



Międzynarodowa konferencja:

Węgiel w okresie transformacji energetycznej

29 sierpnia 2017 r., Katowice



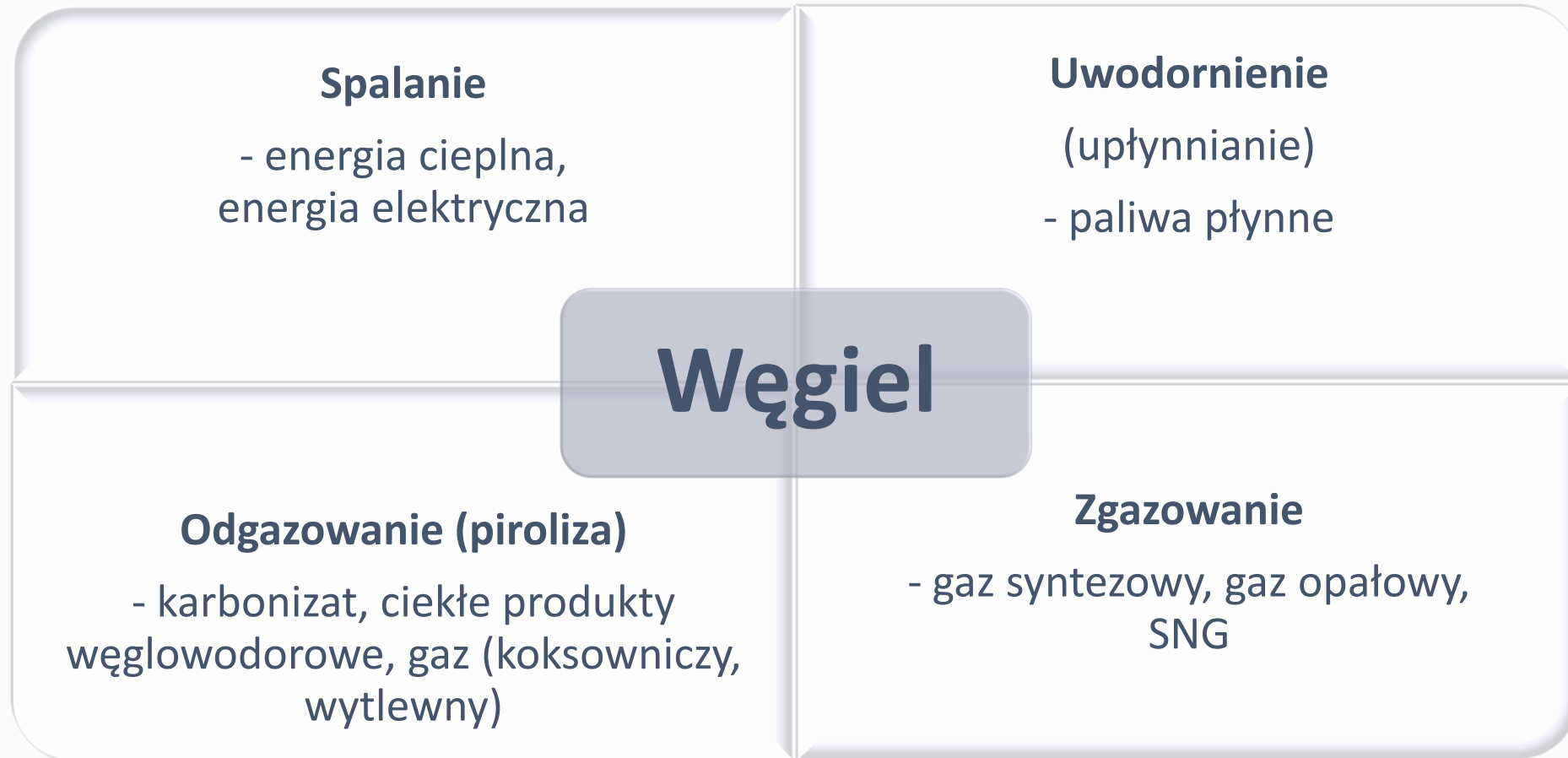
Niekonwencjonalne technologie wykorzystania węgla

Stanisław Prusek

Główny Instytut Górnictwa



Podstawowe procesy i produkty wykorzystania węgla



Elektrownie oparte o paliwo węglowe
w Polsce i na świecie:

- Moc elektryczna zainstalowana na świecie wg stanu na lipiec 2017 – **1965,368 GW**,
- Moc elektryczna zainstalowana w Polsce wg stanu na lipiec 2017 – **27,187 GW**,
- Aktualnie na świecie jest zaplanowanych lub budowanych ponad **1600** nowych elektrowni węglowych o łącznej mocy ponad **840 GW**

(źródło: NYT, <http://endcoal.org/global-coal-plant-tracker>).



Elektrownia Opole – Bloki 5 i 6 - Źródło: PGE

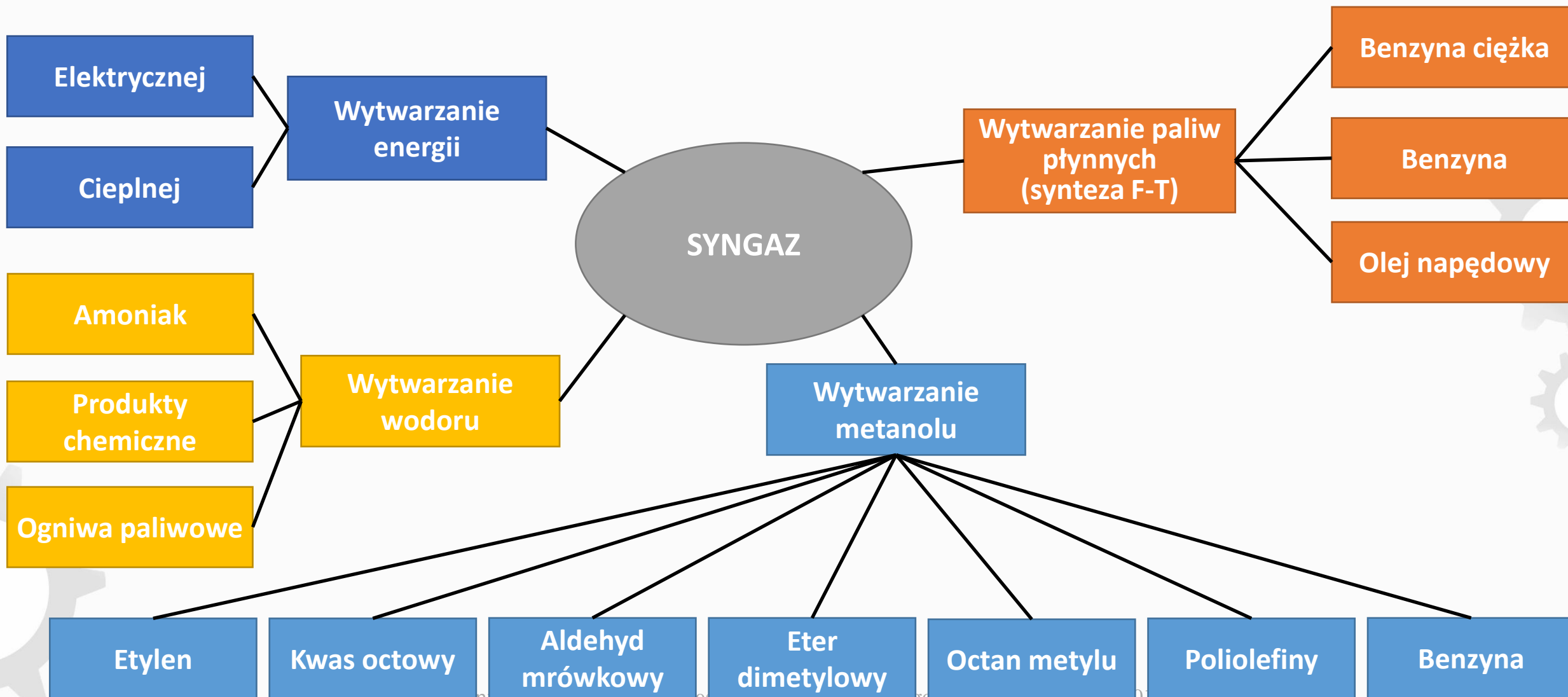
Zgazowanie węgla

Zgazowanie węgla to proces wysokotemperaturowej konwersji węgla do gazu syntezowego przy użyciu czynnika zgazowującego (np. para wodna, tlen, wodór, powietrze, CO_2) dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii.

Podział technologii zgazowania węgla:

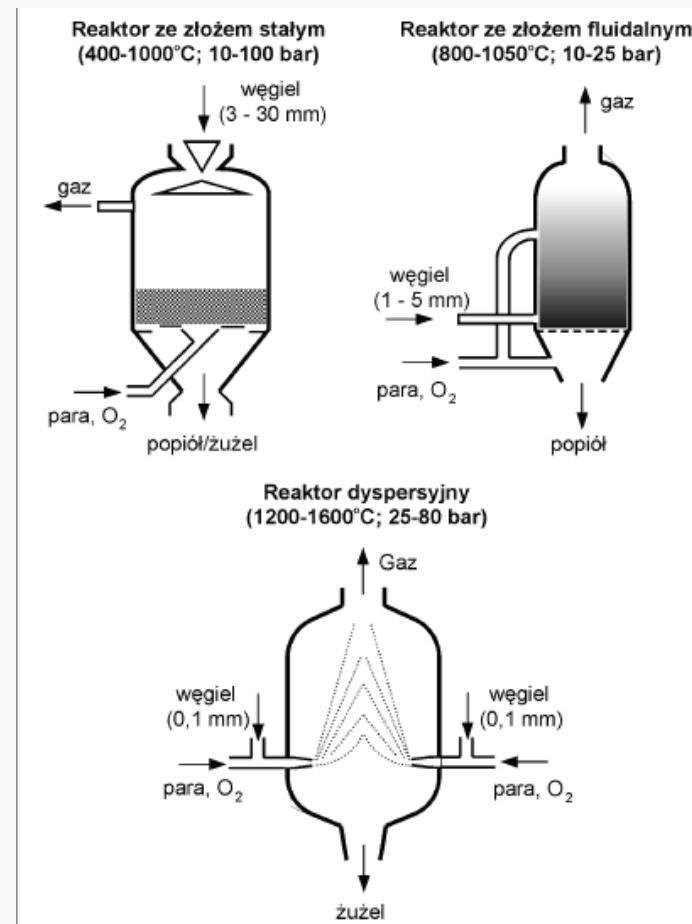
- ☐ Naziemne
- ☐ Podziemne





Proces zgazowania prowadzony jest na powierzchni w reaktorach, których konstrukcje, w zależności od przepływu paliwa w strefie reakcyjnej, dzielą się na:

- ☐ reaktory ze złożem stałym (ang. fixed bed) - Lurgi
- ☐ reaktory ze złożem fluidalnym (ang. fluidised bed) – technologia U-GAS
- ☐ reaktory dyspersyjne (ang. entrained bed), (najczęściej wykorzystywane w nowych instalacjach) – technologie: Shell, GE/Texaco, Siemens, ECUST



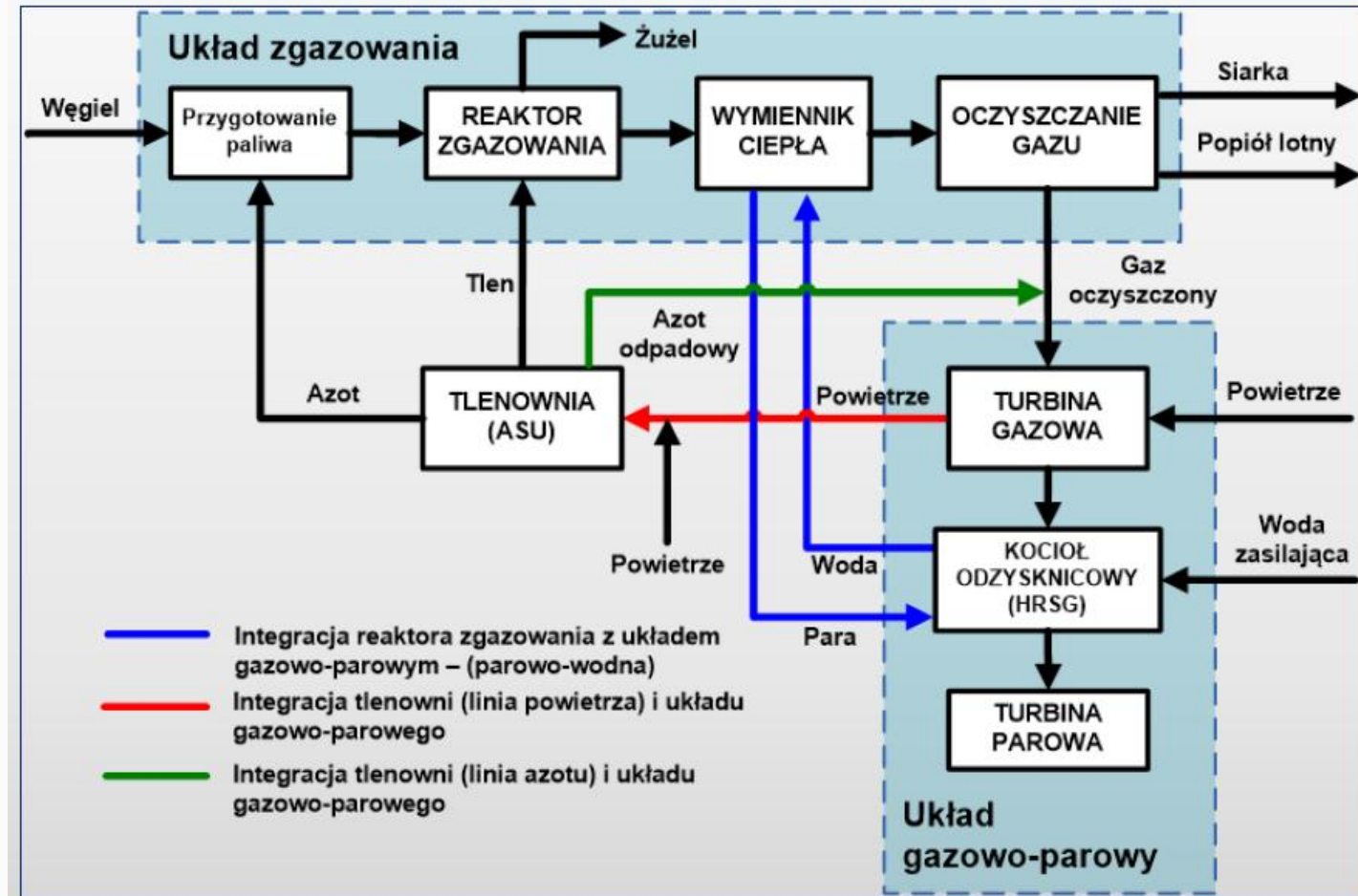
Źródło: Karcz, Ściążko

Naziemne zgazowanie węgla – technologia IGCC

Technologia IGCC (układ parowo-gazowy, zintegrowany ze zgazowaniem węgla) składa się z trzech głównych procesów.

Są to:

- zgazowanie paliwa (tlenowe lub powietrzne) oczyszczanie gazu syntezowego,
- spalanie gazu syntezowego w turbinie gazowej,
- odzysk ciepła i produkcja energii elektrycznej w turbinie parowej.



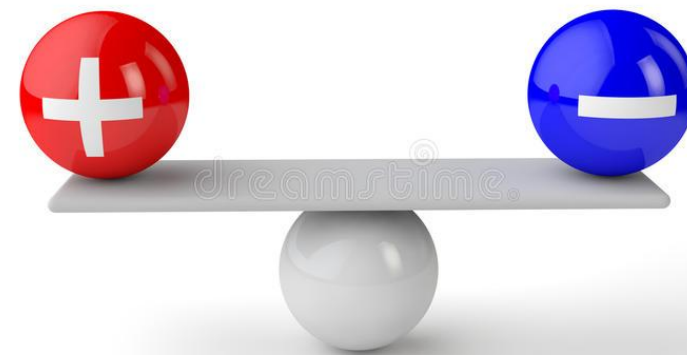
Źródło: M. Ściążko

Zalety:

- Prawie o połowę niższe zużycie wody w porównaniu do konwencjonalnych bloków węglowych
- Niska emisja zanieczyszczeń (NO_x, SO₂, pyły)
- Wysoka sprawność (45%)
- Możliwość produkcji wodoru oraz siarki
- Łatwiejsze wydzielanie CO₂ w porównaniu do spalania pyłowego

Wady:

- Wysokie koszty instalacji
- Złożoność instalacji co podwyższa ryzyko występowania awarii i niezadawalająca dyspozycyjność
- Technologia IGCC nie pozwala na spełnienie wymogu Pakietu Zimowego w zakresie emisji CO₂



Grafika: <https://www.dreamstime.com/stock-photography-plus-minus-balance-balls-white-background-image36839642>

- NZW jest technologią w pełni komercyjną.
- W różnych krajach świata pracuje około 270 instalacji zgazowania wyposażonych w ponad 680 reaktorów. Szacuje się, że rocznie w świecie zgazowuje się 300-400 mln Mg węgla.
- 25% światowej produkcji amoniaku oraz 30% metanolu powstaje na bazie zgazowania węgla.
- Największy wzrost tej technologii obserwuje się w Chinach, gdzie zgazowaniu poddaje się około 170 mln Mg węgla, głównie na potrzeby przemysłu chemicznego.
- Aktualnie w świecie w zgazowaniu naziemnym najczęściej wykorzystuje się gazyfikatory: Lurgi, GE Energy, Shell, Siemens, czy też ECUST.

IGCC

- PGE – budowa instalacji IGCC o mocy 500 MW w Elektrowni Dolna Odra



- Enea - budowa instalacji IGCC o mocy 300-500 MW.



Zgazowanie dla przemysłu chemicznego

- Tauron i Grupa Azoty, Zgazowanie węgla na potrzeby przemysłu chemicznego



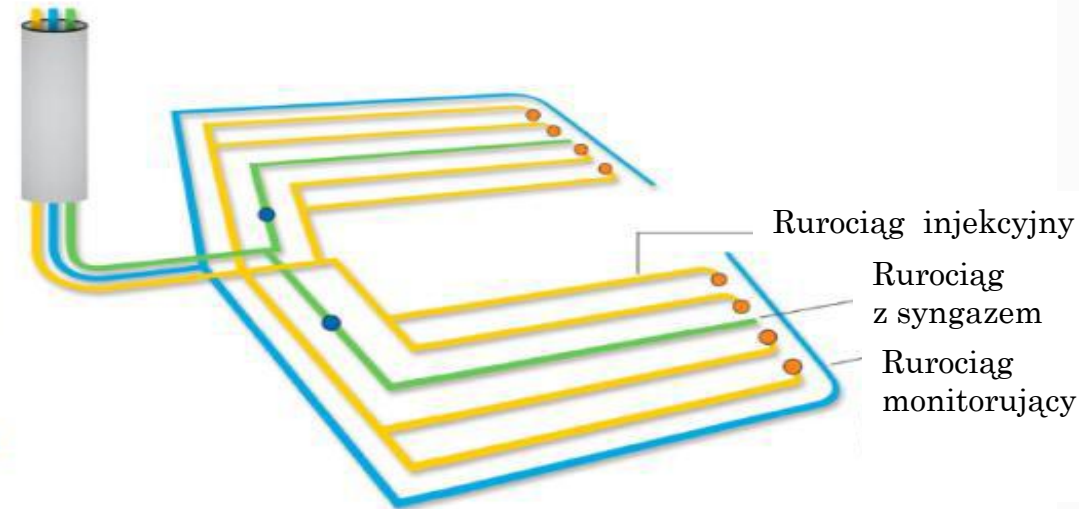
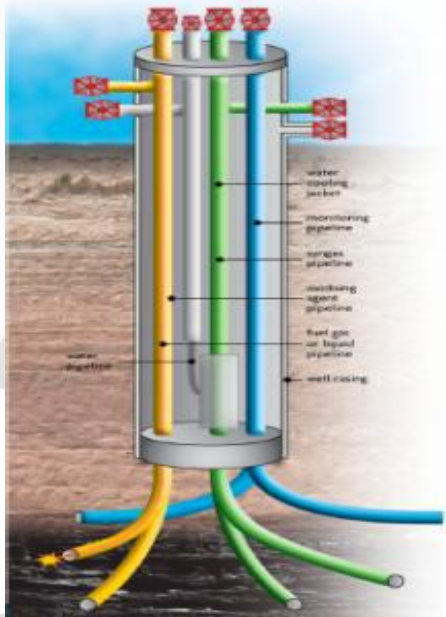
Prowadzone są również działania w celu rozwijania technologii zgazowania w instalacjach małoskalowych.

PODZIEMNE ZGAZOWANIE WĘGLA

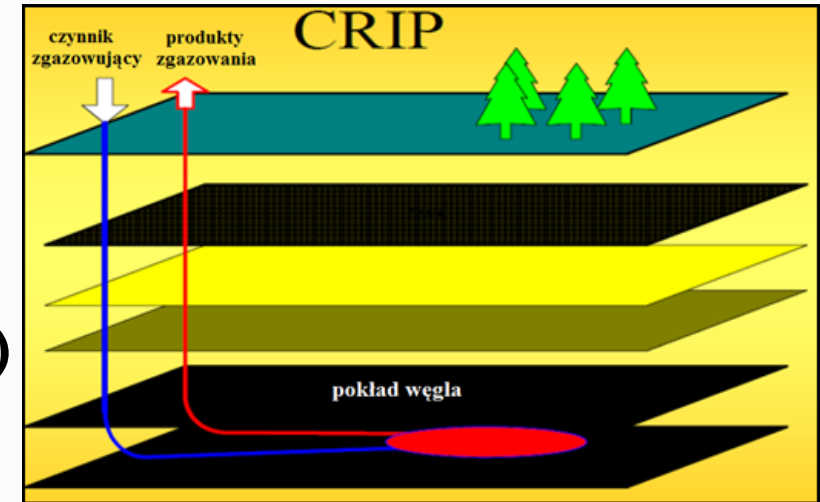
powala na bezpośrednie pozyskanie energii w miejscu zalegania węgla i przebiega analogicznie do technologii zgazowania węgla na powierzchni - jest jednak bardziej skomplikowane i trudniejsze w realizacji



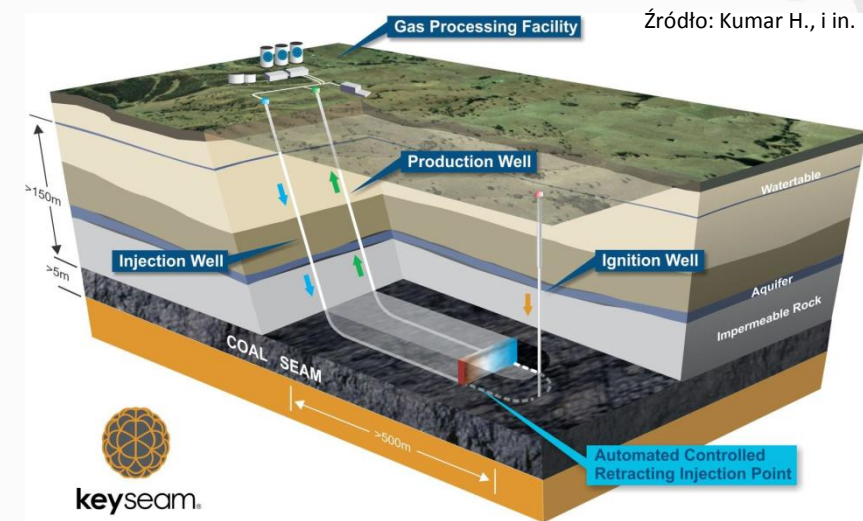
- Szybowa
- Otworowa
 - CRIP - Controlled Retracting Injection Point,
 - SWIFT - Single Well Integrated Flow Tubing,
 - εUCG - Exergy UCG™ (technologia Ergo Exergy)



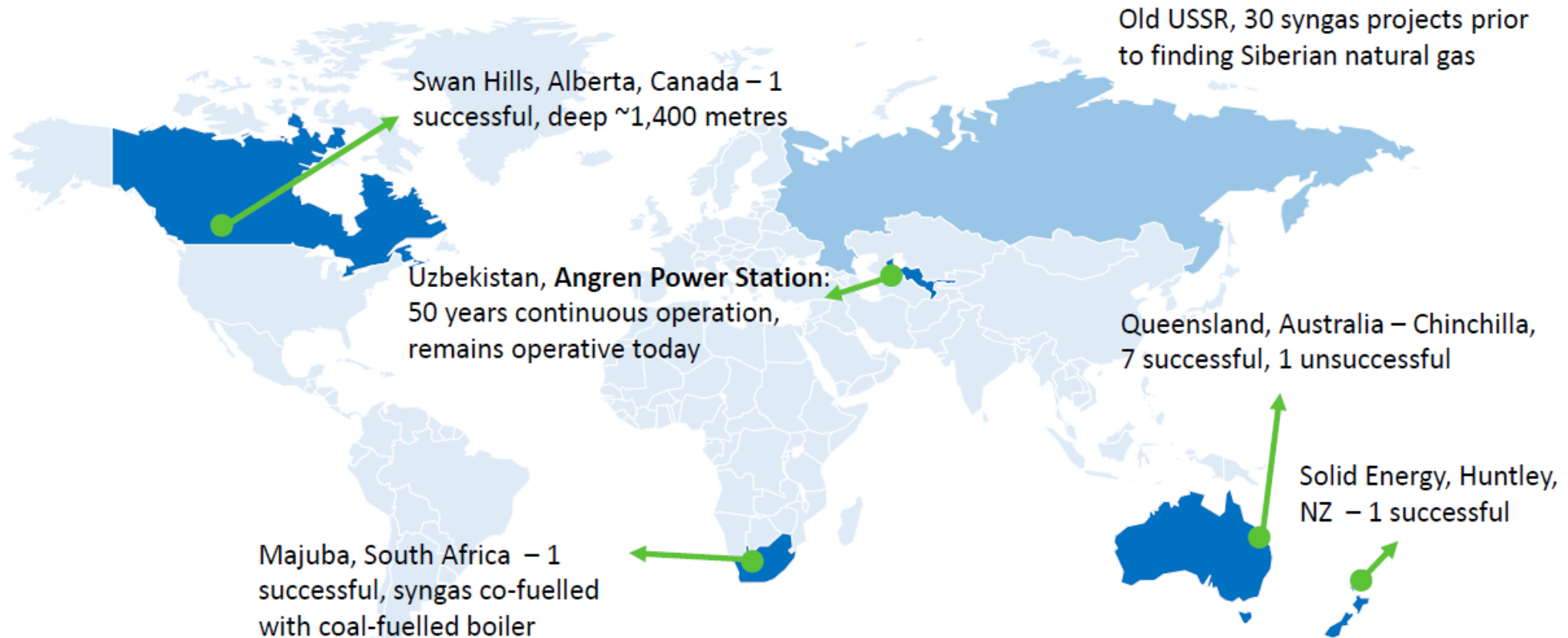
Źródło: Kumar H. i in.



Źródło: Kumar H., i in.



Instalacje pilotowe PZW w świecie – bez Chin



I kilkadziesiąt eksperymentów zgazowania w złożu w różnych częściach świata...



Międzynarodowa organizacja UCG Association szacuje, że na terenie Chin zlokalizowanych jest aktualnie około **30 projektów PZW**, znajdujących się w różnych fazach przygotowań. Nowy projekt PZW zatwierdzony przez rząd chiński w **Zagłębiu Haoqin**, w Środowej Mongolii, Realizacja przez Zhengzhou Coal Industry Group wspólnie z firmą **Carbon Energy**, która na bazie swojej technologii ma zbudować instalację demonstracyjną.



Projekty GIG w obszarze zgazowania węgla

HUGE (RFCS)
2007 - 2010

**Opracowanie technologii zgazowania węgla dla
wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej (NCBR)**
2010 - 2015

HUGE2 (RFCS)
2011 - 2014

CoalGas – (KIC InnoEnergy)
2012-2015

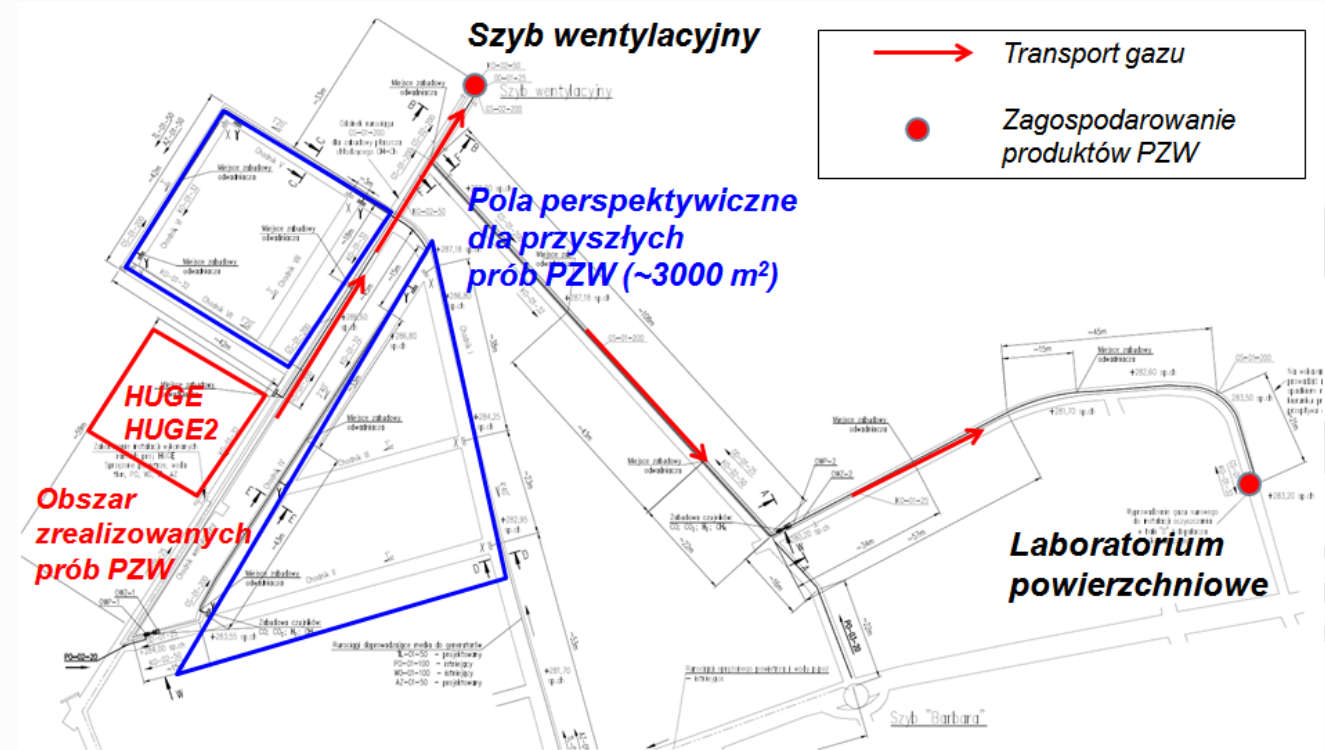
COGAR (RFCS)
2013 - 2016

TOPS (7th FP)
2013 - 2016

Coal2Gas – (RFCS)
2014-2017

Średnie parametry technologiczne procesu in-situ (2010r.)

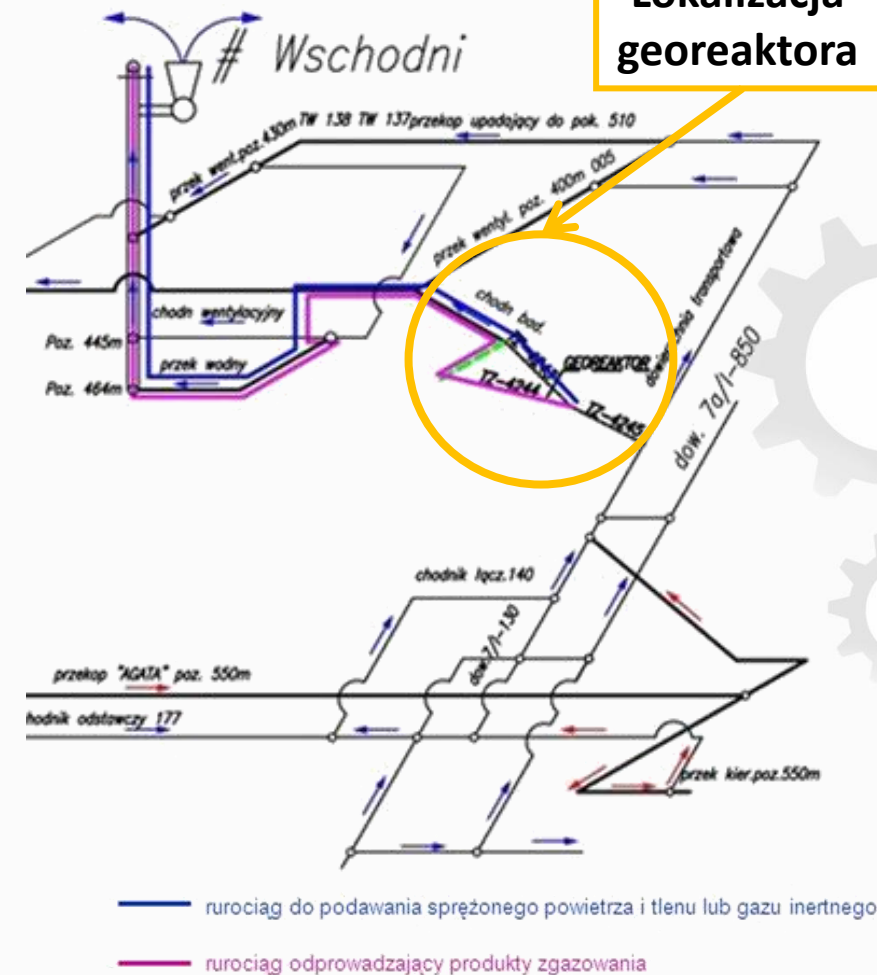
- Prędkość zgazowania substancji węglowej: około 30–40 kg/godz.,
- ilość wytworzonego gazu: 120–150 m³gazu/h,
- całkowita ilość zgazowanego węgla: 12–15 Mg,
- Czynniki zgazowujące: powietrze i tlen.



W trakcie 16 dniowej próby w procesie uzyskano palny gaz o wartości opałowej w przedziale: 2,5–10 MJ/ m³ i o następującym składzie: wodór 10–40%, tlenek węgla 20–30%, metan 2–3%, dwutlenek węgla 10–15%, tlen 1–2%obj.

Zgazowanie w KWK Wieczorek (2014)

Instalacja oczyszczanie gazu oraz lokalizacja georeaktora



Średnie parametry technologiczne procesu:

- ☐ Temperatura gazu na wylocie z georeaktora – ok. 470-520 °C
- ☐ Prędkość zgazowania węgla – ok. 200 kg/godz.
- ☐ Wydatek gazu procesowego – ok. 680-850 m³ /godz.
- ☐ Efektywność zgazowania - ok. 3 600 m³/Mg węgla
- ☐ Czynnik zgazowujący: powietrze i tlen.

W ciągu 53 dni trwania eksperymentu, zgazowano około 245 Mg węgla i wytworzono około 1 030 000 m³ gazu o wartości opałowej wahającej się od 3,0 do 4,5 MJ/m³.

- Częściowa lub całkowita eliminacja robót górniczych i ograniczenie tzw. „czynnika ludzkiego”
- Redukcja nakładów inwestycyjnych (CAPEX) i kosztów eksploatacyjnych (OPEX) w porównaniu do tradycyjnych techniki eksploatacji pokładów węgla
- Możliwość eksploatacji pokładów, których wydobywanie metodami górniczymi jest nieopłacalne lub zaniechane ze względów bezpieczeństwa
- Ograniczenie emisji zanieczyszczeń do powietrza
- Redukcja ilości powstających odpadów stałych, zarówno z procesów wydobywczych (np. kamień), jak i konwencjonalnego spalania węgla (np. popioły lotne)

Potencjalnie słabe strony technologii PZW

- Problemy legislacyjne i koncesyjne
- Brak pełnej kontroli procesu eksploatacji na poziomie podobnym, jak w przypadku metod konwencjonalnych, bądź zgazowania prowadzonego na powierzchni. W konsekwencji ograniczone możliwości zapewnienia ciągłości produkcji, a szczególnie stałej jakości gazu
- Możliwy negatywny wpływ na środowisko naturalne (np. zanieczyszczenie warstw wodonośnych produktami spalania)
- Ograniczone możliwości reakcji na powstające zagrożenie dla środowiska, wynikające z opóźnionej w czasie możliwości kontroli skutków środowiskowych eksploatacji

- Stanowiska do symulacji procesu PZW w warunkach powierzchniowych – ciśnieniowa oraz bezciśnieniowa
- Instalacja powierzchniowego zgazowania węgla ze złożem przesuwным,
- Instalacja bezpośredniego upłynniania węgla,
- Moduł separacji i oczyszczania gazu procesowego,
- Podziemny poligon doświadczalny do prowadzenia prób podziemnego zgazowania węgla w złożu naturalnym KD Barbara w pokładzie nr 310



Reaktor Ciśnieniowy do symulacji procesu podziemnego zgazowania węgla



Reaktor bezciśnieniowy do symulacji procesu podziemnego zgazowania węgla



Instalacja zgazowania węgla ze złożem przesuwным

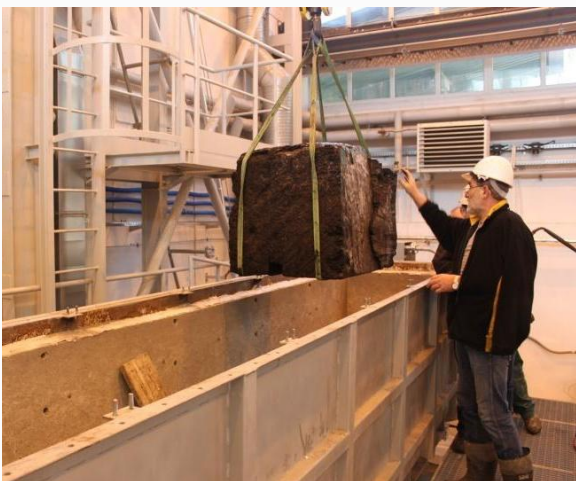


Instalacja zgazowania/pirolizy paliw stałych



Instalacja zgazowania i oksyspalania paliw stałych w ciśnieniowym reaktorze z cyrkulującym złożem fluidalnym

Zwiększenie efektywności wydobywania węgla poprzez zastosowanie podziemnego zgazowania w europejskich kopalniach węgla brunatnego



Coal	Composition, %vol.								CV, MJ/Nm ³
	CO ₂	C ₂ H ₆	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	CO	H ₂ S	
Velenje	52.5	0.2	21.0	1.0	2.0	4.3	18.6	0.5	6.4
Oltenia	63.3	0.2	21.3	0.2	1.5	2.7	10.2	0.6	4.8

Partnerzy:





Sasol Secunda
(źródło: Courtesy Sasol, Media Club South Africa)

UPŁYNNIANIE WĘGLA

Podstawowe metody upłynniania węgla:

- Metoda bezpośrednia - uwodornienie
- Metoda pośrednia – synteza F-T

Sasol – Coal to Liquids

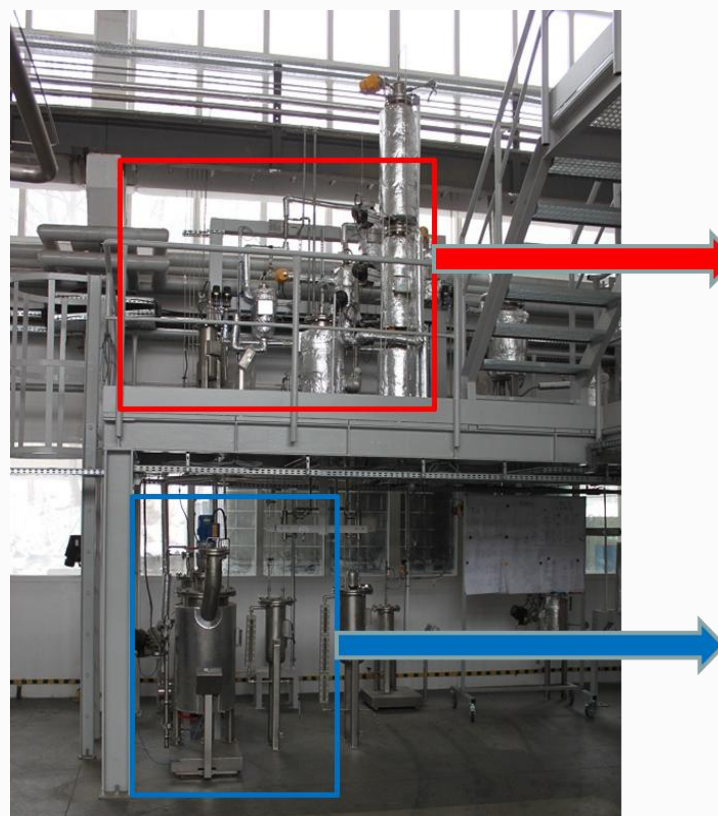
- Kompleks Sasol w Secunda jest obecnie największym na świecie obiektem przemysłowym technologii CTL (Coal to Liquids).
- Instalacja pozwala na przetwarzanie ok. 40 mln Mg węgla rocznie na ~ 160 000 baryłek na dobę paliw ciekłych ~ 27% całkowitej produkcji paliw płynnych w RPA



HISTORIA

- ❑ GIG, Wyry – **bezpośrednie uwodornienie węgla** - fazy rozwoju:
 - I. Od 1973r. – badania procesów jednostkowych w skali laboratoryjnej (ekstrakcji, uwodornienia, destylacji, wylewania, itd.);
 - II. Instalacja wielkolaboratoryjna – 120 kg węgla/dobę – metoda CONSOL, H-COAL;
 - III. Od 1977r. instalacja 1/4 techniczna – 1,2 Mg węgla/dobę;
 - IV. Od 1986r. – zmodernizowana instalacja – 2 Mg/dobę – opracowanie technologii GIG;
 - V. Początek lat 90-tych – projekt zakładu pilotowego wg technologii GIG o przerobie 200 Mg/dobę – dokumentacja projektowa GBS i PPW Separator na bazie założeń GIG.

STAN AKTUALNY – Instalacja upłynniania węgla CCTW – KD Barbara



1. Węgiel jest ważnym i dominującym surowcem energetycznym dla wielu krajów świata. Zgodnie z prognozami, pomimo międzynarodowej presji na redukcję emisji gazów cieplarnianych, węgiel pozostanie głównym źródłem pozyskiwania energii.
2. Węgiel powinien być postrzegany nie tylko jako źródło energii otrzymywanej poprzez jego spalanie, ale również jako cenny surowiec o dużym potencjale karbochemicznym.
3. Przyszłość węgla to odejście od tradycyjnego jego wykorzystania na rzecz uczynienia go paliwem „czystym”, dlatego też technologie jego wielokierunkowego i niekonwencjonalnego wykorzystania powinny być rozwijane i komercjalizowane.

4. Dla Polski, której sektor wytwarzania energii oparty jest o paliwo węglowe, konieczne są działania na rzecz rozwoju i wdrażania niekonwencjonalnych technologii wykorzystania węgla, w tym zgazowania, szczególnie w aspekcie nowych wymagań Pakietu Zimowego, wprowadzenia nowych norm emisji dla dużych źródeł spalania (konkluzje BAT) oraz ustaw „antysmogowych”.
5. Polska posiada potencjał naukowy (zarówno kadrowy jak i laboratoryjny) dla opracowania oraz wdrażania nowych i innowacyjnych technologii wykorzystania węgla dla energetyki oraz przemysłu chemicznego. Nasze ośrodki naukowo – badawcze rozwijają technologię, zarówno podziemnego, jak i naziemnego zgazowania i są przygotowane do przeprowadzenia fazy demonstracyjnej dla tych technologii.