



POZNAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



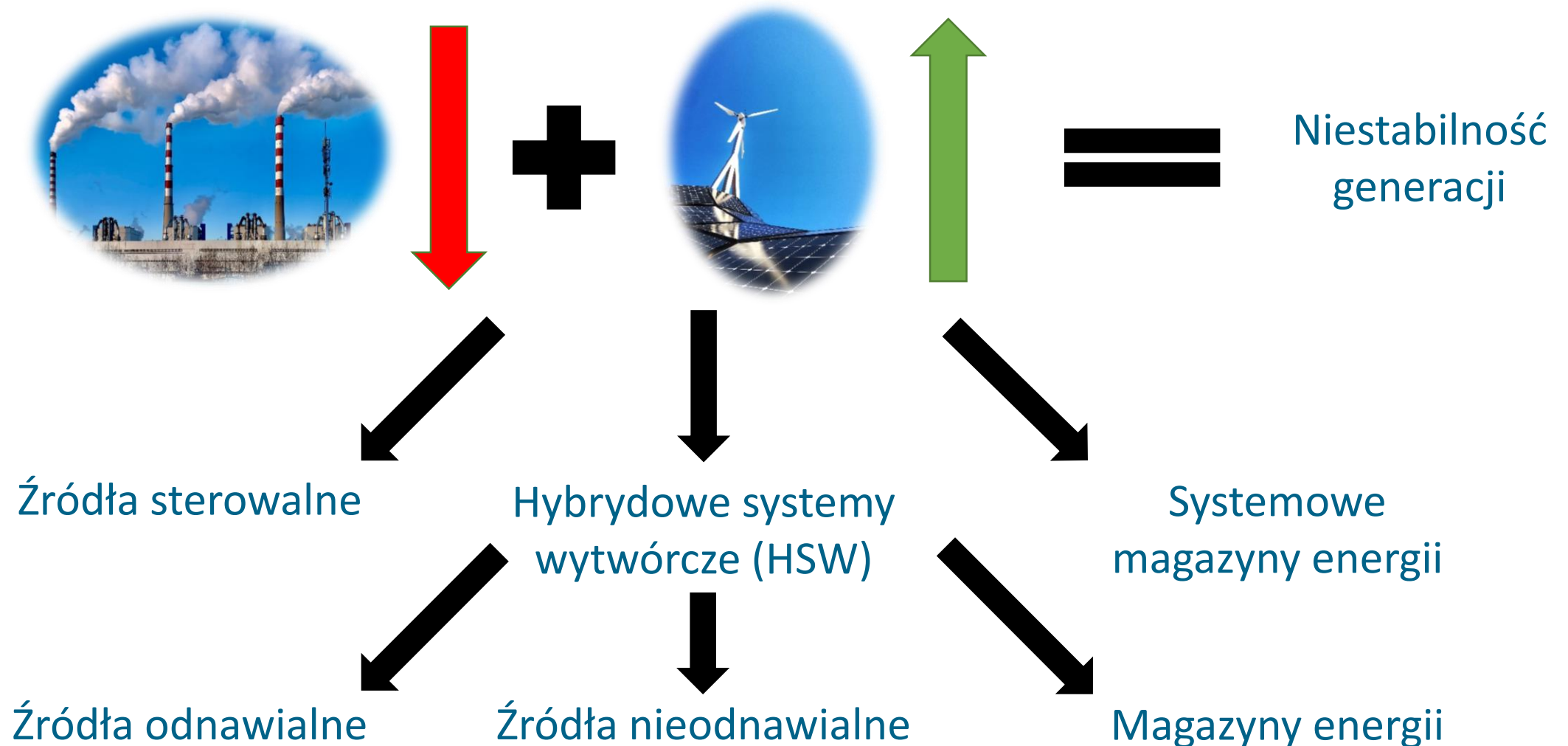
Analiza potencjału
wykorzystania instalacji
zgazowania odpadów
komunalnych w hybrydowym
systemie wytwarzania energii
elektrycznej



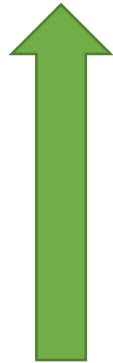
Plan referatu

- Zarys problemu
- Przedstawienie proponowanego hybrydowego systemu
- Model systemu
- Model generatora gazu
- Analiza energetyczna
- Analiza ekonomiczna
- Wnioski

Zarys problemu



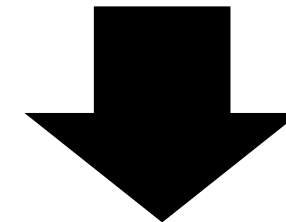
Zarys problemu



- Zakaz składowania odpadów o cieple spalania wyższym niż 6 MJ/kg (Dz.U. z 2015 r., poz. 1277)
- 30-45% strumienia odpadów zmieszanych stanowi frakcja nadsitowa (kod odpadu 19 12 12) o wysokiej kaloryczności (Primus, Rosik-Dulewska 2018)
- Pomimo powstawania nowych instalacji przetwarzania odpadów pozostanie około 1,5 mln Mg frakcji nadsitowej (Wielgosiński 2020)

Hierarchia postępowania z odpadami:
(Dz.U. z 2022 r., poz. 699)

1. Zapobieganie
2. Ponowne użycie
3. Recykling
4. Inne procesy odzysku (w tym odzysk energii)
5. Unieszkodliwianie



Instalacje termicznego
przetwarzania odpadów
komunalnych

spopielanie, zgazowanie, piroliza, technologie plazmowe



Rozwiązanie?

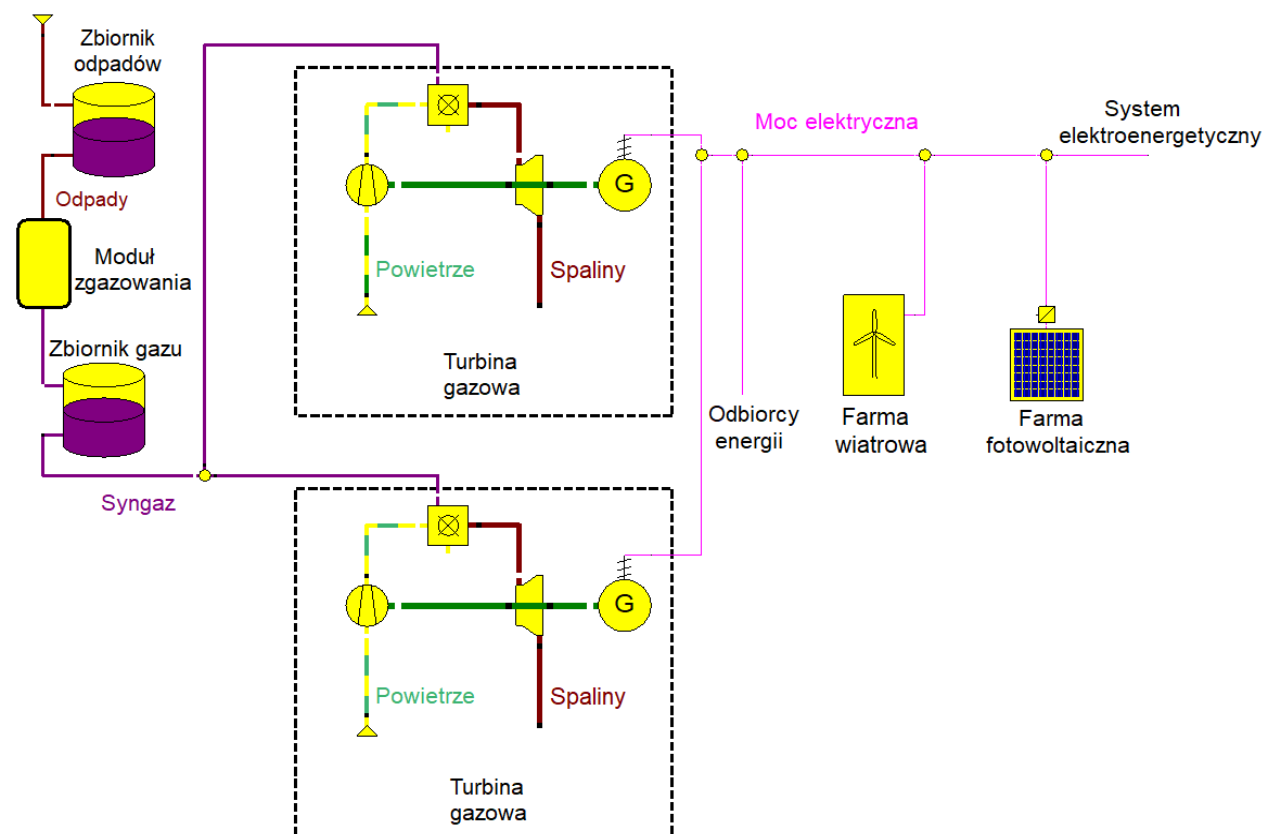
Wykorzystanie zgazowania odpadów w HSW

- Zgazowanie pozwala na otrzymanie gazu syntezowego składającego się z CO_2 , CO , H_2 , CH_4 oraz innych związków o wartości opałowej 4-12 MJ/Nm^3 (Skorek, Kalina 2005).
- Magazynowanie gazu.
- Wykorzystanie szybkostartujących źródeł energii elektrycznej (turbin gazowych, silników tłokowych).
- Oczyszczenie gazu przez spalaniem.
- Wada: konieczność wstępnego przygotowania wsadu (wilgotność, stałość składu, rozdrobnienie) (Wacławiak 2007).

Model systemu hybrydowego

Tabela 1. Dane wejściowe HSW

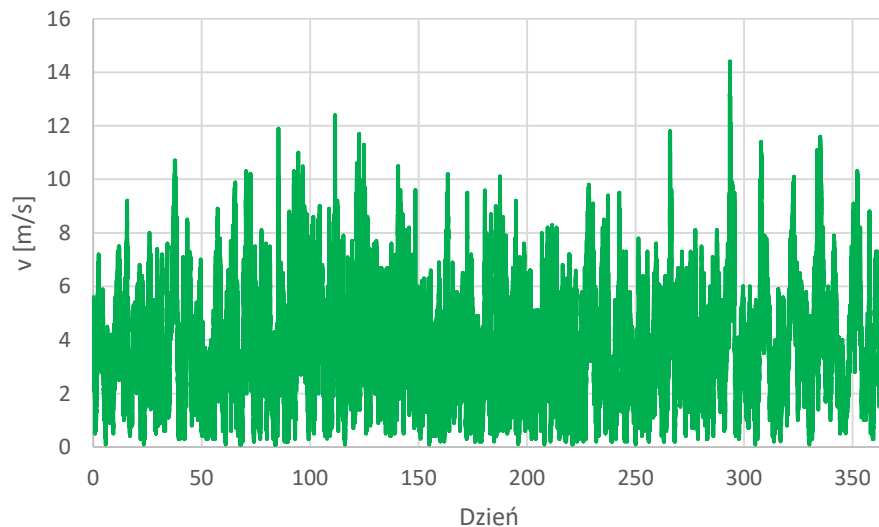
Dana	Wartość	Jednostka
Moc dostarczana z sieci	2,2	MW
Moc znamionowa farmy wiatrowej	5	MW
Moc znamionowa farmy fotowoltaicznej	2,8	MW
Moc znamionowa pojedynczej turbiny gazowej	3,5	MW
Sprawność znamionowa turbiny gazowej	37,0	%
Pojemność magazynu gazu	450	Mg



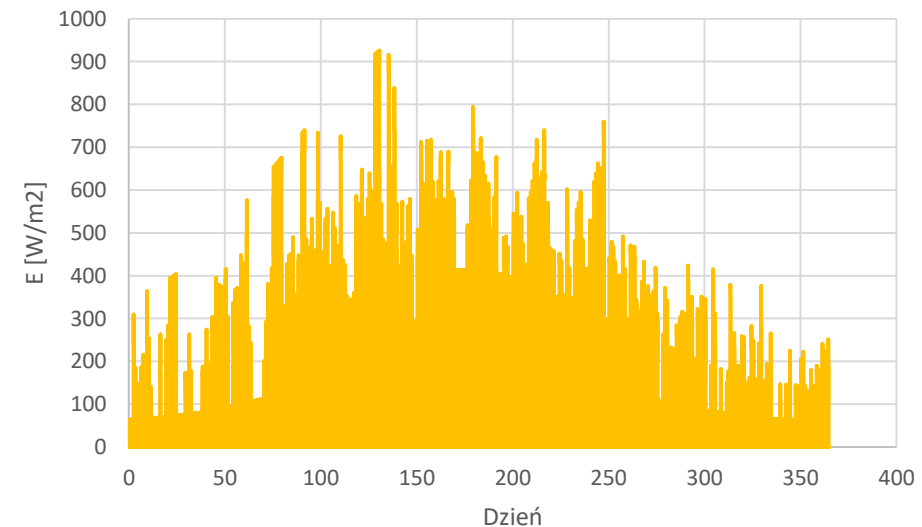
Rys. 1. Model HSW wykonany w programie Epsilon Professional

Zasada działania HSW

- Zasilanie z sieci – stała moc – stabilny pobór.
- OZE generują energię elektryczną w zależności od warunków pogodowych (nasłonecznienie, pozycja Słońca, prędkość wiatru).
- Jeśli moc OZE przekracza zapotrzebowanie, nadmiar mocy jest zrzucany aby zachować stałe zasilanie z sieci.



Rys. 2. Prędkość wiatru (IMGW)



Rys. 3. Radiacja (Typowy rok meteorologiczny)

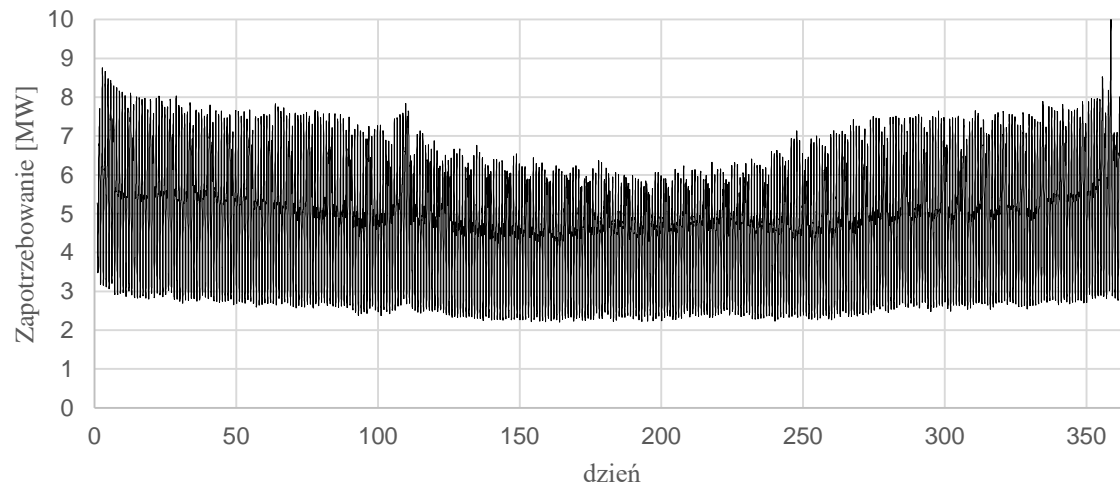


Zasada działania HSW

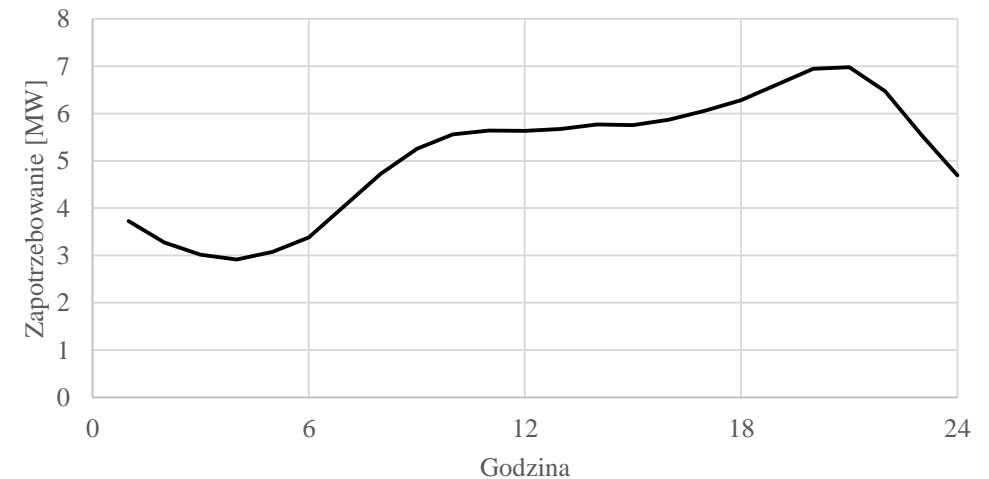
- Turbiny gazowe pokrywają różnicę pomiędzy zapotrzebowaniem a sumą mocy z sieci i z OZE.
- Instalacja zgazowania pracuje niezależnie od turbin gazowych. Pracę jej determinuje stopień wypełnienia magazynu gazu.
- Instalacja zgazowania może pracować jedynie w dwóch stanach: 100% obciążenia i 0% obciążenia.
- Generacja energii elektrycznej i zapotrzebowanie są przeliczane w cyklach 10-minutowych.

Charakterystyka odbiorcy

- Do analizy przyjęto profil odbiorcy komunalnego na podstawie danych Enea Operator (Standardowe profile zużycia energii na 2021 rok) o maksymalnym zapotrzebowaniu na moc równym 10 MW i rocznym zużyciu energii równym 42,351 GWh.

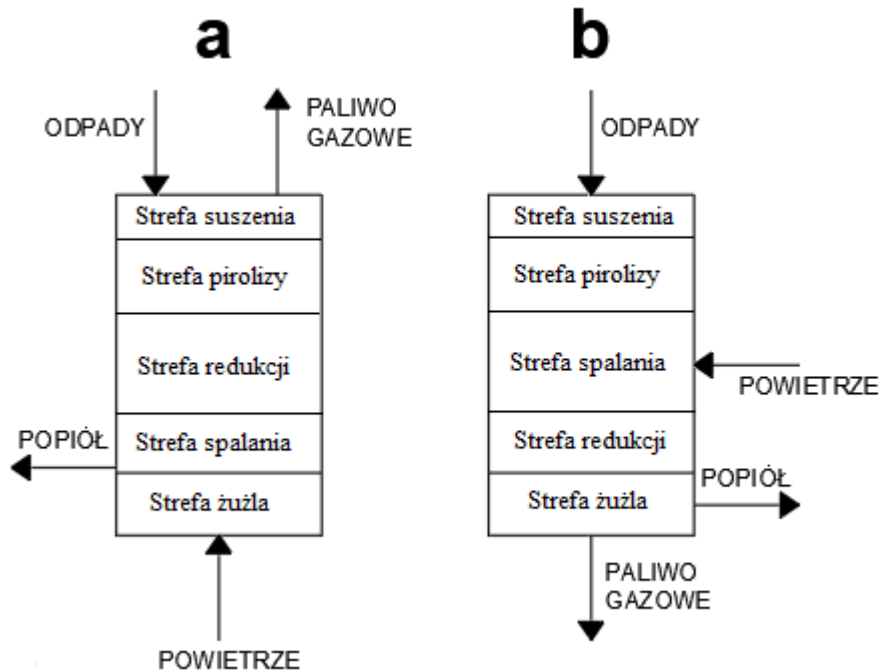


Rys. 4. Roczny rozkład zapotrzebowania

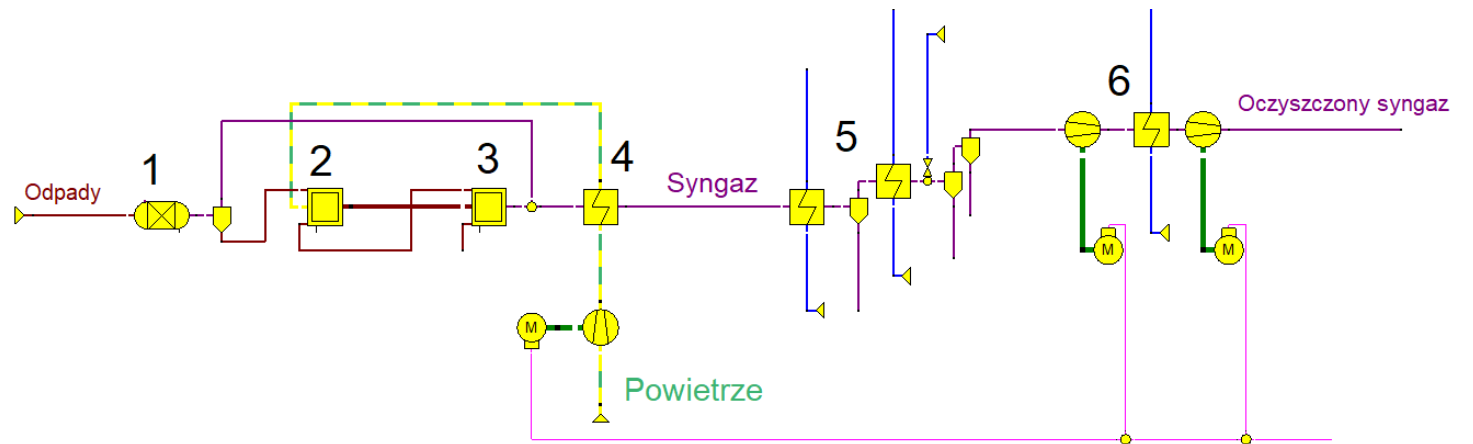


Rys. 5. Średni dobowy rozkład zapotrzebowania

Model instalacji zgazowania



Rys. 6. Reaktory zgazowania
a) przeciwprądowe, b) współprądowe



Rys. 7. Model instalacji zgazowania z reaktorem współprądowym

Strefa pirolizy (1), strefa spalania (2), strefa redukcji (3), podgrzewacz powietrza (4), moduł ochładzania i oczyszczania gazu syntezowego (5) oraz dwustopniowa sprężarka (6).



Zgazowanie

- Walidacja

Tabela 2. Walidacja modelu instalacji zgazowania.

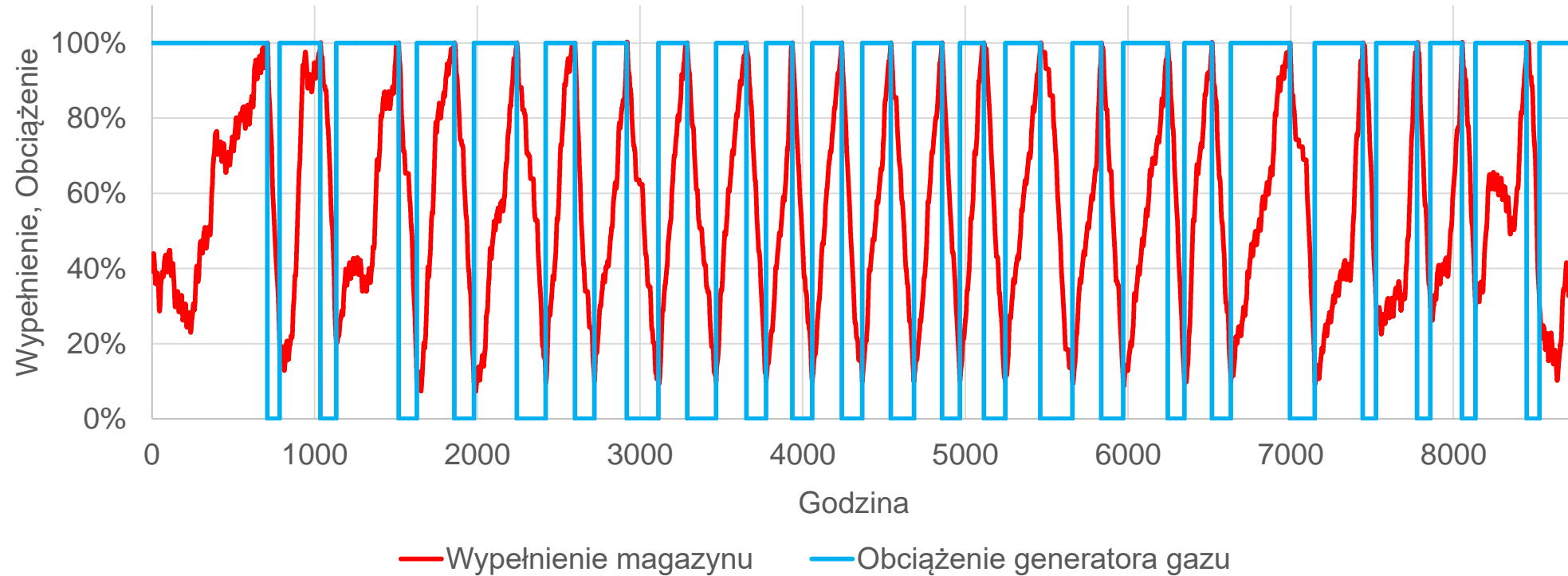
Składnik gazu	% obj.					
	CO	H ₂	CO ₂	CH ₄	N ₂	O ₂
Model	21,77	17,78	11,59	3,22	45,81	0,00
Dane (Minutillo i in. 2017)	21±3	16±4	11±3	1,75±0,75	50	0,55±0,35

- Zgazowanie frakcji nadsitowej

Tabela 3. Parametry odpadów i oczyszczonego gazu syntezowego.

Odpady	% mas.							MJ/kg	t/h	
	C	H	S	N	O	Cl	Popiół	H ₂ O	Q _w	Wydajność
	40,89	5,13	0,09	0,61	24,29	0,97	15,20	12,81	16,096	2,93
Syngaz	% obj.					%	MJ/kg	MJ/Nm ³	t/h	
	CO	H ₂	CO ₂	CH ₄	N ₂	η	Q _w	Q _w	Wydajność	
	23,31	19,05	8,14	3,86	45,73	80,92	5,972	5,675	6,39	

Praca HSW

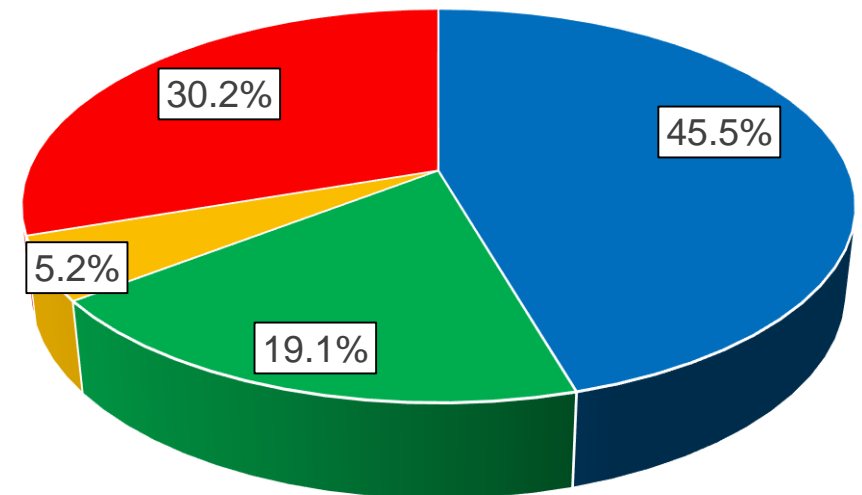


Rys 9. Wypełnienie magazynu gazu

Analiza energetyczna

Tabela 4. Wyniki analizy energetycznej HSW.

Parametr	T	η_{brutto}	η_{netto}	A_{gen}	A_{pob}	A	B	E_{CO2}
Jednostka	h	%	%	MWh	MWh	MWh	Mg	t/MWh
HSW	1559	-	-	28767	5611	23079	17218	1,059
Farma wiatrowa	1613	-	31,2	8070	-	8070	-	-
Farma PV	789	-	12,9	2209	-	2209	-	-
Układ zgazowania	2641	24,0	16,7	18488	5688	12800	17218	1,909

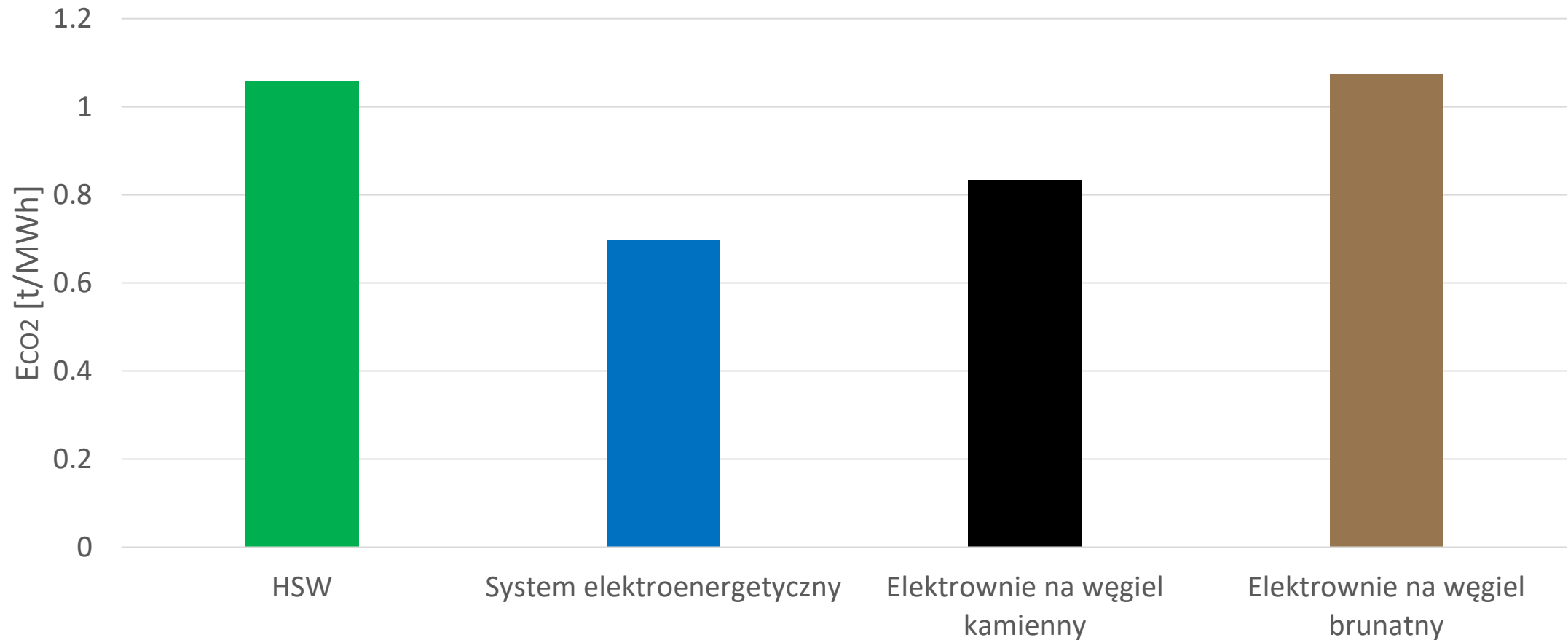


- Sieć
- Farma wiatrowa
- Farma PV
- Układ zgazowania

Rys 10. Pokrycie zapotrzebowania przez źródła



Emisyjność układu



Rys 10. Emisyjność HSW oraz źródeł systemowych (ARE 2020)



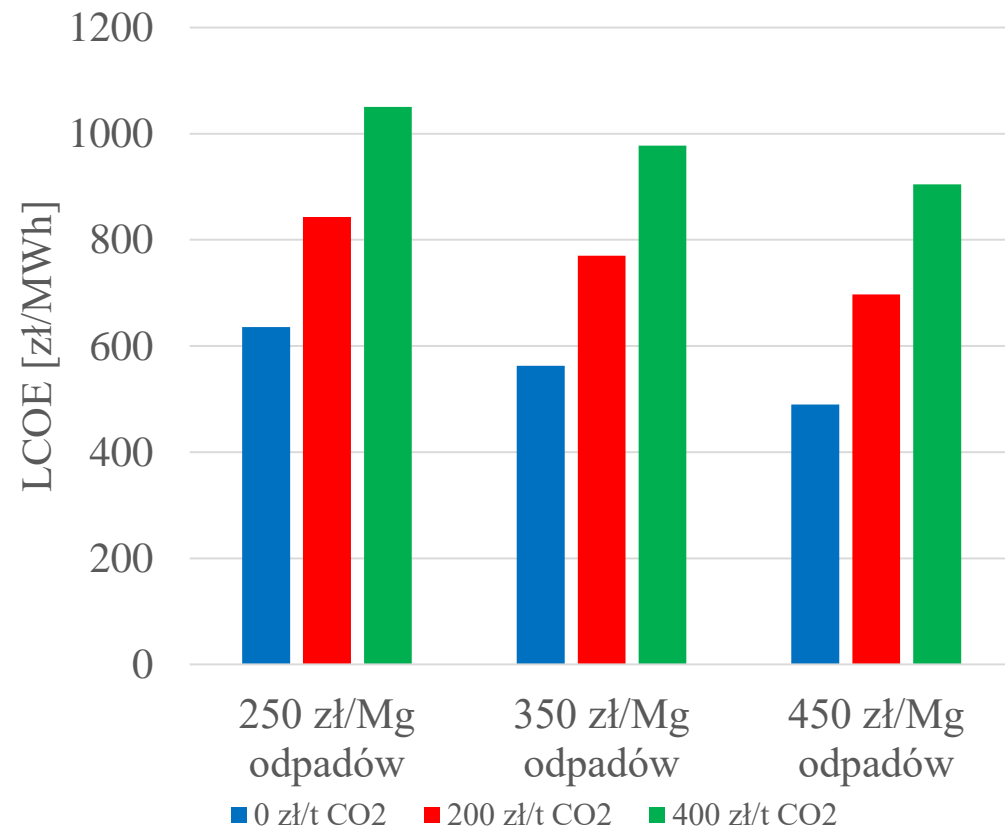
Analiza ekonomiczna - dane

- Ze względu na planowane włączenie instalacji przetwarzania odpadów w system EU ETS rozważono warianty uwzględniające opłaty w wysokości 0 zł/Mg, 200 zł/Mg oraz 400 zł/Mg.
- „Koszt na bramie”: 250 zł/Mg, 350 zł/Mg, 450 zł/Mg.
- Cena sprzedaży energii elektrycznej: 450-1200 zł/MWh.

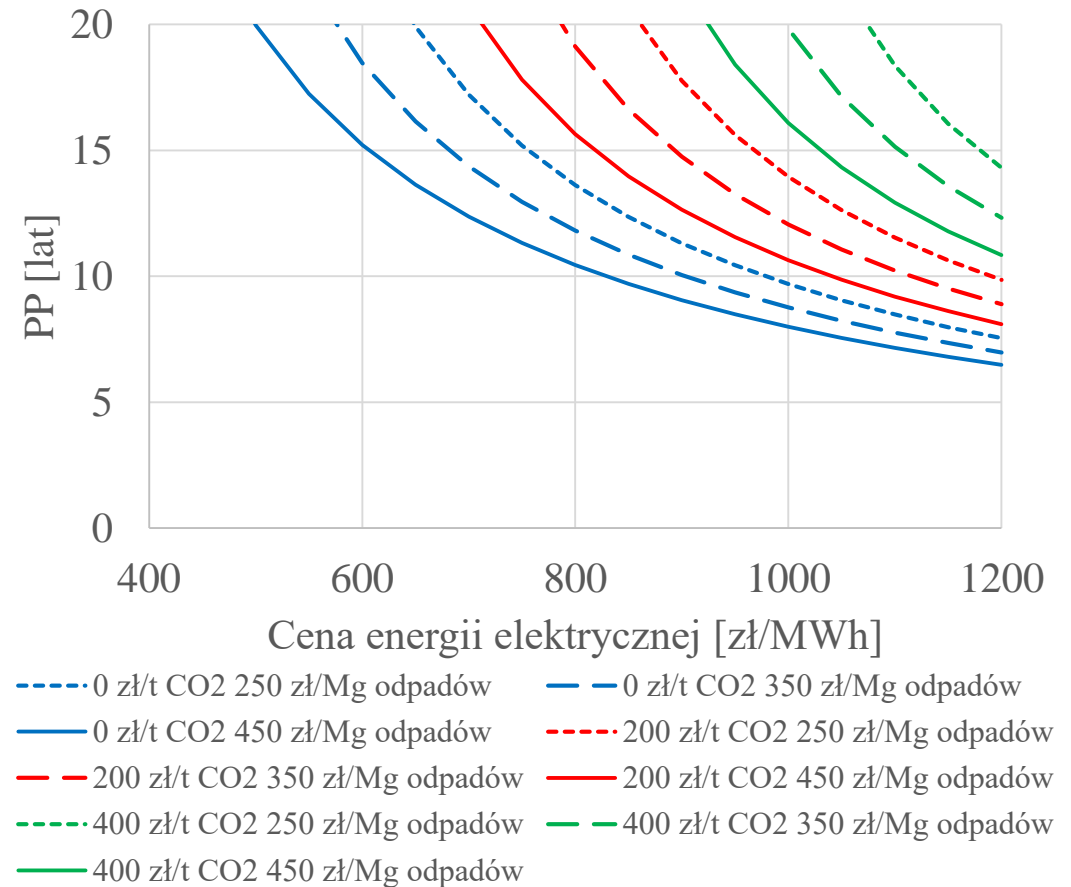
Tabela 5. Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne
* (opracowanie własne) ** na podstawie (IRENA 2020)

Element	K _n [mln zł]	K _e [mln zł/rok]
Farma wiatrowa	38,43**	0,85**
Farma fotowoltaiczna	13,51**	0,22**
Instalacja magazynowania odpadów, zgazowania, oczyszczania i magazynowania gazu	43,90*	4,58*
Instalacja wytwarzania energii elektrycznej z gazu	55,74*	
Suma	151,58	5,66

Analiza ekonomiczna - wyniki



Rys 11. LCOE



Rys 12. Czas zwrotu instalacji



Wnioski

- Instalacja zgazowania odpadów z magazynem syngazu może zostać wykorzystana w hybrydowych systemach wytwórczych do wyrównywania generacji w źródłach odnawialnych z zapotrzebowaniem.
- Przy braku magazynów energii elektrycznej powstaje nadwyżka energii elektrycznej generowanej ze źródeł OZE – zmniejsza to czas wykorzystania mocy zainstalowanej.
- Sprawność netto układu przetwarzania odpadów komunalnych wynosi zaledwie 16,7%.
Wpływają na to:
 - Konieczność sprężania gazu syntezowego przed magazynem,
 - Praca turbiny z mocą mniejszą od znamionowej,
 - Sprawność wytwarzania gazu syntezowego.



Wnioski

- Emisja CO₂ z takiego układu byłaby wyższa niż średnia emisja w systemie oraz niż emisja z elektrowni na węgiel kamienny. Byłaby jedynie nieco niższa niż w porównaniu do elektrowni na węgiel brunatny.
- Pomimo wysokich nakładów inwestycyjnych HSW może być opłacalny ekonomicznie, dzięki uwzględnieniu opłat za przyjęcie odpadów.
- W przypadku wprowadzenia instalacji przetwarzania odpadów do systemu EU ETS drastycznie spadnie opłacalność takiego HSW, ze względu na wysoką emisję jednostkową.



Wnioski – kierunki przyszłych badań

- W analizie nie uwzględniono zmieniającego się składu paliwa, co ma wpływ na przebieg procesu zgazowania oraz jakość gazu syntezowego. Wszystkie obliczenia prowadzone były również w stanach ustalonych.
- Konieczne wydaje się oszacowanie wpływu możliwych zmian w generacji OZE w poszczególnych latach.
- Uwzględnienie powstrzymania emisji CO₂ i CH₄ z różnych form utylizacji frakcji nadsitowej mogłoby sprawić, iż opłacalność instalacji pod względem środowiskowym wzrosłaby.
- Przyszłe badania koncentrować się będą również nad wpływem zmian mocy poszczególnych źródeł na pracę i opłacalność systemu, a także na porównaniu z innymi formami HSW.