

WSTĘPNA KONCEPCJA BUDOWY ELEKTROCIĘPŁOWNI PRZEMYSŁOWEJ ZASILANEJ GAZEM KOKSOWNICZYM

Autor: Grzegorz Maciej Niewiński

("Rynek Energii" - 10/2014)

Słowa kluczowe: gaz koksowniczy, elektrociepłownia przemysłowa

Streszczenie. Artykuł zawiera wstępny projekt, oraz analizę opłacalności budowy elektrociepłowni przemysłowej małej mocy wykorzystującej jako paliwo gaz pochodzący z procesu produkcji koksu. Instalacja ta ma w założeniu pokryć pełne zapotrzebowanie koksowni na ciepło technologiczne i energię elektryczną. Powstałe nadwyżki energii elektrycznej mają zostać sprzedane do sieci elektroenergetycznej. W pracy przedstawiono strukturę produkcji oraz zużycia nośników energii (gazu, ciepła i energii elektrycznej). Przeprowadzono niezbędne obliczenia bilansów cieplnych, na podstawie których dokonano wstępnego doboru maszyn i urządzeń stanowiących strukturę zakładu. Ustalono optymalne wartości czynnika roboczego oraz wyznaczono podstawowe parametry techniczno-ekonomiczne. Ostatnim etapem pracy było przeprowadzenie analizy opłacalności inwestycji, w tym analizy wrażliwości na zmiany wybranych parametrów takich jak: dostępność gazu, zapotrzebowanie koksowni na nośniki energii oraz ich cena panująca na rynku. Analiza rachunku ekonomicznego wykazała, że zaproponowane rozwiązanie elektrociepłowni gazowej może stanowić alternatywę do obecnie stosowanego rozwiązania, tj. sprzedaży gazu koksowniczego przy jednoczesnym zakupie energii elektrycznej i ciepła technologicznego na rynku.

1. WSTĘP

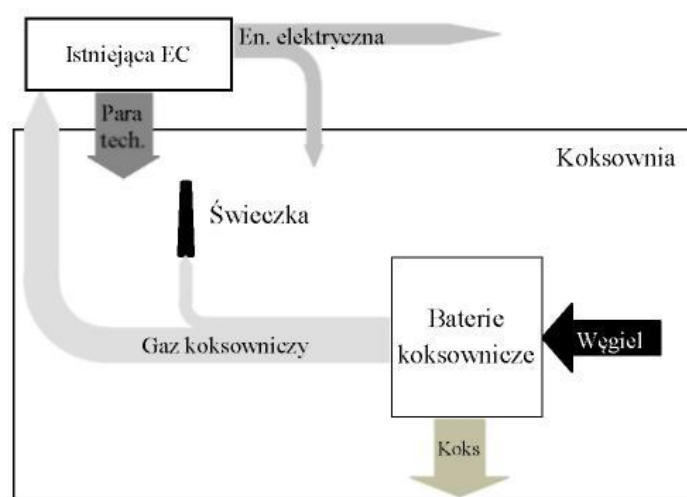
Niniejszy artykuł ma na celu pokazanie wstępnej analizy czy dla obecnych i prognozowanych warunków pracy istniejącej koksowni jest możliwe oraz techniczne i ekonomiczne uzasadnione zagospodarowanie dostępnego gazu koksowniczego do produkcji mediów energetycznych z zachowaniem wymogów dotyczących ochrony środowiska, w oparciu o koncepcję budowy kogeneracyjnego bloku energetycznego pracującego w układzie gazowy kocioł parowy, turbina parowa, generator, układ wyprowadzenia mocy elektrycznej. Powstałe nadwyżki produkcji energii elektrycznej będą sprzedawane na zewnątrz generując dodatkowe przychody.

2. CHARAKTERYSTYKA ISTNIEJĄCEGO OBIEKTU

Gaz koksowniczy jest jednym z ubocznych produktów powstałych w procesie koksowania (pirolizy) węgla. Piroliza jest to proces wygrzewania węgla bez dostępu powietrza w wysokiej temperaturze rzędu 900-1100°C w specjalnych bateriach opalanych oczyszczonym gazem koksowniczym. Produktami z procesu pirolizy oprócz koksu i gazu koksowniczego jest smoła węglowa i woda pogazowa [2].

Surowy gaz koksowniczy ze względu na swoje zanieczyszczenie nie nadaje się do wielu procesów technologicznych i musi zostać schłodzony i oczyszczony z kondensatów wodnych, amoniaku oraz siarkowodoru. Tak przygotowany produkt można wykorzystać w syntezie chemicznej, do produkcji wodoru oraz jako surowiec do produkcji energii elektrycznej [1].

W rozważanym w artykule zakładzie przemysłowym, powstała w procesie zgazowania węgla, nadwyżka gazu koksowniczego jest sprzedawana do zewnętrznego odbiorcy, gdzie służy on do produkcji kupowanej przez koksownię energii elektrycznej oraz pary technologicznej. Nadwyżka produkowanej energii elektrycznej przez zewnętrzną elektrociepłownię sprzedawana jest do systemu elektroenergetycznego. Obecny schemat przepływu strumieni nośników energii został przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Schemat przepływu nośników energii pomiędzy koksownią i zewnętrzną elektrociepłownią

3. OGÓLNE ZAŁOŻENIA BUDOWY PRYZAKŁADOWEJ ELEKTROCIEPŁOWNI

Podstawowym założeniem wpływającym na wielkość oraz rodzaj zastosowanych urządzeń proponowanej koncepcji elektrociepłowni przemysłowej jest dostępność paliwa, którym będzie powstały w procesie pirolizy oczyszczony gaz koksowniczy. Prognoza dostępności gazu dla projektowanej elektrociepłowni w latach 2014-2030 została przedstawiona w tabeli 1.

Tabela 1

Średnioroczna dostępność gazu koksowniczego oraz zapotrzebowania na parę technologiczną w latach 2014-2030

Rok	2014	2015	2016-17	2018-22	2023-30
dostępność paliwa, Nm ³ /h	19 000	22 000	23 000	22 000	19 000
Zapotrzebowanie na parę, t/rok	125 000	128 000	130 000	130 000	125 000

Planowana elektrociepłownia powinna umożliwić wykorzystanie 21 000 Nm³/h gazu koksowniczego, a ewentualne nadwyżki mogą zostać sprzedane lub spalone w świczce. Skład chemiczny oraz wartość opałowa paliwa gazowego zostały przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2

Główne parametry gazu koksowniczego

skład chemiczny gazu		
CO ₂ , C _n H _m , O ₂	%	≤ 6,3
CO	%	≤ 10,32
H ₂	%	min. 54
CH ₄	%	min. 22
N ₂	%	max. 6,0
podstawowe dane fizyczne		
wartość opałowa	kJ/Nm ³	18003-17166
temperatura	°C	30 – 40
Zanieczyszczenia: amoniak, benzol, naftalen, siarkowodór		

Średnia wartość opałowa gazu koksowniczego przyjęta do obliczeń to 17 900 kJ/Nm³. Kolejnym istotnym parametrem wpływającym na strukturę jednostki wytwórczej jest rodzaj oraz ilość odbieranego ciepła. Zaproponowany blok kogeneracyjny oprócz energii elektrycznej będzie wytwarzał parę technologiczną wykorzystywaną w koksowni między innymi w procesie oczyszczania gazu oraz do przedmuchiwania rurociągów.

Zapotrzebowanie na parę technologiczną zakładu wynosi od 10 do 20 t/h przy parametrach odbiorczych 1,3MPa/320°C. Prognozowane przez koksownię roczne zapotrzebowanie na parę technologiczną zostało przedstawione tabeli 1.

Do obliczeń przyjęto średnioroczne zużycie pary na poziomie 15 t/h (model zakłada dwa sześciu-miesięczne okresy dostawy pary: pierwszy - 20 t/h i drugi - 10 t/h). Ponadto założono:

- możliwość dostaw pary przez EC w całym zakresie zapotrzebowania,
- pełne rezerwowanie wytwarzania pary w oddzielnych kotłach dwupaliwowych (gaz koksowniczy, olej),
- brak powrotu kondensatu pary technologicznej do obiegu wodno-parowego.

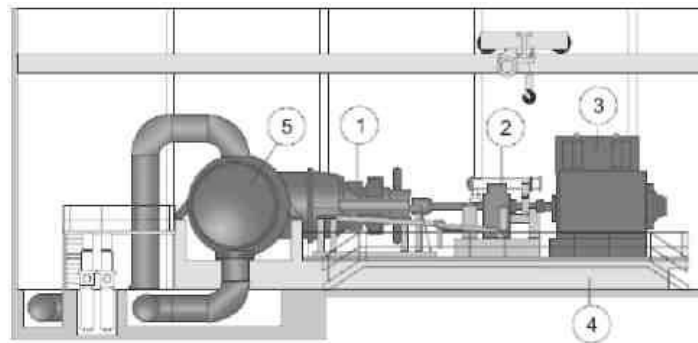
Energia elektryczna produkowana w elektrociepłowni będzie używana przez koksownię, a jej nadwyżki będą kierowane do krajowego systemu elektroenergetycznego. Zakłada się, że nadwyżki w całości będą sprzedawane do spółki obrotu (brak konieczności zakupu certyfikatów). Prognozowane zużycie energii elektrycznej przez koksownię wynosi 34 000 MWh/rok.

4. CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA PROJEKTU

4.1. Ogólna koncepcja EC

Proponowana koncepcja elektrociepłowni przemysłowej obejmuje budowę kogeneracyjnego bloku w oparciu o kocioł gazowy oraz upustowo-kondensacyjną turbinę parową firmy Siemens. Dodatkowo konieczne jest wybudowanie kotłowni zakładowej, mającej stanowić rezerwowe zasilanie koksowni w parę technologiczną, chłodni kominowej, stacji uzdatniania

wody na potrzeby zamkniętego układu chłodzenia i obiegu parowego. Na rys. 2 przedstawiono typową konfigurację turbozespołu typu SST-400 w maszynowni.



Rys. 2. Turbozespół SST-400[3]. 1-turbina, 2-przekładnia, 3- generator, 4-fundamenty, 5- kondensator

4.2. Opis układu technologicznego

Para wyprodukowana w kotle gazowym, o parametrach 4,9 MPa i 520°C, kierowana jest do turbozespołu parowego. Po częściowym rozprężeniu część pary jest pobierana z regulowanego upustu i kierowana do procesu technologicznego. Pozostała ilość pary rozpręża się w dalszej części turbiny i skrapla w kondensatorze. Skraplacz chłodzony jest wodą krążącą w obiegu zamkniętym z wykorzystaniem chłodni kominowej. W układzie regeneracyjnego podgrzewu wody kondensat zostaje podgrzany oraz odgazowany, a następnie poprzez główną pompę wody zasilającej skierowany do kotła gazowego.

Ze względu na nieco wyższą temperaturę pary pobieranej z regulowanego upustu cieplowniczego w stosunku do wymaganej temperatury czynnika w procesie technologicznym (przegrzanie o 20-30°C), należy ją schłodzić. Proces regulacji temperatury będzie odbywał się poprzez wtrysk wody pobieranej sprzed kotła parowego. Odpowiednia ilość wtryskiwanej wody w stosunku do ilości pobieranej pary z upustu zapewni uzyskanie strumienia czynnika roboczego o żądanych parametrach. Sam proces wtrysku musi być realizowany poza turbiną, za zaworami zwrotnymi uniemożliwiającymi cofnięcie się pary do układu przepływowego.

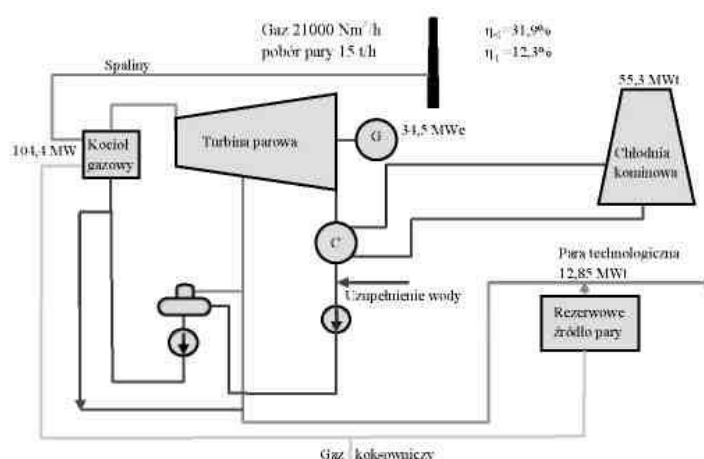
Przyjmuje się, iż kondensat nie będzie z powrotem kierowany do układu parowo wodnego. Zatem należy zapewnić wydajność układu przygotowania wody uzupełniającej na poziomie uwzględniającym produkcję pary technologicznej i bieżące straty czynnika w układzie parowo wodnym.

W trakcie przerw pracy bloku parowego związanych z planowanymi lub nieplanowanymi odstawieniami, koksownia powinna być wyposażona w rezerwowe źródło wytwarzania ciepła, które musi zapewnić pokrycie potrzeb własnych na parę technologiczną. Źródłem tym będą dwupalnikowe kotły parowe, w których w przypadku chwilowego braku gazu koksowniczego będzie można spalać olej.

W tabeli 3 przedstawiono wybrane znamionowe parametry bloku parowego.

Tabela 3
Wybrane znamionowe parametry bloku

Parametr	Jednostka	Wielkość
Ciśnienie pary świeżej	MPa	4,9
Temperatura pary świeżej	°C	520
Przepływ pary świeżej	t/h	126
Ciśnienie pary wylotowej	kPa	6
Stopień suchości pary wylotowej		0,91
Ciśnienie pary w upuszcie	MPa	1,35
Temperatura pary w upuszcie	°C	345
Ciśnienie odgazowana	MPa	0,45
Temperatura wody zasilającej	°C	150
Moc w kondensacji	MW	37
Sprawność kotła	%	95,5



Rys. 3. Uproszczony schemat technologiczny elektrociepłowni przemysłowej

Na rys. 3 przedstawiono uproszczony schemat technologiczny elektrociepłowni wraz z obliczoną wielkością produkcji energii elektrycznej dla zużyciu gazu na poziomie 21 000 Nm³ i przy zapotrzebowaniu na parę technologiczną równym 15 t/h.

4.3. Zużycie paliwa gazowego i produkcja mediów energetycznych

Bilans zużycia gazu koksowniczego oraz produkcji energii elektrycznej oraz ciepła w postaci pary technologicznej dla założonej dostępności paliwa został umieszczony w tabeli 4. Średnioroczna produkcja ciepła w postaci pary technologicznej wynosiła 15 t/h, a czas pracy bloku 7 800 h/rok. W pozostałym czasie para produkowana jest w rezerwowej kotłowni, a nadmiar gazu spalany jest w świeczce.

Tabela 5
Możliwości produkcji energii elektrycznej
oraz pary technologicznej

Parametr	Jednostka	Wielkość	
dostępność gazu	m ³ /h	21 000	17 850
blok parowy			
czas pracy	h/rok	7800	7800
zużycie gazu	GJ/rok	2932020	2529600
produkcja pary	GJ/rok	360828	360828
produkcja energii elektrycznej netto	MWh/rok	244779	199925
źródło rezerwowe			
zużycie gazu	GJ/rok	46747	46747
produkcja pary	GJ/rok	44410	44410
Elektrociepłownia			
spalanie gazu w świeczce	GJ/rok	314117	222604
emisja CO ₂	Mg/rok	147192	125110
sprzedaż energii elektrycznej	MWh/rok	210779	165925
PES	%	6,33	7

Dodatkowo w tabeli 4 umieszczono obliczenia dla mniejszej o 15% dostępności gazu, które posłużą do oceny wrażliwości inwestycji na dostępność paliwa

5. ANALIZA FINANSOWA PROJEKTU

5.1. Założenia ogólne modelu finansowego

W celu analizy finansowej projektu dokonano wirtualnego wydzielenia elektrociepłowni uwzględniającego realizowanie usług energetycznych na potrzeby koksowni (energia elektryczna, para). Analizę przeprowadzono w cenach bieżących, od strony wszystkich instytucji finansujących (FCFF – Free Cash Flow to Firm). Przyjęto 15 letni czas życia projektu, po zakończeniu tego okresu uwzględniono w obliczeniach wartość rezydualną. Inwestycja będzie finansowana w 50% z kapitału własnego inwestora, a brakująca kwota zostanie pokryta z kredytu bankowego o średnim oprocentowaniu 5%, spłacanego w przeciągu 6 lat. Stopę dyskonta przyjęto zgodnie z wytycznymi inwestora na poziomie 6,5% jako średni ważony koszt kapitału (WACC – Weighted Average Cost of Capital) opisany wzorem

$$WACC = \frac{E}{V} R_e + \frac{D}{V} R_d \cdot (1 - T_c) \quad (1)$$

gdzie: R_e - koszt kapitału własnego, R_d - koszt długu, E/V = procentowy udział kapitału własnego w inwestycji, D/V = procentowy udział długu w inwestycji, T_c = podatek dochodowy dla firm.

Po stronie wpływów w analizie finansowej uwzględniono:

- przychody ze sprzedaży energii (na potrzeby analizy założono sprzedaż energii elektrycznej do spółki obrotu),
- uniknięty koszt zakupu energii elektrycznej,
- uniknięty koszt zakupu pary technologicznej.

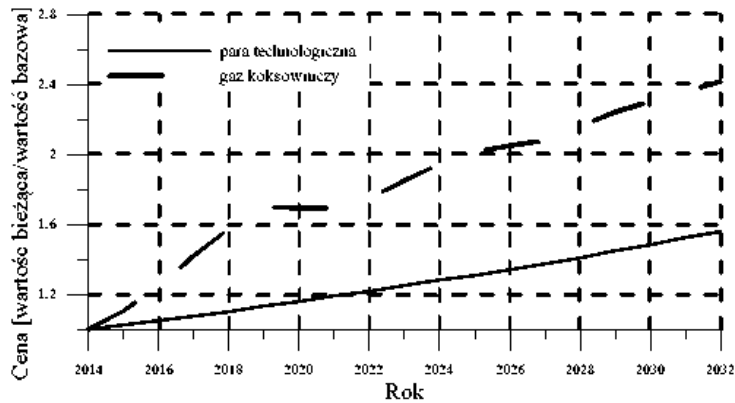
Koszty funkcjonowania EC rozbite zostały na koszty stałe oraz zmienne, których wielkość jest uzależniona od wielkości wytwarzanych nośników energii:

- a) koszty zmienne:
 - opłaty za emisję substancji szkodliwych do powietrza,
 - koszt emisji CO₂,
 - koszt przygotowania wody,
 - utracone przychody koksowni z tytułu sprzedaży gazu,
 - akcyza,
 - woda amoniakalna,
 - inne nie wymienione;
- b) koszty stałe:
 - podatki od gruntów, budowli, budynków,
 - koszt pracy,
 - koszt materiałów i remontów,
 - amortyzacja,
 - inne nie wymienione.

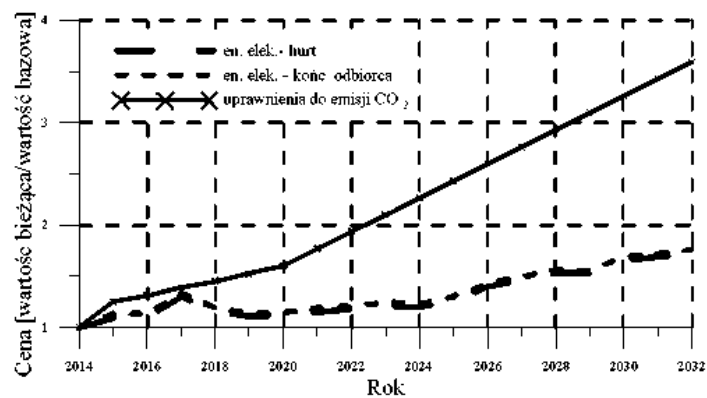
Wartym odnotowania jest, że w modelu uwzględniono jako koszty utratę z tytułu przychodów za sprzedaż gazu, w ilości jaka będzie zużywana przez elektrociepłownię. Drugim ważnym elementem jest uwzględnienie jako przychodu unikniętego kosztu zakupu energii elektrycznej zużywanej przez koksownię w ilości 34 000 MWh.

5.2. Prognoza cen

Na rys 4 i 5 zaprezentowano prognozę zmiany cen nośników energii, gazu koksowniczego oraz uprawnień do emisji CO₂. Wielkości te zostały pokazane w postaci zredukowanej tj. jako stosunek bieżącej wartości wyrażonej w cenach bieżących do wartości bazowej z roku 2014. Taka forma przedstawienia graficznego prognoz umożliwia z jednej strony pokazanie zmian cen wybranych parametrów w sytuacji, gdy są one wielkościami wrażliwymi i poufnymi z punktu widzenia inwestora, a z drugiej umożliwia prostą interpretację wpływu danej wielkości na końcowy wynik analizy.



Rys. 4. Prognoza zmiany cen gazu koksowniczego i pary technologicznej w postaci zredukowanej względem cen z 2014 roku.



Rys. 5. Prognoza zmiany cen energii elektrycznej i uprawnień do emisji CO₂ w postaci zredukowanej względem cen z 2014 roku.

Przygotowane prognozy zmian cen energii elektrycznej sporządzono w oparciu o własny model finansowy funkcjonowania krajowego podsektora wytwarzania uwzględniający między innymi strukturę jednostek wytwórczych, prognozę popytu na energię elektryczną, ceny paliw, uwarunkowania środowiskowe, koszty emisji CO₂ i inne [5]. W przypadku ceny energii dla końcowego odbiorcy uwzględniono dodatkowo obciążenia wynikające z kosztów dystrybucji, z akcyzy, podatków, certyfikatów pochodzenia, dodatkowych kosztów jakie ponoszą spółki obrotu [4]. Bazowe ceny energii elektrycznej przyjęto na poziomie 190 i 290 zł/MWh.

Rynek uprawnień do emisji CO₂ uważany jest za bardzo niestabilny, co jest powodem występowania bardzo różniących się i często nietrafnych prognoz cen. Dotyczy to zarówno wcześniejszych prognoz dla drugiego okresu rozliczeniowego, jak i przewidywań na lata 2013-2020. W przygotowanej prognozie zmiany cen uprawnień do emisji uwzględniono kontynuację polityki klimatycznej UE, a co za tym idzie zmniejszenie puli dostępnych nieodpłatnie uprawnień, oraz modyfikacje systemu handlu uprawnieniami do emisji co spowoduje szybki wzrost ich cen. Bazowa cena uprawnień do emisji CO₂ przyjęta została na poziomie 22 zł/Mg

Ceny gazu koksowniczego oraz pary technologicznej objęte są tajemnicą handlową pomiędzy inwestorem a obecnymi dostawcami nośników energii i nie mogą zostać ujawnione. Można jedynie wskazać, iż cena gazu koksowniczego kształtuje na poziomie ok. 1/3 ceny energii dostarczonej w paliwie dla elektrociepłowni opalanych węglem kamiennym i wartość taka została przyjęta do obliczeń.

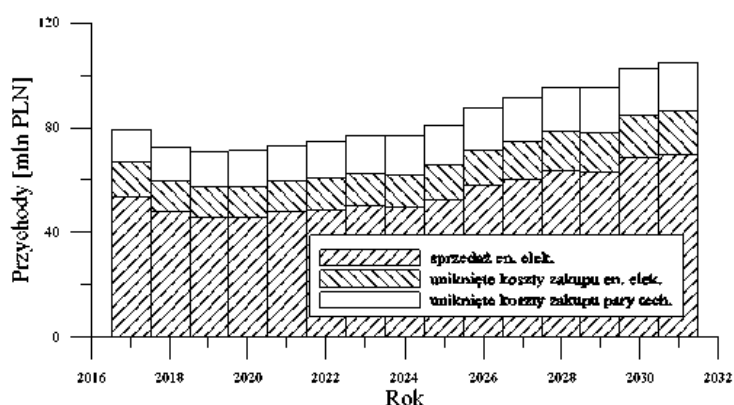
W obliczeniach nie uwzględniono dodatkowych wpływów ze świadectw pochodzenia.

5.3. Nakłady inwestycyjne

Całkowite nakłady inwestycyjne na budowę elektrociepłowni zostały oszacowane na poziomie 170 mln zł. Przy czym największy udział, ok. 80% przewidziany jest na budowę bloku wraz z przygotowaniem terenu. Pozostałe koszty to budowa wyprowadzenia mocy elektrycznej, rurociągi oraz rezerwowe źródło zasilania w parę. Rozkład nakładów inwestycyjnych w okresie trwania inwestycji przyjęto następująco: 20% / 50% / 30%.

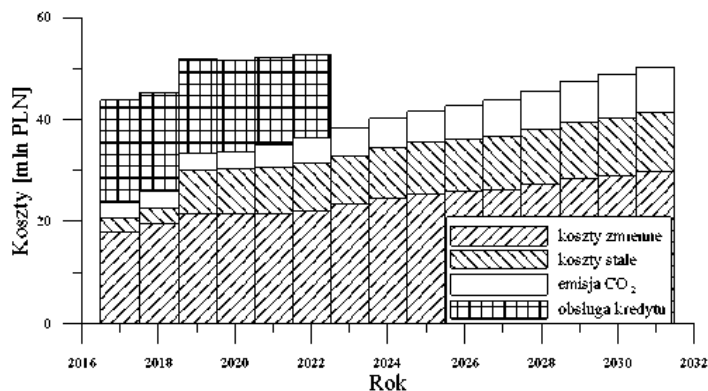
5.4. Analiza planowanych wyników

Rozkład planowanych przychodów z działalności elektrociepłowni w przypadku dostępności gazu koksowniczego na poziomie 21 000 m³/h zaprezentowany został na rysunku 6, a koszty związane z funkcjonowaniem inwestycji na rys. 7.



Rys. 6. Struktura przychodów elektrociepłowni – dostępność gazu 21 000 Nm³/h

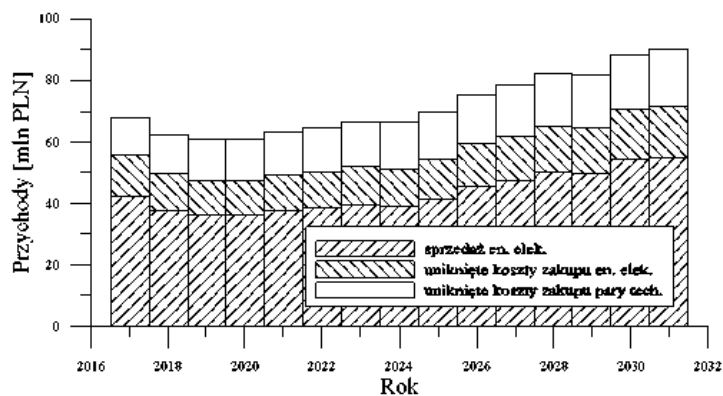
Można zaobserwować, iż największy udział w prognozowanych przychodach stanowi sprzedaż nadwyżki energii elektrycznej. Największym kosztem, jaki będzie ponoszony przez elektrociepłownię jest koszt zmienny (nieuwzględniający kosztu emisji CO₂), czyli suma opłat za emisję do powietrza, koszt wody do produkcji pary, utracone przychody koksowni z tytułu sprzedaży gazu, akcyza i woda amoniakalna. Bardzo istotnym kosztem, rosnącym w kolejnych latach, jest także koszt emisji CO₂.



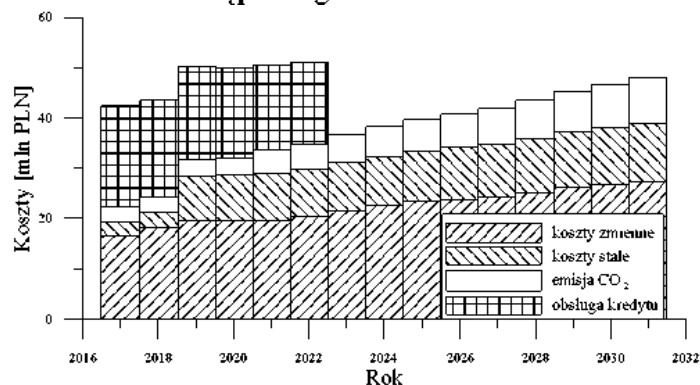
**Rys. 7. Struktura kosztów elektrociepłowni
– dostępność gazu 21 000 Nm³/h**

Na rysunku 8 i 9 przedstawiono rozkład planowanych przychodów i kosztów przy dostępności gazu koksowniczego na poziomie 17 850 m³/h.

Jak można zaobserwować struktura przychodów elektrociepłowni w obu przypadkach jest bardzo zbliżona, można jedynie zauważyć nieco większy udział unikniętych kosztów związanych zakupem mediów kosztem zmniejszenia sprzedaży energii elektrycznej. W przypadku struktury ponoszonych wydatków wyraźnie można zaobserwować niemal wyrównanie się kosztów stałych i zmiennych. Gwałtowny spadek udziału wydatków stałych, w obu przypadkach, w roku 2031 spowodowany jest zakończeniem okresu amortyzacji.

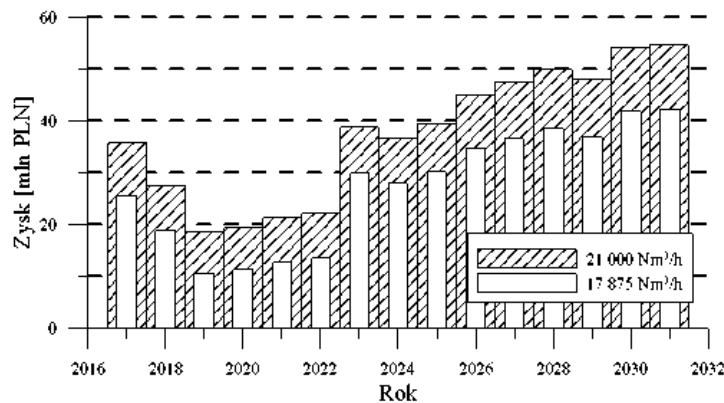


**Rys. 8. Struktura przychodów elektrociepłowni
– dostępność gazu 17 850 Nm³/h**



**Rys. 9. Struktura kosztów elektrociepłowni
– dostępność gazu 17 850 Nm³/h**

Na rysunku 10 pokazany został bilans finansowy brutto w poszczególnych latach. Jak można było się spodziewać wynik ten dla większej dostępności gazu, a co za tym większych możliwości produkcji i sprzedaży energii elektrycznej jest znacząco lepszy.



Rys. 10. Porównanie zysków brutto obu wariantów dostępności gazu koksowniczego.

5.5. Analiza efektywności projektu

Do oceny efektywności projektu wykorzystane zostały metody dynamiczne, które uwzględniają rozłożenie wpływów oraz wydatków inwestycyjnych w czasie. Metody te są zdecydowanie bardziej miarodajne, ze względu na ich dyskontowy charakter, co umożliwia łatwe porównanie inwestycji, które mają różne terminy wpływów i wydatków [6].

Podstawowymi wskaźnikami oceny inwestycji jest wewnętrzna stopa zwrotu (IRR) oraz prosty okres zwrotu.

Kolejnym wskaźnikiem użytym do oceny inwestycji jest wartość bieżąca netto (NPV), która jest sumą zdyskontowanych (na rok rozpoczęcia inwestycji) dla każdego czasu przepływów pieniężnych netto przy określonym poziomie stopy dyskonta.

Wartość IRR jest dużo większa niż stopa dyskonta, co świadczy, że został pokryty koszt kapitału, zaś realizacja projektu prowadzi do zwiększenia wartości firmy, a nakłady na inwestycję w zależności od dostępności gazu zwrócą się po 8 lub 9 latach. Obliczone wartości NPV, IRR oraz czas zwrotu inwestycji zostały zamieszczone w tabeli 5.

Obliczone wartości NPV, przy tak przyjętych założeniach są większe od zera – również wskazują na opłacalność budowy elektrociepłowni przemysłowej zasilanej gazem koksowniczym.

Tabela 5.
Wielkość NPV, IRR oraz okresu zwrotu dla wariantów
o różnej dostępności gazu

Dostępność gazu	NPV, mln PLN	IRR	Okres zwrotu
21000 Nm ³ /h	169,93	14.49	8
17850 Nm ³ /h	125,18	12.85	9

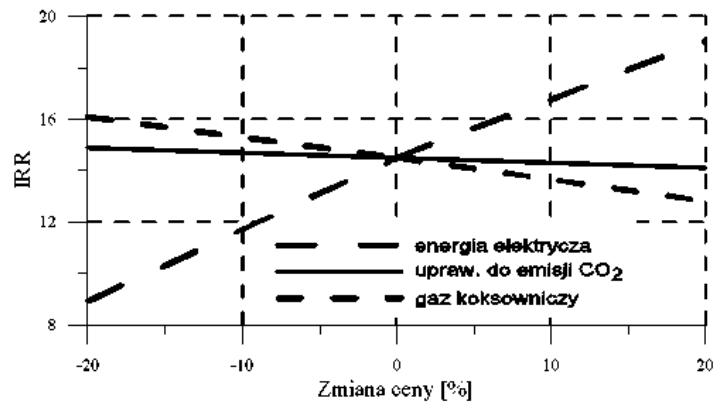
Wszystkie, wybrane do oceny efektywności ekonomicznej inwestycji wskaźniki świadczą o opłacalności podjęcia działań mających na celu budowę elektrociepłowni przemysłowej zasilanej gazem koksowniczym w oparciu o blok parowy. Podstawową wielkością decydującą o tym jest niska cena paliwa obecnie sprzedawanego na zewnątrz.

5.6. Analiza wrażliwości projektu

Wszystkie otrzymane wartości wskaźników oceny opłacalności inwestycji zostały wyznaczone w oparciu o przyjęte i wyżej wymienione założenia. W przypadku zmiany wartości któregośkolwiek z nich, otrzymany wynik będzie inny, a w skrajnych przypadkach może prowadzić do wniosków o braku opłacalności budowy elektrociepłowni. W pracy przeanalizowano dodatkowo wrażliwość modelu finansowego na zmiany kluczowych parametrów takich jak cena energii elektrycznej, uprawnień do emisji CO₂ oraz cena gazu koksowniczego (+-20%) w stosunku do scenariusza bazowego. W przypadku zmiany ceny energii elektrycznej uwzględniono zmianę ceny po jakiej przedawana jest nadwyżka do krajowego systemu elektroenergetycznego jak i cena energii kupowanej (uniknięty koszt zakupu). Otrzymane wyniki wrażliwości modelu finansowego przedstawione zostały w tabeli 6 i na rys. 11.

Tabela 6.
Wielkość NPV, IRR oraz okresu zwrotu dla wariantów
o różnej dostępności gazu

wariant	NPV[mln PLN]	IRR	Okres zwrotu
bazowy	169,93	14.49	8
Cena energii elektrycznej			
20%	292.91	19.04	6
-20%	44.56	8.91	11
Cena uprawnień do emisji			
+20 %	159.28	14.10	8
- 20 %	180.57	14.88	8
Cena gazu koksowniczego			
+20 %	128.47	12.80	9
-20 %	211.38	16.08	7



Rys. 11. Graficzne przedstawienie wrażliwości wariantu bazowego na zmianę cen wybranych parametrów

Wszystkie analizowane warianty zachowują rentowność w całym analizowanym obszarze zmian i to z dość sporym zapasem. Wyjątkiem jest sytuacja spadku ceny energii elektrycznej o 20% w całym analizowanym okresie gdzie projekt zbliża się do granicy opłacalności. W przypadku wzrostu ceny gazu koksowniczego o 80% (liczonej jako utracone zyski ze sprzedaży gazu do zewnętrznej EC) projekt osiąga wartość $NPV=0$. Projekt jest najmniej wrażliwy na zmianę ceny uprawnień do emisji CO_2 . Przyczyną tego jest zakładana możliwość skorzystania z części wolnych uprawnień koksowni oraz niska emisyjność gazu koksowniczego wynosząca $0,0447 \text{ Mg/GJ}$.

6. PODSUMOWANIE

W artykule zaprezentowano wstępną koncepcję budowy elektrociepłowni przemysłowej zasilanej gazem koksowniczym. Wykonana analiza opłacalności budowy EC pokazała, iż jest to rozwiązanie korzystne w porównaniu do obecnej sytuacji, a oczekiwany czas zwrotu inwestycji jest zadawalający.

Najważniejszymi parametrem wpływającym na wynik ekonomiczny są: cena paliwa gazowego, które obecnie sprzedawane jest do zewnętrznej EC, cena energii elektrycznej. Analiza wrażliwości zmian cen wybranych parametrów wykazała rentowność inwestycji w całym rozważanym okresie.

Zaproponowane rozwiązanie EC w oparciu o blok parowy cechuje się gorszymi wskaźnikami techniczno-ekonomicznymi niż zastosowanie silników gazowych. W celu poprawy wyniku finansowego przedsięwzięcia można rozważyć zmianę układu turbiny kondensacyjnej na ciepłowniczą i przeanalizować współpracę zaproponowanego rozwiązania wzbogaconego o zasobnik ciepła z miejskim systemem ciepłowniczym.[5], [7], [8]

LITERATURA

- [1] Bamiński P., Robak Z., Łabojko G., Figiel Z., Kalinowski K.: Przystosowanie gazu koksowniczego do wykorzystania w energetyce i chemii - POLITYKA ENERGETYCZNA, Tom 15, Zeszyt 4, 2012.
- [2] Praca zbiorowa pod red. Sobolewskiego A. i Ściążko M.: Najlepsze Dostępne Techniki (BAT) Wytyczne dla branży koksowniczej. Wydawnictwo Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze 2006.
- [3] Siemens - Industrial Steam Turbines - SST-400 Steam Turbine – Brochure.
- [4] Polityka energetyczna Polski do 2030 roku.
- [5] Niewinski G., Rajewski A.: Preliminary concept of an Industrial CHP plant with reciprocating engines fuelled with coke oven gas, Rynek Energii, 2014, nr 4(113).
- [6] Bujalski W.: The economic competitiveness of distributed sources in relation to the currently existing systems, Archive of Energy, vol. 41,3-13, 2011.
- [7] Badyda K., Bujalski W., Niewiński G., Warchoń M.: Selected Issues Related to Heat Storage Tank Modelling and Optimisation Aimed at Forecasting Its Operatio, Archives of Thermodynamics", vol 32 (2011) No 3, pp. 3-31.
- [8] Bujalski W., Badyda K., Milewski J., Warchoń M.: Utilization the heat accumulator in large heating *system*. Nanotechnology 2010: Bio Sensors, Instruments, Medical, Environment and Energy - Technical Proceedings of the 2010 NSTI Nanotechnology Conference and Expo, NSTI-Nanotech 2010. Paper Nr 200.

PRELIMINARY DESIGN OF INDUSTRIAL CHP FED WITH COKE OVEN GAS

Key words: coke oven gas, industrial CHP

Summary. The paper presents the results of preliminary feasibility study with financial analysis of the construction of coke gas fired industrial CHP. This installation is to cover the full demand of coke plant for heat (steam) and electricity, the surplus of electricity will be sold. The paper presents the structure of production and consumption of energy (gas, heat and electricity). Initial selection of machines and devices comprising the structure of the CHP was based on heat balance calculations (steam consumption). Few solutions were taken into considerations to find the optimal values of the technical and economic parameters. The final part of the study was to analyze the sensitivity of the profitability of the investment, depending on the changes of selected parameters such as availability of gas or electricity prices. Sensitivity analysis proved a good financial durability of the project. Financial calculation showed that the proposed solution for industrial CHP may be an alternative to the current situation where coke gas is being sold, and electricity and heat is being purchased on the market.

Grzegorz Maciej Niewiński – dr inż., adiunkt w zakładzie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Instytutu Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej, grzegorz.niewinski@itc.pw.edu.pl