

## O technologii naziemnego zgazowania węgla

Lutyński A. – Instytut Techniki Górniczej KOMAG; Lutyński M. – Politechnika Śląska

Na Europejskim Kongresie Gospodarczym, który odbył się w maju w Katowicach, w panelu dyskusyjnym pt. "Nowe zastosowania węgla" w dyskusji usłyszeliśmy szereg niezwykle interesujących opinii, w tym dwie mogące stanowić motto niniejszego artykułu.

*„To właśnie naziemne zgazowanie węgla ma największy potencjał. W przypadku podziemnego zgazowania wciąż trudno określić jakie będą środowiskowe skutki takiego procesu. Każdego roku w naziemnych instalacjach dokonuje się zgazowania 300-400 mln t węgla. Liderem są tutaj Chiny, gdzie zgazowuje się ponad 200 mln t węgla”* stwierdził prof. Stanisław Prusek Naczelny Dyrektor Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach.

*„Zamiast przeznaczać prawie 10 mln t węgla na rynek indywidualny i przyczyniać się w ten sposób do powstania smogu, ten węgiel powinien być zgazowany. Niestety moje doświadczenia w tej kwestii są negatywne. Od ponad dekady o tym tylko mówimy, gorzej z działaniem”* stwierdził prof. Marek Ściażko z Akademi Górniczo Hutniczej w Krakowie.

### 1. Wprowadzenie

W świetle ostatnich porozumień państw Unii Europejskiej problem ograniczenia emisji dwutlenku węgla staje się niezwykle istotny. W 2018 roku Parlament Europejski poparł bowiem projekt porozumienia, które dotyczy nowych celów redukcji CO<sub>2</sub> na lata 2021-2030 w sektorach non-ETS, czyli np. rolnictwie, transporcie i w sektorze komunalnym.

Te cele zostały wyliczone dla poszczególnych państw EU na podstawie PKB na mieszkańca i wynoszą od 0 do 40 proc. w porównaniu z poziomami z 2005 r. Mają one dać w sumie 30-procentowy cel redukcji na poziomie całej UE. Najwyższe cele, wynoszące 40 proc., przyjęto dla Luksemburga i Szwecji, nieco niższe – 39 proc. – dla Danii i Finlandii, a kolejno 38 proc. dla Niemiec oraz 37 proc. dla Francji i Wielkiej Brytanii. Najniższe cele redukcji przewidziano tylko dla trzech krajów – Łotwy (6 proc.), Rumunii (2 proc.) i Bułgarii (0 proc.). Dla Polski wyznaczono cel na poziomie 7 proc. Taki sam poziom mają osiągnąć Chorwacja i Węgry.

Komisja Europejska proponuje także, aby jednostki objęte tzw. rynkiem mocy (sektor ETS) miały emisyjność poniżej 550 gramów CO<sub>2</sub> na 1 kWh. Zaznaczyć należy, że najbardziej sprawny blok węglowy pracujący na parametrach ultranadkrytycznych nie osiąga emisji mniejszej niż ok. 750 gramów CO<sub>2</sub> na 1 kWh [2].

Na forum Unii Europejskiej podejmowane są również próby ograniczenia udziału węgla w wytwarzaniu energii elektrycznej. Polska uzyskała warunkową prolongatę tych ograniczeń do 2021 roku. Według Polskiego Komitetu Energii Elektrycznej rynek mocy ograniczony przez limit emisji 550 g/kWh doprowadziłby do zwiększenia kosztów ponoszonych przez odbiorców końcowych o ok. 1 mld złotych na przestrzeni lat 2017-2040. Zwiększenie kosztów ponoszonych przez odbiorców wynika bowiem z potrzeby budowy nowych jednostek wytwarzających energię elektryczną, które będą zasilane gazem.

Pewnym rozwiązaniem, rokującym poprawę w opisywanym zakresie, jest wykorzystanie technologii zgazowania, która jest procesem polegającym na konwersji paliw stałych (węgiel, biomasa, odpady) lub ciekłych (olej) na gaz syntezowy. Głównymi składnikami gazu syntezowego uzyskanego w wyniku konwersji są wodór i tlenek węgla. Uzyskany gaz syntezowy to wynik reakcji półspalania paliwa. Czynnikiem utleniającym w tym procesie są tlen lub powietrze, a wybór tego czynnika do procesu warunkowany jest reaktywnością paliwa, celem produkcji gazu oraz typem zgazowycza. W reakcji bierze również udział para wodna, która pełni rolę regulatora temperatury. Rozpad materiałów wsadowych w gazyfikatorze następuje na poziomie molekularnym, co umożliwia separację zawartych w surowcu wsadowym substancji odpadowych takich jak: siarka, rtęć, ołów itp. W trakcie procesu oczyszczania gazu syntezowego dwutlenek węgla wyodrębniany jest w postaci

czystego strumienia, co daje możliwość jego składowania lub zagospodarowania w rozwijanych intensywnie na świecie technologiach np. wytwarzania paliw syntetycznych.

Technologia zgazowania węgla jest znana od dawna, ponieważ w 1887 r. opatentowany został gazo-generator Lurgi. Pozwoliło to na pierwsze powszechne zastosowania produktu konwersji węgla na gaz wykorzystując go do oświetlenia i ogrzewania domów. Na początku wieku dwudziestego znaczna liczba reaktorów zgazowania węgla wykorzystywana była komercyjnie do produkcji gazu dla potrzeb komunalnych i przemysłowych. W połowie lat pięćdziesiątych dwudziestego wieku wydatnie zmalało zainteresowanie konwersją gazu z węgla, czego powodem była sytuacja na rynku paliw, na którym pojawił się tańszy gaz ziemny. Sytuacja uległa zmianie w latach siedemdziesiątych, a powrót zainteresowania konwersją gazu z węgla spowodowany został kryzysem na rynku paliw i wydatnym wzrostem cen gazu ziemnego oraz ropy naftowej. W okresie ponownego zainteresowania technologiami zgazowania powstawały nowe instalacje, głównie w przemyśle petrochemicznym. Przetwarzano w nich różnego rodzaju frakcje węglowodorów na gaz syntezowy stanowiący podstawę produkcji amoniaku, metanolu oraz wodoru.

Obecnie rozwój technologii zgazowania paliw ukierunkowany jest na wytwarzanie gazu procesowego, który wykorzystywany jest w metodach syntezy chemicznej oraz do wytwarzania energii elektrycznej. Zdaniem specjalistów, wypowiadających się na ten temat [1],[8] szczególnie atrakcyjne jest zastosowanie zgazowania w tzw. układach poligeneracyjnych, łączących wytwarzanie energii elektrycznej oraz produktów chemicznych z węgla, głównie paliw płynnych silnikowych, parafiny, LPG, nafty, metanolu, amoniaku lub wodoru.

Zainteresowanie rozwojem technologii zgazowania węgla wynika z następujących przesłanek:

- ograniczonej dostępności do złóż gazu i ropy naftowej na poszczególnych kontynentach i w poszczególnych krajach,
- stosunkowo szerokiej dostępności do złóż węgla kamiennego i brunatnego na poszczególnych kontynentach i w niektórych krajach,
- mniejszych światowych zasobów gazu i ropy naftowej w stosunku do zasobów węgla kamiennego i brunatnego,
- substytucji importowanego gazu ziemnego dla produkcji chemicznej, co wpływa na wzrost bezpieczeństwa energetycznego krajów posiadających złoża węgla kamiennego,
- niestabilnych koniunkturalnie cen gazu ziemnego i ropy naftowej,
- niskiej emisji substancji szkodliwych dla środowiska, w tym i CO<sub>2</sub>, wynikająca ze specyfiki procesu zgazowania pozwalającej na separację tych substancji.

## 2. Światowy rozwój technologii zgazowania

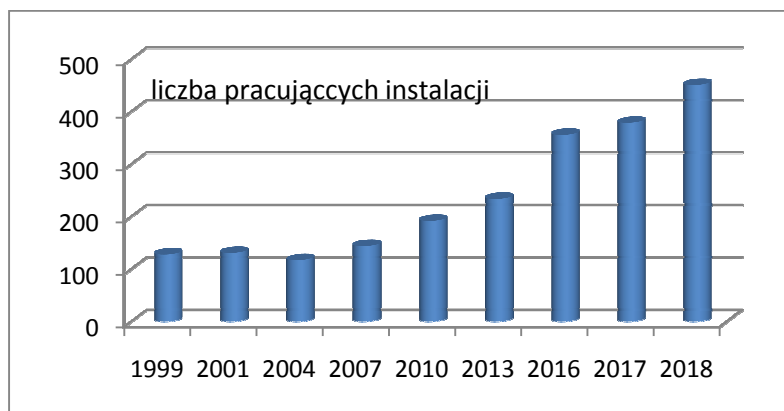
Obserwowane zainteresowanie rozwojem technologii zgazowania przejawia się powstawaniem nowych instalacji i zwiększającą się liczbą pracujących w nich reaktorów. Pokazano to w tabeli 1 podając liczbę istniejących, budowanych i planowanych instalacji zgazowania oraz liczbę reaktorów [4,9,10,11]. Rysunki 1 i 2 są ilustracją wyników podanych w tabeli.

Tabela 1

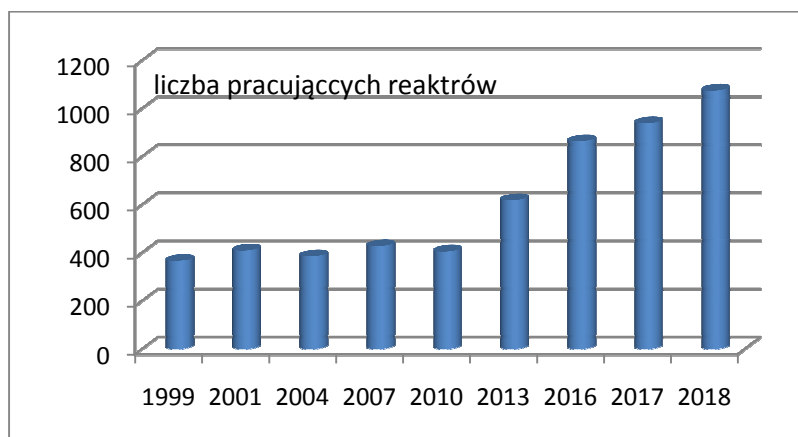
Liczby istniejących, budowanych i planowanych instalacji zgazowania oraz reaktorów w latach 1999 do 2018 [4,9,10,11]

Rok	Pracujące instalacje/reaktory	Budowane instalacje/reaktory	Planowane instalacje/reaktory
1999	128/366	b.d.	33/48
2001	131/409	b.d.	32/59
2004	117/385	b.d.	38/66
2007	144/427	b.d.	10/34
2010	192/405	11/17	37/76
2013	234/618	61/202	98/550

2016	356/863	108/322	134/685
2017	379/938	131/348	146/734
2018	451/1074	129/355	135/667

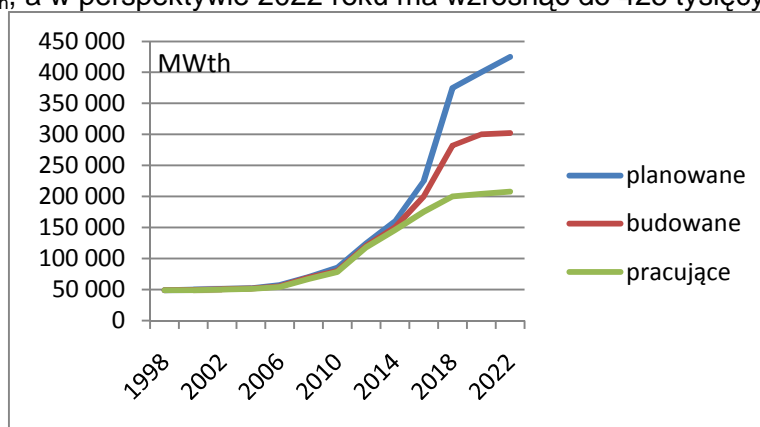


Rys.1. Liczba pracujących instalacji zgazowania węglowodorów w latach 1999 do 2018 [4, 9,10,11]



Rys.2. Liczba pracujących reaktorów zgazowania węglowodorów w latach 1999 do 2018 [4,9,10,11]

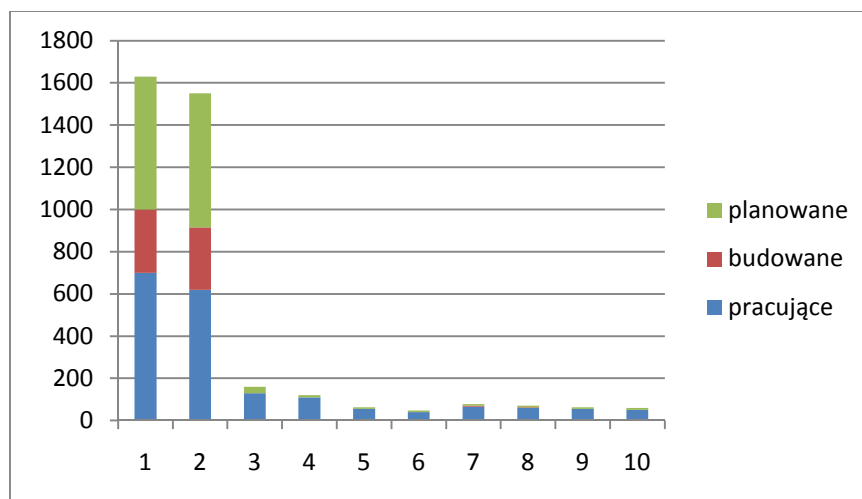
Na przestrzeni kilkunastu lat istotnie wzrosła moc cieplna produkowanego gazu syntezowego, szczególnie po 2010 roku. Pokazano to na rysunku 3 [9]. Obecnie moc ta sięga 200 tysięcy MW<sub>th</sub>, a w perspektywie 2022 roku ma wzrosnąć do 425 tysięcy.



Rys.3. Moc cieplna gazu wytwarzanego w instalacjach pracujących, budowanych i planowanych do zabudowy [9]

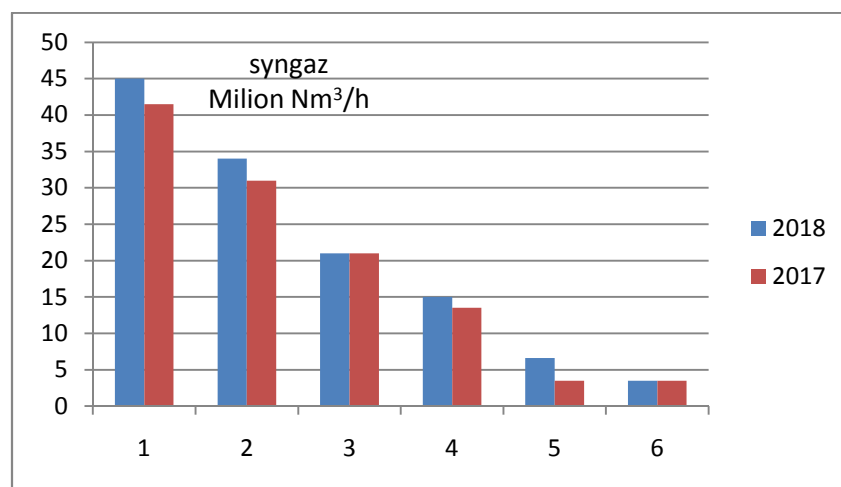
Gaz syntezowy jest wytwarzany z różnych surowców energetycznych. Wśród tych surowców zdecydowaną przewagę stanowi węgiel. Przejawia się to liczbą pracujących na tym surowcu reaktorów oraz wielkością mocy cieplnej wytwarzanego w nich gazu. Pokazano to za [9] i [10] na rysunkach 4 i 5.

Węgiel jako surowiec, z którego wytwarzany jest gaz syntezowy, ma zdecydowanie najwyższy udział w zestawie surowców wsadowych do reaktorów. Ma on też najwyższą dynamikę przyrostu liczby reaktorów zarówno pracujących w latach 2017 i 2018 jak budowanych i planowanych do zabudowy w latach 2021 i 2022 [9,10].



Rys.5. Porównanie liczby reaktorów pracujących, budowanych i planowanych w latach 2018 i 2017 wykorzystujących do produkcji gazu syntezowego różne surowce energetyczne [9,10]  
 1 – węgiel 2018r., 2 – węgiel 2017r., 3 – ropa naftowa 2018r., 4 – ropa naftowa 2017r.,  
 5 – gaz 2018 r., 4 – gaz 2017 r., 7 – biomasa 2018r., 8 – biomasa 2017 r., 9 – odpady  
 2018r., 10 – odpady 2017r.

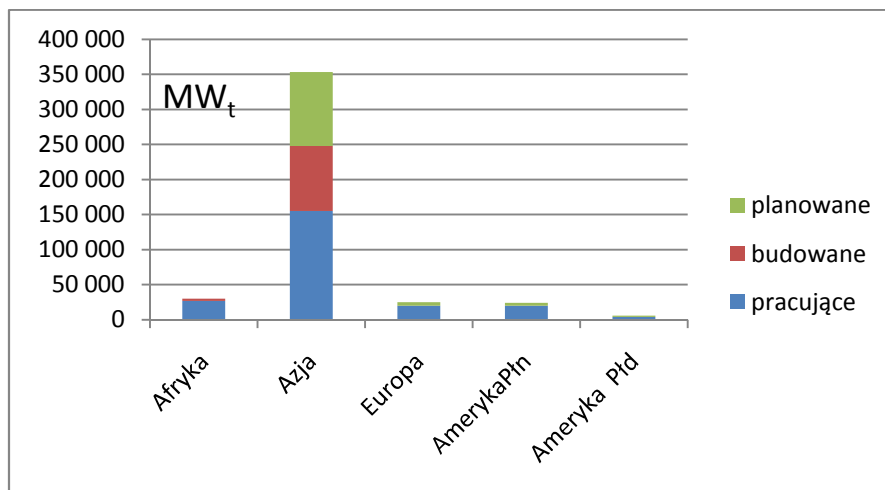
Z gazu syntezowego pozyskuje się różne produkty finalne. Najwięcej gazu syntezowego wykorzystuje się w przemyśle petrochemicznym. Gaz syntezowy przetwarzany jest na amoniak, metanol, paliwa ciekłe, wodór. Gaz syntezowy wykorzystywany jest także do produkcji energii elektrycznej. Wykorzystanie gazu w wytwarzaniu różnych produktów finalnych prezentuje rys. 6. Pokazano też na nim dynamikę wykorzystania tego gazu w latach 2018/2017 [9,10]. Największy przyrost wykorzystania gazu syntezowego obserwowany jest w produkcji paliw płynnych i amoniaku.



Rys. 6. Wykorzystanie gazu syntezowego w wytworzeniu produktów finalnych

- 1 – amoniak, 2 – metanol, 3 – wodór, 4 – paliwa płynne, 5 – energia elektryczna,  
6 – SNG, [9,10]

Analizując moc cieplną instalacji pracujących, budowanych i planowanych na poszczególnych kontynentach stwierdzić należy, że charakteryzuje się ona znacznymi różnicami. Najwyższa moc instalacji notowana jest w Azji. Dotyczy to zarówno instalacji pracujących, budowanych jak i planowanych. Aktualny stan rozmieszczenia instalacji zgazowania na Świecie pokazano rys. 7 [9].



Rys. 7. Moc cieplna instalacji pracujących, budowanych i planowanych na poszczególnych kontynentach w roku 2018 [9]

### 3. Prognozy dotyczące technologii zgazowania w Polsce

W Polsce nie pracuje żadna instalacja przemysłowa zgazowania węgla lub innych węglowodorów. Trwają prace nad wdrożeniem tych technologii i są one na różnym poziomie zaawansowania [12,13]. Planowana jest instalacja do gazyfikacji węgla w Kędzierzynie-Koźlu. Przed dwoma laty szacowano, że instalacja ta może zużywać od 900 tys. do miliona ton węgla kamiennego rocznie, dając ok. 15 % gazu na potrzeby produkcji metanolu i amoniaku. Zakłady Azotowe w Kędzierzynie Koźlu i Tauron podpisały list intencyjny dotyczący budowy instalacji, której uruchomienie planowane jest na lata 2021-2022 r. Szacowany koszt budowy to 400-600 mln euro. W dalszym ciągu prowadzone są analizy opłacalności ekonomicznej tego przedsięwzięcia.

Interesującym jest też doniesienie o podpisaniu listu intencyjnego pomiędzy grupą kapitałową ENEA a Lubelskim Węglem BOGDANKA dotyczącego budowy bloku energetycznego w technologii zgazowania węgla (IGCC), który będzie zlokalizowany w okolicach kopalni. Przewidywany termin budowy to lata 2020-2023. Obecnie opracowywane jest studium wykonalności projektu.

W grudniu prezes PGG informował, że spółka analizuje projekt instalacji zgazowania węgla, o zdolności przetwórczej ok. 1,2 mln ton węgla rocznie, na terenie jednej ze swoich kopalń. Koszt takiego projektu oszacował wówczas na 500 mln euro.

Również firma EnCoal Gasification Sp. z o.o. od kilku lat prowadzi starania o wdrożenie w Polsce technologii SGT (SES Gasification Technology). Prace te zostały poprzedzone kilkuletnimi badaniami światowego rynku rozwiązań w zakresie zgazowania węgla. Technologia SGT została oceniona, jako najbardziej efektywna ekonomicznie na rynku polskim. Pozytywną ocenę technologii SGT, pod kątem możliwości jej wdrożenia w Polsce, wyrazili między innymi specjaliści z Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze, Głównego Instytutu Górniczego w Katowicach, Komisji ekspertów powołanej przez TAURON Wytwarzanie S.A. do oceny efektywności dostępnych technologii w zakresie

zagospodarowania mułów węglowych. Technologia SGT została wybrana przez wymienioną komisję do zastosowania w procesie rewitalizacji kotłów energetycznych o mocy 200 MW [7]. W dniu 9 listopada 2017 r. amerykański Synthesis Energy Systems Inc. (SES) z siedzibą w Houston i firma polska EnCoal Gasification Sp. z o.o. utworzyły spółkę Joint Venture pod nazwą SES EnCoal Energy z siedzibą w Warszawie. Utworzona SV SES EnCoal Energy będzie miała wyłączny dostęp do SES Gasification Technology (SGT) w Polsce [7].

#### 4. O technologii zgazowania SGT

Prace nad technologią zgazowania SGT prowadzone były w laboratoriach rządowych USA przez ponad 35 lat. W rezultacie wieloletniego wysiłku stworzono elastyczną technologię zgazowania o szerokim spektrum możliwości do stosowania surowców. Znana była ona na świecie początkowo jako U-Gas. Prawa do tej technologii uzyskała firma SES, która w wyniku doświadczeń wdrożeniowych wprowadziła liczne modyfikacje i usprawnienia. Technologia SGT jest uznawana za wiodącą na świecie w zakresie zagospodarowania materiałów węglowych niskiej jakości. Aktualnie SES posiada status globalnej firmy technologicznej. Jest spółką notowaną na giełdzie w Nowym Jorku. SGT dysponuje rekomendacjami w postaci pracujących instalacji w dużej skali, które są zlokalizowane na terenie Chin [7]. O rozwoju firmy i jakości technologii świadczą kolejne kontrakty, zawierane przez SES, na budowę zakładów gazyfikacji, w różnych krajach świata.

Zgazowania materiałów węglowych w technologii SGT przebiega w reaktorach o innowacyjnym układzie geometrycznym, pracujących w jednostopniowym, bąblowym złożu fluidalnym. Proces w gazyfikatorze przebiega w relatywnie niskiej temperaturze, w stosunku do innych technologii, tj. od 840°C do 1.100°C. Jest to poniżej temperatury topnienia popiołów dla węgla występujących w Polsce. Płynny popiół bowiem ogranicza cyrkulację tlenu oraz obniża efektywność procesu zgazowania. Ponadto reaktory pracujące w temperaturach wyższych wymagają specjalnych zabezpieczeń wnętrza gazyfikatora, co podwyższa koszty ich konstrukcji.

Ciśnienie w gazyfikatorze SGT wynosi od 3 do 40 barów. Jego poziom jest regulowany w zależności od dalszego przeznaczenia gazu syntezowego.

Węgiel zawarty w surowcu jest przetwarzany na poziomie 85%, z efektywnością konwersji na gaz syntezowy w wysokości 99,5%. Pozostałe 15% węgla jest przekształcane na energię cieplną niezbędną do podtrzymania procesu.

Klasyczne reaktory zgazowania w technologii SGT umożliwiają dobowy wsad surowcowy na poziomie od 200 do 1200 ton. Zmodernizowane gazyfikatory (pracujące z większym ciśnieniem) umożliwiają zgazowanie 3 000 ton wsadu surowcowego na dobę.

Technologia SGT charakteryzuje się elastycznością w zakresie możliwości stosowania wsadu surowcowego (węgiel, biomasa, stałe odpady komunalne). Dotyczy to również zgazowania węgla o różnej jakości i wartości cieplnej. Z dużą sprawnością mogą być poddane procesowi zgazowania odpady węglowe i miały niskiej jakości (zanieczyszczone siarką i innymi substancjami, o wysokiej zawartości popiołów). Z powodzeniem zgazowywane są materiały węglowe o wartości opałowej ok. 10 GJ/tonę. Natomiast, ze względu na optymalizację procesu, zaleca się stosowanie wsadu o wartości opałowej od 3500 kcal/kg (14,7 GJ/tonę). Opisano to w [6].

Wykaz instalacji pracujących w technologii SGT zamieszczono w tabeli 2.

W drugiej połowie 2016 r. SES zawarł kontrakty na budowę kolejnych 20 zakładów zgazowania węgla na terenie Chin. Realizacja zamówień nastąpi w ciągu najbliższych 5 lat. Wartość każdego z projektów wynosi od 80 do 400 mln USD.

Tabela 2

Instalacje referencyjne pracujące w technologii SGT [6]

Nazwa projektu SES	Zao Zhuang	Yima	Chaico Shandong	Zhaico Shanki	Chaico Henan
--------------------	------------	------	-----------------	---------------	--------------

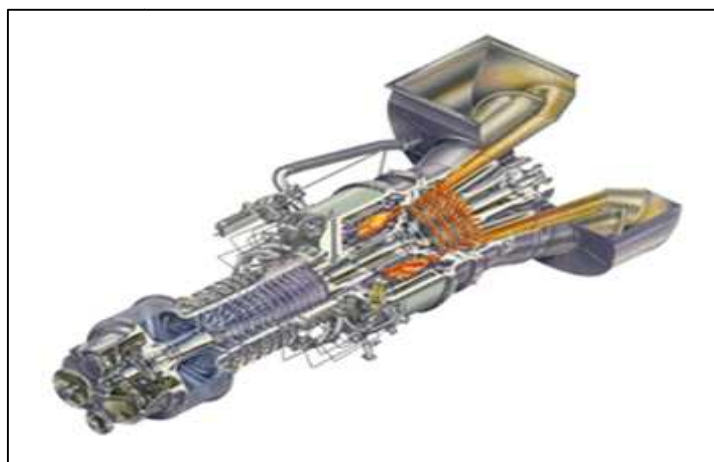
Rok uruchomienia	2008	2013	2015	2016	2016
Liczba instalacji zgazowania	2	3	2	1	4
Wielkość produkcji syn gazu, m <sup>3</sup> /h	20 000	90 000	80 000	28 000	120 000
Główny produkt	Metanol	Metanol	Paliwo gazowe	Paliwo gazowe	Paliwo gazowe
Roczna produkcja,	90 000 Mt	300 000 Mt	9,33 PJ	3,27 PJ	14 PJ

## 5. Przykład zastosowania technologii zgazowania SGT do produkcji energii elektrycznej

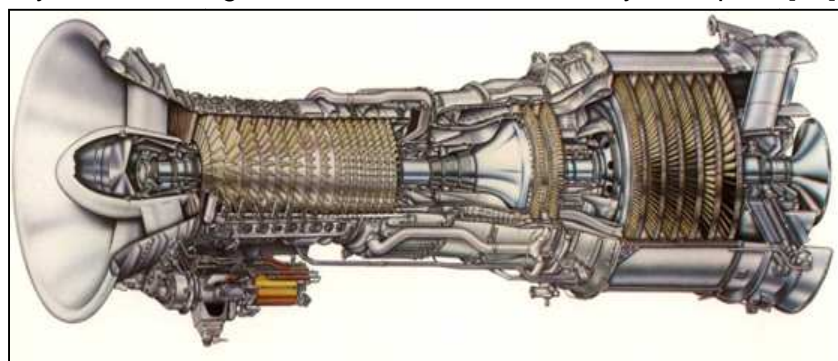
Interesującym rozwiązaniem proponowanym przez SES jest produkcja energii elektrycznej w układach I-GAS. Rozwiązanie to opiera się na wykorzystaniu oczyszczonego gazu syntezowego, jako paliwa zasilającego bezpośrednio turbiny gazowe wytwarzające energię elektryczną. Wytwarzana w procesie energia cieplna stanowi źródło dodatkowego zasilania turbiny parowej. Uzyskiwane emisje dwutlenku węgla i pozostałych zanieczyszczeń porównywalne są z układami energetycznymi zasilanymi gazem naturalnym.

W układach I-GAS stosowane są turbiny gazowe firmy Caterpillar i General Electric.

Widok turbin gazowych Solar St Titan 130 firmy Caterpillar i GE LM2500 firmy General Electric pokazano na rys.8 i 9.



Rys. 8. Turbina gazowa Solar St Titan 130 firmy Caterpillar [14]



Rys. 9. Turbina gazowa GE LM2500 firmy General Electric [15]

Przykład standardowej konfiguracji układu I-GAS prezentuje Tabela 3.

Tabela 3

Przykład standardowych konfiguracji układu I-GAS wytwarzania energii elektrycznej

Moc układu I-GAS, MW	40	80	160
Ciśnienie robocze, bar	35-50	40-50	40-50
Liczba gazyfikatorów, -	1	2	4
Liczba turbin gazowych, -	2 St Titan 130	2 GE LM2500	4 GE LM3500
Liczba turbin parowych, -	1	1	1

## 6. Podsumowanie

Informacje prezentowane w niniejszym materiale wskazują, iż w gospodarce światowej wyraźnie wzrasta zainteresowanie technologiami zgazowania surowców energetycznych. Świadczy o tym zarówno wzrastająca liczba pracujących, budowanych i planowanych instalacji i reaktorów, jak i wyraźnie wzrastająca moc cieplna gazu syntezowego wytwarzanego w tych instalacjach. Analizując aktualne światowe trendy w technologiach zgazowania można zauważyć dwie pozornie przeciwstawne tendencje. Pierwsza z tych tendencji dotyczy nowych instalacji zgazowania, głównie węgla, dla celów produkcji substancji chemicznych lub energii. Instalacje te stają się coraz większe. Tendencja ta wyraźnie widoczna jest w Azji i na Bliskim Wschodzie. Z drugiej strony wzrasta liczba instalacji zgazowania biomasy oraz innych odpadów, które charakteryzują się znacznie mniejszymi rozmiarami porównaniu z wielkimi jednostkami wytwarzającymi produkty na skale przemysłową. Często instalacje takie powstają w celu zaspokojenia, na przykład, potrzeb energetycznych miast.

W przypadku Polski wydaje się koniecznym podjęcie bardziej energicznych starań dotyczących wdrożenia do praktyki przemysłowej instalacji zgazowania węgla. Mamy ku temu wszelkie przesłanki. Są znaczne zasoby surowcowe, wprowadzane są restrykcyjne przepisy ograniczające emisję CO<sub>2</sub>, które grożą konsekwencjami finansowymi. Jednocześnie na świecie są rozpoznane i wdrożone technologie zgazowania oraz partnerzy wyrażający chęć współpracy w tym zakresie.

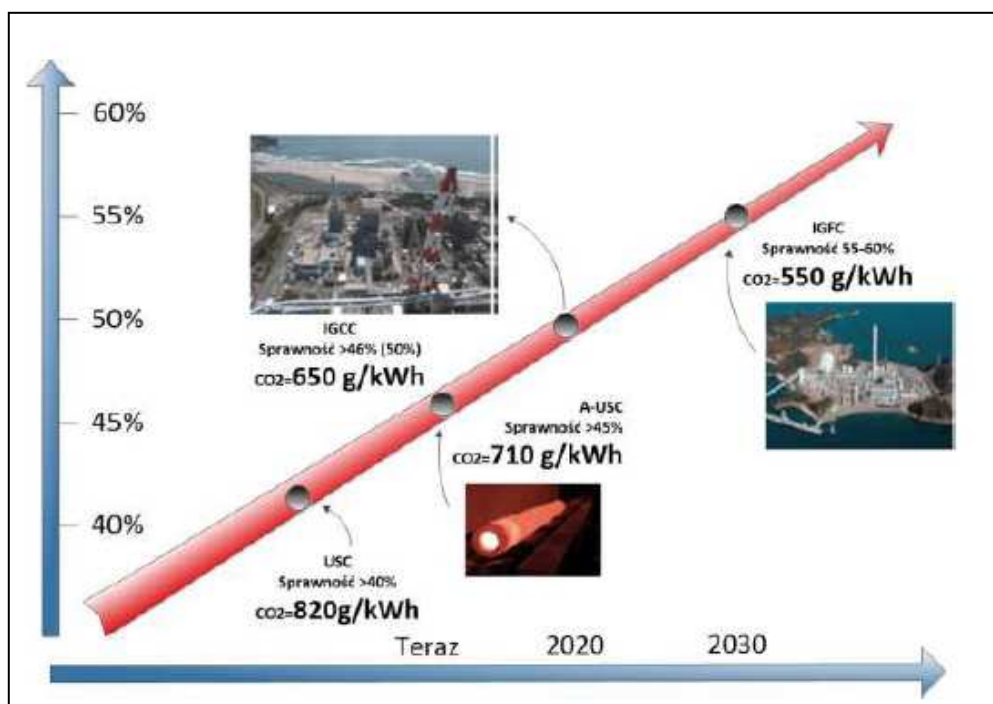


Podkreślić należy, że Polska do końca przyszłej dekady będzie musiała zmniejszyć emisje gazów cieplarnianych w sektorach transportu, budownictwa, rolnictwa, odpadów, użytkowania gruntów i leśnictwa o 7 proc. w stosunku do 2005 roku. Ponadto Komisja Europejska proponuje, aby jednostki objęte tzw. rynkiem mocy miały emisyjność poniżej 550 gramów CO<sub>2</sub> na 1 kWh. Wprowadzenie warunku tego nie spełniają instalacje zgazowujące tylko węgiel, ale warunek ten może być spełniony, jeżeli bloki wielopaliwowe opalane będą zarówno węglem jak i odpadami lub biomasą. W jednostkach wielopaliwowych bowiem część CO<sub>2</sub> wygenerowana przez paliwa alternatywne (jak RDF i biomasa) nie będzie wliczana do emisji CO<sub>2</sub> danej jednostki, dzięki temu może ona spełnić wymóg emisji CO<sub>2</sub> poniżej 550 g/kWh.

Opisana powyżej technologia SGT pozwala na jednoczesne spalanie węgla niskich jakości np. odpadów węglowych powstających w bieżącej produkcji oraz zdeponowanych w okresach wcześniejszych w osadnikach ziemnych, co opisano w [6] oraz paliwo z odpadów (RDF).

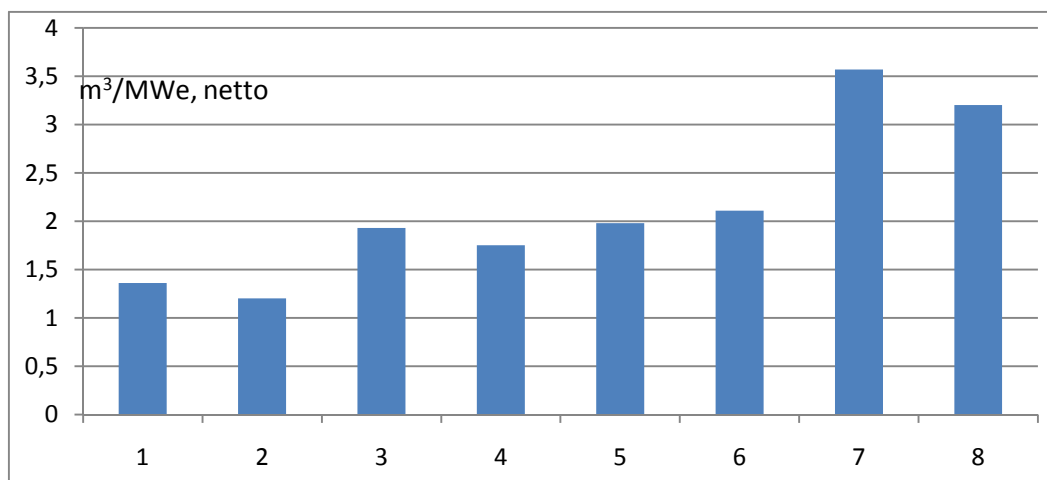
Ponadto, o czym już wspomniano, w technologii zgazowania istnieje możliwość separacji czystego strumienia CO<sub>2</sub> na etapie oczyszczania gazu syntezowego. Wyseparowanie natomiast czystego dwutlenku węgla ze spalin w elektrowniach węglowych jest o wiele bardziej kosztowne i złożone technicznie.

Przełom w technologii zgazowania, jako elementu układu technologicznego do produkcji energii elektrycznej, jest możliwy przy zastosowaniu układów zgazowania węgla z ogniwami paliwowymi. Przewiduje się, że takie rozwiązanie pozwala ograniczyć emisję CO<sub>2</sub> do poziomu 550 g/kWh. Prace z tego zakresu prowadzone są m.in. w Japonii przy wykorzystaniu nowej technologii zgazowania w reaktorze dyspersyjnym EAGLE [5], a koordynowane przez NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization). Perspektywę czasową rozwoju tej nowatorskiej technologii przedstawia rysunek 10.



Rys. 10. Prognoza emisji CO<sub>2</sub> w świetle rozwoju technologii zgazowania węgla do zastosowań w pozyskiwaniu energii [5]

Rekomendując technologie zgazowania dla praktyki przemysłowej produkcji energii elektrycznej podkreślić należy, że zużywają one znacznie mniej wody procesowej, w porównaniu z elektrowniami konwencjonalnymi [3]. Pokazuje to rys.11.



Rys. 11. Względne zużycie wody w układach produkcji energii [3]

- 1 – IGCC/GE, 2 – IGCC/Schell, 3 – Blok parowy/parametry podkrytyczne, 4 – Blok parowy/parametry nadkrytyczne, 5 – IGCC/GE; wychwyty CO<sub>2</sub>, 6 – IGCC/Schell; wychwyty CO<sub>2</sub>, 7 – Blok parowy/parametry podkrytyczne; wychwyty CO<sub>2</sub>, 8 – Blok parowy/parametry nadkrytyczne; wychwyty CO<sub>2</sub>

Jak wynika z przedstawionego rysunku w przypadku układów IGCC możliwe jest w wytworzeniu energii elektrycznej znaczne, bo wynoszące od 20 do 40%, obniżenie zużycia wody w stosunku do układów tradycyjnych.

Jest to niezwykle istotne w świetle pojawiających się coraz częściej problemów dotyczących gospodarki wodą.

## Literatura

- Chmielniak T., Ściażko M. ; Technologia i efektywność energetyczna zgazowania węgla. Nowa Energia - 5-6/2017
- Coca M. T.: Elcogas; Integrated gasification combined cycle technology: IGCC. Its actual application in Spain: ELCOGAS. Puertollano, Elcogas S.A., Club Español de la Energía.
- Cost and Performance Baseline for Fossil Energy Plants Volume 1: Bituminous Coal and Natural Gas to Electricity, Revision 2, November 2010; DOE/NETL-2010/1397.
- Higman C.: State of the Gasification Industry - the Updated Worldwide Gasification Database. Gasification Technology Conference, Colorado Springs, 2013.
- Hiroshi SANO: NEDO's Clean Coal Technology Development for reduction of CO<sub>2</sub> emissions; NEDO, 12. 6. 2016.
- Lutyński A., Lutyński M.: Wykorzystanie odpadów węglowych w technologiach zgazowania. Rozdział w monografii: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo – jakość – efektywność. Redakcja naukowa: prof. dr hab. inż. Adam Klich, dr inż. Antoni Kozieł. ISBN 978-83-65593-02-3 Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice 2017 r. str. 140-156.
- Lutyński A., Lutyński M., Książkiewicz W., Łada J.: Stan technologii naziemnego zgazowania węgla. Rozdział w monografii 1/136: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo – jakość – efektywność. Redakcja naukowa: prof. dr hab. inż. Adam Klich, dr inż. Dariusz Prostański. ISBN 978-83-65593-11-5 Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice 2018 r. str. 116-135.

8. Ściążko M., Chmielniak T.: Cost Estimates of Coal Gasification for Chemicals and Motor Fuels, [in:] Yongseung Yun (ed.): Gasification for Practical Applications, InTech (2012). DOI: 10.5772/48556, <http://www.intechopen.com/books/gasification-for-practical-applications/cost-estimates-of-coal-gasification-for-chemicals-and-motor-fuels>.
9. GSTC Syngas Database: GSTC Global Syngas Database. Global Syngas Technologies Conference Colorado Springs, 29th October 2018
10. GSTC Syngas Database: 2017 Update Gasification & Syngas Technologies Conference Colorado Springs, 17th October, 2017
11. State of the Gasification Industry: Worldwide Gasification and Syngas Databases 2016 Update. Gasification & Syngas Technologies Conference Vancouver, 19th October, 2016
12. <http://biznesalert/pkee-uzasadnia-potrzebe-wprowadzenia-rynku-mocy> (15.01.2019)
13. <https://www.salon24.pl/u/energetyka/772805,w-polsce-powstanie-instalacja-do-gazyfikacji-węgla> (27.01.2019)
14. <https://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10550243> (16.01.2019)
15. <https://www.ge.com/power/gas/gas-turbines/lm2500> (16.01.2019)