

Seminarium „Biomasa - Odpady - Energia 2011”



Siłownie biomasowe

Piotr Lampart
Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Gdańsk



Gdańsk, 10-11 marca 2011



Energetyka biomasowa



- ⇒ **Spalanie biomasy drzewnej, rolnej i odpadowej w oparciu o technikę kotłową, oraz kogeneracja ciepła i energii elektrycznej**
- ⇒ **Fermentacja roślin zielonych, odpadów rolnych i zwierzęcych + kogeneracja**
- ⇒ **Gazyfikacja odpadów komunalnych, ściekowych, odpadów przemysłu rolno-spożywczego + kogeneracja**



Energetyka biomasowa – potencjał w kraju



- ⇒ **Spalanie biomasy drzewnej, rolnej i odpadowej w oparciu o technikę kotłową + kogeneracja**

Zrębki drewniane, pelety drewniane i słomiane, ...

1 mln ha wierzby energetycznej ⇒ plonność 25 ton/(ha rok) ⇒ wartość energ. 18MJ/kg ⇒ energia pierwotna 125 TWh/rok ⇒ energia końcowa: elektryczna - 25 TWh, ciepło – 90 TWh

- ⇒ **Gazyfikacja (fermentacja) roślin zielonych, oraz odpadów rolnych i zwierzęcych + kogeneracja**

**Substraty – np. kiszonka kukurydziana, gnojowica
Produkt - biometan**

1 mln ha kukurydzy ⇒ potencjał ferment. 5 mld m³ CH₄ / rok ⇒ potencjał ferment. odpadów zwierzęcych 1.5 mld m³ CH₄ / rok ⇒ wartość energ. 36MJ/m³ ⇒ energia pierwotna w biogazie 65 TWh/rok ⇒ energia końcowa: elektryczna - 22 TWh, ciepło – 38 TWh

- ⇒ **Gazyfikacja odpadów komunalnych, ściekowych, odpadów przemysłu rolno-spożywczego + kogeneracja**

Produkty - gaz generatorowy, gaz oczyszczalniany, gaz wysypiskowy ⇒ Energia końcowa: elektryczna > 10 TWh, ciepło > 15 TWh



Siłownie biomasowe

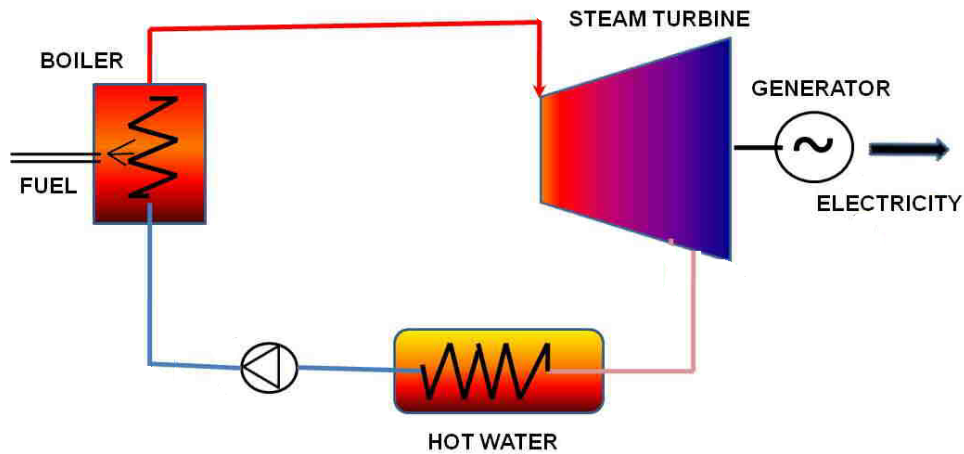


to układy produkcji energii elektrycznej i ciepła w kogeneracji zasilane biomasa, m.in.

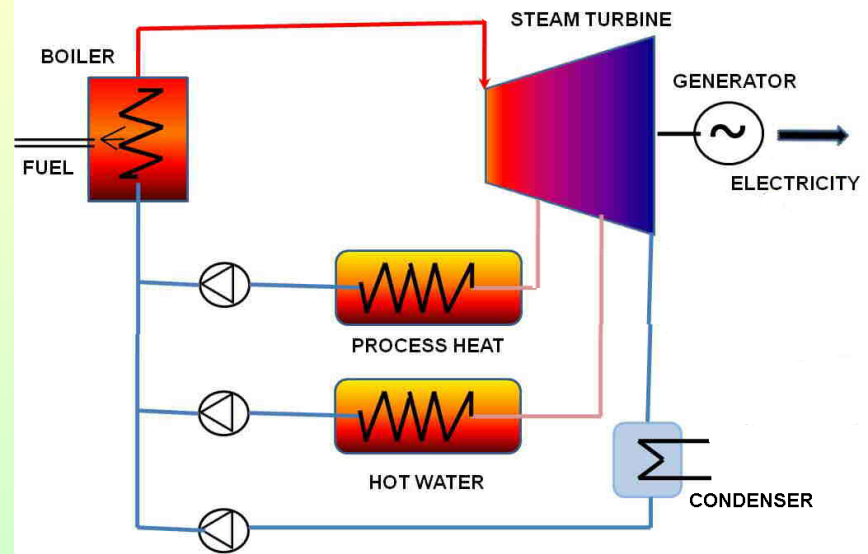
- **siłownie parowe z kotłem parowym i turbogeneratorem parowym (na parę wodną) ,**
- **siłownie ORC z kotłem olejowym i turbogeneratorem ORC (na parę czynnika niskowrzącego)**



KOGENERACJA W ENERGETYCE WĘGLOWEJ

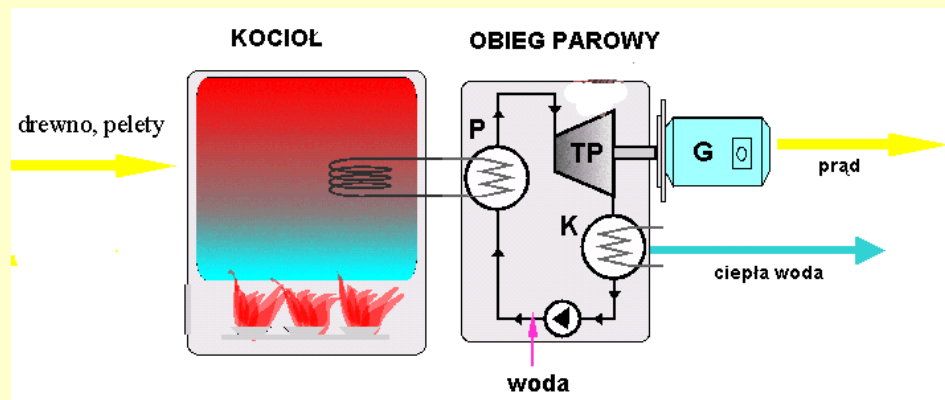


Turbina parowa przeciwprężna



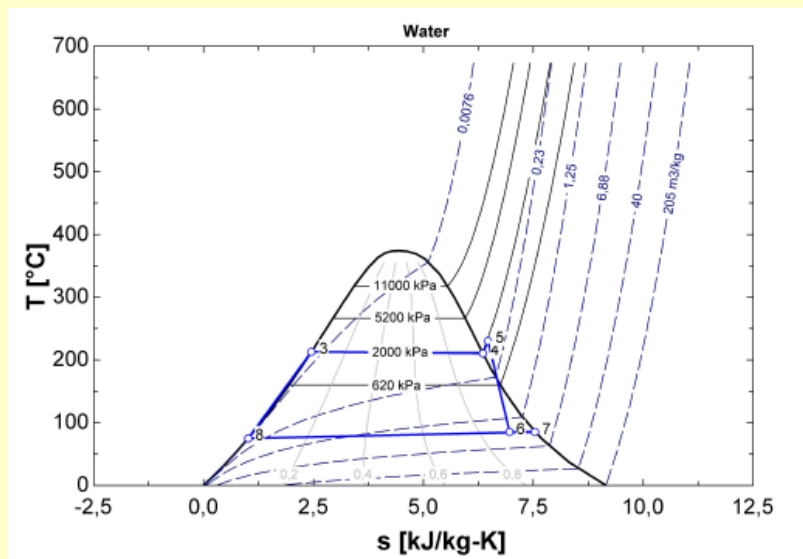
Turbina parowa upustowo-kondensacyjna

Siłownia parowa opalana biomasa

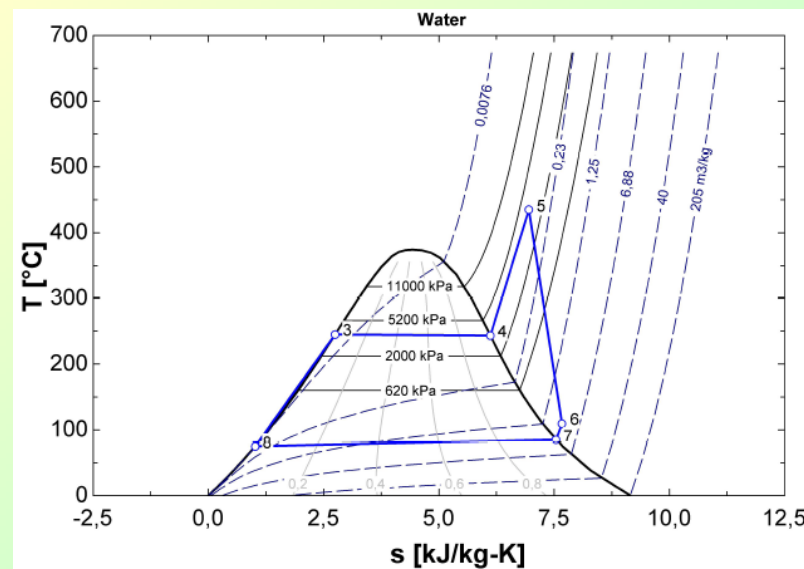


Kogeneracyjna siłownia parowa;

P – parownik, TP – turbina parowa, K – kondensator, G – generator.



Układ z kotłem na parę nasyconą



Układ z kotłem na wysokie parametry

PEC Płońsk

Moc cieplna zamówiona 30 MWc

Kocioł biomasowy 10.2 MWc – 40 bar, 450 C

Turbina przeciwprężna 2.1 MWe

zdj. M. Szymaniak, S.Bykuć dzięki uprzejmości
naczelnego energetyka PEC inż. J. Białoruckiego



Budynek elektrociepłowni w Płońsku



Hałda zrębków



Wiata na biomasę z zadaszeniem



Ruchoma podłoga i taśmociąg



Dwukorpusowa turbina przeciwprężna firmy Spilling



Chłodnia wentylatorowa



Węzeł ciepłowniczy



Taśmociąg i hałda popiołu

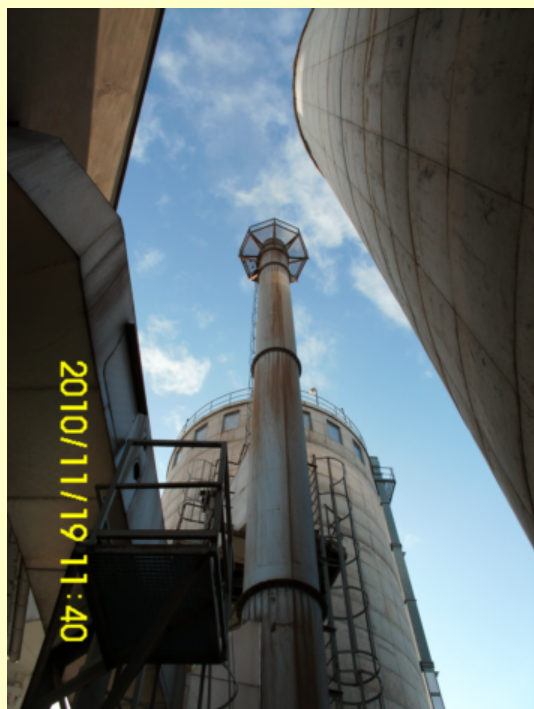
Elektrociepłownia BRW Biłgoraj

2xKocioł biomasowy 6 MWc – 26 bar, 430 C
Turbina upustowo-kondensacyjna 2.7 MWe

zdj. M. Szymaniak, S.Bykuć dzięki uprzejmości
dyrektora EC inż. Z. Machałka



Turbina parowa z generatorem firmy Tuthill-Nadrowski



Silosy na biomasę i komin



Magazyn paliwa: odpady z przemysłu meblarskiego



Panel sterowania w nastawni



Szafy ze sterownikami

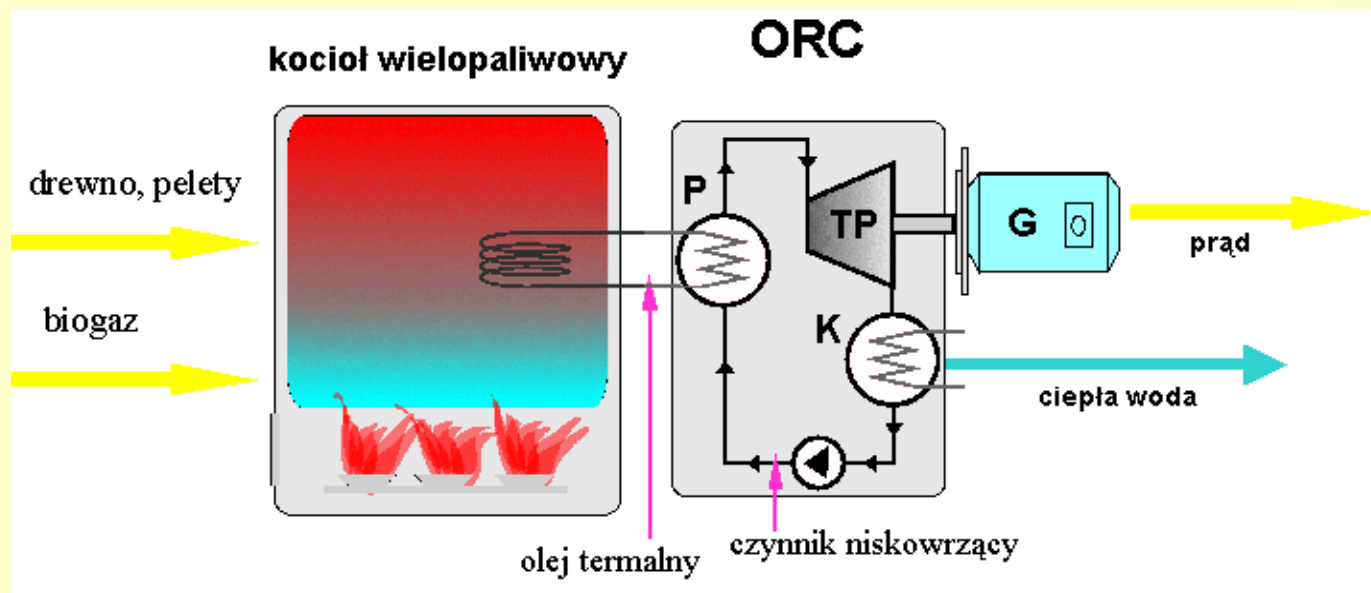


Stacja uzdatniania wody



Zbiornik wody chłodzącej kondensator

Siłownie biomasowe ORC



Siłownia kogeneracyjna w obiegu ORC;

P – parownik, TP – turbina parowa, K – kondensator, G – generator.

dla odbiorców indywidualnych



Moc cieplna 20 kW

Moc elektryczna 4 kW

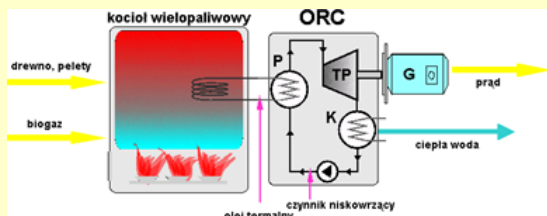
dla gminnych centrów energetycznych



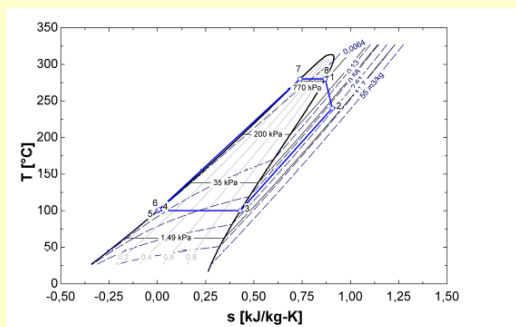
Moc cieplna 5 MW

Moc elektryczna 1 MW

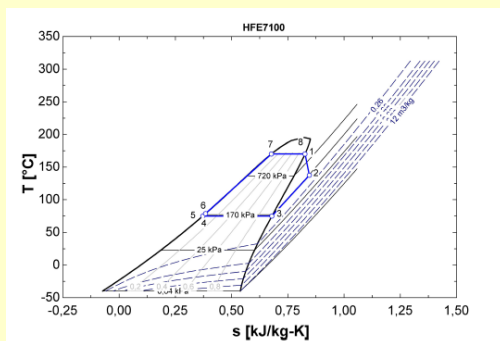
Układ ORC



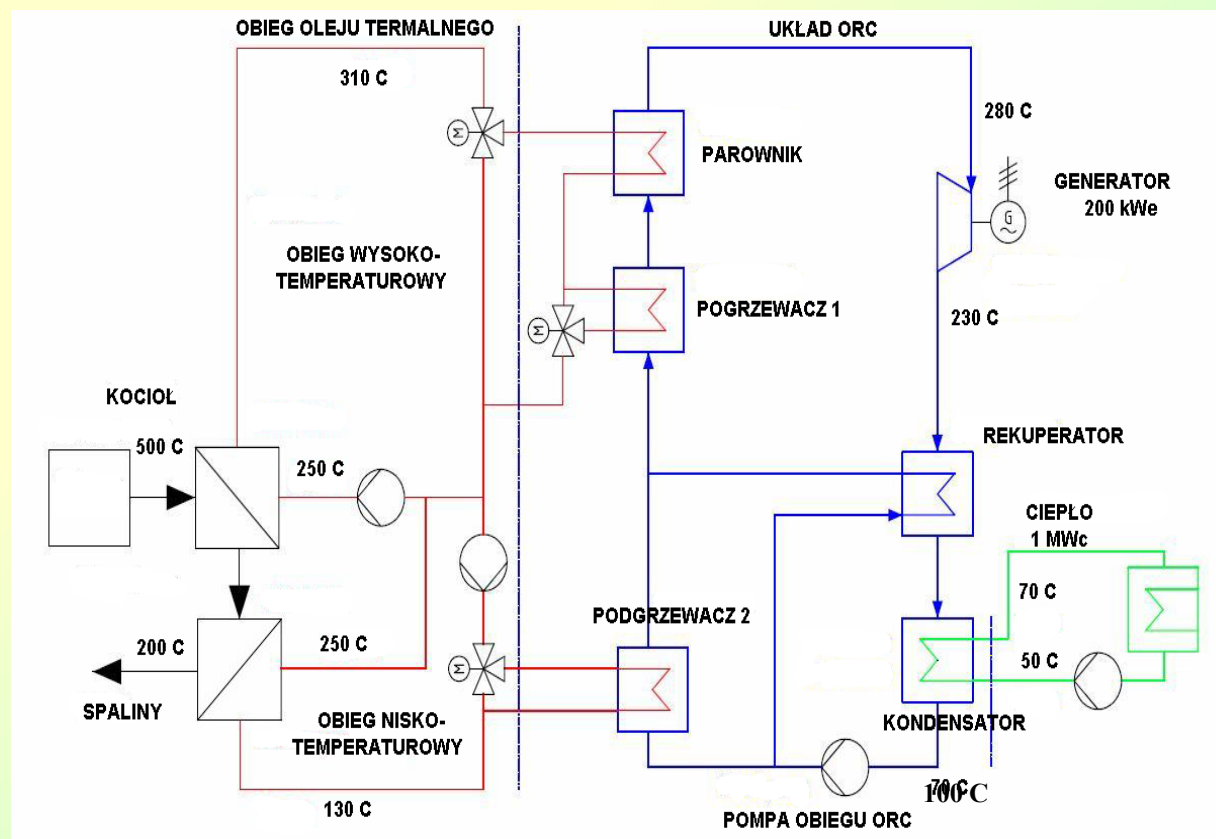
- **Możliwość wykorzystania niskotemperaturowych źródeł ciepła, a tym samym utylizacji odnawialnych źródeł energii,**
- **Możliwość utylizacji ciepła odpadowego,**
- **Budowa modułowa – łatwość dostosowania do wymaganego zakresu mocy**



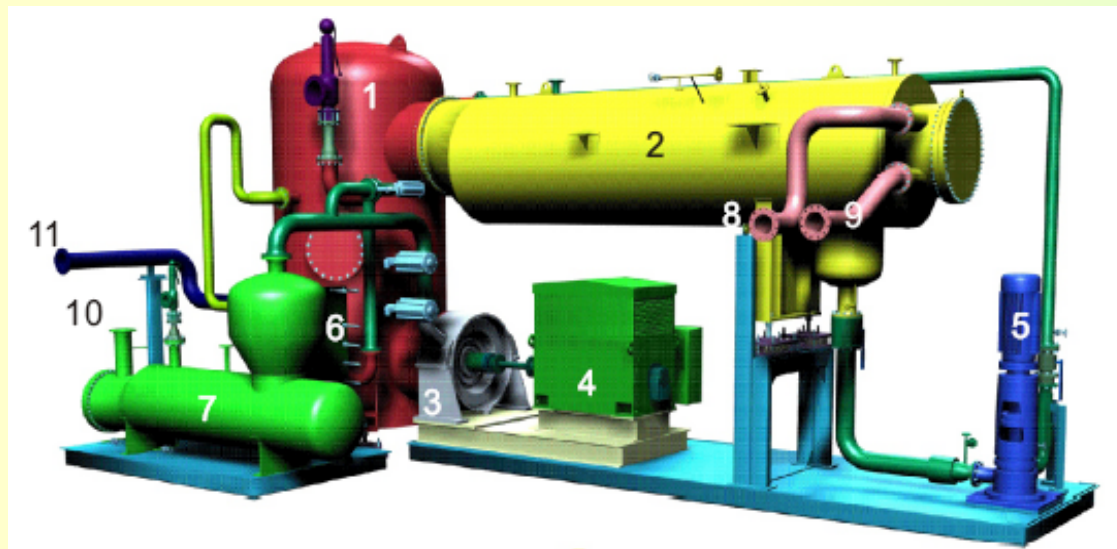
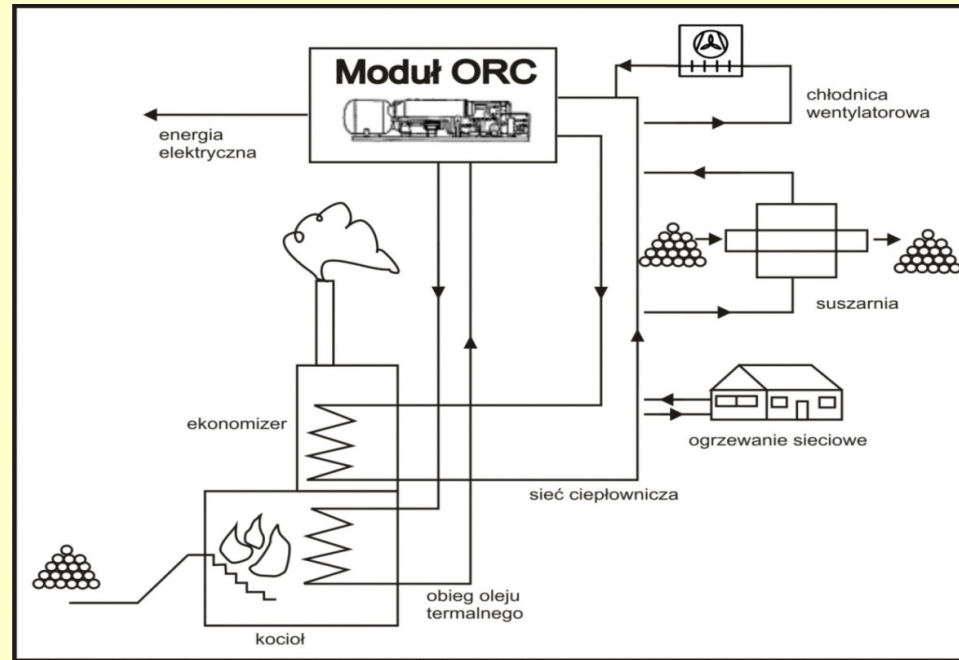
Czynnik – Olej silikonowy



Czynnik – HFE 7100



- Tartak Olczyk, Świdno
- Ostrów Wielkopolski



model Turboden

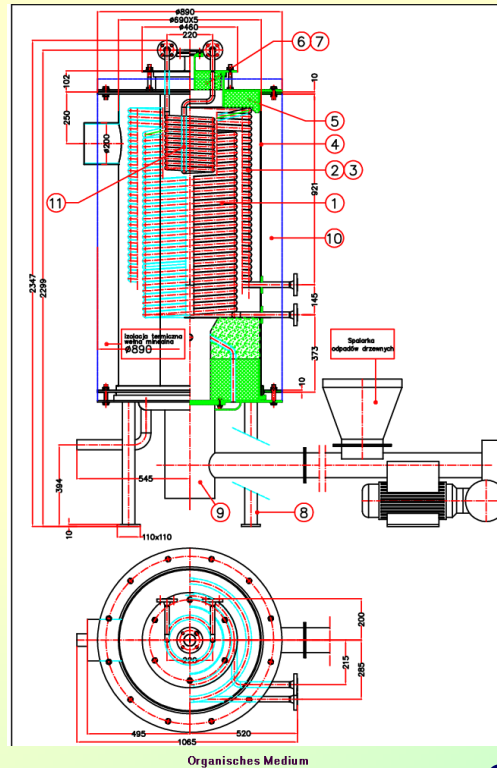


Oczekiwane sprawności:
 Sprawność prod. en. Elektr. > 20%
 Sprawność całkowita > 90%

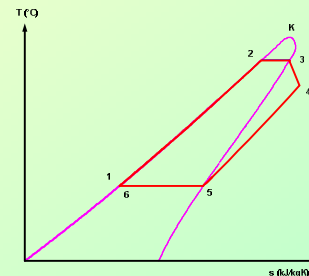
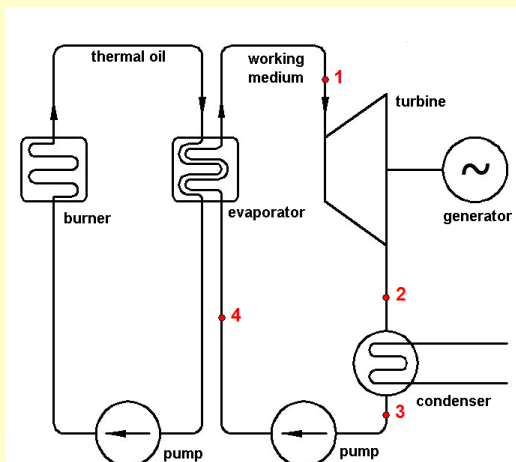
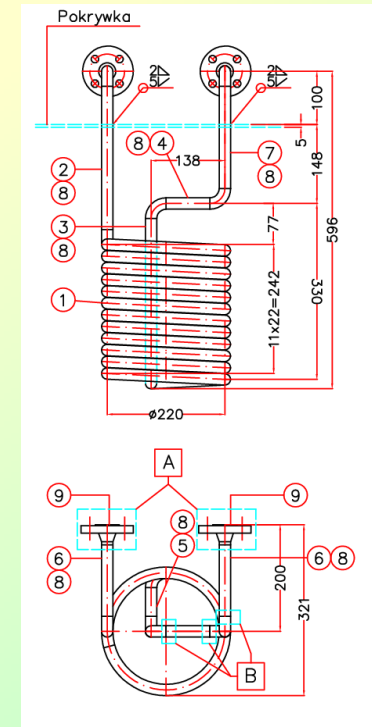
Mikrosiłownia CHP ORC w IMPPAN

Źródło: D. Kardaś, E. Ihnatowicz, S. Bykuć

Kocioł i zbiornik oleju termalnego



Parownik



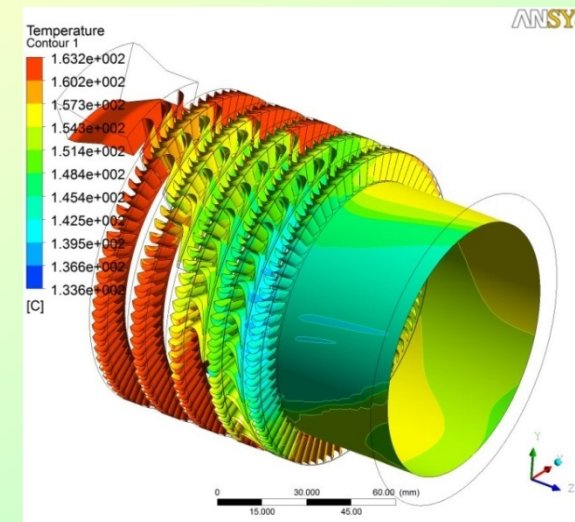
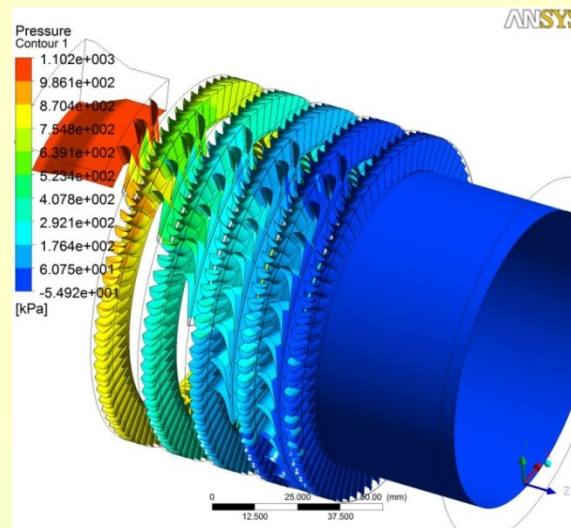
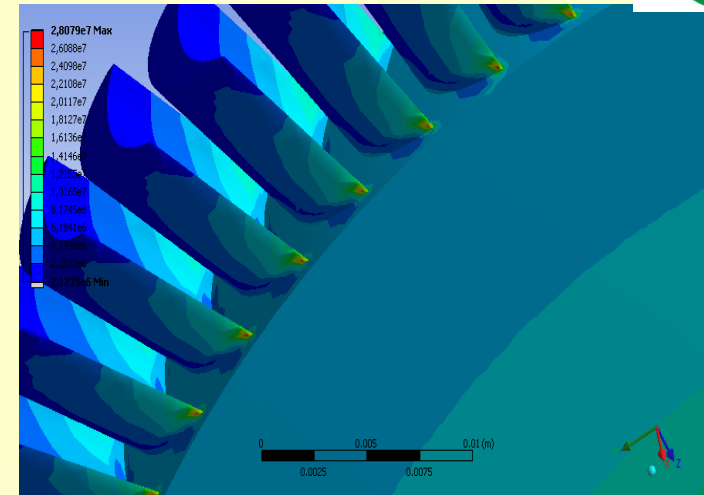
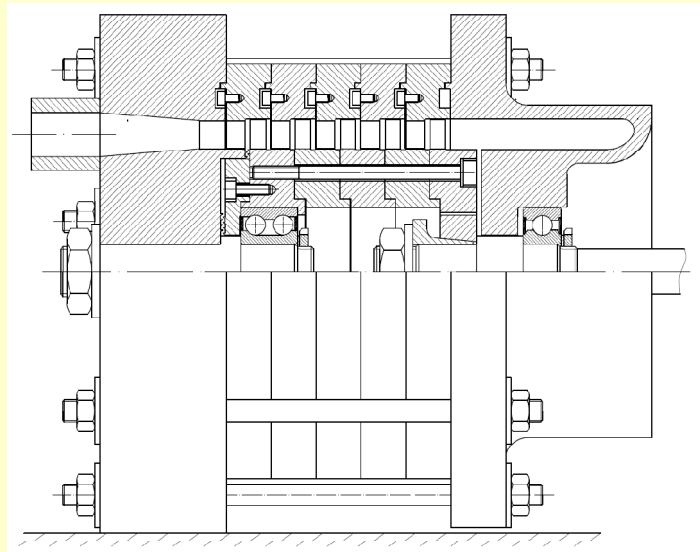
Sprawność:
Energia elektryczna 20%
Całkowita 80%

Pojemność cieplna 30kW
Max temperatura 250C
Wężownica 40l



5 – stopniowa turbina osiowa

Źródło: K. Kosowski



- częściowe zasilanie,
- 8 000 obr/min,
- spadek ciśnienia od 16 do 1.8 bar
- spadek temperatury od 150 do 90° C

**Strategiczny program badań naukowych i prac rozwojowych
„Zaawansowane technologie pozyskiwania energii”
Zad. 4. Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania
paliw i energii z biomasy, odpadów rolniczych i innych**

Blok Tematyczny



Siłownie poligeneracyjne

**Systemy produkcji energii elektrycznej, ciepła i chłodu
zintegrowane z układami produkcji paliw z biomasy**



Cele Bloku Tematycznego

- **Opracowanie i udoskonalenie aż do osiągnięcia pełnej dojrzałości, innowacyjnych technologii kogeneracji energii elektrycznej i cieplnej (a także chłodu) w skojarzeniu z produkcją biopaliw.**
- **Opracowanie typoszeregów rozproszonych układów energetycznych**
- **Opracowanie i wykonanie 3 pilotażowych instalacji demonstracyjnych stanowiących podstawę dla przyszłych wdrożeń nowoczesnych technologii**



Modernizacja obiektów ciepłowniczych na przykładzie kompleksu w Żychlinie



- **Instalacja układu kogeneracyjnego ORC na biomasie (0.8MWt, 0.145MWe)**
 - **Kocioł olejowy (na pelety ze słomy, na olej termalny) do 1.1MWc,**
 - **Układ turbogeneratora ORC (Turboden)**
- **Demontaż 3 kotłów węglowych oraz instalacja układu kogeneracyjnego na biomasie (7-9MWt, 2.5-3MWe)**
 - **Wariant 1 – kocioł parowy (na pelety ze słomy), turbina upustowo kondensacyjna,**
 - **Wariant 2 – kocioł parowy (na pelety ze słomy), turbina przeciwprężna,**
 - **Wariant 3 - kocioł olejowy (na pelety ze słomy), Układ ORC,**
- **Modernizacja kotła węglowego (10MWt – przerobiony WRp12)**
 - **Ograniczenie emisji, odpylanie**
 - **Automatyka kotła,**
 - **.....**

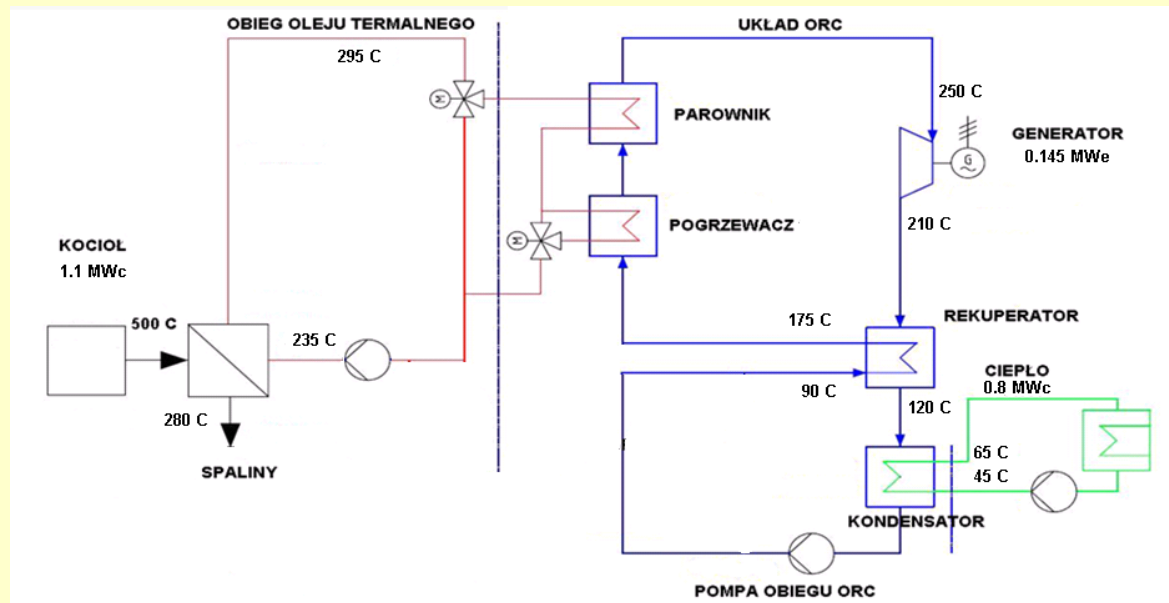


Modernizacja obiektów ciepłowniczych na przykładzie kompleksu w Żychlinie, cd.



- **Instalacja akumulatora (ów) energii cieplnej,**
- **Przebudowa węzła ciepłego i przyłączenie do sieci elektroenergetycznej**
- **Symulacja ekonomiczna wariantów modernizacji**
- **Zagadnienia formalno-prawne oraz efekty ekologiczne i społeczne modernizacji**
- **Przebudowa infrastruktury ciepłowni,**
 - **Scalenie gruntów,**
 - **Nowe budynki,**
 - **Drogi wewnętrzne,**
 - **Place składowe,**
 - **Silos na biomasę,**
 - **Logistyka wewnętrzna paliwa: waga, taśmociągi,**

Instalacja pilotażowa – kompleks kogeneracyjny w Żychlinie

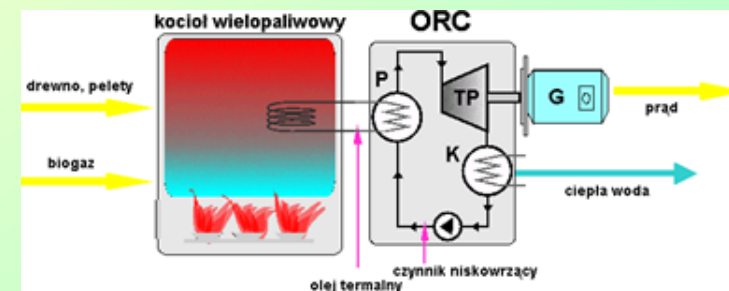


Obieg oleju termalnego:

- pętla wysokotemperaturowa 295°C/235°C

Obieg czynnika roboczego (oleju silikonowego)

- turbina od 7,6 bar/250°C do 0.14 bar/210°C
- rekuperator – para czynnika 210/120°C,
ciecz 90/175°C
- podgrzewacz – 175°C/250°C
- parownik - 250°C
- kondensator - 90°C
- woda ciepła (lato) 65°C/45°C,





Analiza ekonomiczna dla instalacji ORC 0.15 MWe



Input	T10 "split"
moc wejściowa w paliwie [kW]	1105,555556
moc elektryczna brutto [kW]	155
moc cieplna użyteczna [kW]	800
moc "po paliwie" [kW]	995
pobór mocy na potrzeby własne [kW]	10
sprawność cieplna przed turbiną [%]	90%
sprawność elektryczna brutto [%]	15,58%
sprawność elektryczna netto [%]	14,57%
sprawność całkowita użyteczna [%]	86,38%
czas pracy w ciągu roku [h]	8000

Incomes/Costs	
Price EP [GJ]	16,67 zł
Price heat sale [GJ]	40,00 zł
Price EE [MWh]	197,00 zł
Price "Green" [MWh]	277,00 zł
Price "Yellow" [MWh]	125,00 zł
Change of PE	3%
Change of Sold Energy	3%
Maintenance za MWh _e	60,00 zł
Admin za Mwh _e	40,00 zł
Change of main/admin	3%

Investment	
MWe	0,155
CAPEX €/MWe	
CAPEX	6 045 000,00 zł
INVPERIOD	15
AMRATE (flat)	6,67%
CIT	19,00%
EX RATE €	3,90 zł

Finance	
% EQUITY	100,00%
% DEBT	0,00%
EQUITY	6 045 000,00 zł
DEBT	- zł
EQUITYINTRATE	8,00%
DEBTINTRATE	8,00%
DEBTPERIOD	10
WACC	8,00%

Enterprise	
EV ~ ∑ DCFF	9 093 886,28 zł
NPV _{Projekt}	3 048 886,28 zł
IRR	14,97%
MIRR	10,98%
TV(Terminal Value)	2 418 000,00 zł
EV _{TV}	11 511 886,28 zł
NPV _{TV}	5 466 886,28 zł

Okres spłaty inwestycji (NPV=0) to 7-8 lat



Analiza ekonomiczna dla układu parowego z kotłem 15 MWc i z turbiną przeciwnprężną 2.1 MWe przystosowanego do pracy całorocznej



Input	T10 "split"
moc wejściowa w paliwie [kW]	10005,55556
moc elektryczna brutto [kW]	2051
moc cieplna użyteczna [kW]	4230
moc "po paliwie" [kW]	9005
pobór mocy na potrzeby własne [kW]	65
sprawność cieplna przed turbiną [%]	90%
sprawność elektryczna brutto [%]	22,78%
sprawność elektryczna netto [%]	22,05%
sprawność całkowita użyteczna [%]	62,78%
czas pracy w ciągu roku [h]	8760

Incomes/Costs	
Price EP [GJ]	16,67 zł
Price heat sale [GJ]	40,00 zł
Price EE [MWh]	197,00 zł
Price "Green" [MWh]	277,00 zł
Price "red" [MWh]	14,00 zł
Change of PE	3%
Change of Sold Energy	3%
Maintenance za MWh _e	40,00 zł
Admin za MWh _e	25,00 zł
Change of main/admin	3%

Investment	
MWe	2,051
CAPEX €/MWe	
CAPEX	47 000 000,00 zł
INVPERIOD	15
AMRATE (flat)	6,67%
CIT	19,00%
EX RATE €	3,90 zł

Finance	
% EQUITY	40,00%
% DEBT	60,00%
EQUITY	18 800 000,00 zł
DEBT	28 200 000,00 zł
EQUITYINTRATE	8,00%
DEBTINTRATE	8,00%
DEBTPERIOD	10
WACC	7,09%

Enterprise	
EV ~ \sum DCFF	46 185 089,18 zł
NPV _{projektu}	27 385 089,18 zł
IRR	20,21%
MIRR	14,10%
TV(Terminal Value)	18 800 000,00 zł
EV _{TV}	64 985 089,18 zł
NPV _{TV}	46 185 089,18 zł

Okres spłaty inwestycji (NPV=0) to 7-8 lat