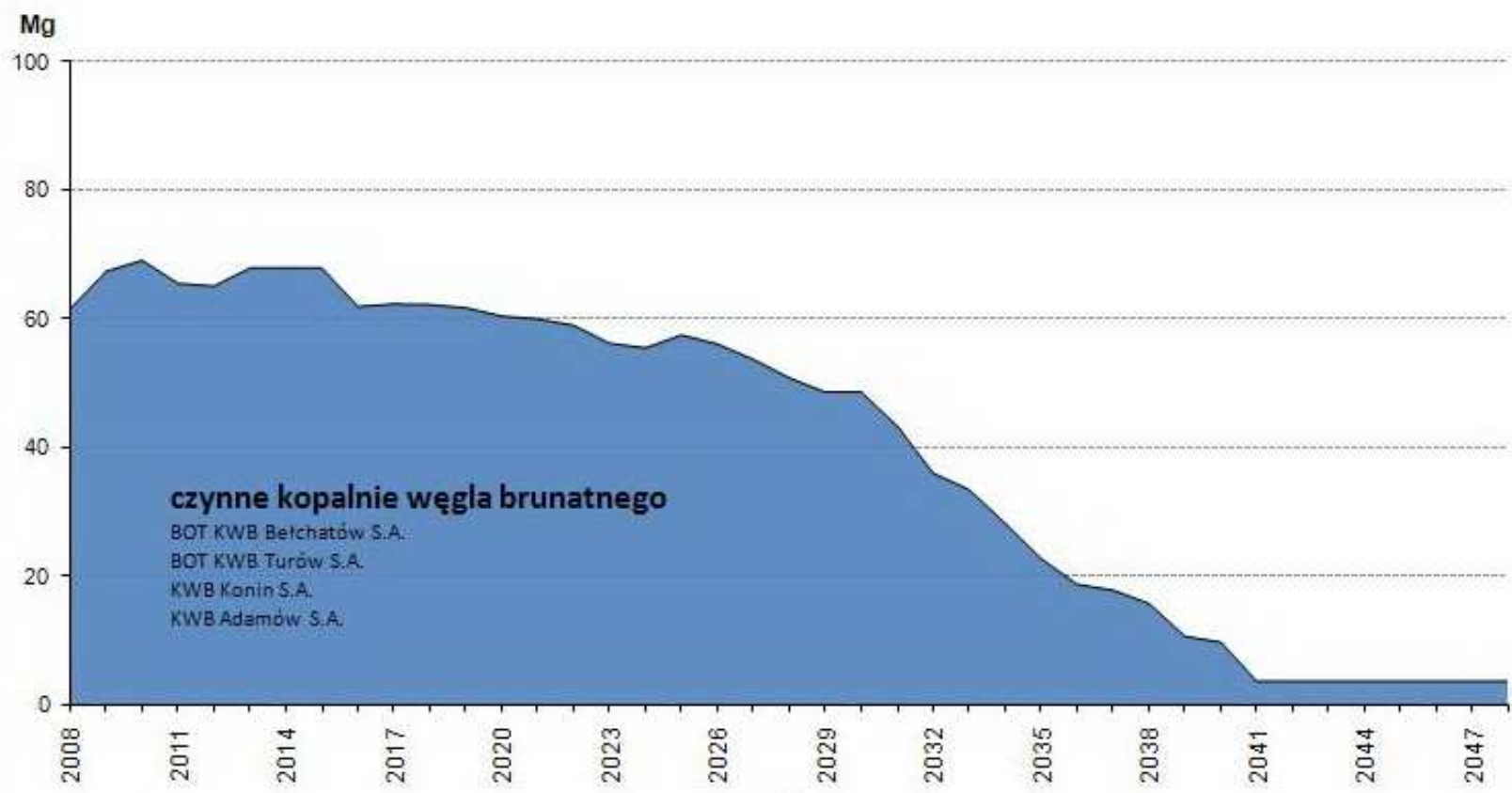
Wyszczególnienie	Razem	Bilansowe	Poza-bilansowe	Progno-styczne	Poza kryteriami	Teoretyczne
Złoża udokumentowane	24 575	13 984	4 879	4 208	1 504	
Złoża perspektywiczne	58 231			51 583	6 648	
Obszary węglonośne	141 690					141 690
Razem	224 496	13 984	4 879	55 791	8 152	141 690





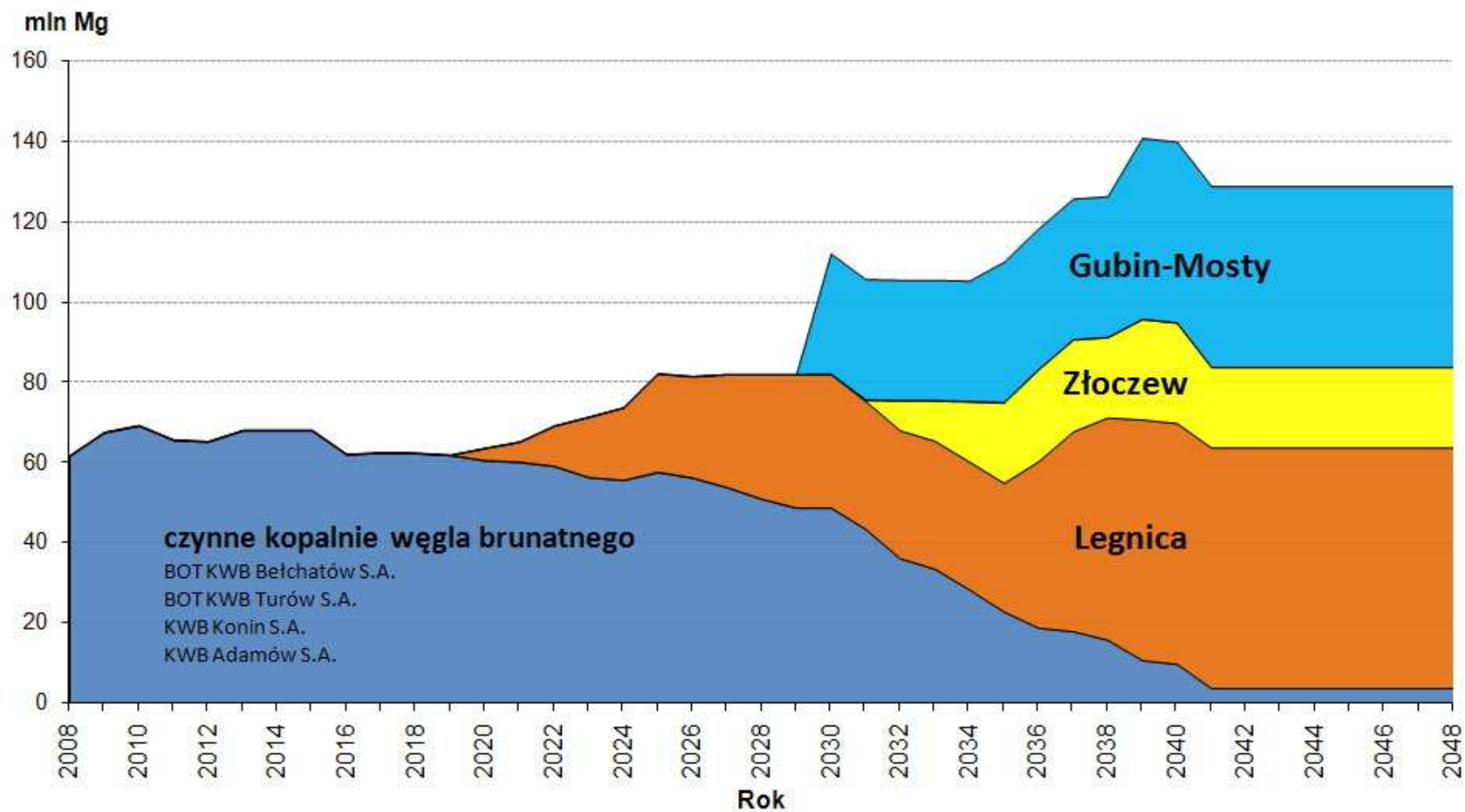
Wydobycie w czynnych kopalniach węgla brunatnego

mln Mg





Wydobycie w kopalniach czynnych + Legnica + Złoczew + Gubin-Mosty





Żaden inny duży kraj nie jest tak zależny od węgla w sferze produkcji energii elektrycznej jak POLSKA

Zależność polskiej elektroenergetyki od węgla jest najwyższa w UE, lecz z drugiej strony zapewnia Polsce największe bezpieczeństwo dostaw paliwa (własne zasoby węgla kamiennego i brunatnego)



Metody wydobywania węgla w Polsce i na świecie

Tradycyjne metody wydobycia węgla kamiennego na świecie:

- podziemna metoda wydobycia
ok. 70 %**
- odkrywzkowa metoda wydobycia
ok. 30%**

Tradycyjne metody wydobycia węgla brunatnego:

- odkrywkowa metoda wydobycia
ok. 97%**
- podziemna metoda wydobycia
ok. 3 %**



Należy w tym miejscu stwierdzić, że polskie górnictwo a w tym górnictwo węgla kamiennego i brunatnego jest na najwyższym poziomie światowym pod względem technologii wydobywania, bezpieczeństwa i ochrony środowiska.



Górnicy w polskich kopalniach węgla brunatnego systematycznie i zgodnie z kanonami sztuki górniczej dokonywali i dokonują rekultywacji i zagospodarowania terenów „odzyskiwanych” w miarę przesuwania się frontów eksploatacyjnych.

Kopalnie zbyły ponad 16 000 ha terenów zrehabilitowanych.

Kopalnie nie posiadają zaległości w rekultywacji terenów poeksploatacyjnych. Wykonywane prace są prowadzone na wysokim poziomie europejskim zapewniającym wykorzystanie terenów do produkcji rolnej, leśnej lub też innej działalności a w tym rekreacyjnej.



Panorama zbiornika wodnego „Bogdałów”





Budowa zbiornika wodnego „Przykona”





Molo przy zbiorniku wodnym „Przykona”





Wyciąg narciarski na Górze Kamieński





Wyciąg narciarski na Górze Kamieńsk





Farma 15x2 MW wiatraków na Górze Kamieński

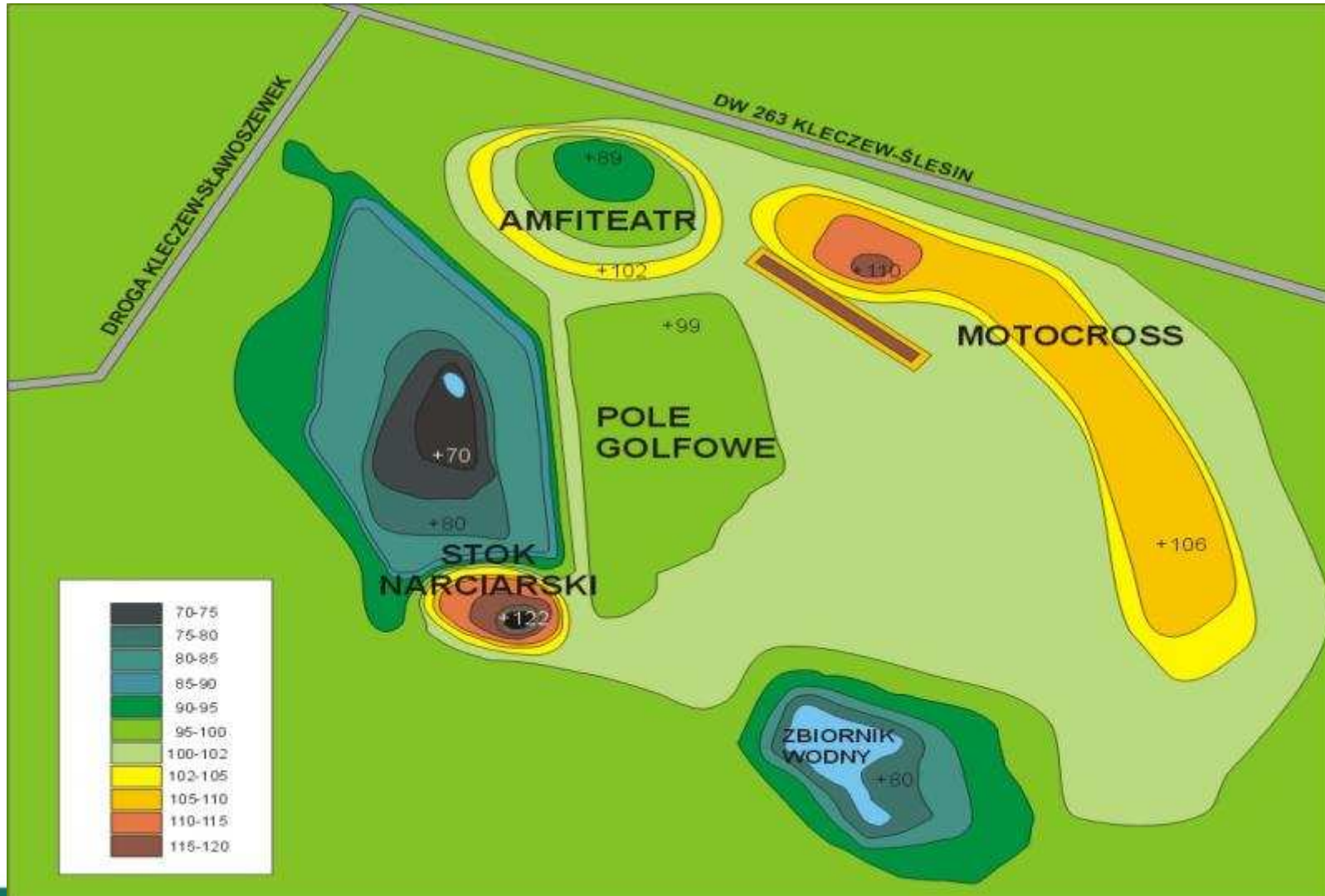




Rekultywacja o kierunku rolnym, uprawa rzepaku i słoneczników



Rekultywacja terenów pogórnicznych w KWB „Konin” – odkrywka Józwin tzw. „Malta Bis”





Zbiornik wodny w wyrobisku odkrywki Pałnów





Panorama ze zwałowiska zewnętrznego na elektrownię „Turów”



Płyta lotniska na zwałowisku zewnętrznym





Zrekultywowana skarpa zwałowiska wewnętrznego





**Koncepcja zagospodarowania terenów
PGE KWB Bełchatów jako
największego ośrodka rekreacyjnego
w Polsce**



Konceptcja rekultywacji terenów pogórnicznych w PGE KWB „Bełchatów”





Struktura użytkowania węgla



Światowa struktura użytkowania węgla

- **procesy spalania – 86 %**
- **odgazowanie – 13 %**
- **zgazowanie – 1 %**

W skali globalnej tylko 14% wydobywanego węgla jest przetwarzane na drodze jego energo-chemicznego przetwórstwa



Produkcja paliw płynnych z węgla ma już blisko 100-letnią tradycję. Początek tej technologii przypada na rok 1913 kiedy przyznano pierwsze patenty dla Fredericka Berginsu oraz Franza Fischera i Hansa Tropscha.



TECHNOLOGIE ZGAZOWANIA doświadczenia światowe

- **Ilość zakładów zgazowania: 128, które wykorzystują 366 gazogeneratorów różnej konstrukcji**
- **Całkowita moc termiczna – 42 000 MWt**
- **Wiodące technologie na świecie: Shell, Texaco, GE, Lurgi, Destec i inne**

Instalacja produkcji paliw syntetycznych Dakota Gasification Company



Nowe technologie wydobywania i przetwórstwa węgla:

- Biozgazowanie węgla w złożu**
- Zgazowanie węgla w złożu**



Biozgazowanie węgla w złożu

Jedną z nowych technologii węglowych jest tzw. biozgazowanie węgla. Technologia polega na przeróbce węgla przez specjalnie wyseparowane szczepy bakterii, które poprzez przemianę materii dokonują zamiany substancji organicznej w gaz. Proces odbywa się podobnie jak przy rozkładzie odpadów organicznych

Metoda biogazyfikacji ma dwie podstawowe korzyści, które równocześnie są jej dużymi ograniczeniami. Pierwszym z nich jest konieczność wykorzystywania w procesie biogazyfikacji węgla brunatnego o wysokiej wilgotności (powyżej 40%). Środowisko wodne jest niezbędne do życia mikroorganizmów. Drugim ograniczeniem jest możliwość zastosowania biogazyfikacji tylko dla młodych i nie w pełni dojrzałych węgli brunatnych, które mają bliższą strukturę do pierwotnych składników organicznych niż do wysokokalorycznego węgla.

Metoda biozgazowania węgla w złożu nie została jednak jak dotychczas zastosowana na skalę przemysłową. Dotychczas prowadzono liczne próby w warunkach laboratoryjnych. W chwili obecnej planowane są pierwsze badania, które mają zostać sfinansowane z budżetu UE. Pierwsze prace mające charakter pilotowy mają potrwać kilka lat.

Jeśli chodzi o potencjalny wpływ metody na środowisko to w chwili obecnej nie jest to zagadnienie jeszcze rozpoznane. Przypuszczać można, że tak jak w przypadku podziemnego zgazowania metoda polega na zamianie fazy stałej w gazową. Można założyć, że ubytek masy w złożu powodować będzie zmiany na powierzchni terenu w postaci osiadań. Przypuszczalnie produkty biozgazowania kontaktować się będą z wodami podziemnymi. Trudno jest w tej chwili ocenić jaki wpływ będzie miała eksploatacja, prowadzona tą metodą, na środowisko wodne. Wyniki badań znane będą dopiero za kilka lat.



Podziemne zgazowanie węgla

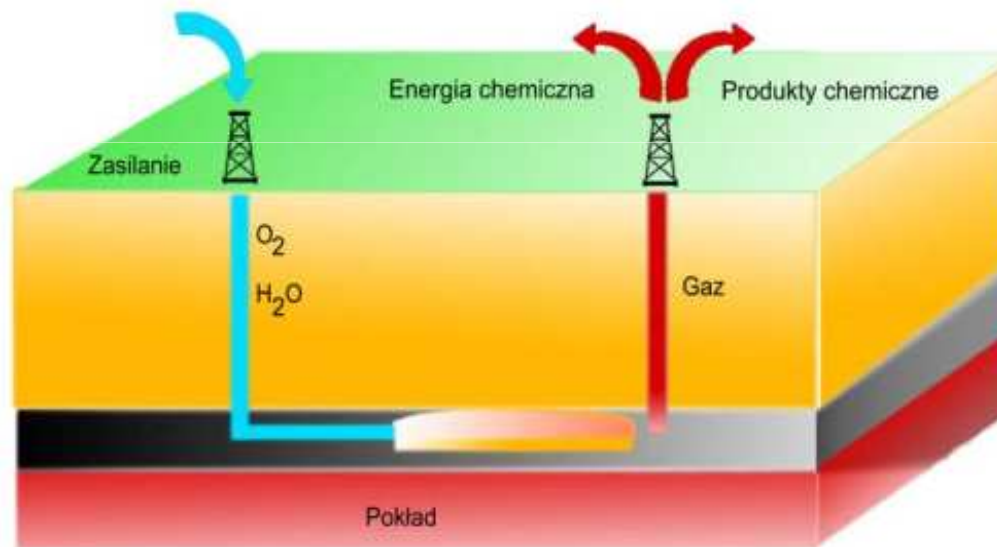
Podziemne zgazowanie węgla należy do grupy niekonwencjonalnych technologii eksploatacji pokładów węgla, które pozwolą na sięgnięcie po zasoby niedostępne przy użyciu obecnych systemów wybierania

Zgazowanie węgla może odbywać się przez otwory:

- **technologie szybowe,**
- **technologie bezszybowe.**
- **pionowe (konieczne są poziome wiercenia dla udrożnienia złoża)**
- **kierunkowe (np. z podciąganiem orurowaniem - CRIP)**

Podziemne zgazowanie węgla

Istota PZW - konwersja węgla do gazu syntezowego w warunkach naturalnych, a więc bezpośrednio w złożu.

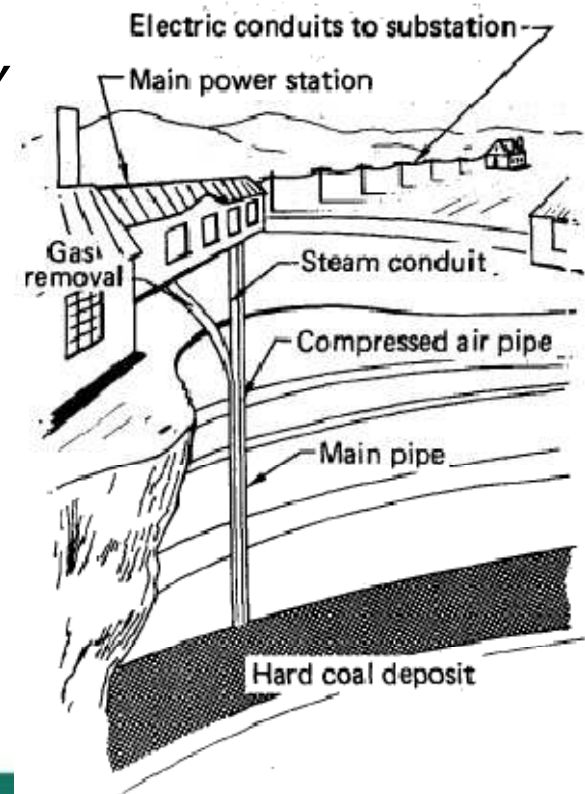


Podstawowe etapy technologii PZW :

- 1. Utworzenie tzw. reaktora podziemnego, który stanowi odcinek pokładu węgla poddawany zgazowaniu**

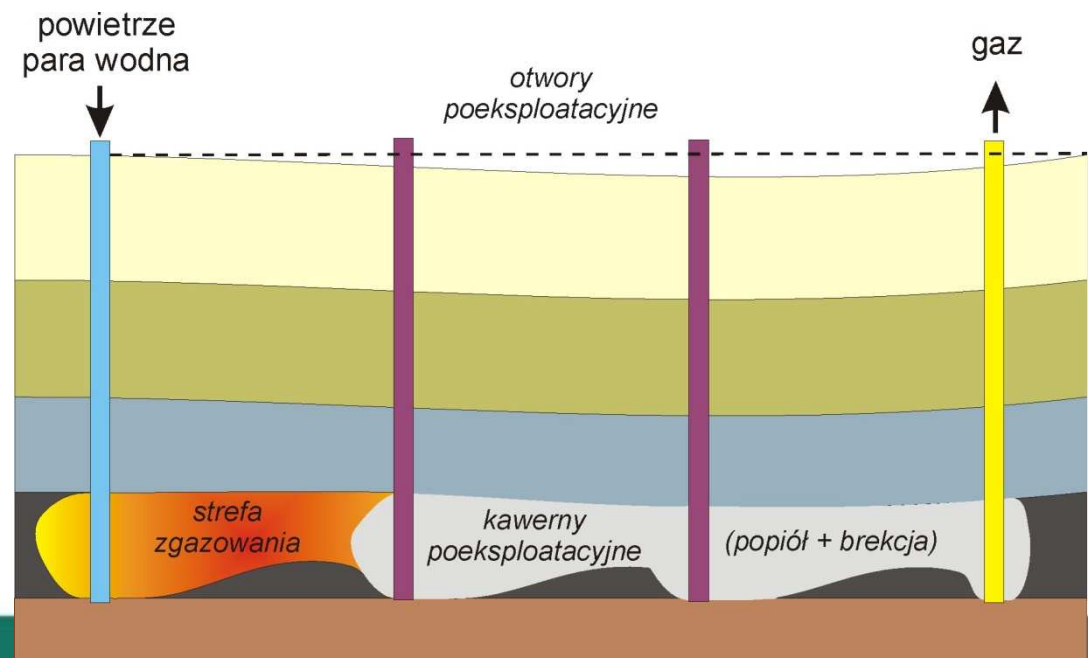
Koncepcja podziemnego zgazowania węgla

- 1868 rok - idea podziemnego zgazowania węgla - Werner i Wilhelm Siemens
- 1888 - *nastąpi z czasem taka epoka, że węgla nie będzie się wydobywać z ziemi, a będzie on w niej zamieniany w gazy palne, które rurociągami będą przesyłane na dalekie odległości* - Dmitryj Mendelejew
- 1909 - pierwszy patent - A. G. Betts (UK)
- 1912 - Sir Whiliam Ramsey projekt eksperymentu podziemnego zgazowania węgla



Były ZSRR

- 1913 - *jeden z największych największych tryumfów technologii;*
Prawda, 4 Maj 1913
- 1928 - decyzja o budowie instalacji pilotowej
- 1933 r. wdrożenie projektu
- 1935 - opracowanie metody udrażniania złoża (Matwiejew, Skafa, Filipow)
- lata 50 XX w. - zastosowania metody podziemnego zgazowania w wielu regionach ZSRR (Promgaz)
- 1961 - wiercenia kierunkowe
- lata 60 i 70 XX w. wzrost wykorzystania naturalnego gazu ze złóż Syberyjskich
- 1975 - sprzedaż licencji do Texas Utilities, USA

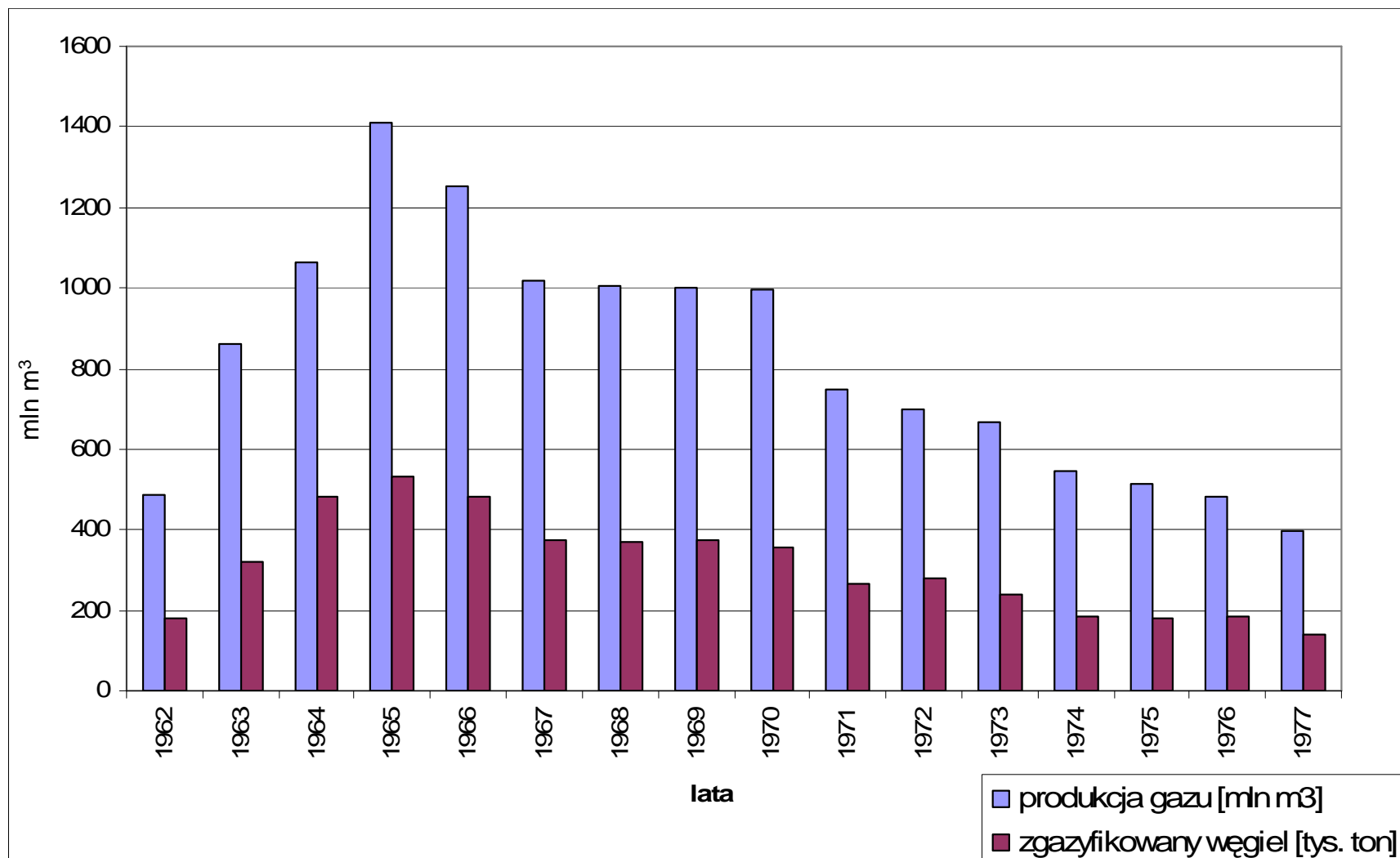


Były ZSRR

Zagłębie	Nazwa instalacji	Data	rodzaj węgla	miąższość złożeń [m]	głębokość zalegania złożeń [m]	Upad [°]	wilgotność węgla [%]	zawartość popiołu (w stanie suchym) [%]	substancje lotne (materii organicznej) [%]
Podmoskiewskie	Tula, Podmoskownaja 1	1941-1946	brunatny	2,5	30 - 80	0 - 2	30	34,3	44,5
	Tula, Podmoskownaja 2	1946-1963	brunatny	1 - 5	50	0 - 2			
	Szatsk, Szatskaja 1	1959-1976	brunatny	2,6 - 4,0	30 - 60	0 - 2	30	26	38,1
Kuźnieckie	Leninsk	1933	bitumiczny	4,85					
	Sinelnikowski Stalińsk	1960	brunatny	3,5 - 6,0	80	0 - 2	55	23,8	65,5
Donieckie	Lisiczańsk	do 1977	bitumiczny	0,44 - 2,0	60 - 250	15 - 50	12 - 15	7 - 17	39 - 40
	Shakhta	1933	antracyt						
	Garlovka	1935	bitumiczny						
Syberia	Kamieńsk	1960							
	Józno-Abińsk	1955-1977, od 1999	brunatny	2 - 9	50 - 300	55 - 65	2,5 - 8,0	2,3 - 5,2	27 - 32
Uzbekistan	Taszkient, (Angren)	od 1955	brunatny	2 - 22	120 - 250	7 - 10	35	12,2	33

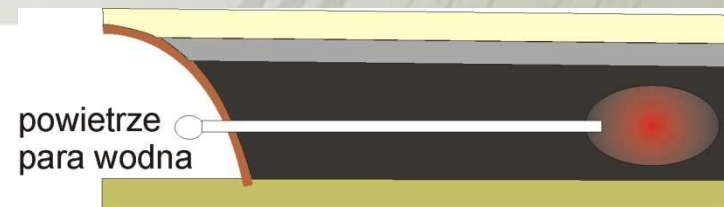
max. produkcja - 1,5 mld m³/rok

Produkcja gazu w Angren - Uzbekistan (b. ZSRR)

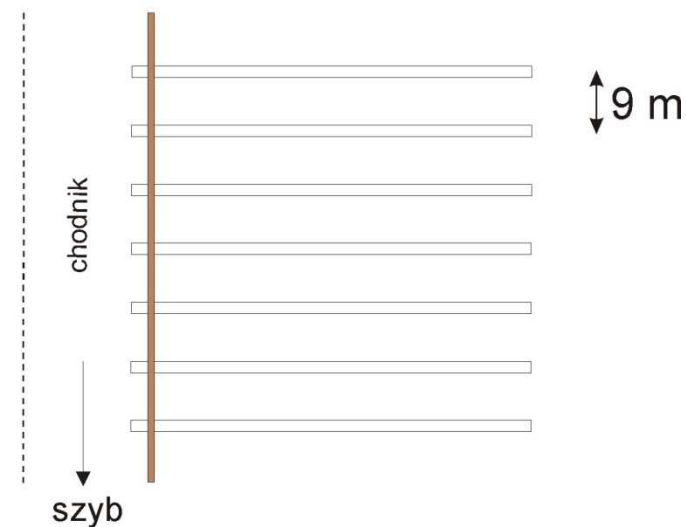


Wielka Brytania

- 1949 - 1959 - Durham
- 1958 Newman-Spinney ----->
- 1956-1959 - próby produkcji gazu dla potrzeb energetyki (nieudane)
- 1964, 1976 - rewizja wyników badań
- od 1999 nowy program badawczy-wieloletni



300 m

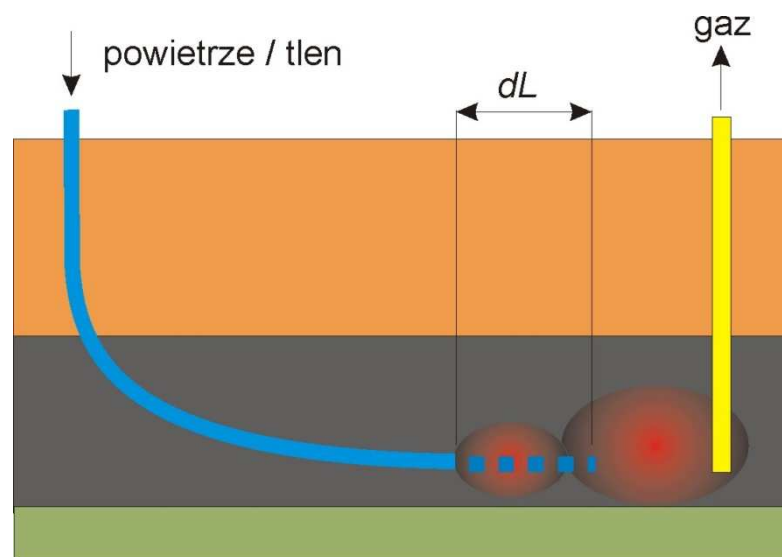
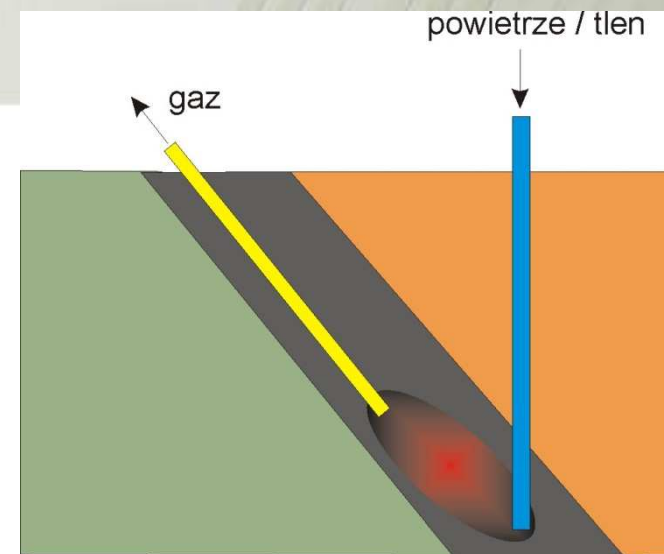
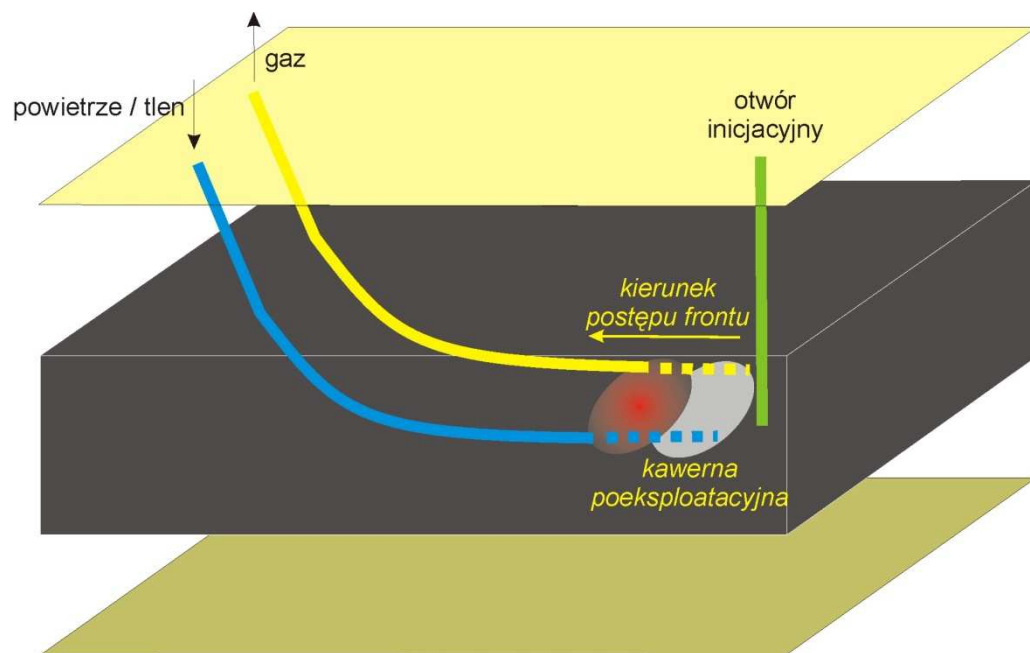


USA

- ponad 30 testów w latach 1947-93
- ca. 100 tys. ton węgla
- głębokości zalegania: 30 - 300 m
- miąższości: do 30 m
- finansowanie:
 - Departament Energii USA
 - fundusze prywatne przy wsparciu DOE

Stan	Data	miejsce (nazwa testu)
Alabama	1947 - 1960	Gorgas
	1973-1974	Hanna (LETC-1)
	1975	Hanna (LETC-II-1A)
	1975	Hanna (LETC-II-1B)
	1976	Hanna (LETC-II-II)
	1976	Hanna (LETC-II-III)
	1977	Hanna (LETC-III)
	1978	Hanna (LETC-IV-A(a))
	1978	Hanna (LETC-IV-A(b))
	1977	Hanna (LETC-IV-B(a))
	1979	Hanna (LETC-IV-B(b))
	1978-1988	Hanna, Rocky Mt. (RM1-ELW) (rozszerzony połączone otwory)
	1978-1988	Hanna, Rocky Mt. (CRIP-ELW)
Wyoming	1976	Hoe Creek (Hoe Creek I)
	1977	Hoe Creek (Hoe Creek II - air-1)
	1977	Hoe Creek (Hoe Creek II - O-2)
	1977	Hoe Creek (Hoe Creek II - air-2)
	1979	Hoe Creek (Hoe Creek III - air)
	1979	Hoe Creek (Hoe Creek III - O-2)
	1977-1982	Rocky Hill
	1979	Rawlins, Carbon Countr (GRD-I-air)
	1979	Rawlins, Carbon Countr (GRD-I-O2)
West Virginia	1981	Rawlins, Carbon Countr (GRD-II-O2)
	1978	Reno Junction (ARCO-I)
	1979	Princetown (METC-1)
	1981-1982	Centralia (Centralia-LBK-O2)
Washington	1981-1982	Centralia (Centralia-LBK-air)
	1983	Centralia (Centralia-CRIP-O2)
	1976	Fairfiled (BRI-I)
Texas	1978-1979	Tennessee Colony (BRI-IIa)
	1978-1979	Tennessee Colony (BRI-IIb)
	1977	College Station (TAM-I)
	1979	Bastrop County (TAM-II)
	1980	Bastrop County (TAM-III)

–opracowanie i wdrożenie technologii CRIP (kontrolowana strefa spalania przez podciąganie orurowania)





USA



Próby od 1948 r. na złożach głębokich

- 1982-84, 1985-86 Thulin; Belgia (860 m)
- 1983-1984 Bruay en Artois, La Haute Deule; Francja (880 m)
- 1992-1999 Alcorisa, El Tremedal, Hiszpania (550 m)





Alcorisa, Province of Teruel (El Tremedal), Hiszpania

koszt - 20 mln \$ (przy wsparciu Komisji Europejskiej)

miąższość złoża - 2 m

czynnik zgazowujący - tlen + para wodna

proces zakłócany:

- przez duży dopływ wody z nadkładu**
- uszkodzenia otworów**
- liczne problemy techniczne wynikające z niedostatecznego rozpoznania warunków zalegania złoża**

Australia



Chinchilla

otwory pionowe

- od 1999 -2003
- węgiel brunatny - 130 m ppt
- 32.000 ton węgla
- 80 mln m³ gazu

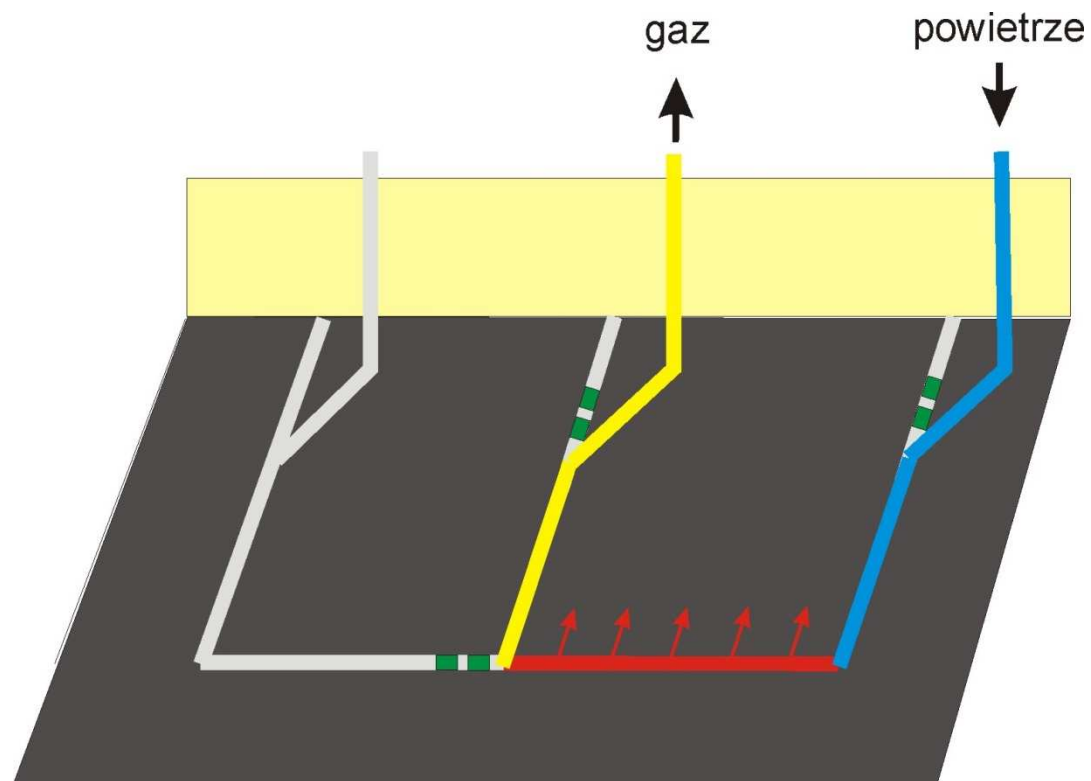


Obecnie budują się instalację próbną. Jeżeli będzie ok. powstanie instalacja dla elektrowni o mocy 130 MW - ***Bloodwood Creek***

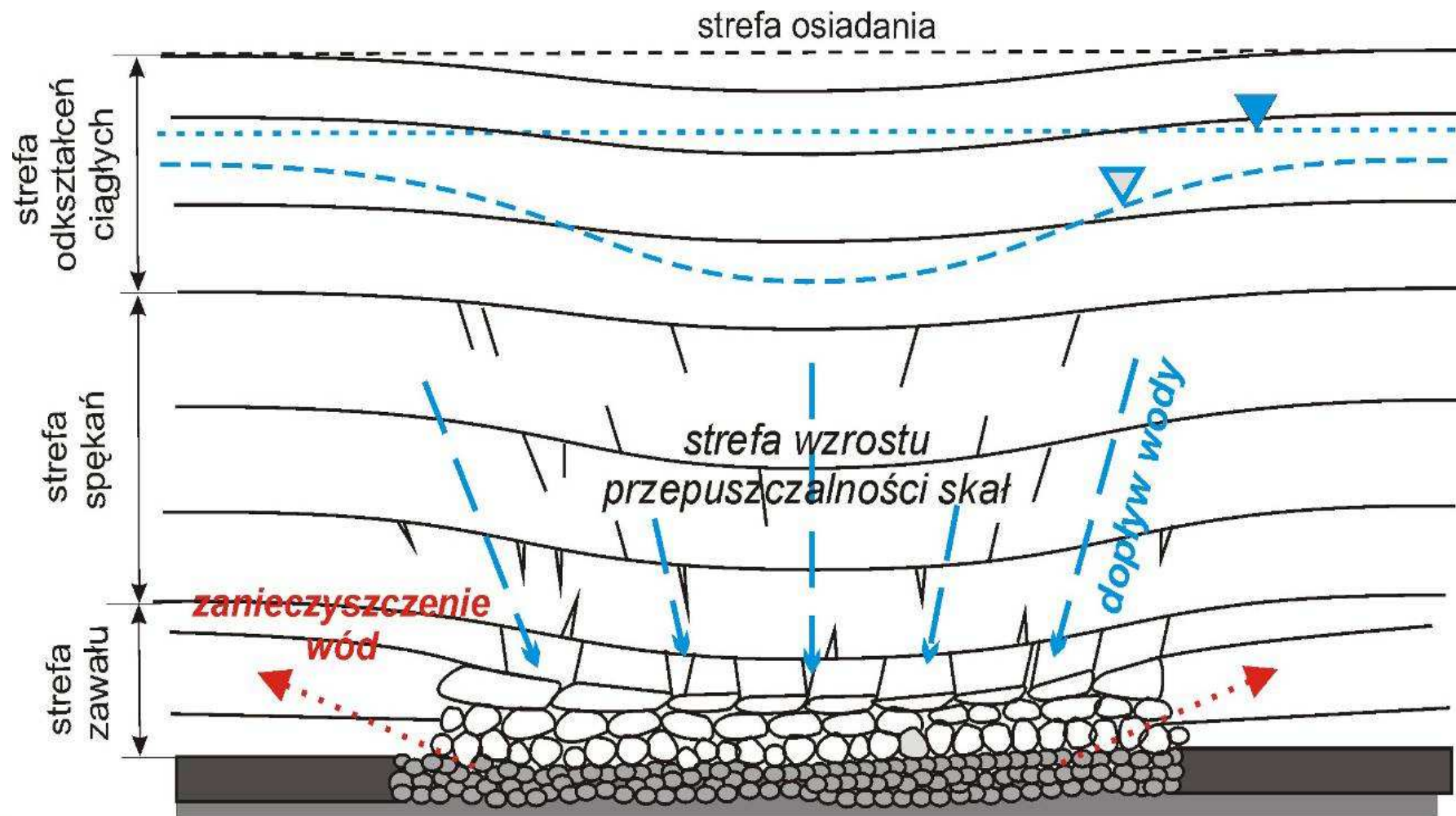
Chiny

Kilkanaście przemysłowych instalacji na cienkich pokładach

- opał pieców do wypalania ceramiki
- paliwo palne
- kotły parowe
- synteza amoniaku



Potencjalny wpływ podziemnego zgazowania na wody podziemne





Metoda podziemnego zgazowania stwarza zagrożenia dla środowiska w obrębie występowania złóż:

- **zalegających płytko (do 200 m),**
- **o znacznej miąższości (powyżej 20 m),**
- **o małej wartości współczynnika nadkładu (poniżej 10),**
- **w których skały nadkładu charakteryzujących się znaczną wodoprzepuszczalnością,**
- **występujących w obrębie głównych zbiorników wód podziemnych,**
- **oraz dla terenów zabudowanych i wyposażonych w infrastrukturę liniową.**



Zgazowanie węgla w złożu -podsumowanie-

Technologia podziemnego zgazowania rozwijana jest od około 100 lat

Pracuje jedna elektrociepłownia o mocy ok. 80 MW

Zagrożenia:

- 1. Bardzo trudne sterowanie podziemnym zgazowaniem**
- 2. Osiadanie terenu zależne od miąższości zgazowanego złoża**
- 3. Ewentualne zanieczyszczenie wód podziemnych**
- 4. Otrzymywany gaz posiada zmienne parametry jakościowe**

Wg obecnych światowych doświadczeń można zgazowywać złoża spełniające określone wymagania i produkować energię w „małej lokalnej” energetyce o mocy 50-200 MW

O ile będą nowe badanie i nowe wyniki to wówczas ten pogląd może ulec zmianie.

Polska winna rozpocząć od zaraz badania naukowe w celu opracowania eksperymentów i zebrania doświadczeń

Podziemne zgazowanie daje możliwości sięgnięcia po złoża dotychczas nieopłacalne dla eksploatacji odkrywkowej jak i podziemnej węgla kamiennego oraz brunatnego

**„Kopalnia węgla XXI wieku
- producentem surowca
dla zero emisyjnej
produkcji energii, paliw
i surowców chemicznych”**



Dziękuję za uwagę