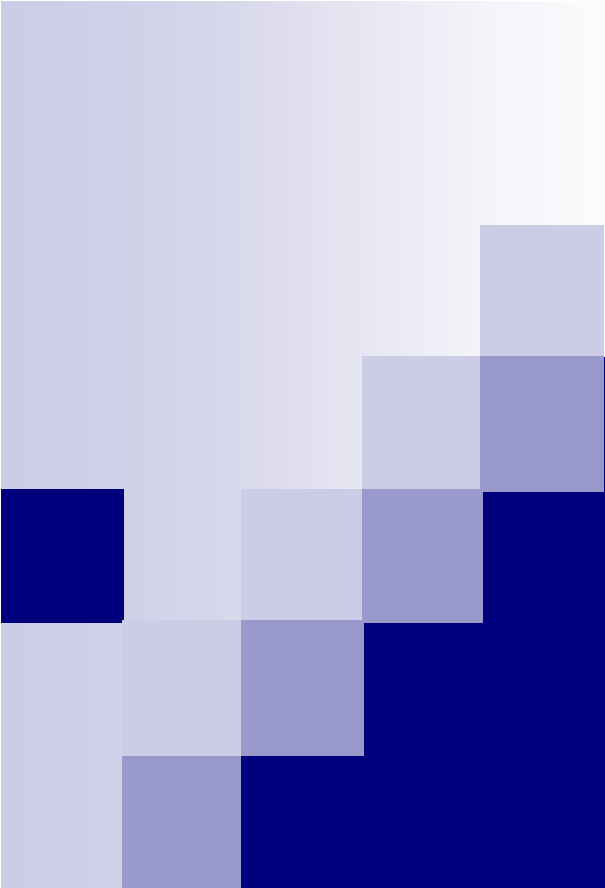


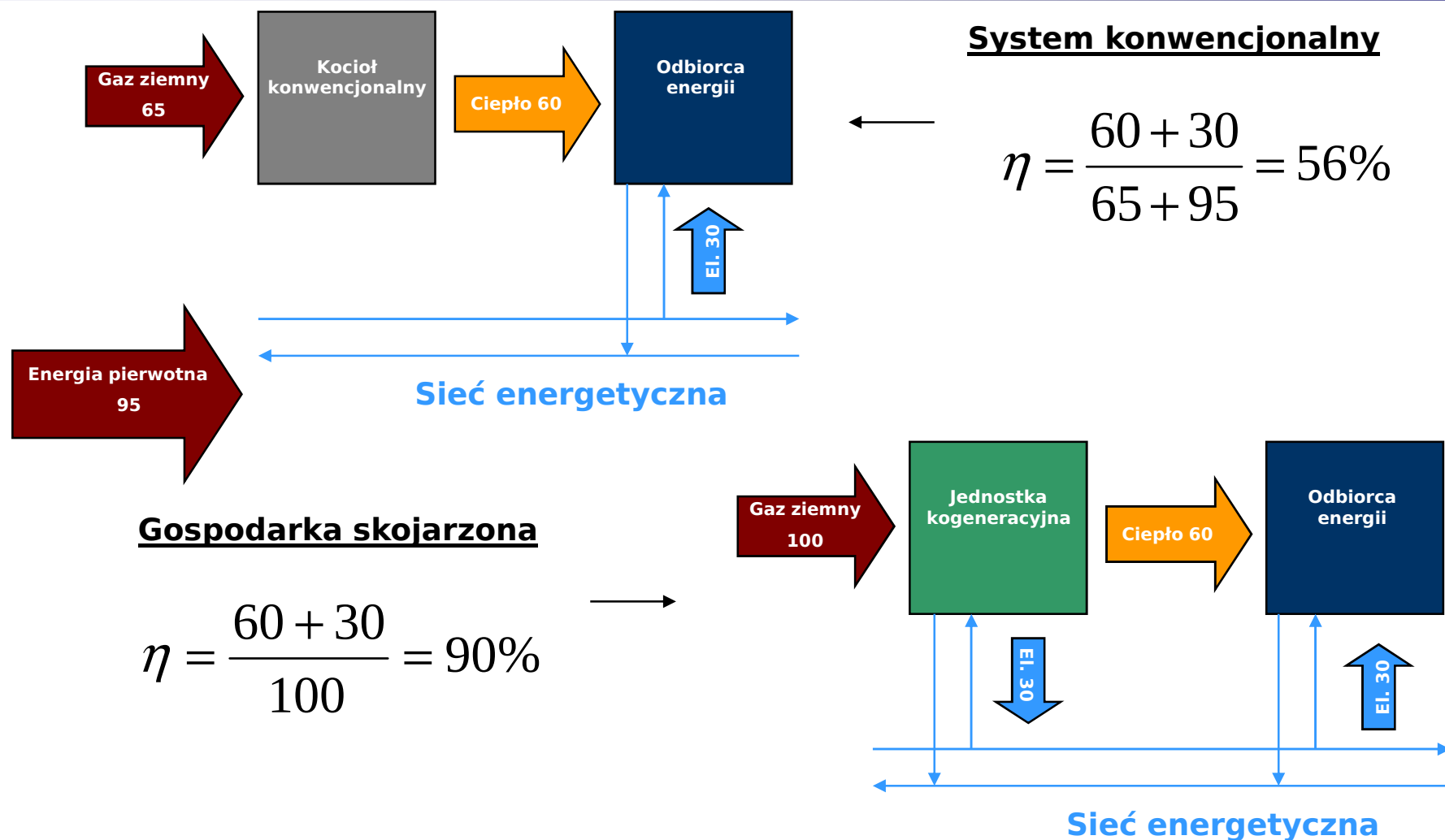


ZASTOSOWANIE KOGENERACJI W BUDYNKACH

dr inż. Andrzej Wiszniewski

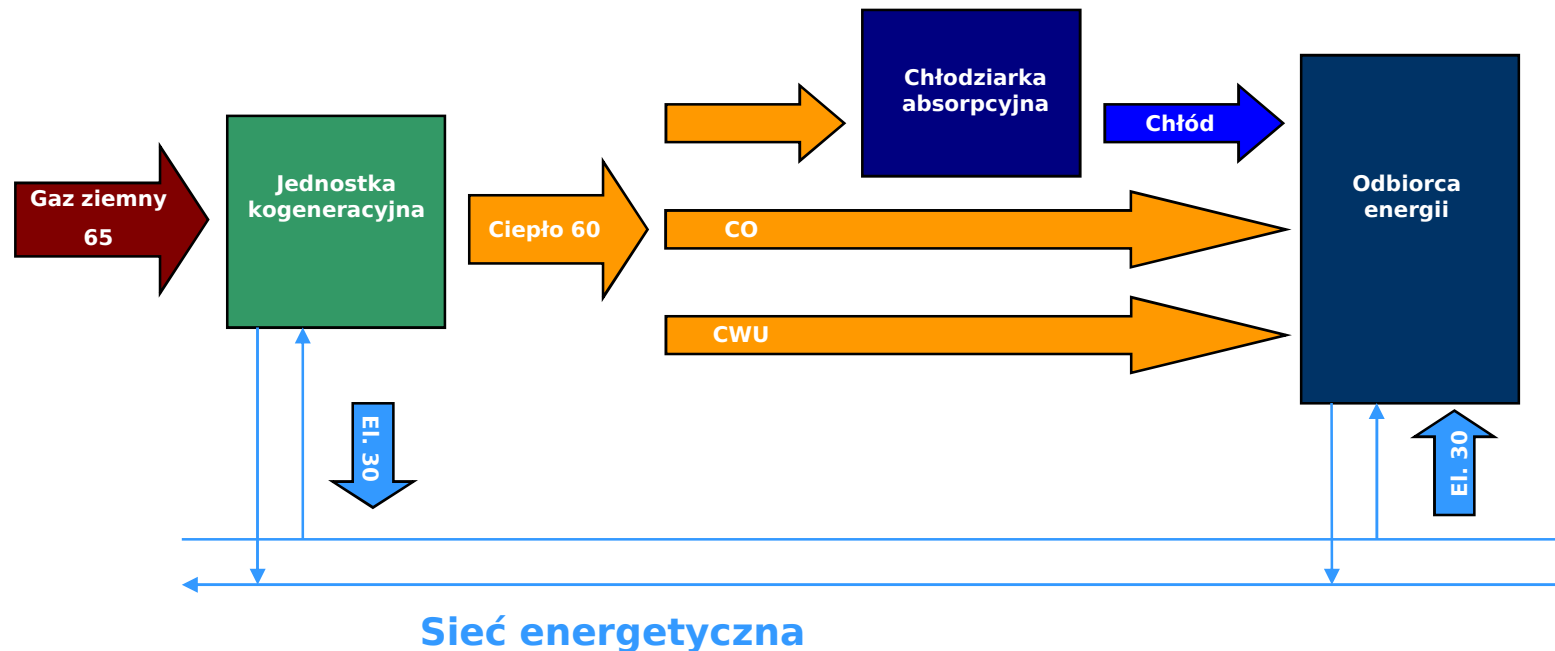
Problemy	Proponowane działania	Kogeneracja	Trigeneracja
Globalne ocieplenie	OZE	Efektywna energetycznie ale kosztowna	Wykorzystanie ciepła odpadowego
Wzrost zapotrzebowania na energię	Efektywność energetyczna	Wymagane stałe zapotrzebowanie na ciepło	Zwiększenie efektywności kogeneracji
Wzrost zapotrzebowania na chłód	Promocja kogeneracji	Główny problem: Niskie zapotrzebowanie na ciepło latem	Redukcja zużycia energii pierwotnej do chłodzenia

Kogeneracja – oszczędność energii pierwotnej



Trigeneracja – wykorzystanie ciepła odpadowego z kogeneracji

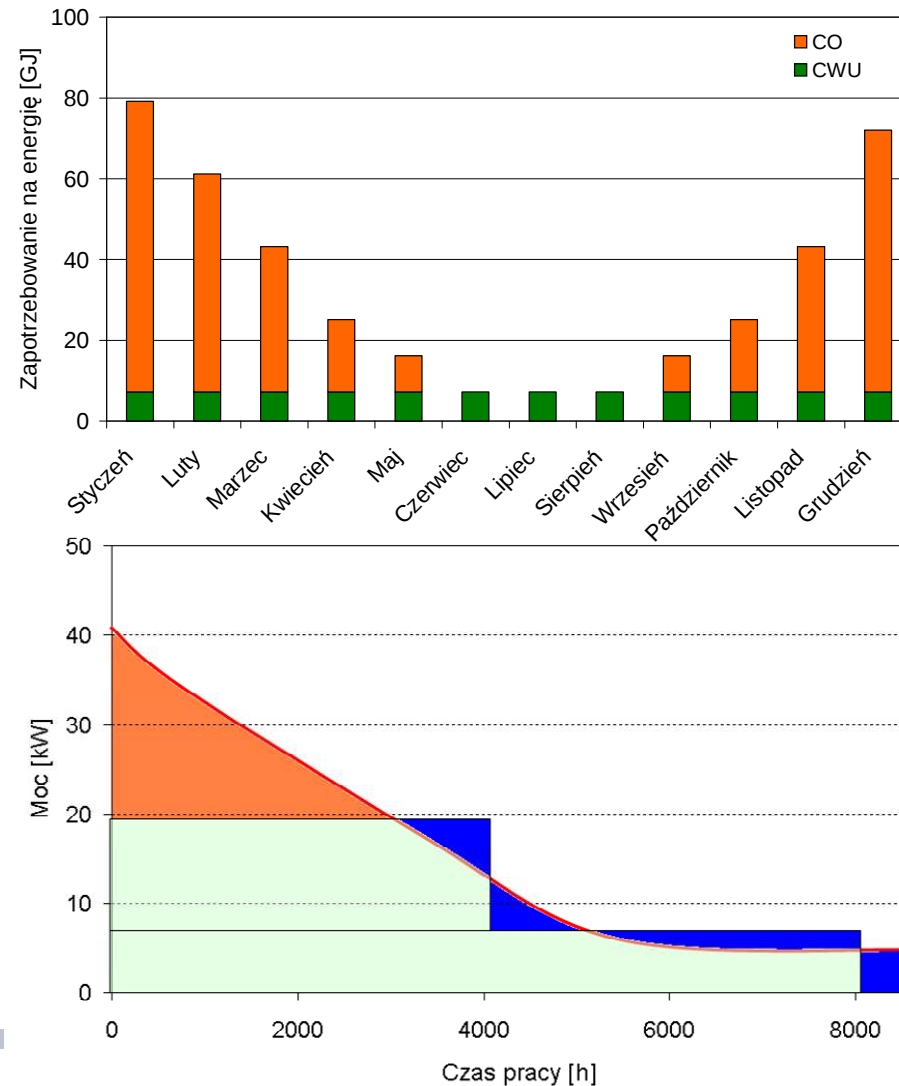
Jednoczesna produkcja energii elektrycznej, ciepła i chłodu



Produkcja chłodu umożliwia efektywniejsze zagospodarowanie ciepła i tym samym zwiększenie ilości godzin pracy systemu

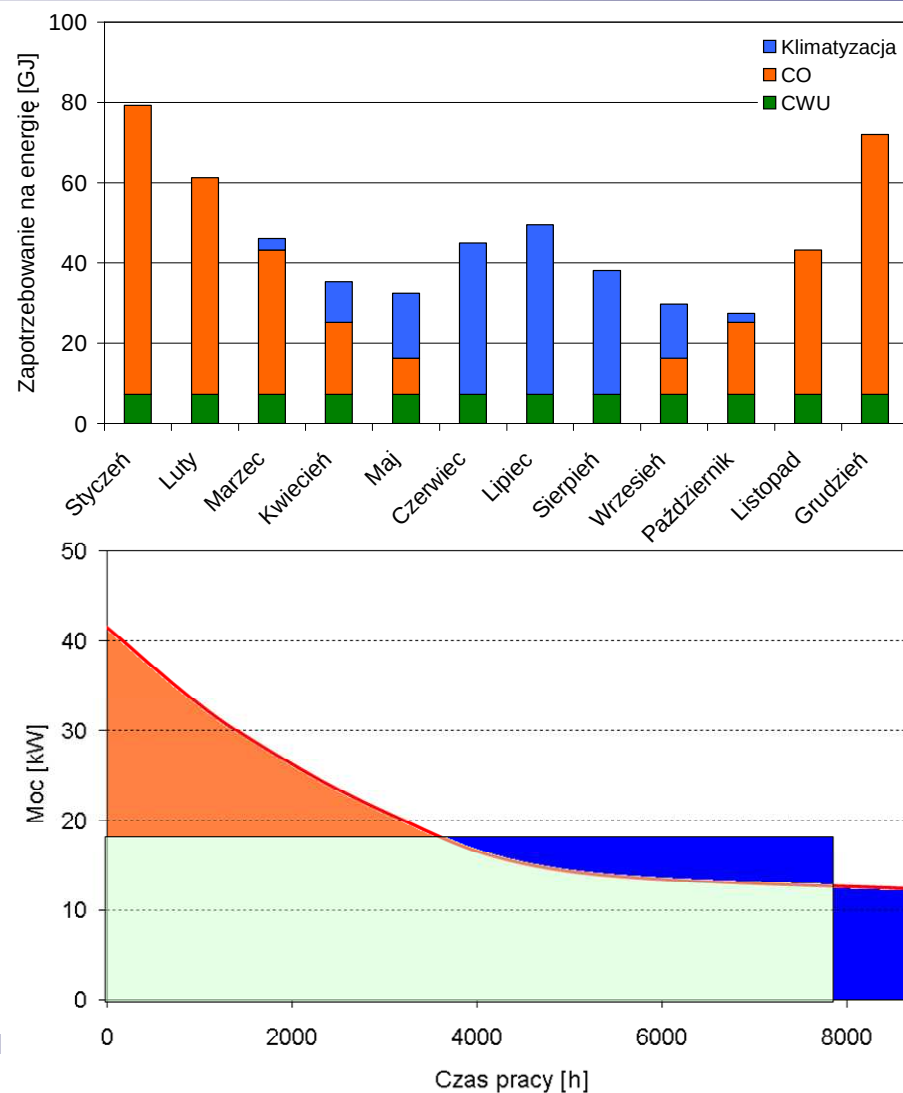
Kogeneracja -wymiarowanie

Aby uzyskać
wysoką
sprawność
układów
kogeneracyjnych
należy
wymiarować je ze
względu na
zapotrzebowanie
na ciepło

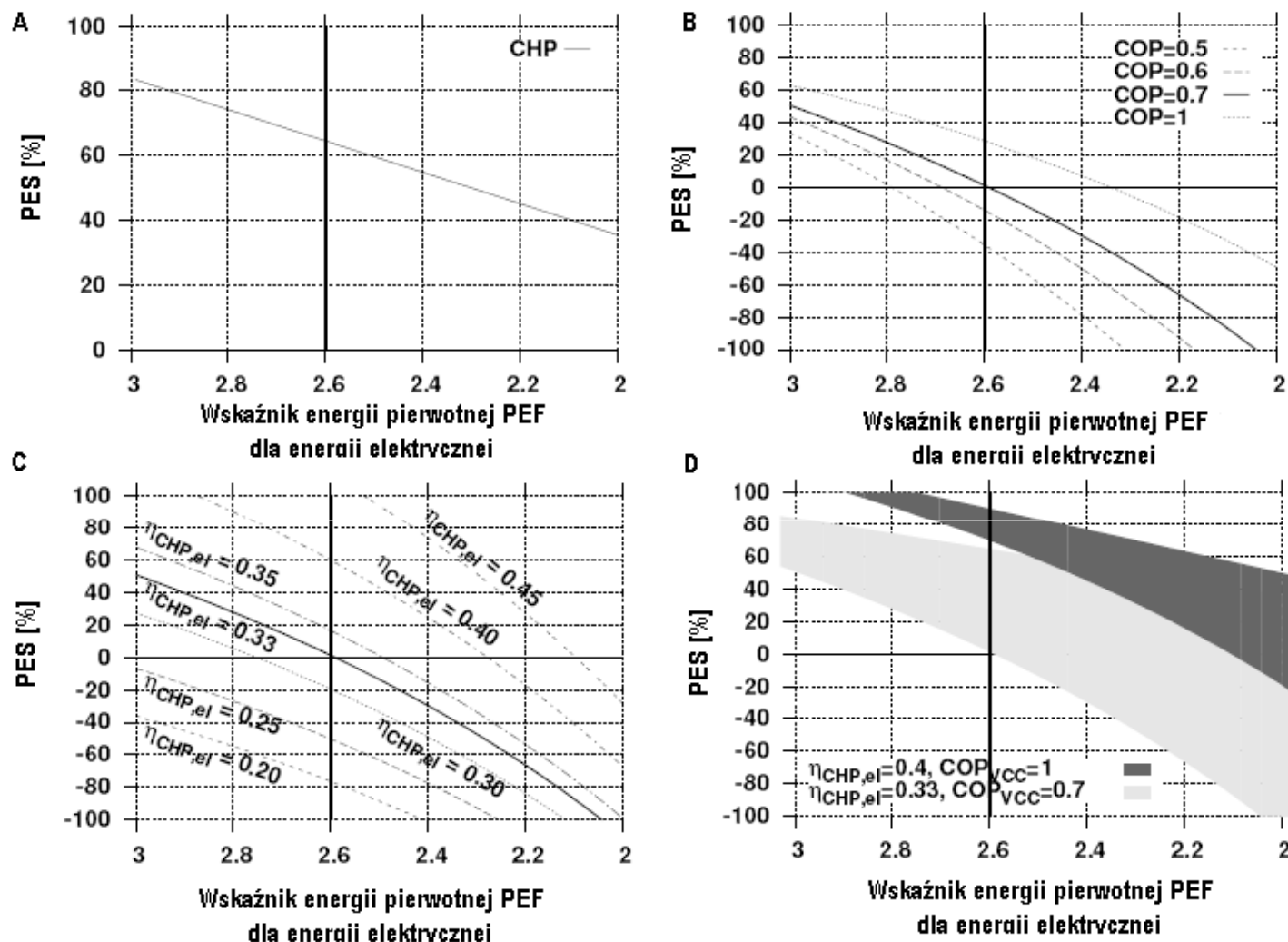


Trigeneracja -wymiarowanie

Wykorzystanie
ciepła
odpadowego do
produkcji chłodu
(trigeneracja)
zwiększa
efektywność
układów
kogeneracyjnych



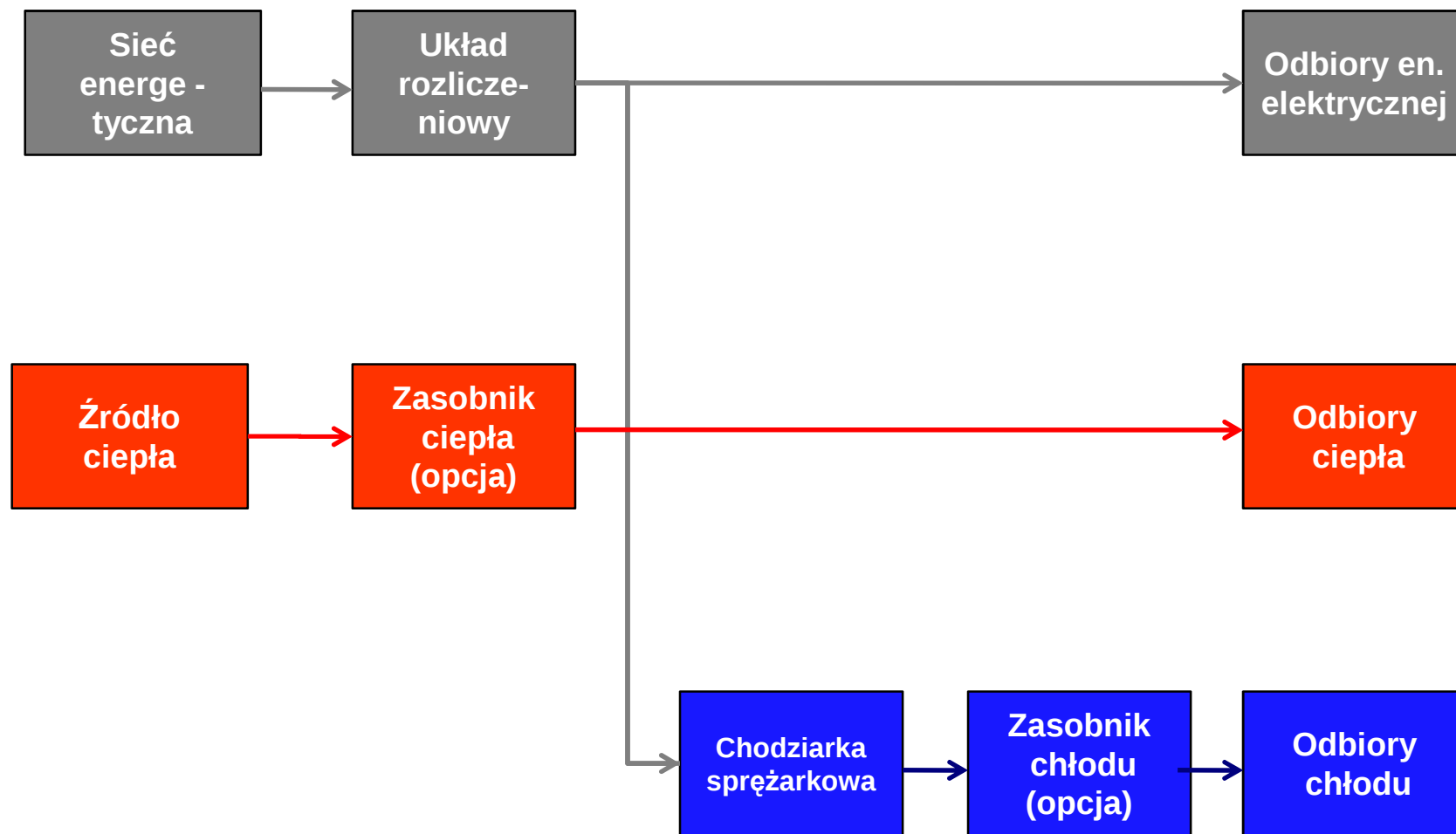
Oszczędność energii pierwotnej



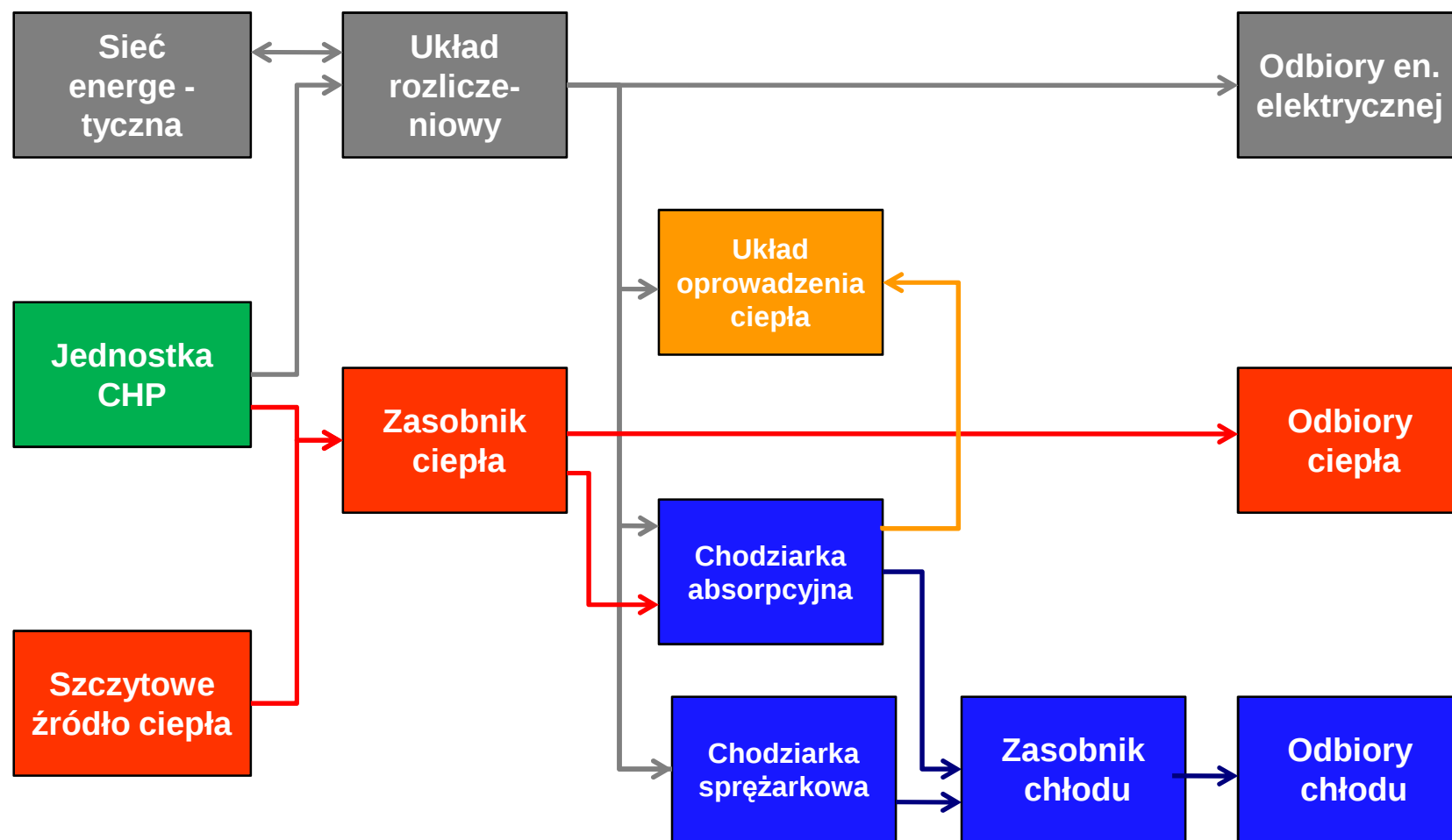
Zależność PES od wskaźnika energii pierwotnej energii elektrycznej dla:

A- układu CHP, B – układu CCP (skojarzonej produkcji energii elektrycznej i chłodu) dla różnych wartości COP chłodziarki absorpcyjnej, C – układu CCP dla różnych wartości sprawności elektrycznej układów CHP, D - dla układu CHCP przy założeniu pracy urządzenia z wydajnością pokrywającą zapotrzebowanie na ciepło

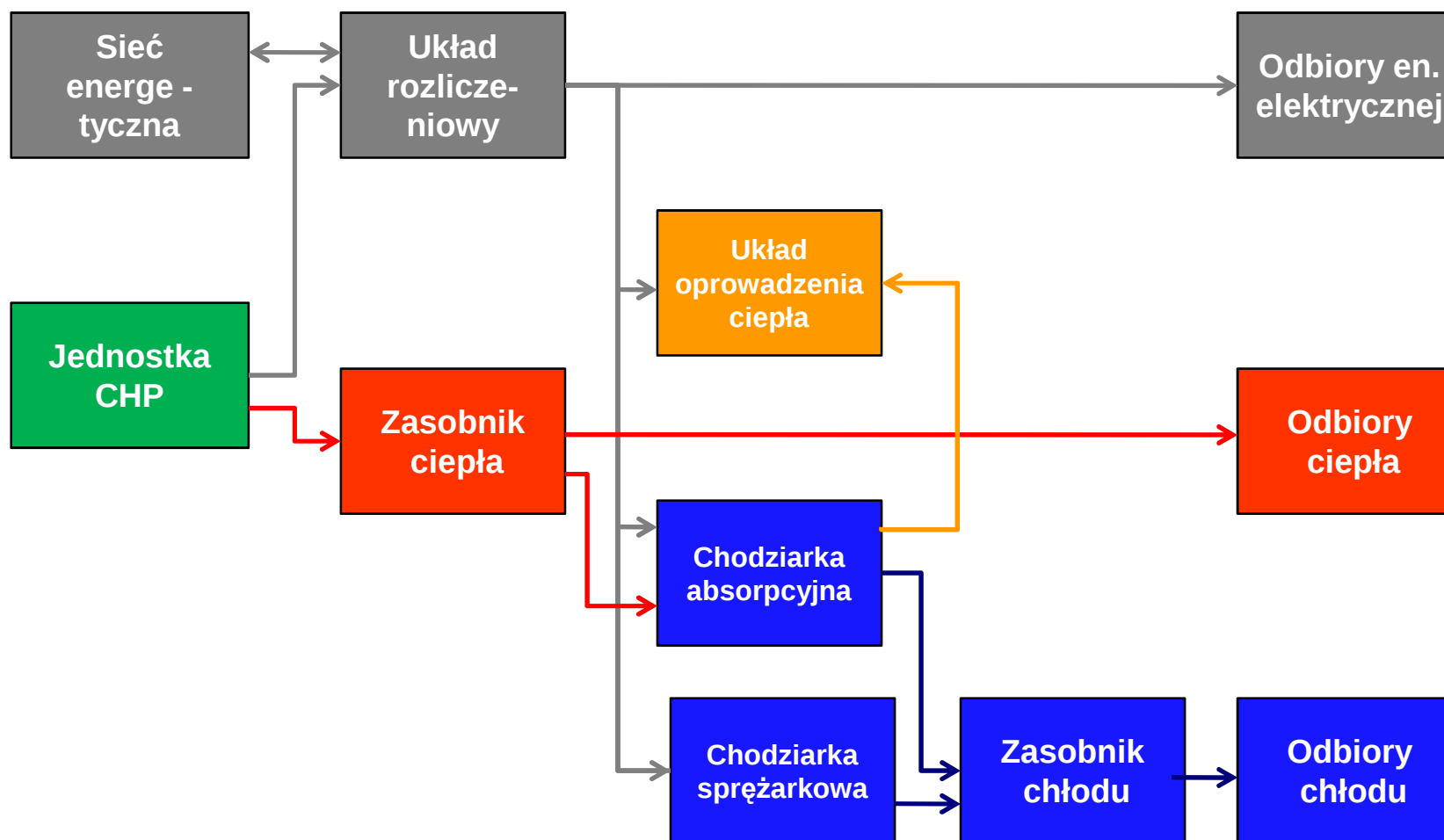
Schematy źródeł zasilania - System podstawowy



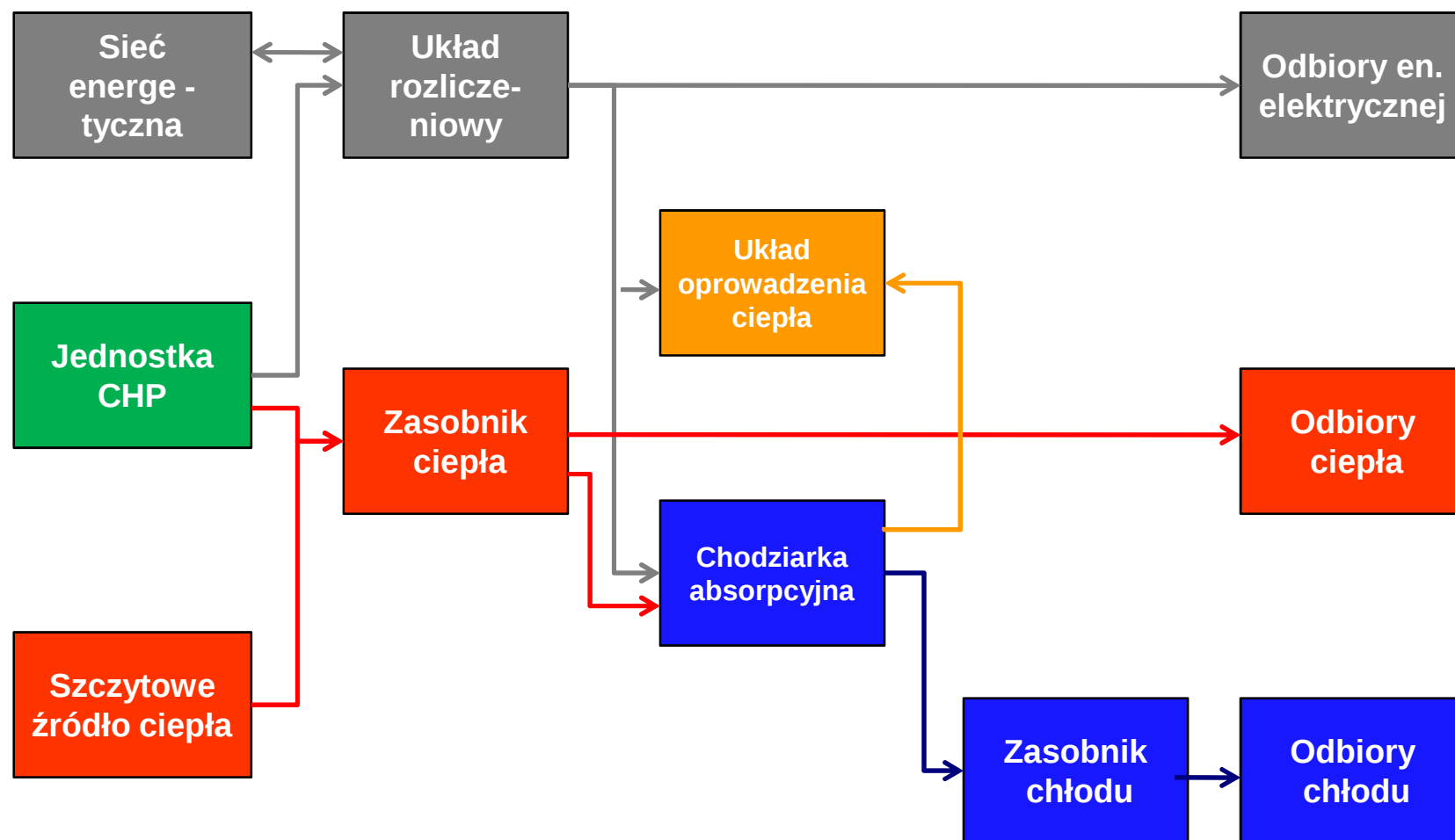
Schematy źródeł zasilania - System pełny



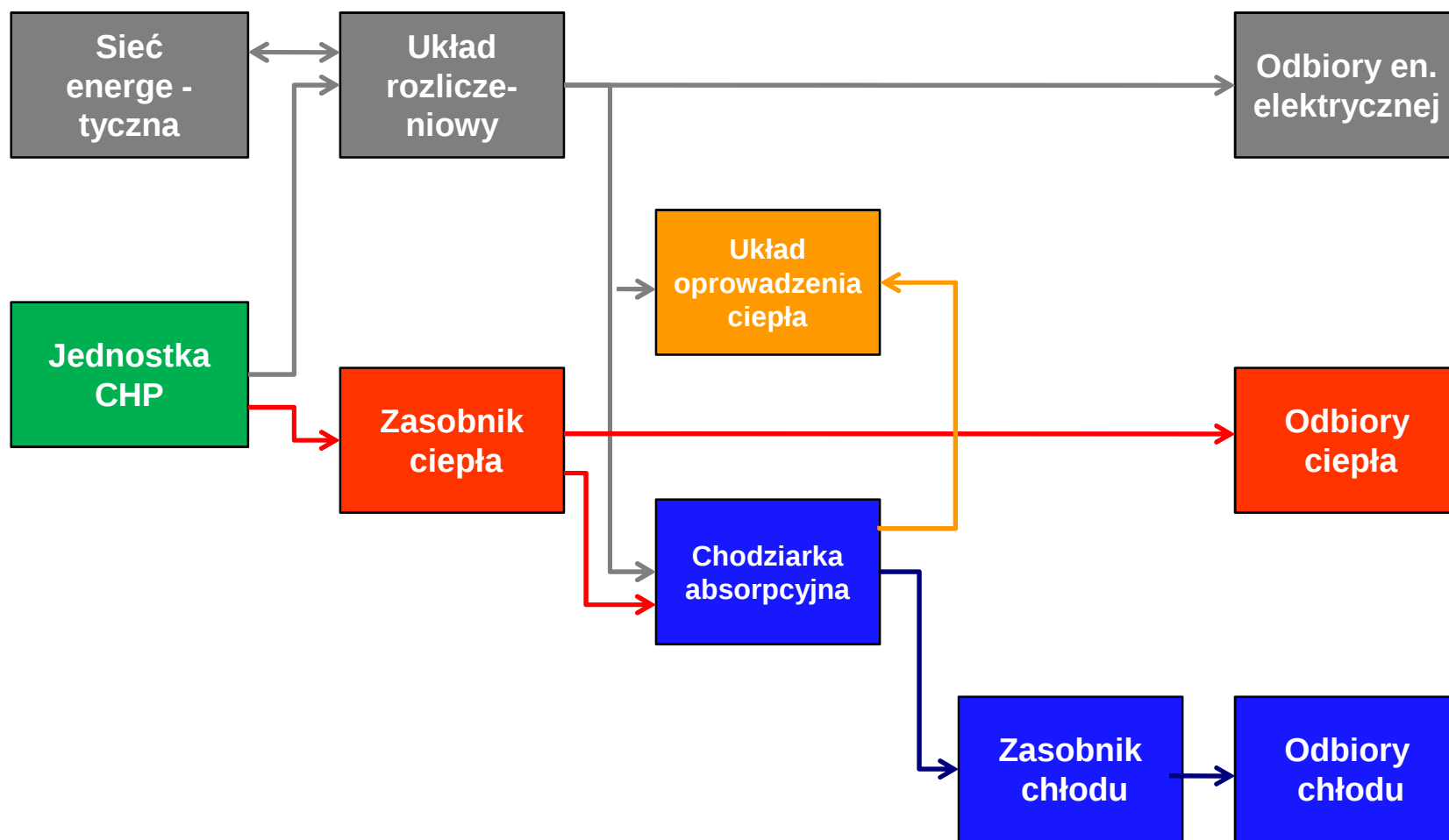
Ze sprężarkowym urządzeniem chłodniczym bez kotła szczytowego



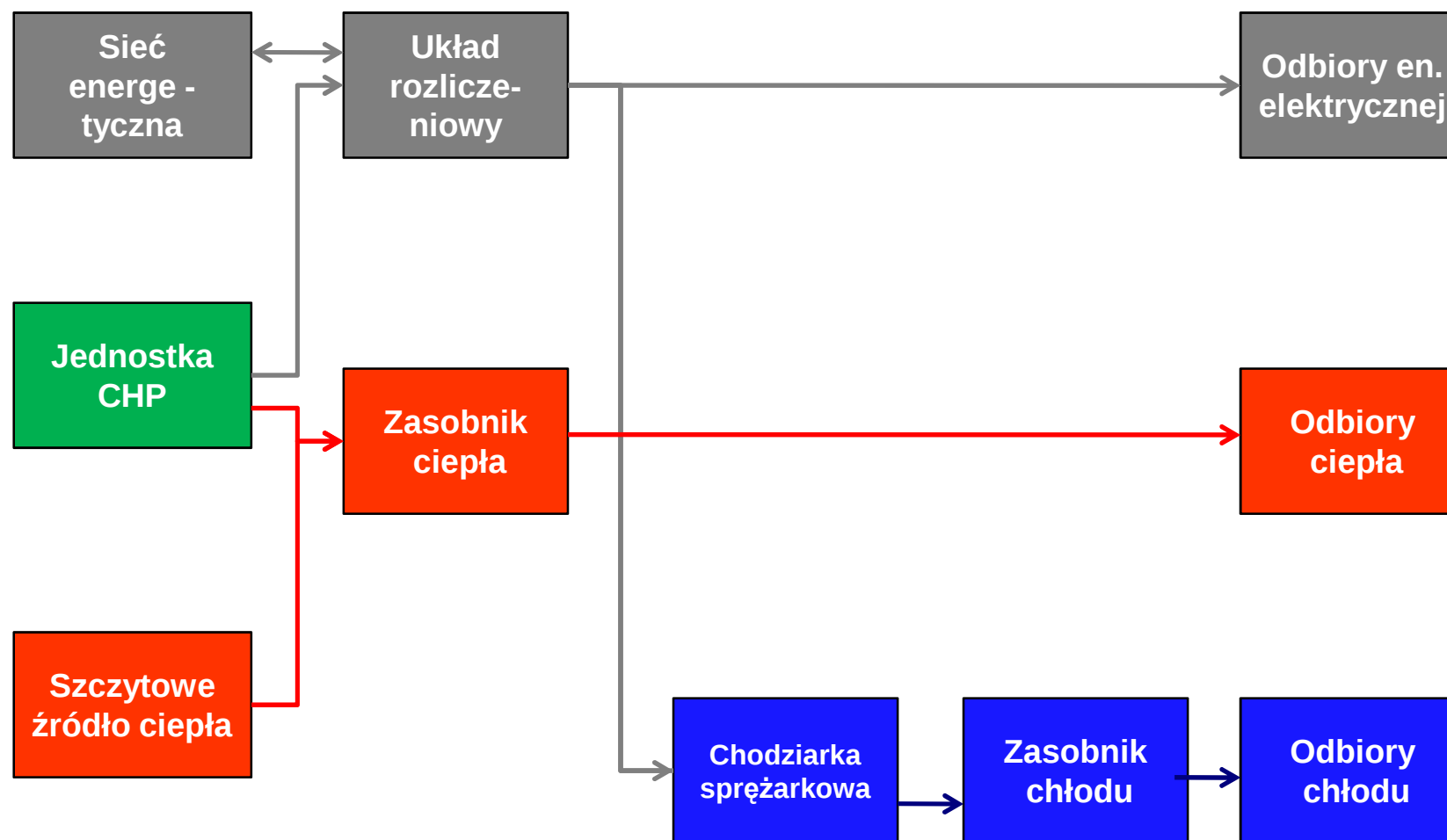
System z kotłem szczytowym bez sprężarkowego urządzenia chłodniczego



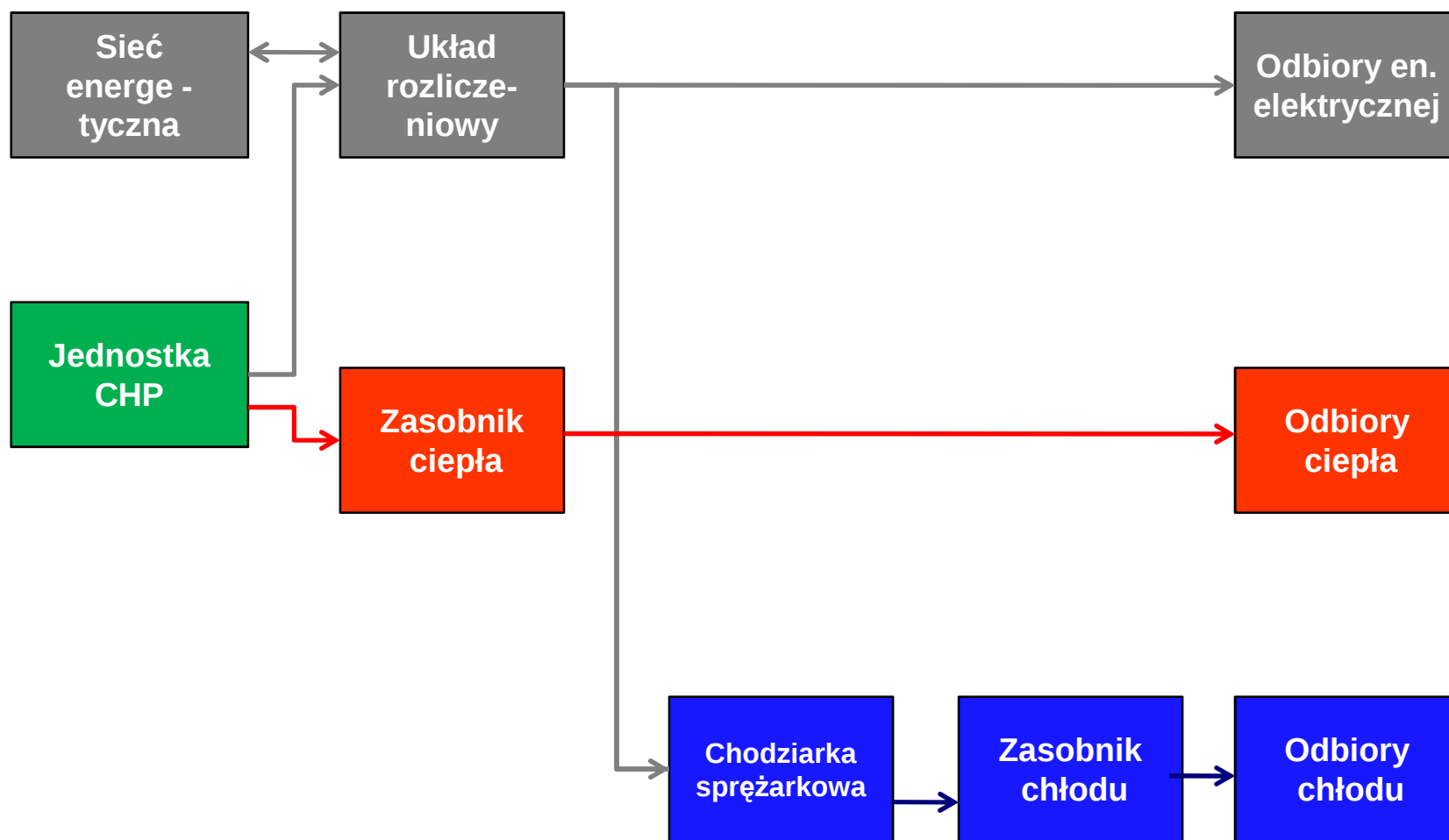
Bez szczytowych urządzeń grzewczych i chłodniczych



System CHP z kotłem szczytowym



System CHP bez kotła szczytowego



Energetyka rozproszona - zalety

- Podniesienie efektywności wytwarzania energii
- Oszczędność paliw pierwotnych
- Poprawa bezpieczeństwa energetycznego
- Ograniczenie emisji do atmosfery – poprawa jakości powietrza oraz przeciwdziałanie zmianom klimatu
- Zmniejszenie uciążliwości spowodowanych obecnością dużych przedsiębiorstw energetycznych
- Ograniczenie strat przesyłowych
- Ograniczenie kosztów rozbudowy oraz eksploatacji sieci ciepłowniczej
- Zwiększenie niezawodności zasilania
- Możliwość wykorzystania lokalnych zasobów energetycznych
- Możliwość łatwego i taniego zbilansowania sieci w okresie największych obciążeń



Rodzaje urządzeń i technologii CHCP

- Urządzenia chłodnicze
 - Chłodziarki sprężarkowe
 - Chłodziarka absorpcyjna
 - Pompa ciepła, itd.
- Urządzenia ciepłne
 - Kocioł
 - Wymienniki ciepła
 - Pompa ciepła, itd.
- Urządzenia en. elektr.
 - Turbina gazowa
 - Turbina parowa
 - Silnik tłokowy
 - Ogniwo paliwowe,
 - Silnik Stirlinga, itd.



Zdjęcie : Urban Ziegler, NRCan

Rodzaje paliw

- Paliwa kopalne
 - Gaz ziemny
 - Olej opałowy
 - Węgiel, itd.
- Paliwa odnawialne
 - Odpady drzewne
 - Gaz wysypiskowy (GW)
 - Biogaz
 - Odpady rolne
 - Wytłoki z trzciny cukrowej
 - Uprawy energetyczne, itd.
- Energia geotermalna
- Wodór, itd.



Zdjęcie : Warren Gretz, DOE/NREL

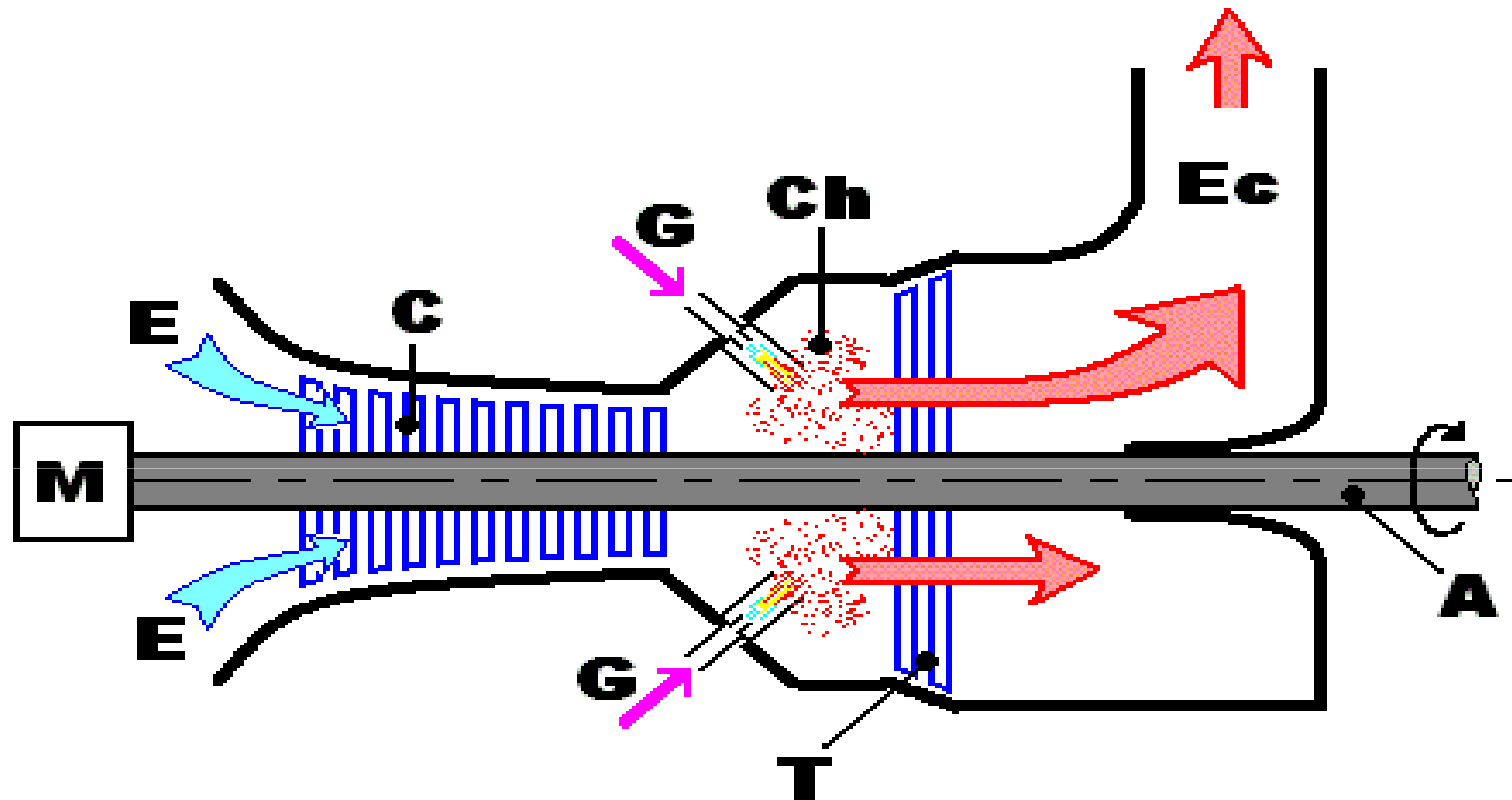


Zdjęcie : Joel Renner, DOE/ NREL PIX

Aktualny stan technologii

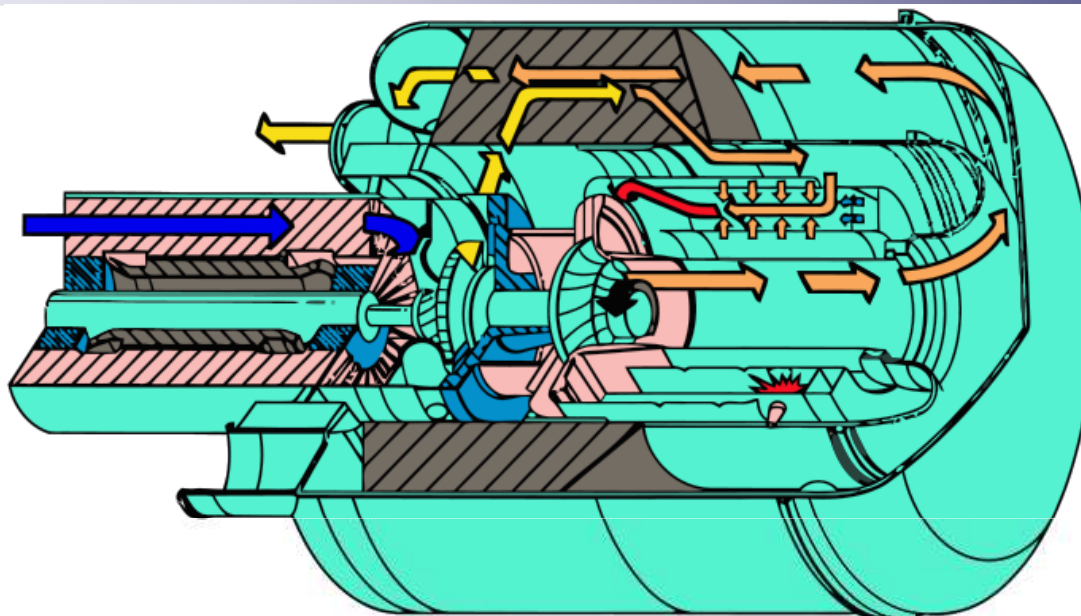
- Systemy kogeneracyjne (trigeneracyjne) znajdują obecnie powszechne zastosowanie w dużych obiektach w zakresie średnich ($>100\text{kW}_e$) oraz dużych mocy ($>1000\text{ kW}_e$)
- Coraz bardziej powszechne stają się też jednak ostatnio małe systemy kogeneracyjne ($<100\text{ kW}_e$)
- Wiele europejskich firm rozpoczęło produkcję chłodziarek absorpcyjnych małej mocy (od kilku do 30 kW)
- Logiczne wydaje się więc połączenie małych jednostek kogeneracyjnych z małymi chłodziarkami absorpcyjnymi
- Systemy mikrotrigeneracji mogłyby znaleźć powszechne zastosowanie w sektorze komunalnym

Schemat działania turbiny gazowej



E - powietrze zasysane z otoczenia, C - sprężarka, G - paliwo, Ch - komora spalania,
T - turbina, Ec - spaliny, A - wał odprowadzający moc mechaniczną na zewnątrz

Mikroturbina - budowa



Na rysunku mikroturbiny Capstona kolejno strzałkami pokazano obieg czynnika roboczego:

kolor niebieski - wlot powietrza zimnego do sprężarki,

kolor żółty - powietrze sprężone za sprężarką,

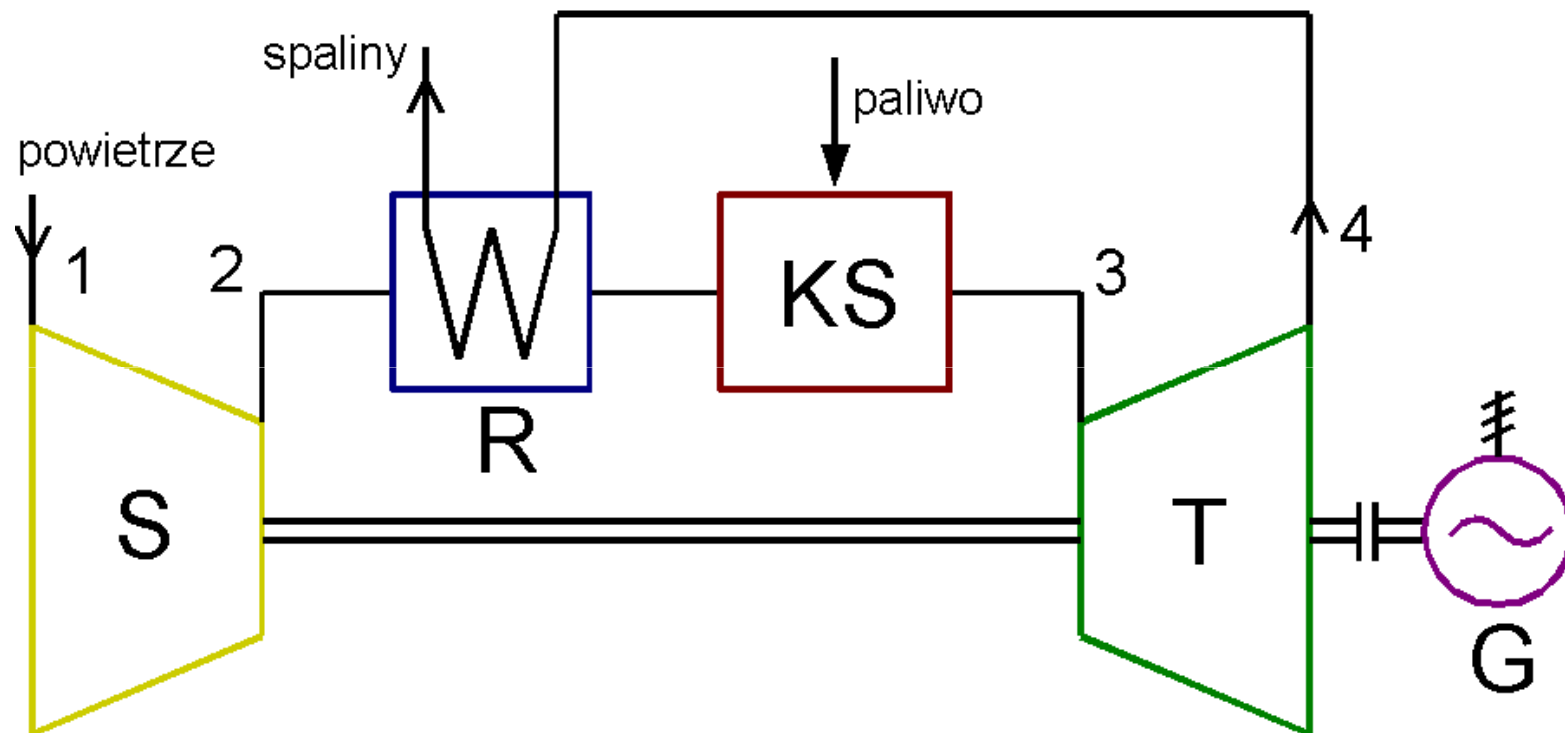
kolor pomarańczowy - sprężone powietrze ogrzane w wymienniku regeneracyjnym (rekuperatorze) przechodzi do komory spalania,

kolor czerwony - gorące spaliny z komory spalania przechodzą do turbiny,

kolor pomarańczowy - spaliny z turbiny przechodzą do rekuperatora,

wylot ochłodzonych spalin do otoczenia

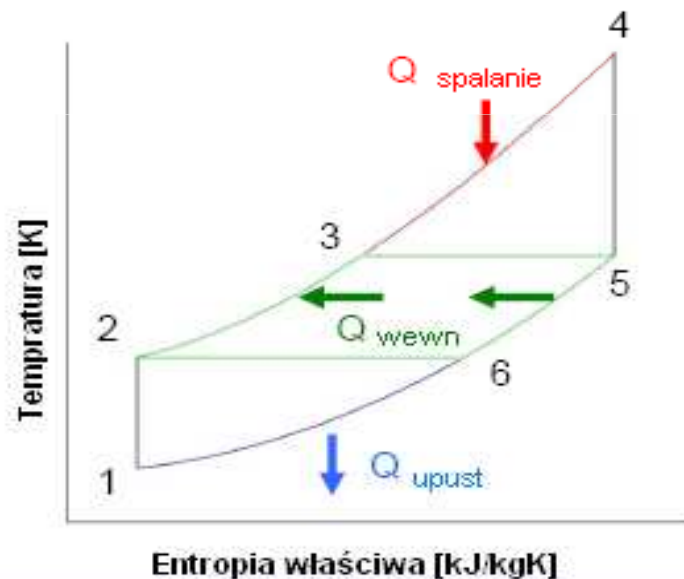
Układ prosty z regeneracją ciepła



Obieg termodynamiczny

Charakterystyka

- Cykl otwarty z czynnikiem gazowym
- Opisywany przez cykl Joula – Braytona z wewnętrznym spalaniem i regeneracją



1-2 sprężanie izentropowe

- sprężanie powietrza zewnętrznego

2-3 ogrzewanie izobaryczne

- przepływ sprężonego powietrza przez regenerator

- przejmowanie ciepła ze spalin

3-4 spalanie izobaryczne

- spalanie paliwa gazowego lub ciekłego

4-5 rozprężanie izentropowe

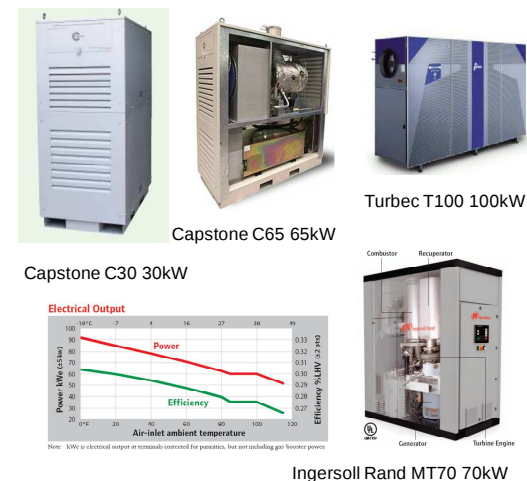
- część pracy wytworzonej przez turbinę jest używana do napędu sprężarki

5-6-1 izobaryczne chłodzenie

- część ciepła zużywana do podgrzania powietrza za sprężarką

Systemy kogeneracyjne z mikroturbinami gazowymi

W chwili obecnej jedynie kilku producentów oferuje układy o mocy elektrycznej poniżej 100 kW_e – jeden o mocy 30 kW_e.



Moc [MW _e]	0.03-100
Wskaźnik mocy elektrycznej do mocy cieplnej	0.55
Sprawność elektryczna [%]	15-35
Sprawność cieplna [%]	40-60
Sprawność całkowita [%]	60-85
Rodzaj paliwa	Gaz ziemny, oleje lekkie



Producenci

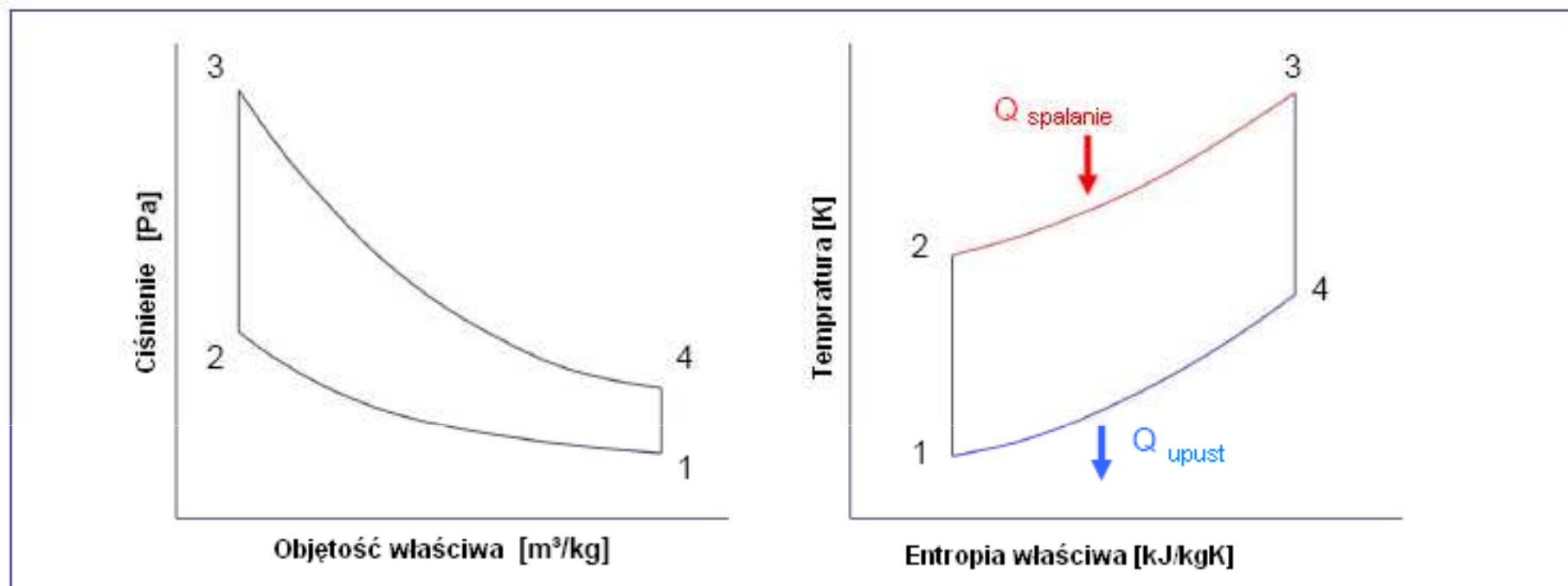
Manufacturer	Product	Electrical Output [kW]	Electrical Efficiency	Thermal Output [kW]	Thermal Efficiency
Capstone	C30, CR30	30	26	68	85
	C50, C65, CR65	65	29	126	85
	C200	200	33	290	89
Turbec AB	T100	100	30	155	70
Ingersoll-Rand	MT250	250	30		
Calanetix Power Solutions	TA100	100	29,5	180	79
MTT		3		15	

Gazowe silniki tłokowe - klasyfikacja

Obiegi termodynamiczne:	- z zapłonem iskrowym cykl Otto - zapłon samoczynny cykl Diesla
Liczba cykli:	- dwu-, cztero- i sześćciosuwowe
Prędkość obrotowa:	- wolnoobrotowe (60 – 200 obr/min) - średnioobrotowe (300 – 1000 obr/min) - szybkoobrotowe (pow. 1000 obr/min)
Paliwo:	- benzyna - gaz ziemny - gaz wysypiskowy i biogaz - olej napędowy

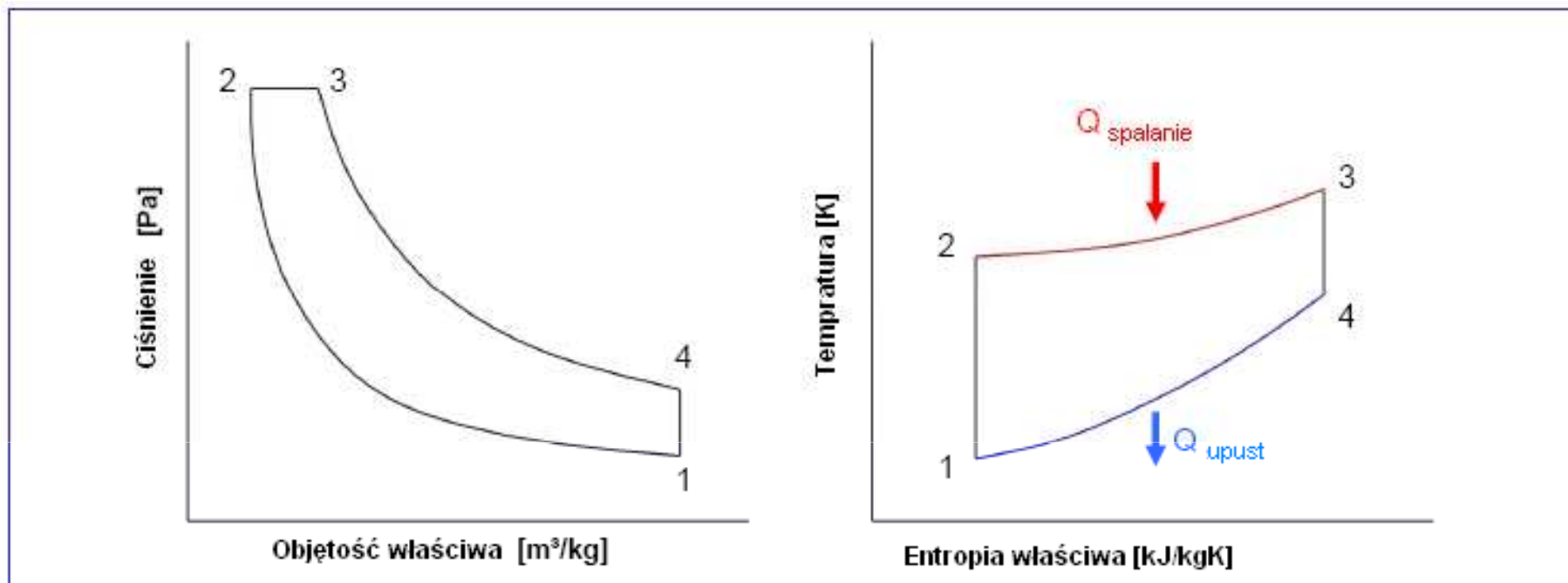
Najlepsze dla stacjonarnego wytwarzania energii - silniki z zapłonem iskrowym i Diesla opalane gazem ziemnym, silniki dwupaliwowe

Idealny obieg Otto



- | | | | |
|-----|---|-----|-------------------------------|
| 1 | Wprowadzenie mieszanki paliwo – powietrze | 2-3 | izochoryczne spalanie paliwa |
| 1-2 | Izotropowe sprężanie mieszanki | 3-4 | izotropowe rozprężanie spalin |
| 2 | Zapłon iskrowy | 4-1 | izochoryczne usuwanie spalin |

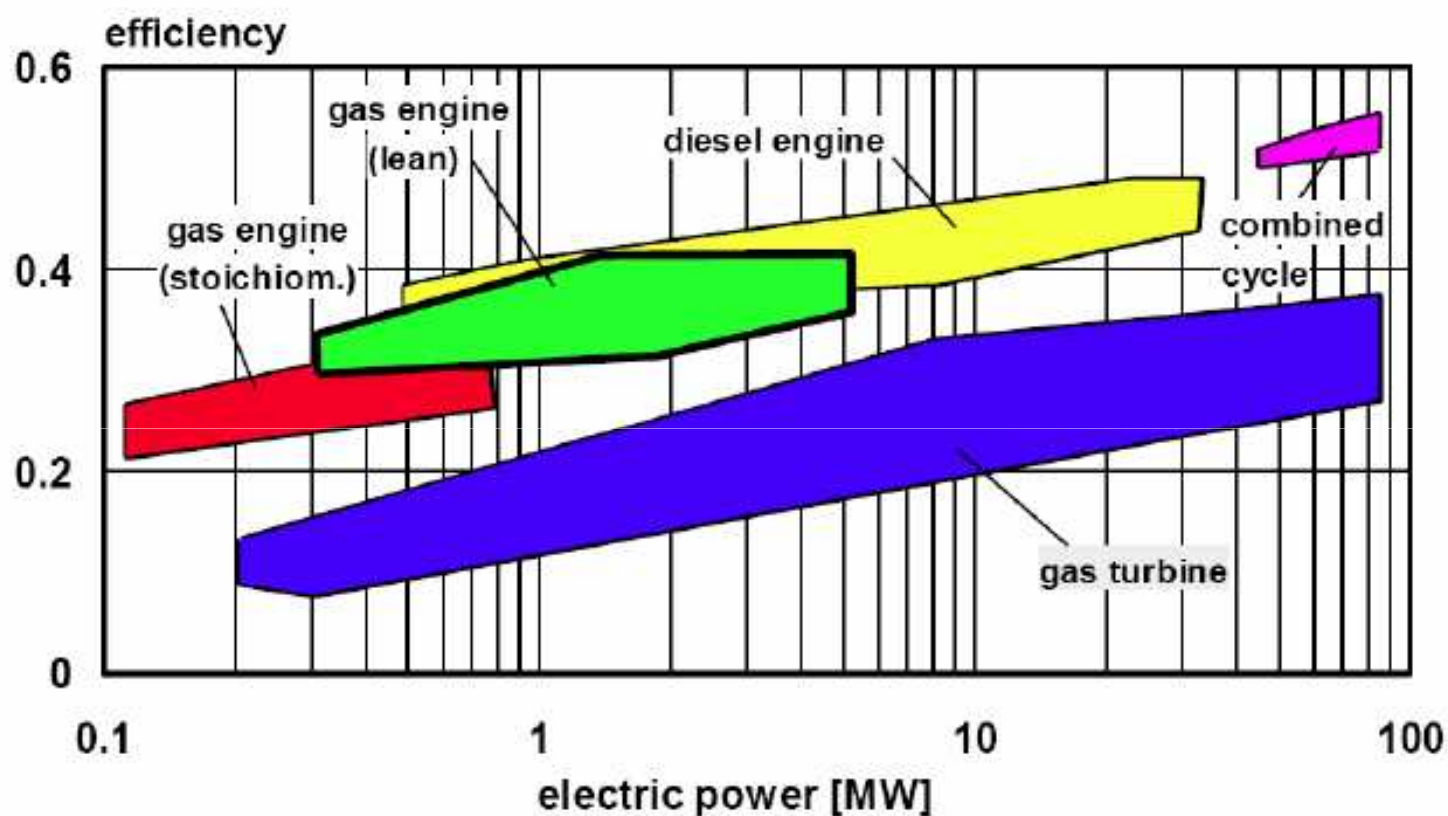
Idealny obieg Diesla



- 1 Wprowadzenie powietrza
- 1-2 Izentropowe sprężanie powietrza wtrysk paliwa
- 2 Zapłon mieszanki

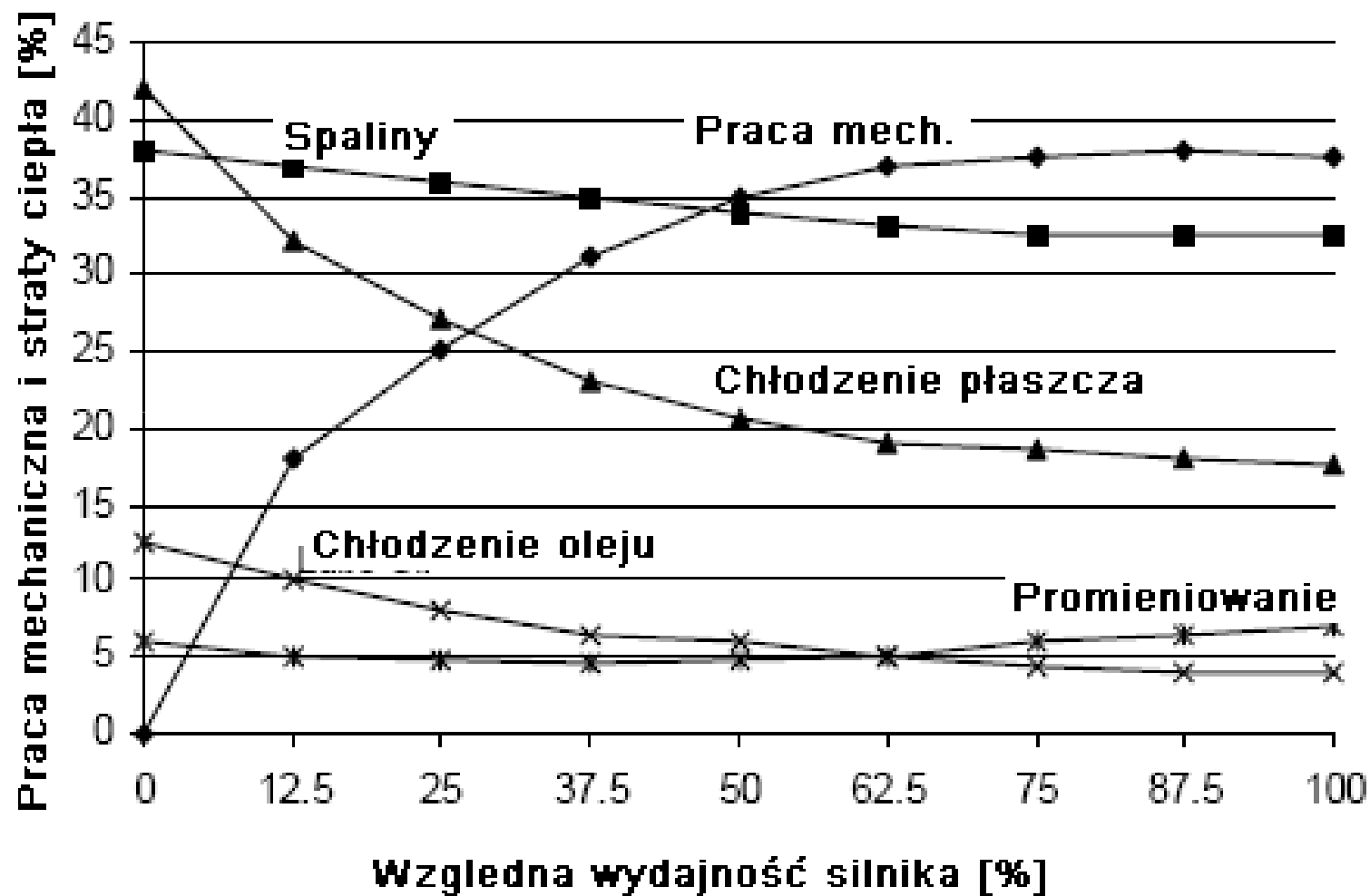
- 2-3 izobaryczne spalanie paliwa
- 3-4 izentropowe rozprężanie spalin
- 4-1 izochoryczne usuwanie spalin

Sprawność silników tłokowych



<https://information.jenbacher.com/index.php> - Decentralised Power and Heat Production "The Chance to achieve the Goals of Kyoto"

Bilans energii silnika gazowego

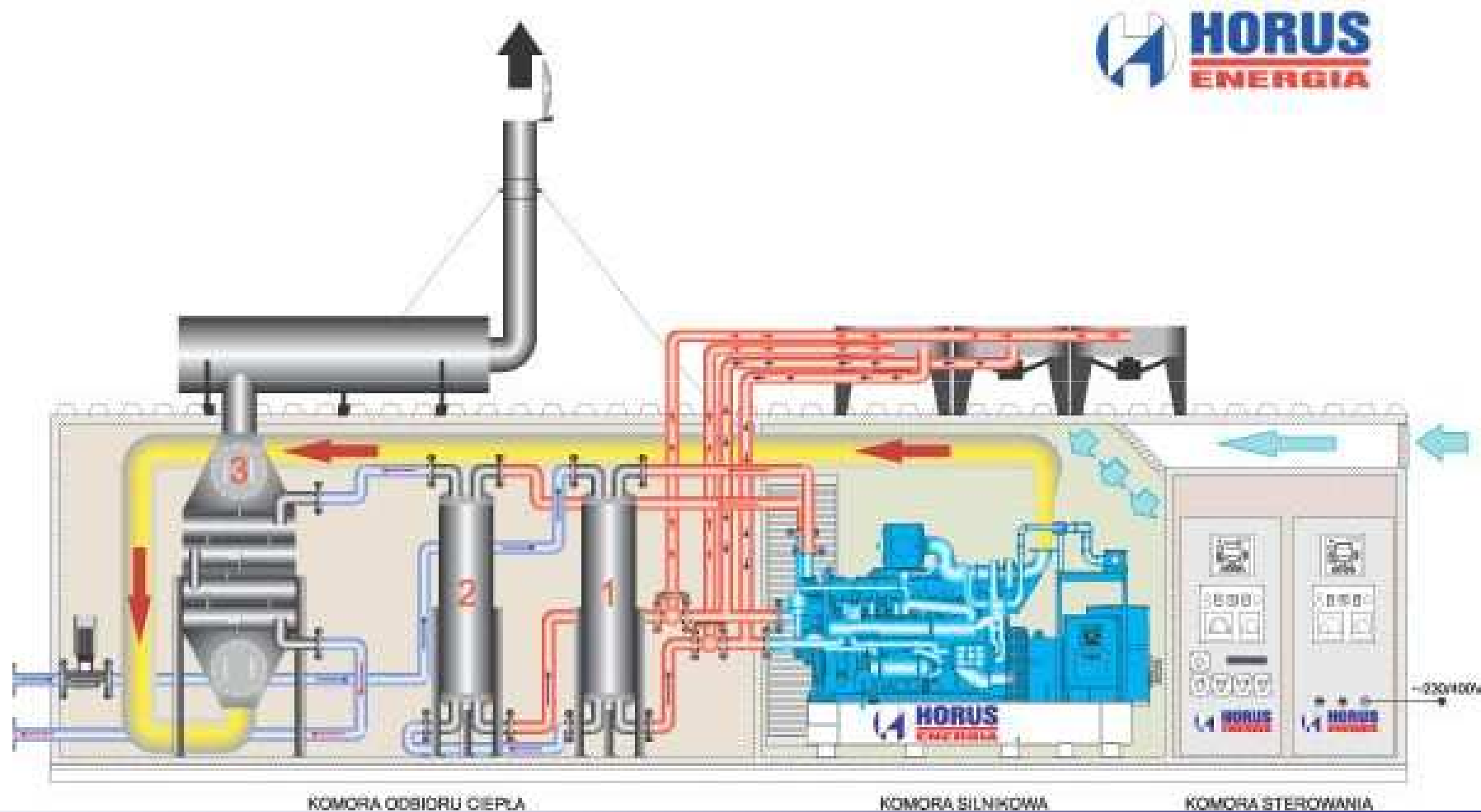


Gazowe silniki tłokowe – odzysk ciepła

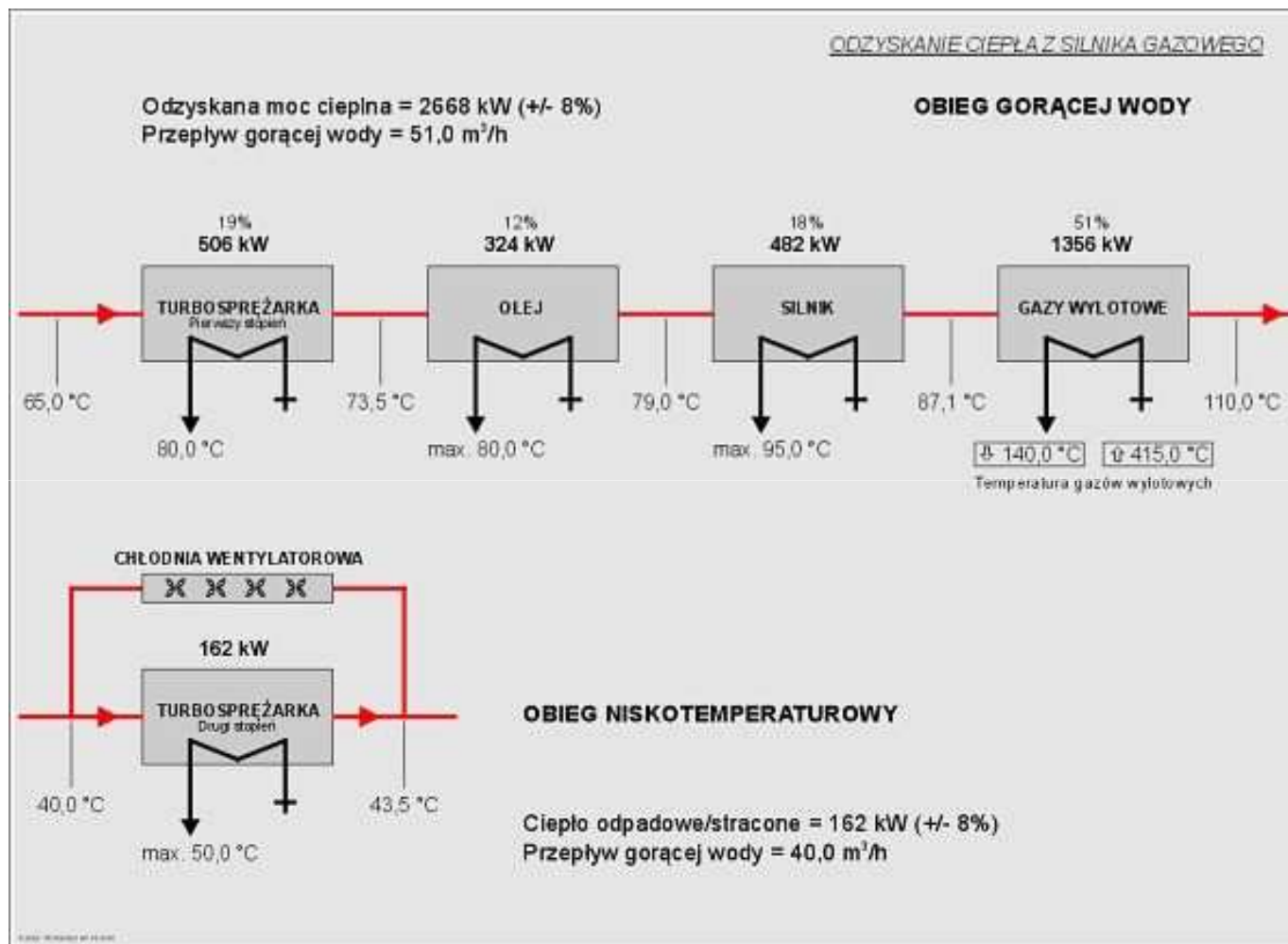
W gazowych silnikach tłokowych praca mechaniczna silnika zamieniana jest na prąd elektryczny, natomiast wytwarzane ciepło odzyskiwane jest na kilku poziomach temperatury. Wyróżnić tu można:

- niskotemperaturowe źródła ciepła (układ chłodzenia silnika oraz układ chłodzenia oleju $t < 90^{\circ}\text{C}$),
- wysokotemperaturowe źródło ciepła (spaliny wylotowe $t = 380\text{-}550^{\circ}\text{C}$)

Gazowe silniki tłokowe



Odzysk ciepła z silnika gazowego



Małe systemy kogeneracyjne z silnikami tłokowymi

W chwili obecnej około 80 producentów oferuje moduły o mocy nie przekraczającej 50 kW_e, głównie z Niemiec i Japonii.



Moc [MW _e]	0.005-2 (6)
Wskaźnik mocy elektrycznej do mocy cieplnej	0.5 - 0.75
Sprawność elektryczna [%]	25-45
Sprawność cieplna [%]	40-60
Sprawność całkowita [%]	70-95
Rodzaj paliwa	Różnego rodzaju paliwa gazowe oraz płynne



Ogniwa paliwowe

- W ogniwach paliwowych następuje bezpośrednia konwersja energii chemicznej paliw do postaci energii elektrycznej.
- Do ogniwa doprowadzany jest wodór i tlen, które reagują ze sobą, w obecności elektrolitu. Produktami procesu są woda, prąd stały oraz ciepło.
- Teoretyczna sprawność konwersji energii chemicznej na elektryczną w ogniwie paliwowym wynosi 100%. W praktyce występujące straty energii (reformer, falownik) pozwalają na uzyskanie sprawności ok. 45%

Rodzaje ogniw paliwowych

Rodzaj ogniwa	AFC	PAFC	MCFC	SOFC	PEMFC
Elektrolit	wodny roztwór NaOH lub KOH	kwask ortofosforowy	mieszanina węglanów litu i potasu	membrana ceramiczna	membrana polimerowa
Reakcja anodowa	$H_2 + 2(OH)^- \rightarrow 2H_2O + 2e^-$	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$	$H_2 + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-$	$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O + 2e^-$	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
Reakcja katodowa	$\frac{1}{2}O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2(OH)^-$	$\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$	$\frac{1}{2}O_2 + CO_2 + 2e^- \rightarrow CO_3^{2-}$	$\frac{1}{2}O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$	$\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$
Reakcja sumaryczna	$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$	$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$	$H_2 + \frac{1}{2}O_2 + CO_2 \rightarrow H_2O + CO_2^{**}$	$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$	$\frac{1}{2}O_2 + H_2 \rightarrow H_2O$
Temperatura pracy (°C)	do 100	około 200	650	600-1000	60-80
Nośnik ładunku	jony wodorotlenowe	jony wodoru	jony węglanu	jony tlenu	jony wodoru
Sprawność (%)	40-50	40-50	ponad 60	ponad 60	40-50
Zastosowanie	zasilanie na promach kosmicznych	układy CHP* średniej mocy (około 200 kW), elektrownie stacjonarne	elektrownie stacjonarne o mocach kilku MW	układy CHP* o mocy od 2 kW do kilku MW, elektrownie stacjonarne	zasilanie pojazdów i urządzeń przenośnych, układy CHP* małej mocy
Stan opracowania	działające	działające	prototypowe	prototypowe	prototypowe

mgr inż. Piotr Bujło „Polimerowe, superjonowe membrany dla ogniw paliwowych typu PEMFC”

Systemy kogeneracyjne z ogniwami paliwowymi - PEMFC i SOFC

- Ogniwia paliwowe osiągają bardzo wysoką sprawność elektryczną rzędu 50%, przy bardzo niskim poziomie emisji.
- Wadą tych urządzeń jest duża wrażliwość na zanieczyszczenia paliwa wiążąca się z koniecznością jego kosztownego uzdatniania.
- Na obecnym etapie ogniwia paliwowe charakteryzują się bardzo wysokim kosztem inwestycyjnym oraz eksploatacyjnym, związanym z ich awaryjnością.
- Nadal nie są dostępne układy produkowane seryjnie.



UTC PureCell™ 200kW



H2X® 506 Fuel Cell Stack

Hydrogenics H2X® 506 Fuel Cell Stack 8kW 48V DC



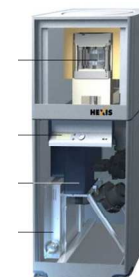
Electrocell ECOGEM 5 5kW (prototype)



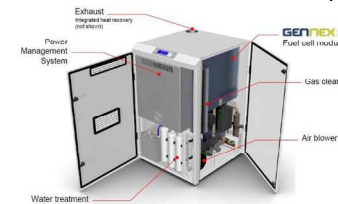
IdaTech ElectraGen™ XTR 5kW System (48V DC)



Wärtsilä WFC 20kW



Hexis Galileo 1000N 1kW



Ceramic Fuel Cells Ltd. 2kW



Moc [MW _e]	0.001-0.4
Wskaźnik mocy elektrycznej do mocy cieplnej	0.8-1.0
Sprawność elektryczna [%]	35-55
Sprawność cieplna [%]	20-50
Sprawność całkowita [%]	55-90
Rodzaj paliwa	Wodór, metanol, metan, gaz ziemny

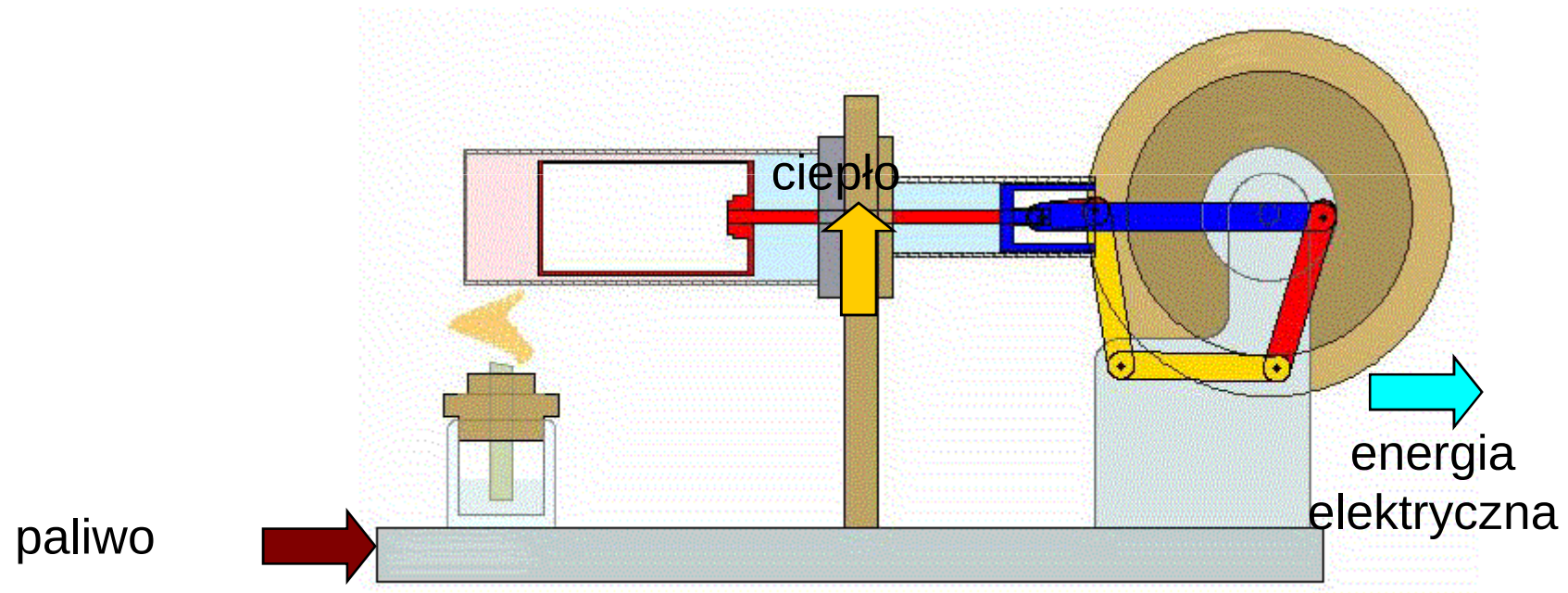


Silnik Stirlinga

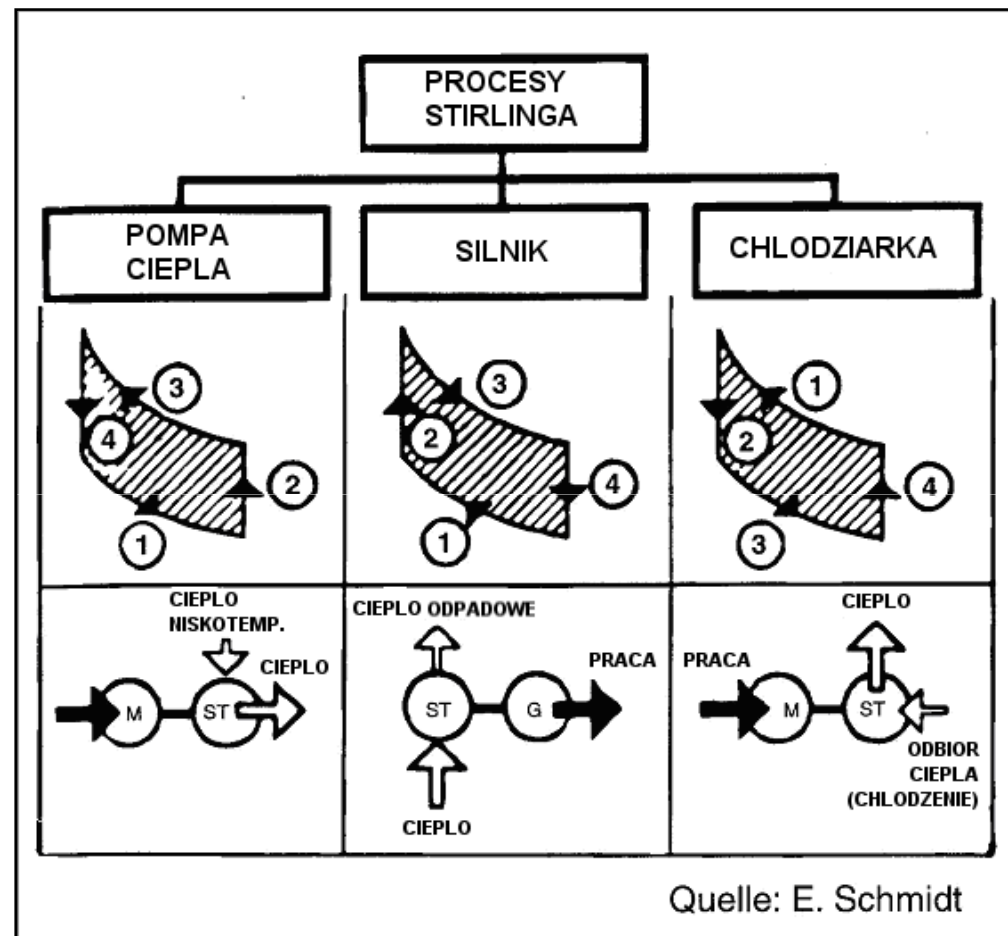
Silnik Stirlinga przetwarza ciepło w energię mechaniczną i jest silnikiem zewnętrznego spalania, dzięki czemu może być zasilany dowolnymi palnymi rodzajami paliw (np. biomasa, biopaliwami). Można tu również wykorzystać ciepło uzyskane z kolektorów słonecznych, a nawet (w małych modelach, zabawkach) ciepło ludzkiej dłoni.

Silniki Stirlinga

- Paliwa: dowolne.
- Temperatura odzyskiwanego ciepła: 70-90°C
- Sprawność: elektryczna 20-40%, cieplna 40-60%, całkowita 65-95%



Cykl cieplny Stirlinga



Systemy kogeneracyjne z silnikami Stirlinga

- Na obecnym etapie technologia jest ciągle rozwijana, dlatego jej niezawodność jest bardzo ograniczona.
- Na rynku dostępnych jest jedynie kilka (5 – 6 typów urządzeń).



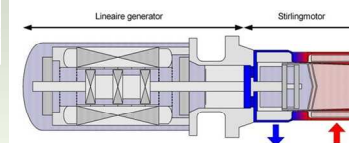
Whispergen™ microCHP



Sunmachine® Pellets 3kW/10.5kW



Flexgen G38 38kW



HRe® Boiler: 1kW free piston Stirling (microgen + Dutch consortium)

Moc [MW _e]	0.003-0.1
Wskaźnik mocy elektrycznej do mocy cieplnej	0.2 - 0.6
Sprawność elektryczna [%]	10-28
Sprawność cieplna [%]	40-80
Sprawność całkowita [%]	>90
Rodzaj paliwa	Wszystkie paliwa



Systemy kogeneracyjne z układami ORC (Organic Rankine Cycle)

Systemy kogeneracyjne oparte na procesie ORC działają na tej samej zasadzie co klasyczne obiegi parowe. Różnica polega na zastosowaniu innego czynnika roboczego, którym zamiast pary wodnej jest czynnik organiczny (węglowodory, czynniki chłodnicze lub olej silikonowy) charakteryzujące się niższą temperaturą parowania.

Jako maszyny robocze mogą być używane turbiny osiowe lub odśrodkowe, silniki śrubowe i tłokowe oraz rozprężacze spiralne.



Enefcogen HT scroll turbine and prototype



Enefcogen 30kW System

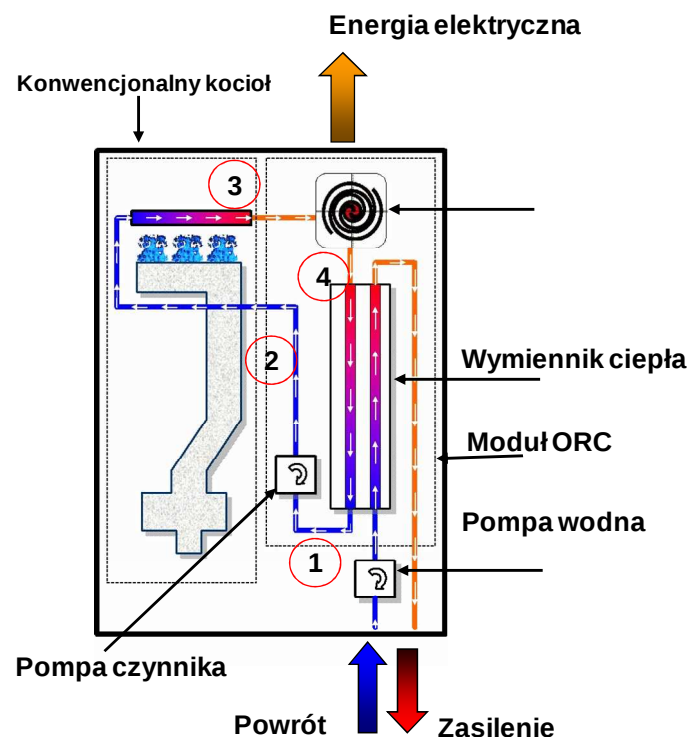


ElectraTherm GreenMachine 50kW

Moc [MW _e]	0.001- pow. 0.4
Wskaźnik mocy elektrycznej do mocy cieplnej	0.2 -0.4
Sprawność elektryczna [%]	6 - 20
Sprawność cieplna [%]	20-70
Sprawność całkowita [%]	75-85
Rodzaj paliwa	Bez ograniczeń

Systemy kogeneracyjne z układami ORC (Organic Rankine Cycle)

- Na rynku pojawił się produkt brytyjskiej firmy Enenergetix Group pod nazwą „Genlec”, o mocy elektrycznej 1 kW_{el} oraz 8 kW_{th}
- Charakteryzuje się niską wagą, niskimi kosztami eksploatacji, przystosowany do wieszania na ścianie.



Chłodziarki małej mocy zasilane ciepłem – absorpcyjne

Bromolitowe (czynnik roboczy - woda)

- Duży wybór urządzeń pow. 100 kW
- Większość urządzeń jednostopniowych
- Poniżej 30 kW dostępnych 4 – 5 urządzeń
- Niestety Sonnenklima i Rotartica zakończyły produkcję



Moc nominalna	4,5 - 6000 kW
Współczynnik wydajności chłodniczej	0,70 - 0,8
Temperatura wody zasilającej	85 - 130°C
Temperatura wody powrotnej	> 70°C
Woda chłodząca	30 - 35°C
Woda lodowa zasilenie	6 - 7°C
Czynnik chłodniczy	Woda
Czynnik roboczy	Bromek Litu

Chłodziarki małej mocy zasilane ciepłem – absorpcyjne

Amoniakalne (czynnik roboczy - amoniak).

- Brak ryzyka krystalizacji
- Wysokie ciśnienie pracy (8-15 bar)
- Możliwe schłodzenie poniżej 0 °C przy wysokiej temperaturze zasilania
- Rozpowszechnione duże systemy zasilane bezpośrednio gazem
- Małe urządzenia w fazie prototypów



Pink /SolarNext 12kW



Robur 17kW



AoSol 8kW (prototype)

Moc nominalna	15 - 2500 kW
Współczynnik wydajności chłodniczej	0.6 - 0.7
Woda chłodząca	30 - 35°C
Woda lodowa zasilanie	-60 - 0°C
Temperatura wody zasilającej	120 - 135°C
Czynnik chłodniczy	Amoniak
Czynnik roboczy	Woda

Chłodziarki małej mocy zasilane ciepłem – adsorpcyjne

- Cykliczna praca
- Brak ryzyka krystalizacji
- 4 produkty i 2 prototypy obecne na rynku



SorTech 8&15kW



Invensor 7&10kW



China 10kW

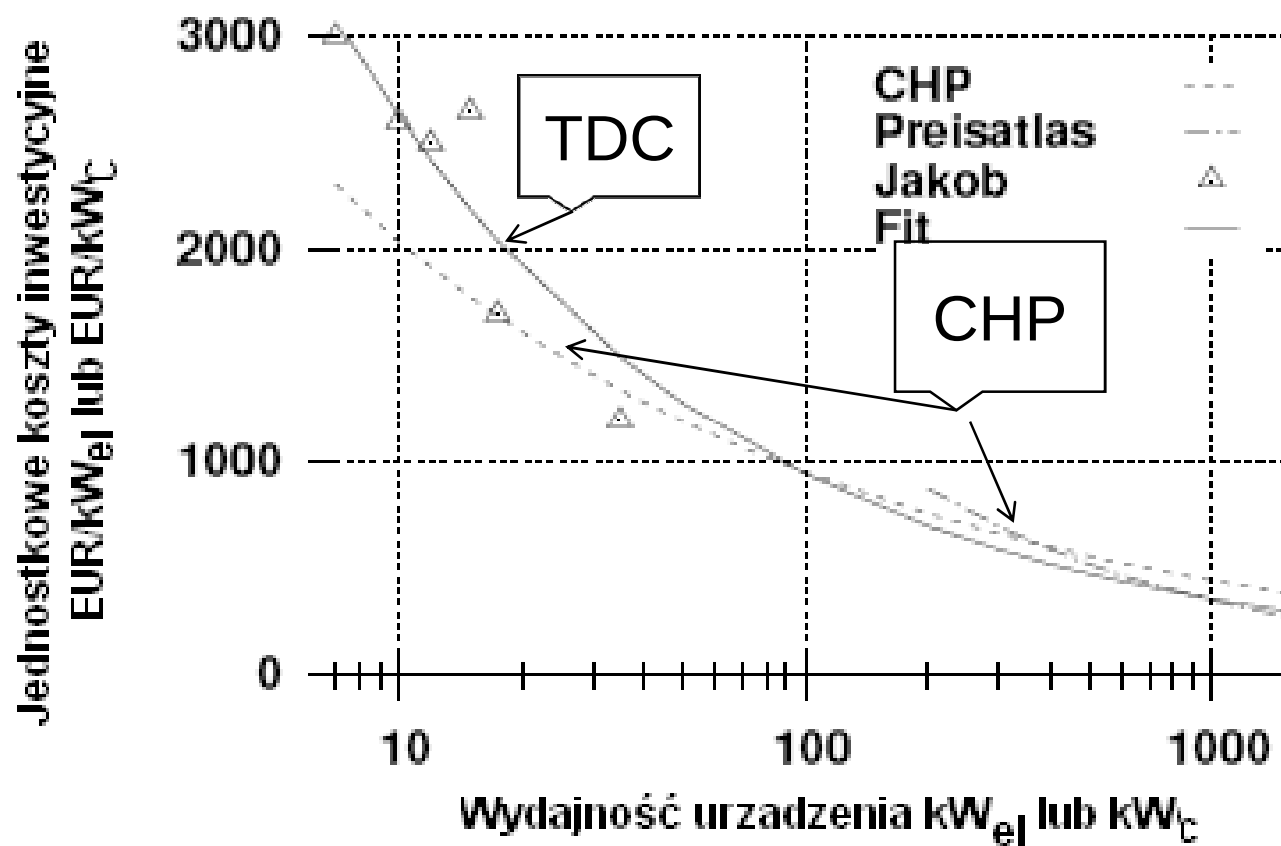


ECN 2.5kW (prototype)

Moc nominalna	2 - 450 kW
Współczynnik wydajności chłodniczej	0.2 - 0.7
Temperatura czynnika gorącego	60 - 90°C
Woda chłodząca	30 - 35°C
Woda lodowa zasilanie	6 - 7°C
Czynnik chłodniczy	Woda
Adsorbent	Silikażel



Koszty inwestycyjne



Koszty inwestycyjne

Dla wyznaczenia jednostkowych kosztów inwestycyjny można posłużyć się równaniem:

$$I(P) = k_1 * P^{k_2} + k_3$$

gdzie:

Koszt	k_1	k_2	k_3	Moc P	Koszt jedn.	Zakres
CHP - inwestycyjny	4361	-0,33	0	kW _{el}	EUR/ kW _{el}	5 – 2000 kW _{el}
TDC - inwestycyjny	7435	-0,459	47,5	kW _C	EUR/ kW _C	7,5 – 1600 kW _C
CHP - eksploatacja	5,88	-0,27	0	kW _{el}	Cent/ kW _{el}	5 – 2000 kW _{el}



Podsumowanie

- Poważną barierą powszechnego stosowania systemów kogeneracji w budynkach w Polsce są skomplikowane procedury związane ze sprzedażą nadmiaru wyprodukowanej energii elektrycznej do sieci i uzyskaniem świadectw pochodzenia energii elektrycznej z wysokosprawnej kogeneracji.
- Technologie trigeneracyjne małej skali są już dostępne na rynku. Jednak ze względu na niewielkie doświadczenia związane przede wszystkim z integracją poszczególnych elementów systemów ich rozpowszechnianie jest ciągle utrudnione.

. Zastosowanie układów trigeneracyjnych w budynkach biurowych - studium przypadku

- Nowoczesne budynki biurowe wymagają utrzymania komfortu cieplnego w ich wnętrzach w okresie całego roku - konieczna klimatyzacja.
- Wymagania zrównoważonego rozwoju to minimalizacja zużycia energii i wykorzystanie energii odnawialnych.
- Konkurencja na rynku nieruchomości wymaga minimalizacji łącznych kosztów wszystkich nośników energii dostarczanych do tych budynków.

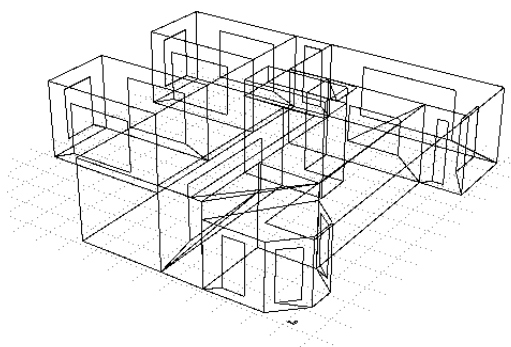


Symulacja komputerowa - podstawowe narzędzie przy projektowaniu nowoczesnych systemów zaopatrzenia w energię



- **Podejście tradycyjne** - ograniczenie strat energii zimą i zysków latem przez zastosowanie możliwie dobrej izolacji i energooszczędnych urządzeń. Obliczenia statyczne dla warunków ekstremalnych.
- **Podejście nowoczesne** - całoroczna analiza energetyczna uwzględniająca dynamikę budynku oraz zmienność temperatury zewnętrznej oraz zyski wewnętrzne.

Budynek Tulipan



- Budynek składa się z 8 stref, w tym 6 stref o kontrolowanych parametrach wewnętrznych (temperatura i wilgotność).
- Łączna powierzchnia - 10 059 m²
- Kubatura - 46 000 m³
- Zapotrzebowanie na :
 - ciepło - 1240 kW
 - chłód - 980 kW
 - energię elektryczną - 650 kW

System zaopatrzenia w energię



■ Tradycyjny:

- Ciepło - sieć miejska lub kotłownia gazowa
- Chłód - agregaty sprężarkowe
- Energia el. - zakład energetyczny.

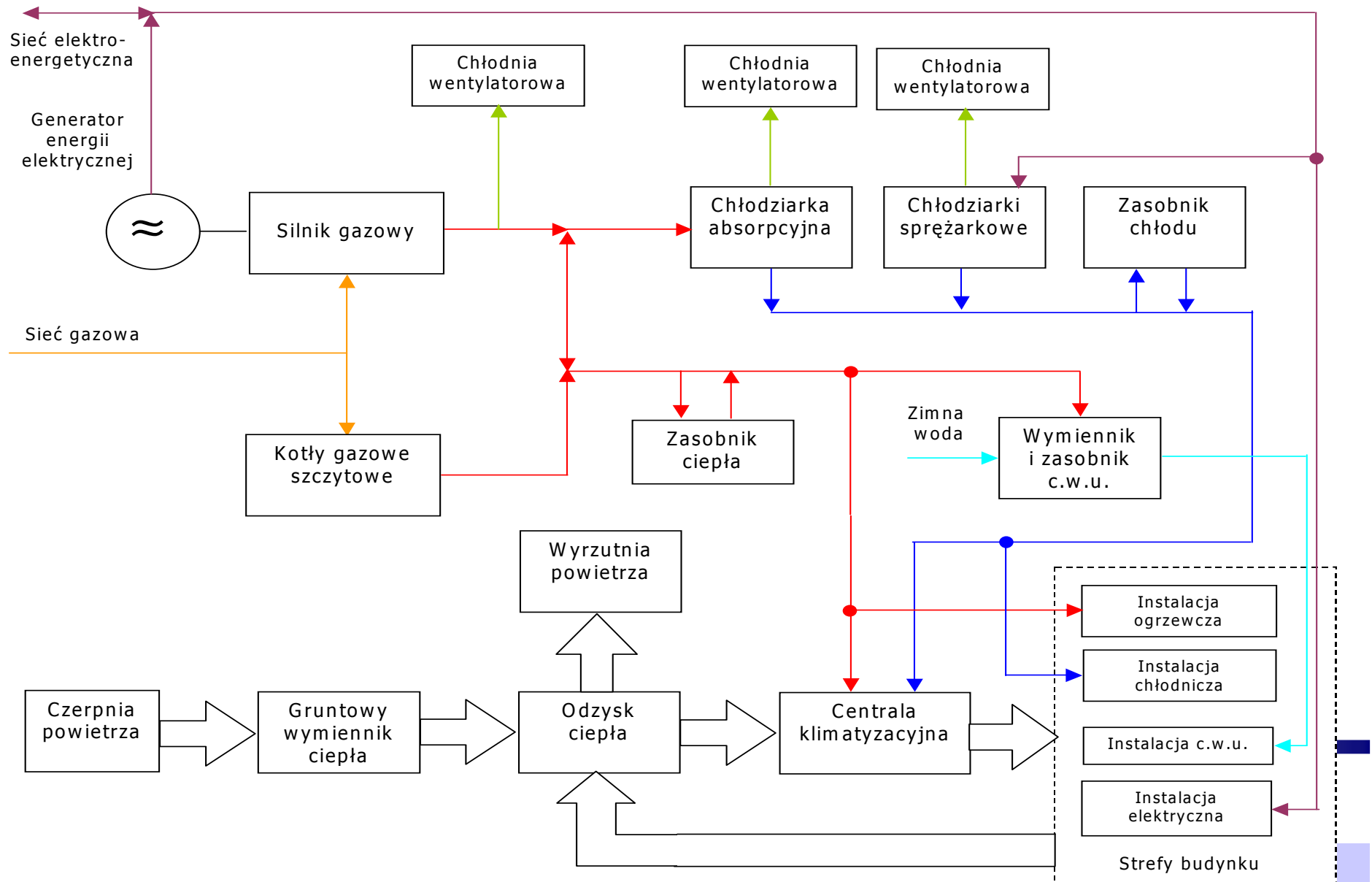


■ Proponowany:

- Ciepło - odzysk z silnika gazowego 230 kW, kotłownia gazowa szczytowa, odzysk ciepła z wentylacji, wymiennik gruntowy dla powietrza wentylacyjnego.
- Chłód - chłodziarka absorbcyjna 140 kW + agregaty sprężarkowe szczytowe
- Energia el. - generator elektryczny 150 kW + zakład energetyczny.



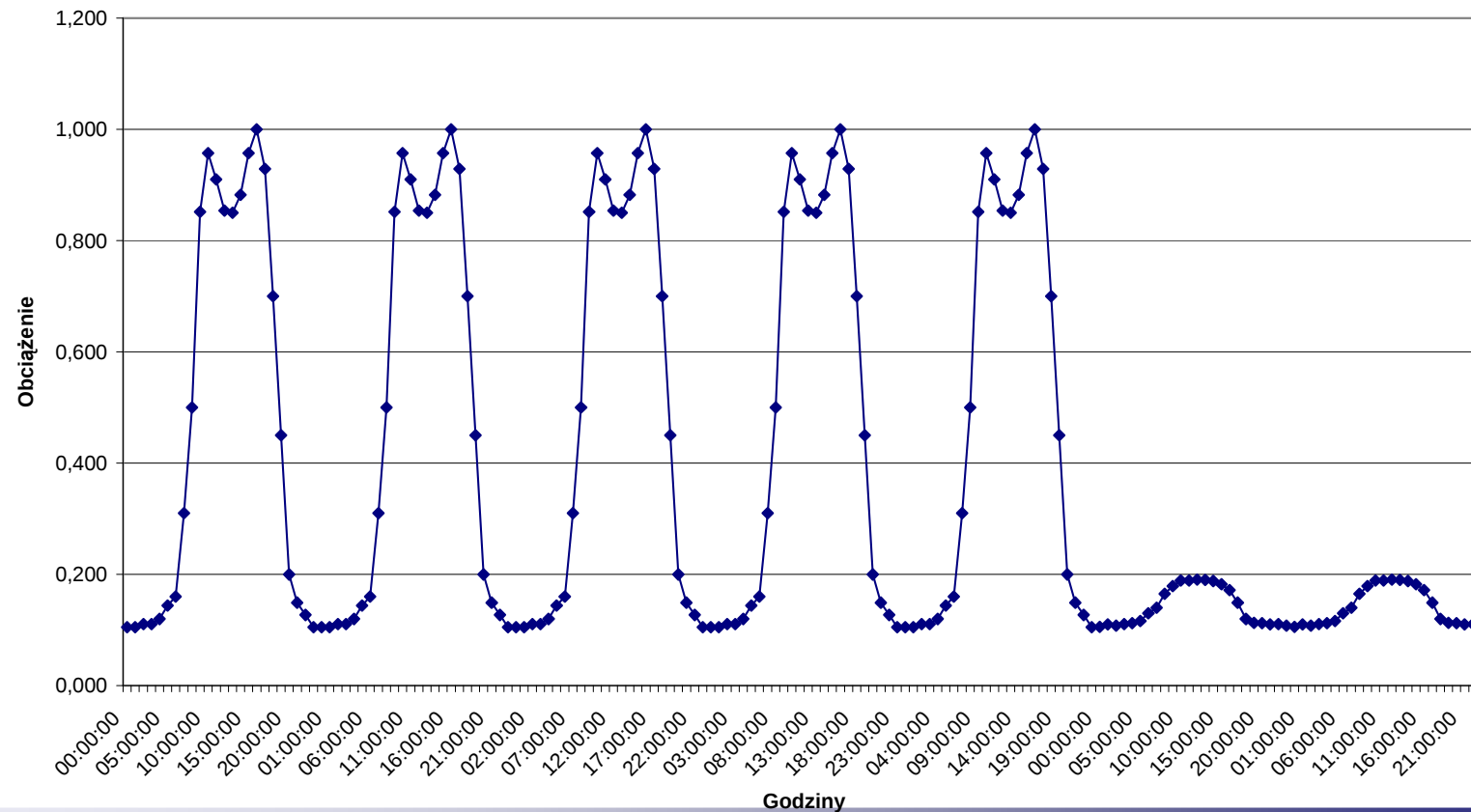
System zaopatrzenia w energię - schemat



Symulacja programem ESPr

Profile obciążeń: energia elektryczna

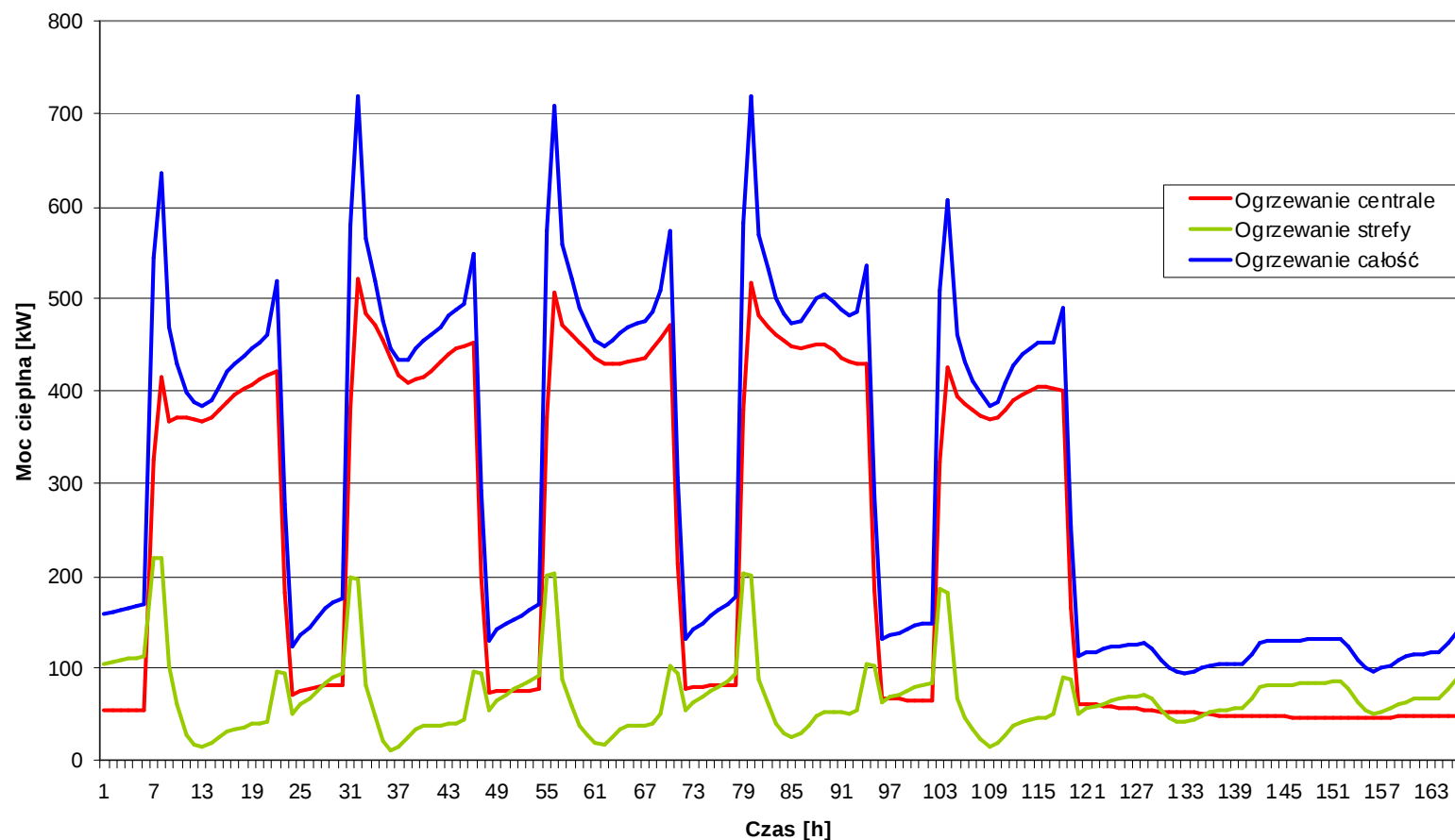
Tygodniowy profil obciążenia energetycznego



Symulacja programem ESPr

Profile obciążeń: ciepło/ chłód - zima

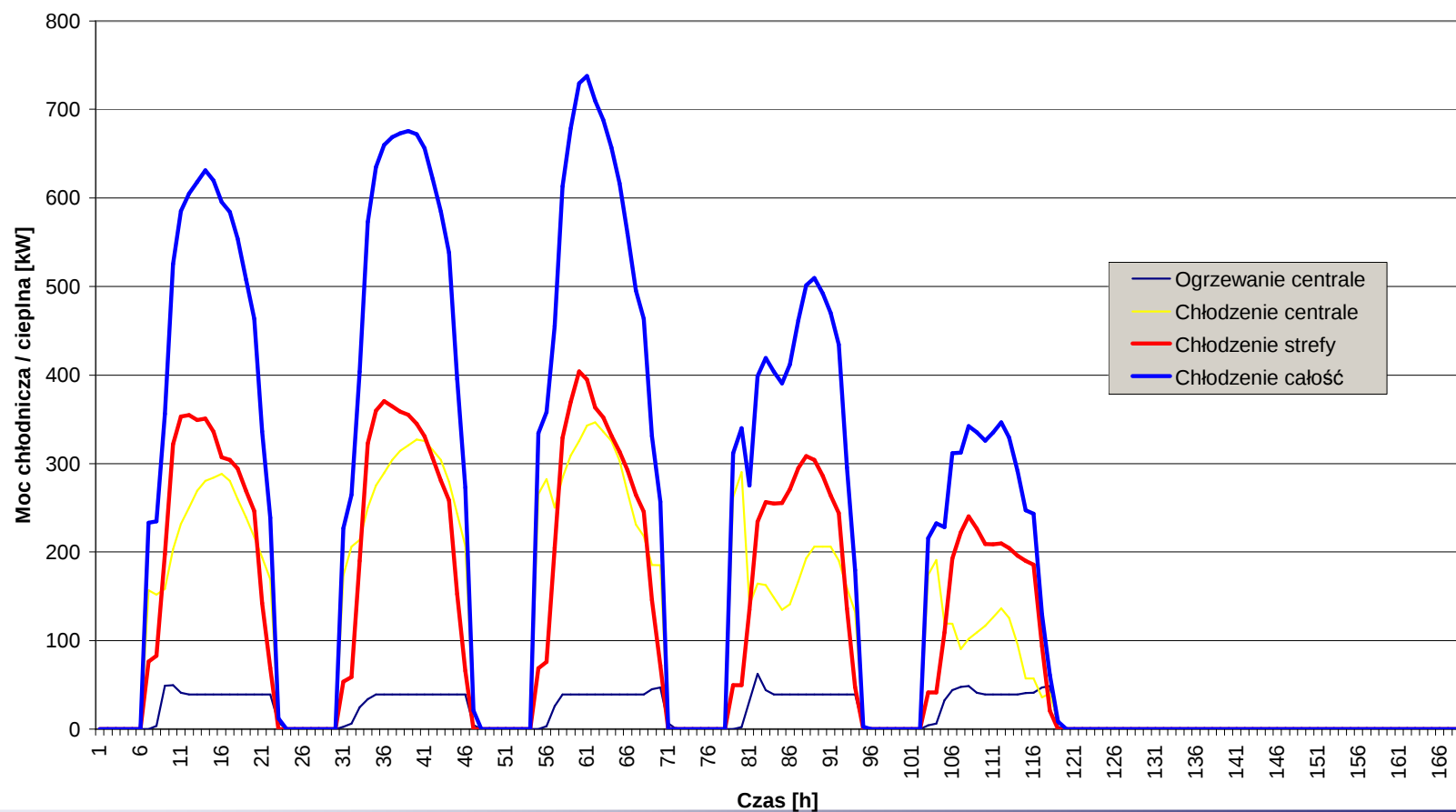
Zapotrzebowanie na moc cieplną podczas najzimniejszego tygodnia



Symulacja programem ESPr

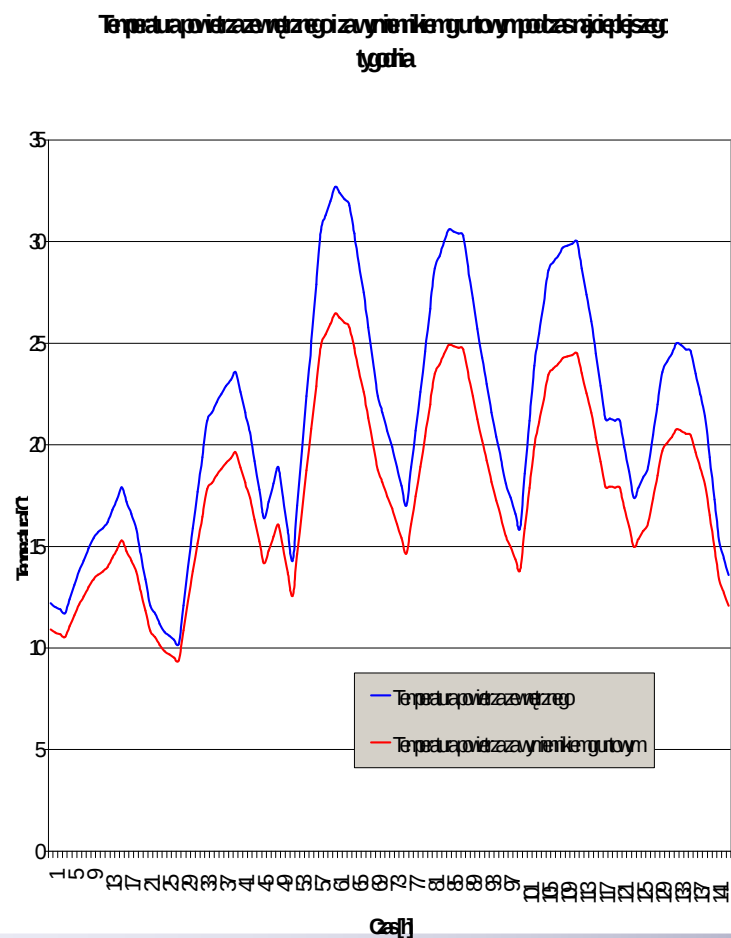
Profile obciążeń: ciepło/ chłód - lato

Zapotrzebowanie na moc chłodniczą / ciepłą podczas najcieplejszego tygodnia

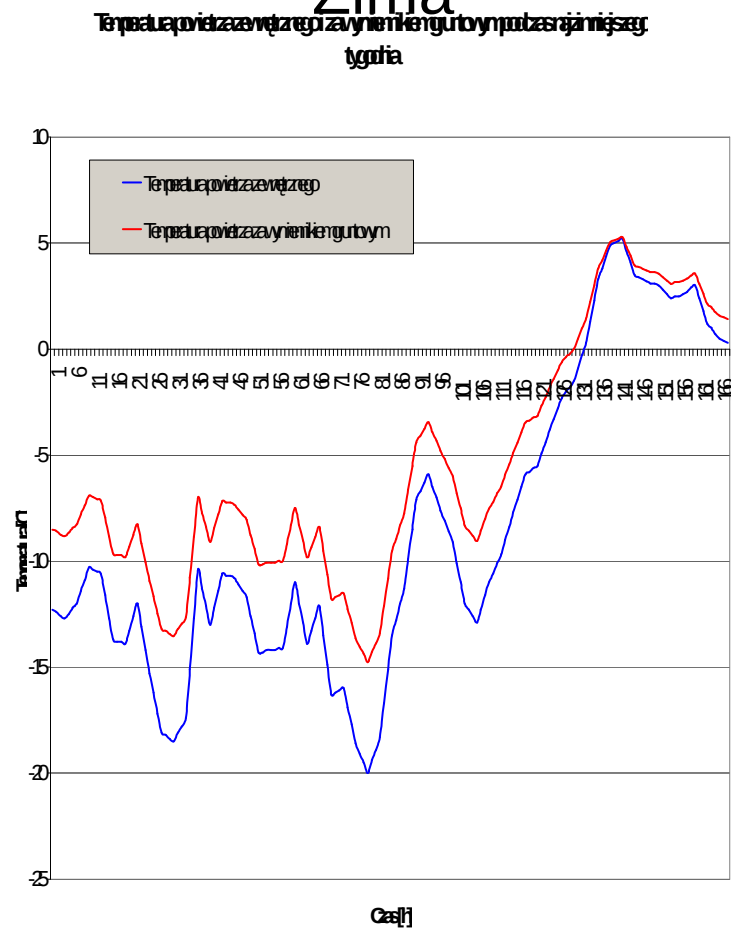


Symulacja - wymiennik gruntowy

Lato

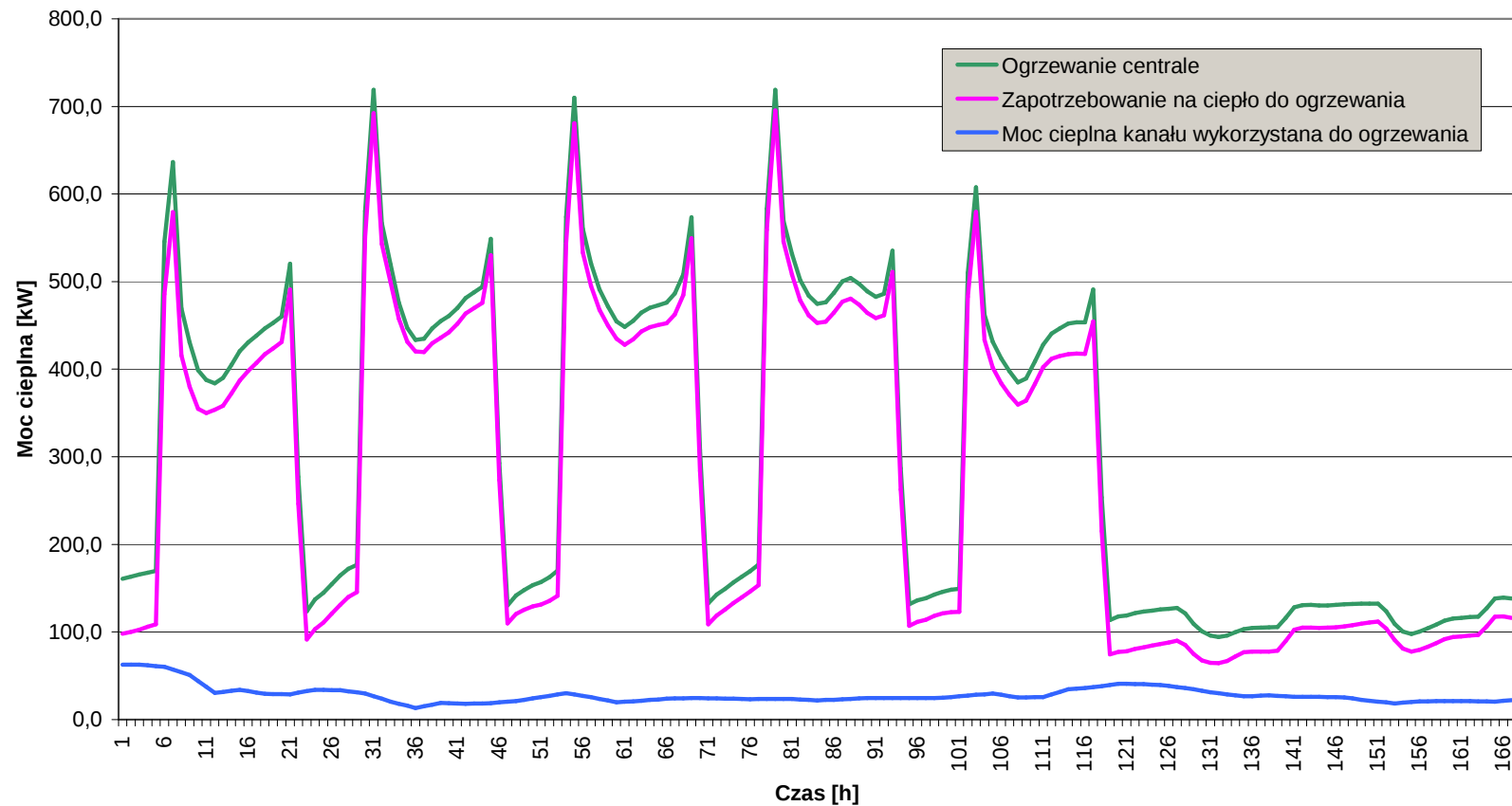


Zima



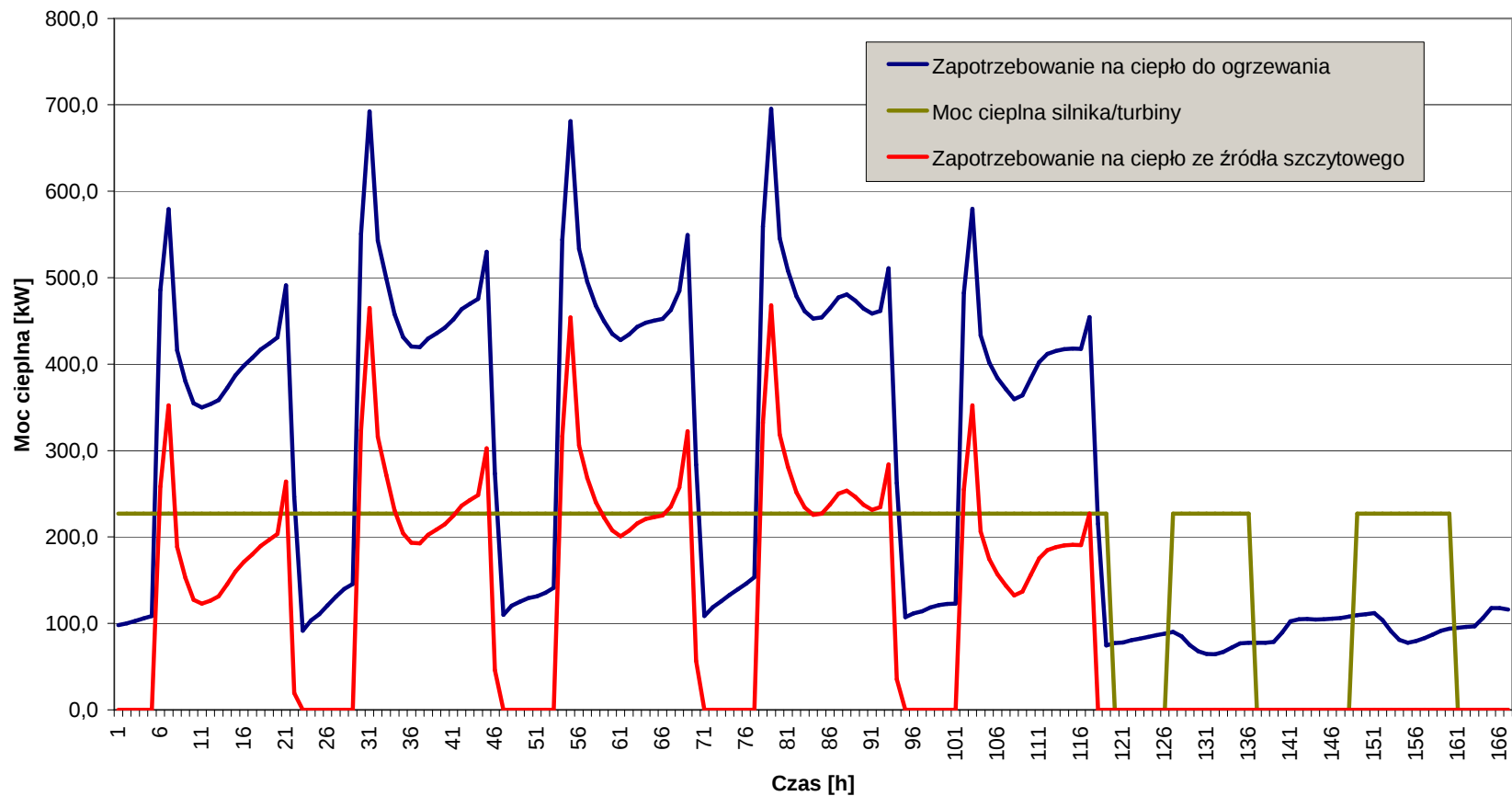
Symulacja - system energetyczny - zima

Zapotrzebowanie na moc cieplną i moc cieplna wymiennika gruntowego podczas najzimniejszego tygodnia



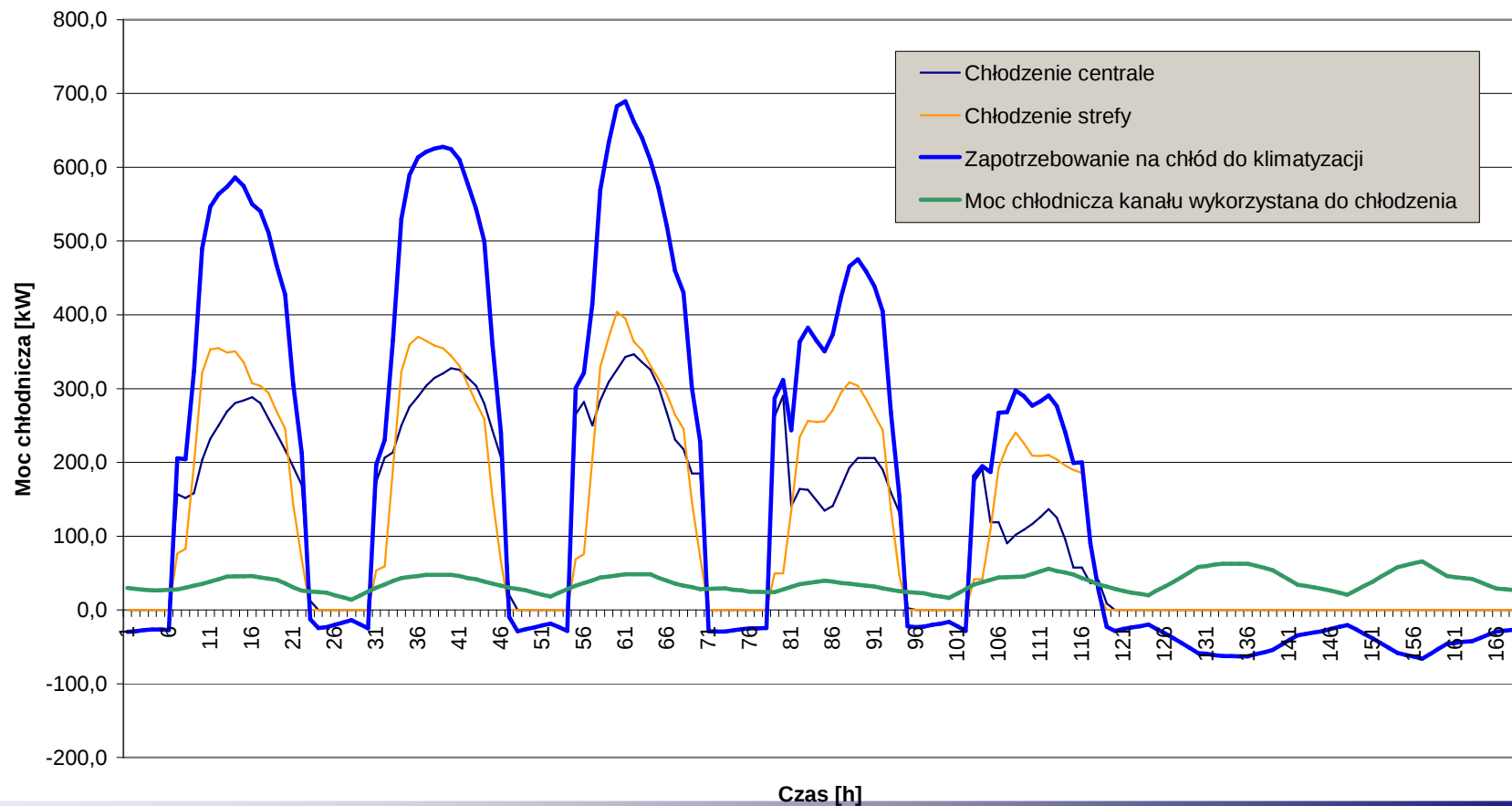
Symulacja - system energetyczny - zima

Zapotrzebowanie na moc cieplną budynku, moc cieplna silnika gazowego i zapotrzebowanie na moc cieplną ze źródła szczytowego podczas najzimniejszego tygodnia



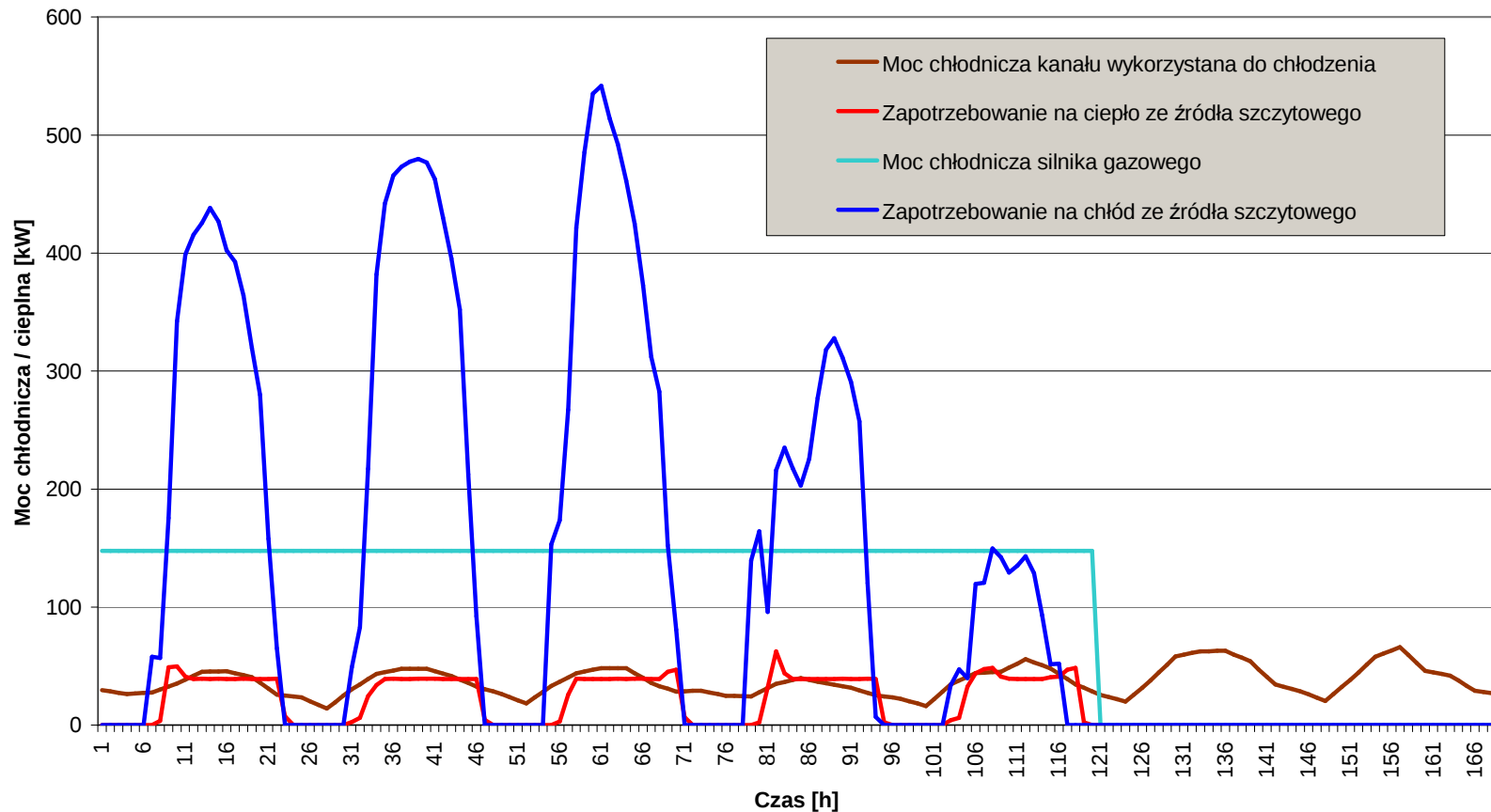
Symulacja - system energetyczny - lato

Zapotrzebowanie na chłód budynku i moc chłodnicza wymiennika gruntowego podczas najcieplejszego tygodnia



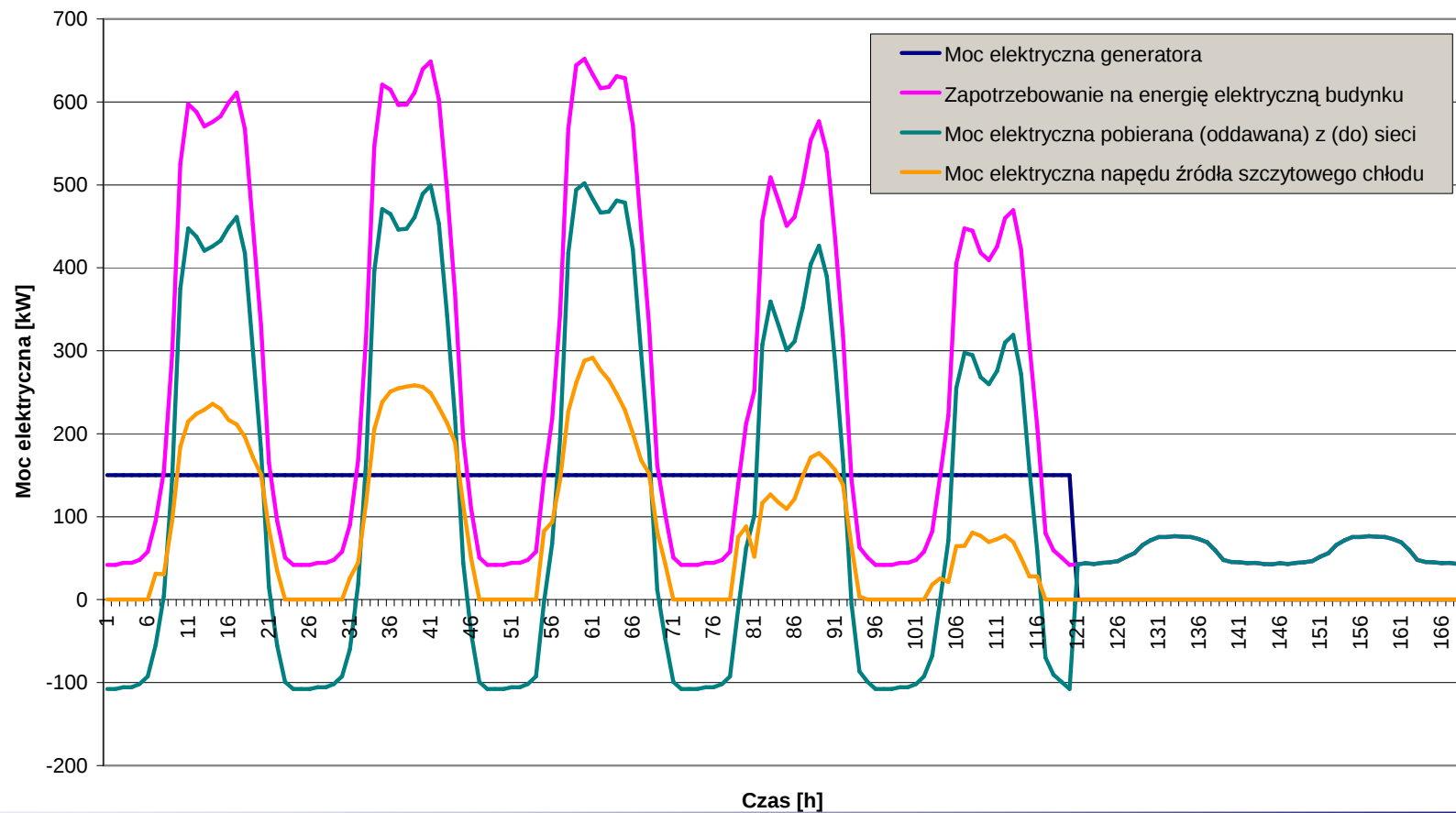
Symulacja - system energetyczny - lato

Moc chłodnicza silnika gazowego, szczytowego źródła chłodu oraz wymiennika gruntowego i moc cieplna szczytowego źródła ciepła podczas najcieplejszego tygodnia



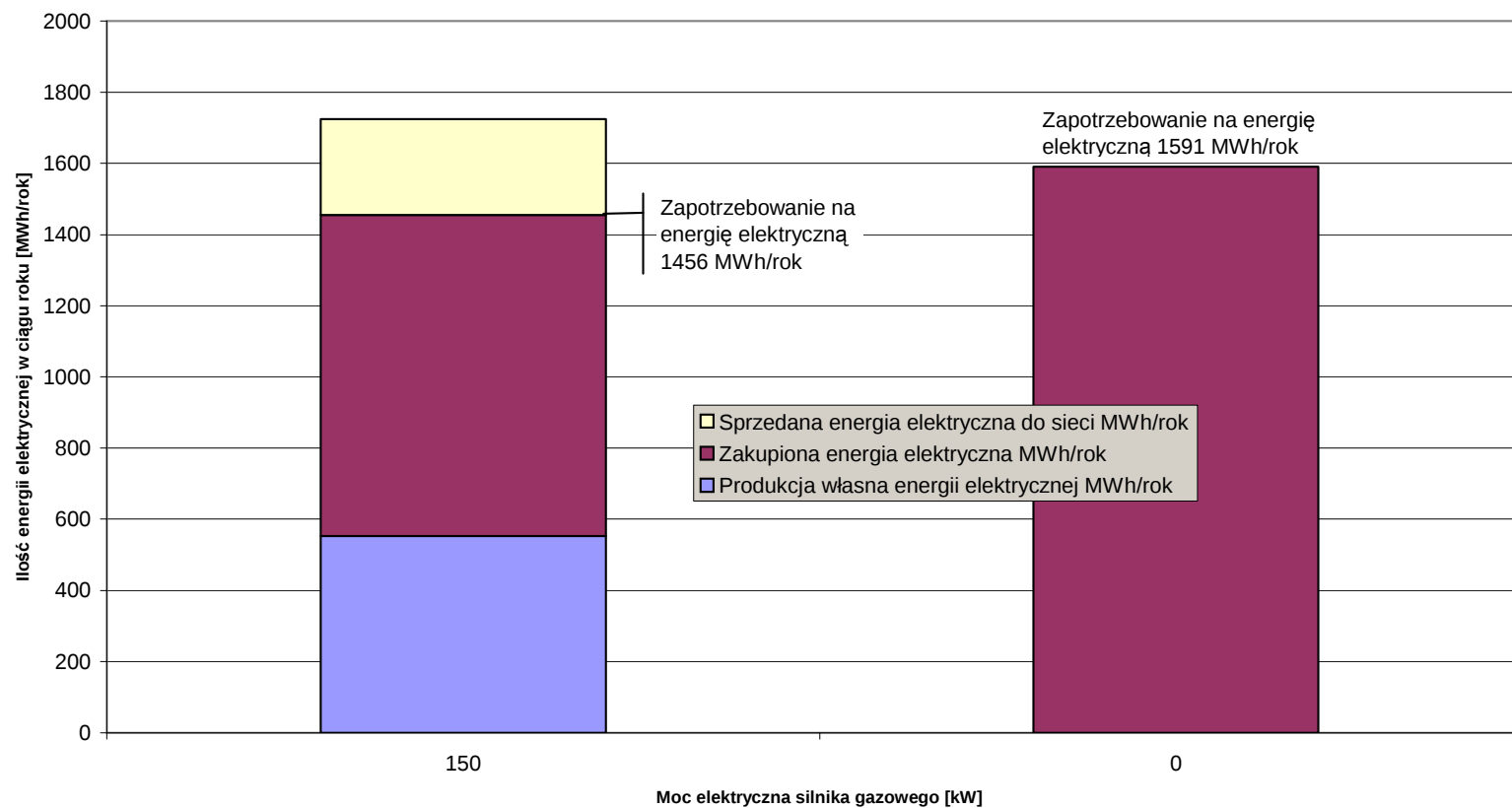
Symulacja - system energetyczny - lato

Zapotrzebowanie na moc elektryczną budynku podczas najcieplejszego tygodnia



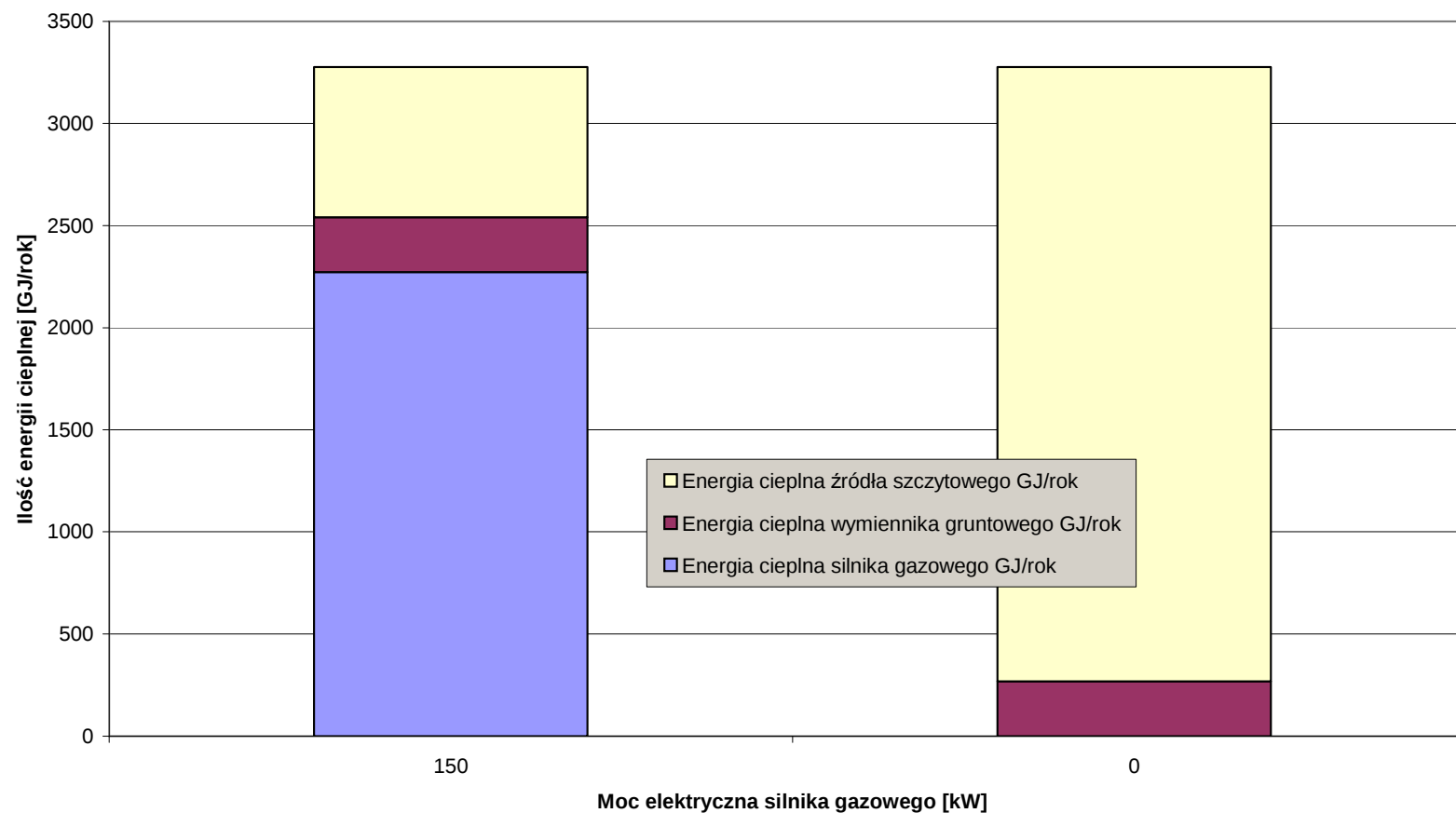
Bilans energii elektrycznej

Energia elektryczna wytworzona, zakupiona i sprzedana w układach z zastosowanym silnikiem gazowym i bez niego



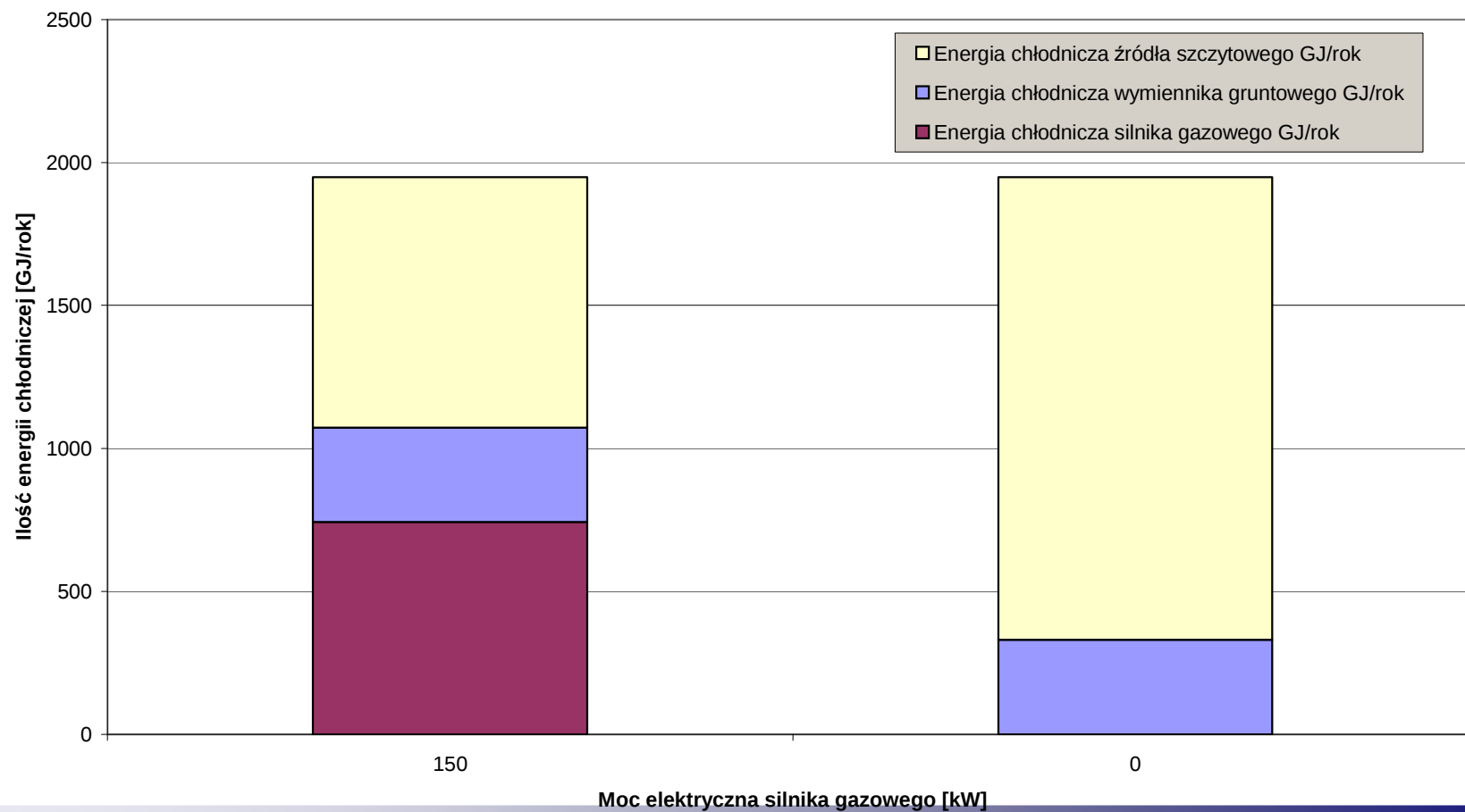
Bilans ciepła

Zapotrzebowanie na energię ciepłą w ciągu roku



Bilans chłodu

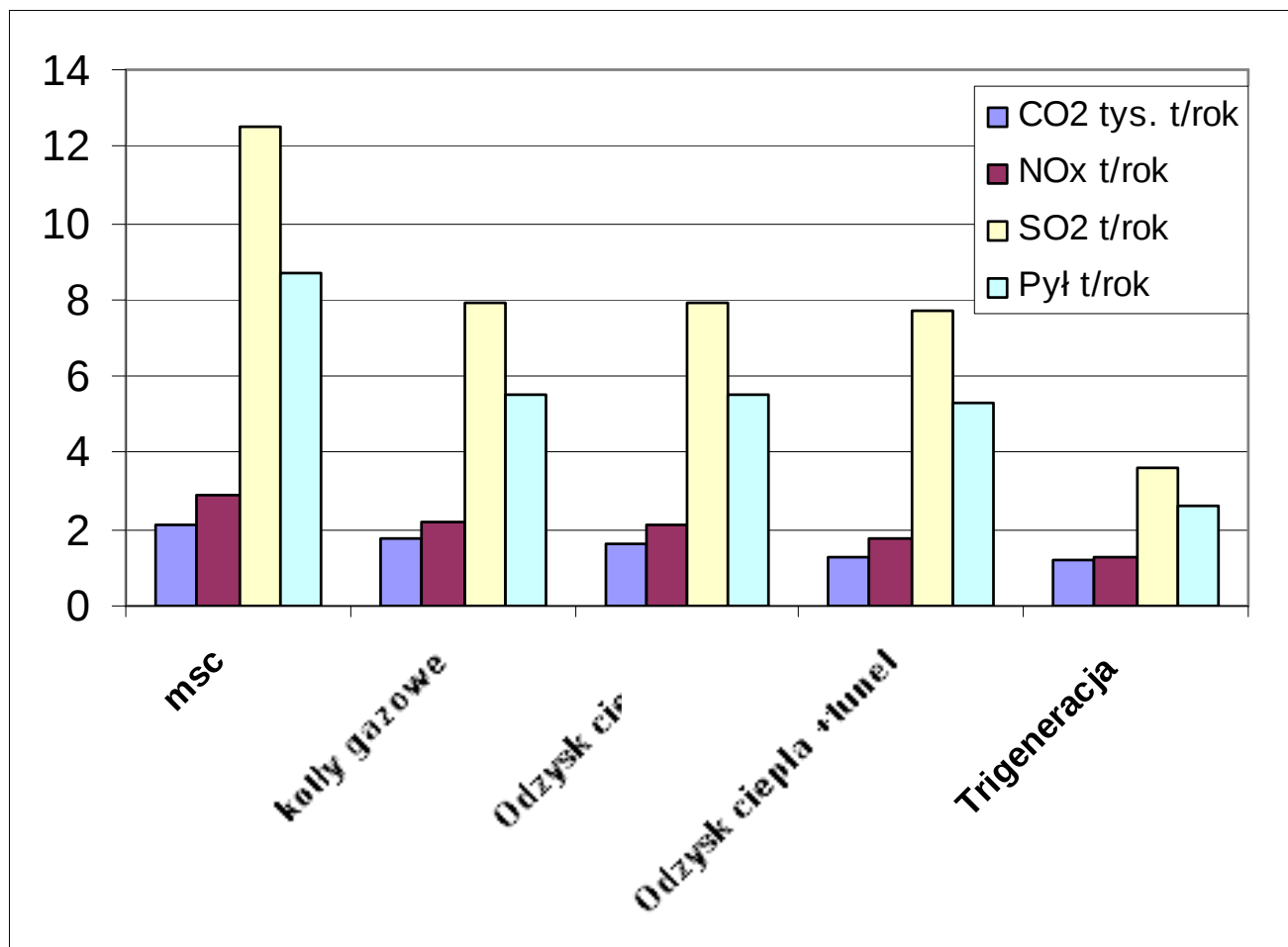
Zapotrzebowanie na energię chłodniczą



Zestawienie wyników

Wyszczególnienie	Jednostka	Stan wyjściowy - msc	Stan wyjściowy - gaz	Odzysk ciepła - gaz	Odzysk ciepła tunel - gaz	Tri-generacja
Zapotrzebowanie na ciepło, w tym:	kW	1240	1240	740	660	660
Zapotrzebowanie na chłód	kW	980	980	750	670	670
Zapotrzebowanie na energię elektryczną	kW	650	650	650	635	585
Zużycie ciepła	GJ/rok	6680	6680	4675	4408	4408
Zapotrzebowanie na chłód	GJ/rok	2950	2950	1949	1619	1619
Zapotrzebowanie na energię elektryczną	MWh/rok	1300	1300	1300	1260	1150
Dodatkowe nakłady inwestycyjne	zł	0	0	94000	130000	903024
Dodatkowe koszty eksploatacyjne	zł/rok	0	0	0	0	49452
Koszty paliwa i energii elektrycznej	zł/rok	667035	643689	573878	551265	382636
Razem	zł/rok	667035	643689	573878	551265	432088
Obniżenie kosztów eksploatacyjnych	zł/rok	0	23346	69811	22613	141791
SPTB	lata	x	x	1,3	5,7	6,4
IRR				74,2%	15,4%	13,3%

Zestawienie wyników - emisja



Dziękuję za uwagę

awiszniewski@nape.pl

