Prof. dr hab. Władysław Kryłłowicz
Instytut Maszyn Przepływowych
Politechnika Łódzka

ELEKTROWNIE I ELEKTROCIEPŁOWNIE GEOTRMALNE Z WYKORZYSTANIEM OBIEGÓW ORC

Wyjaśnienie:

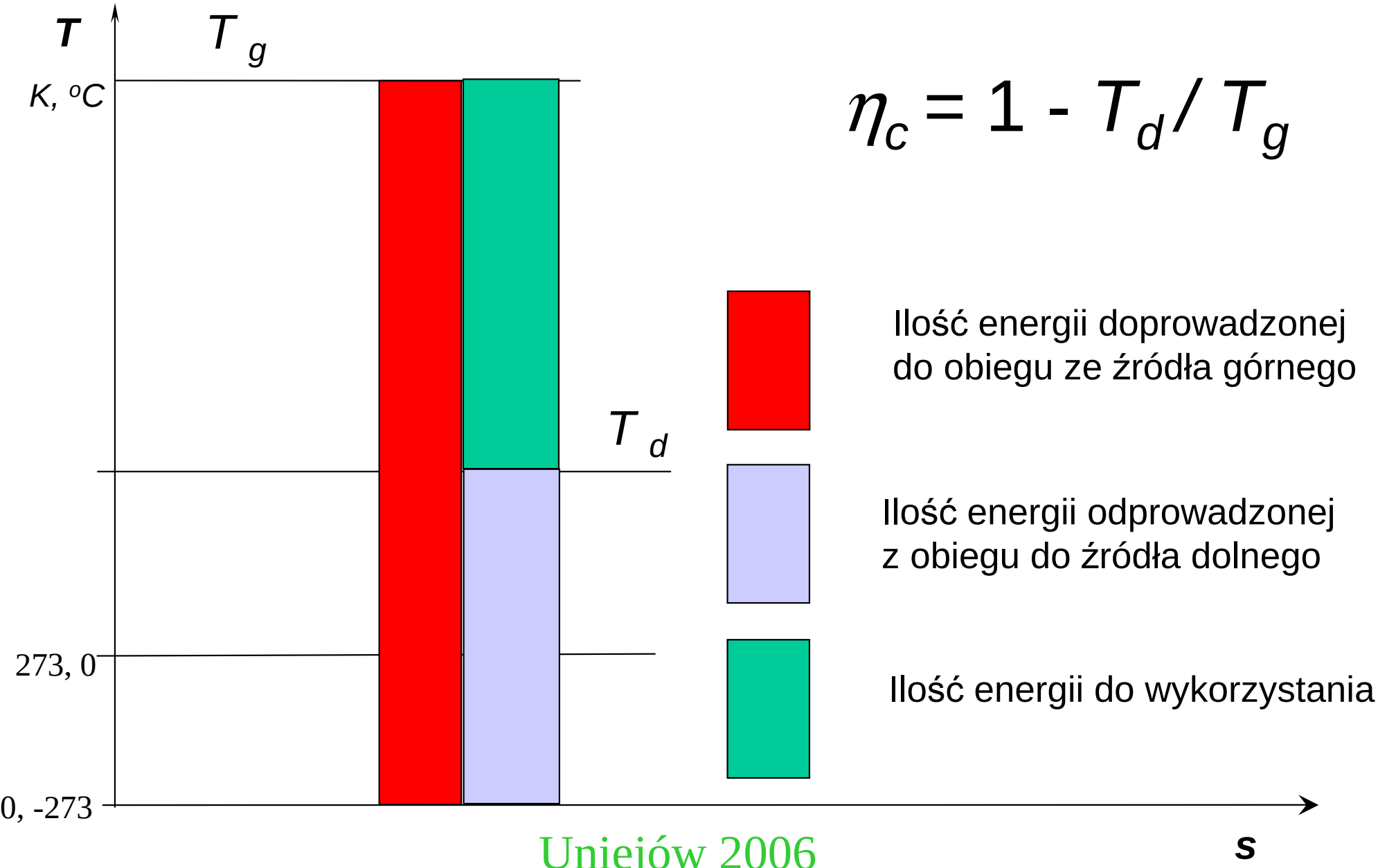
ORC – Organic Rankine Cycle

→ Organiczny obieg Rankina

Nazwa polska:

→ Obieg z czynnikiem niskowrzącym

Sprawność obiegu Carnota



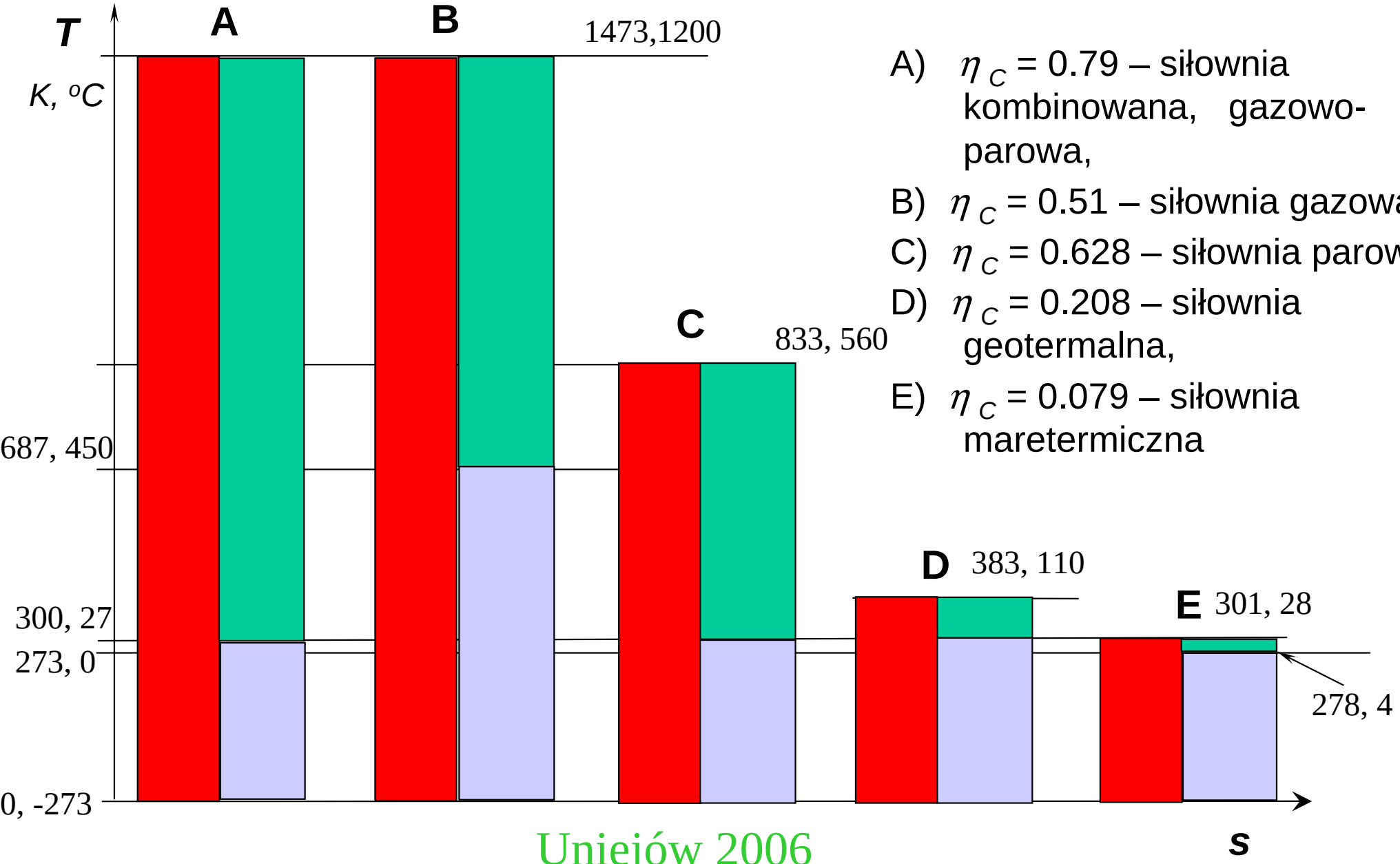
$$\eta_c = 1 - T_d / T_g$$

Ilość energii doprowadzonej do obiegu ze źródła górnego

Ilość energii odprowadzonej z obiegu do źródła dolnego

Ilość energii do wykorzystania

Sprawności obiegu Carnota dla różnych typów siłowni cieplnych



A) η_C = 0.79 – siłownia kombinowana, gazowo-parowa,

B) η_C = 0.51 – siłownia gazowa ,

C) η_C = 0.628 – siłownia parowa,

D) η_C = 0.208 – siłownia geotermalna,

E) η_C = 0.079 – siłownia maretermiczna

CELOWOŚĆ ROZWOJU ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII OZE

W WYNIKU STAŁEGO WZROSTU PRODUKCJI ENERGII ZE ŹRÓDEŁ NIEODNAWIALNYCH I EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH MA MIEJSCE

STAŁE OCIEPLANIE SIĘ KLIMATU

W ZWIĄZKU Z TYM WYSTĘPUJE :

ABSOLUTNA KONIECZNOŚĆ ZMNIEJSZENIA SZKODLIWEJ EMISJI CO_2 BĘDACEJ WYNIKIEM SPALANIA PALIW WĘGLOWODOROWYCH - NA DRODZE :

- **Poprawienia sprawności procesów konwersji energii,**
- **Oszczędności energii,**
- **Proekologicznego pozyskiwania energii – odnawialne źródła energii - OZE**

ENERGIA GEOTERMICZNA

TEMPERATURA JĄDRA ZIEMI PONIŻEJ GŁĘBOKOŚCI 5100 KM WYNOSI OKOŁO 6200°C - WYNIK ISTNIENIA ENERGII Z OKRESU TWORZENIA SIĘ ZIEMI ORAZ NATURALNYCH PROCESÓW ROZPADU PIERWIASTKÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH.

SUMA TYCH ENERGII TO ENERGIA GEOTERMICZNA.

ENERGIA GEOTERMICZNA JEST WYPROMIENIOWANA Z POWIERZCHNI ZIEMI.

ENERGIA GEOTERMALNA – ZAWARTA W WODZIE WYPEŁNIAJĄCEJ PORY I SZCZELINY SKALNE I OD NICH SIĘ NAGRZEWAJĄCA.

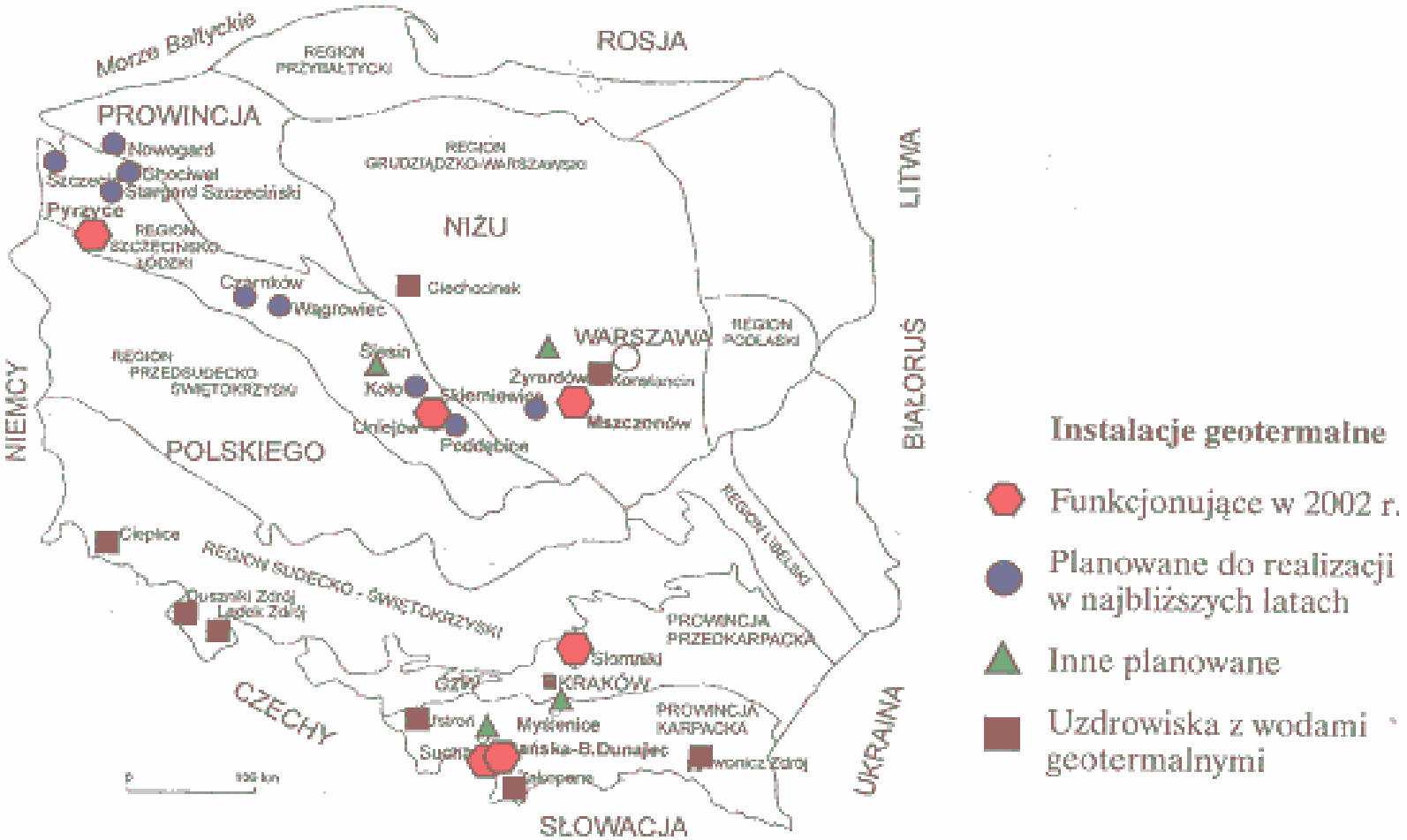
DO 10 KM GŁĘBOKOŚCI TEMPERATURA WODY ROŚNIE ŚREDNIO 30°C NA 1 KM GŁĘBOKOŚCI.
ISTNIEJĄCE ANOMALIE GEOTERMICZNE UPRZYWILEWUJĄ JEDNE REGIONY WOBEC DRUGICH, NP. REGIONY WULKANICZNE I REGIONY „USPOKOJONE”

W POLSCE NAJBARDZIEJ UPORZYWILEJOWANE SĄ OKRĘGI : GRUDZIĄDZKO-WARSZAWSKI, SZCZECIŃSKO-ŁÓDZKI I PODHALAŃSKI

PROWINCJE I OKRĘGI GEOTERMALNE POLSKI

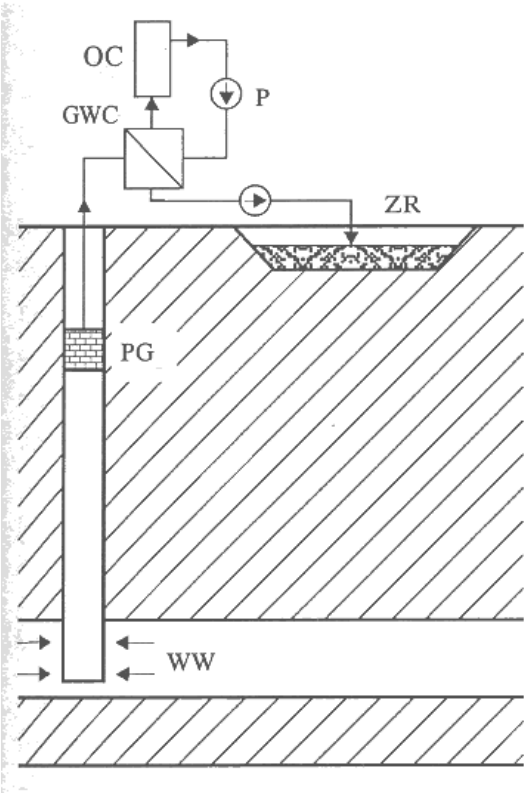
Wg. W. Nowaka „Stan i perspektywy wykorzystania niektórych odnawialnych źródeł energii”

EKSPLOATOWANE W POLSCE CIEPŁOWNIE GEOTERMALNE



Wg. W. Nowaka „Stan i perspektywy wykorzystania niektórych odnawialnych źródeł energii”

SYSTEM EKSPLOATACYJNY WÓD GEOTERMALNYCH



Jednootworowy otwarty system wydobywania wód geotermalnych

GWC – geotermalny wymiennik ciepła

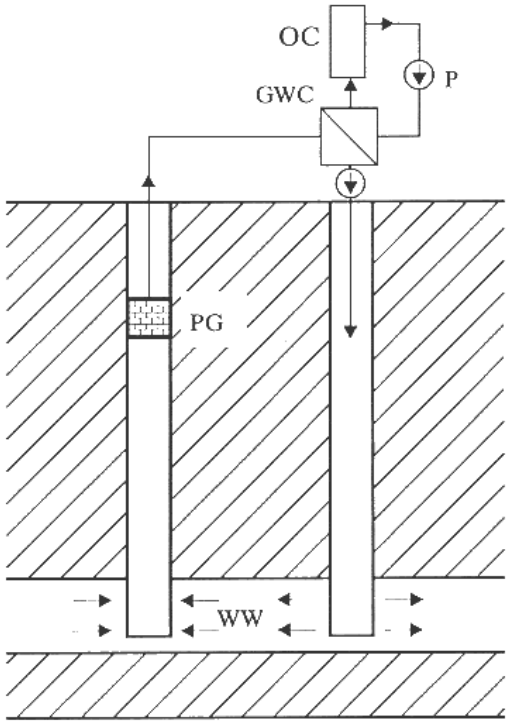
OC – odbiornik ciepła

PG – pompa głębinowa

P – pompa

WW – warstwa wodonośna

ZR – zbiornik retencyjny



Dwuotworowy zamknięty system wydobywania wód geotermalnych

Wg. W. Nowaka „Stan i perspektywy wykorzystania niektórych odnawialnych źródeł energii”

GŁÓWNE PARAMETRY ŹRÓDŁA GEOTERMALNEGO

1. **Ciśnienie na wypływie – samowypływ lub pompa głębinowa,**
2. **Wydajność wody w m^3/godz – w okręgu łódzkim można spodziewać się 200 m^3/godz (do potwierdzenia),**
3. **Mineralizacja w g/litr – od prawie 0 do 120-150 g/l – problemy eksploatacyjne (korozja i zamulanie otworu zatłaczającego),**
4. **Temperatura – w Polsce od 50 do 120°C (do potwierdzenia w Łodzi).**

WNIOSKI Z EKSPLOATACJI CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ W POLSCE

1. Temperatura wody geotermalnej waha się od 40°C (Mszczonów) do 86°C (Bańska – Biały Dunajec), najczęściej ok. 65°C. Głębokość otworów od 1600 do 3000 m. Nie ma w kraju „głębokiego” otworu geotermalnego ponad 4000 m dającego wodę o temperaturze ok. 120°C.
2. Eksploatowane ciepłownie wymagają „wsparcia” pompami ciepła lub kotłami szczytowymi.
3. Inwestycje budowy ciepłowni geotermalnych wymagały budowy sieci ciepłowniczych.
4. Moc cieplna nie jest często w pełni wykorzystywana ze względu na:
   zbyt małą liczbę odbiorców , najczęściej rozproszonych,
   małe zapotrzebowanie ciepła latem oraz na niewykorzystywanie ciepła dla celów rekreacyjnych i produkcyjnych.
5. Z wyjątkiem Uniejowa, nie ma w Polsce ciepłowni wykorzystującej biomasę lub biogaz do uzupełniania produkcji ciepła geotermalnego.
6. Nie ma w Polsce elektrociepłowni geotermalnej, pozwalającej zamieniać ciepło w energię elektryczną, szczególnie latem.
7. Najbardziej celowa jest budowa ciepłowni lub elektrociepłowni geotermalnej w obszarze, gdzie już istnieje sieć ciepłownicza oraz skupieni na tym terenie odbiorcy (zmniejszenie produkcji ciepła przez siłownie węglowe i obniżenie emisji CO2 i NOx).

Dlaczego elektrociepłownia geotermalna?

- Znaczne różnice w zapotrzebowaniu na energię cieplną latem i zimą – to w przypadku budowy jedynie ciepłowni oznacza niewykorzystanie dostępnych zasobów energii geotermalnej,
- Brak poboru wody geotermalnej latem grozi zablokowaniem przepływu – przykład Altheim.

Jak to robią inni?

Elektrociepłownie w Austrii

Czynnikiem roboczym, pobierającym ciepło z wody geotermalnej, jest organiczne medium niskowrzące (temperatura wrzenia 30°C) nie zawierające chloru. Dane techniczne siłowni są następujące:

Altheim:

• **temperatura wlotu wody geotermalnej:**	**106°C**
• **temperatura wylotu wody geotermalnej:**	**70°C**
• **strumień masy wody geotermalnej:**	**294 m^3/h**
• **moc cieplna:**	**12 400 kW**
• **moc elektryczna netto:**	**900 kW**

Bad Blumau:

• **temperatura wlotu wody geotermalnej:**	**106°C**
• **temperatura wylotu wody geotermalnej:**	**70°C**
• **strumień masy wody geotermalnej:**	**72.6 m^3/h**
• **moc cieplna:**	**3060 kW**
• **moc elektryczna netto:**	**250 kW**

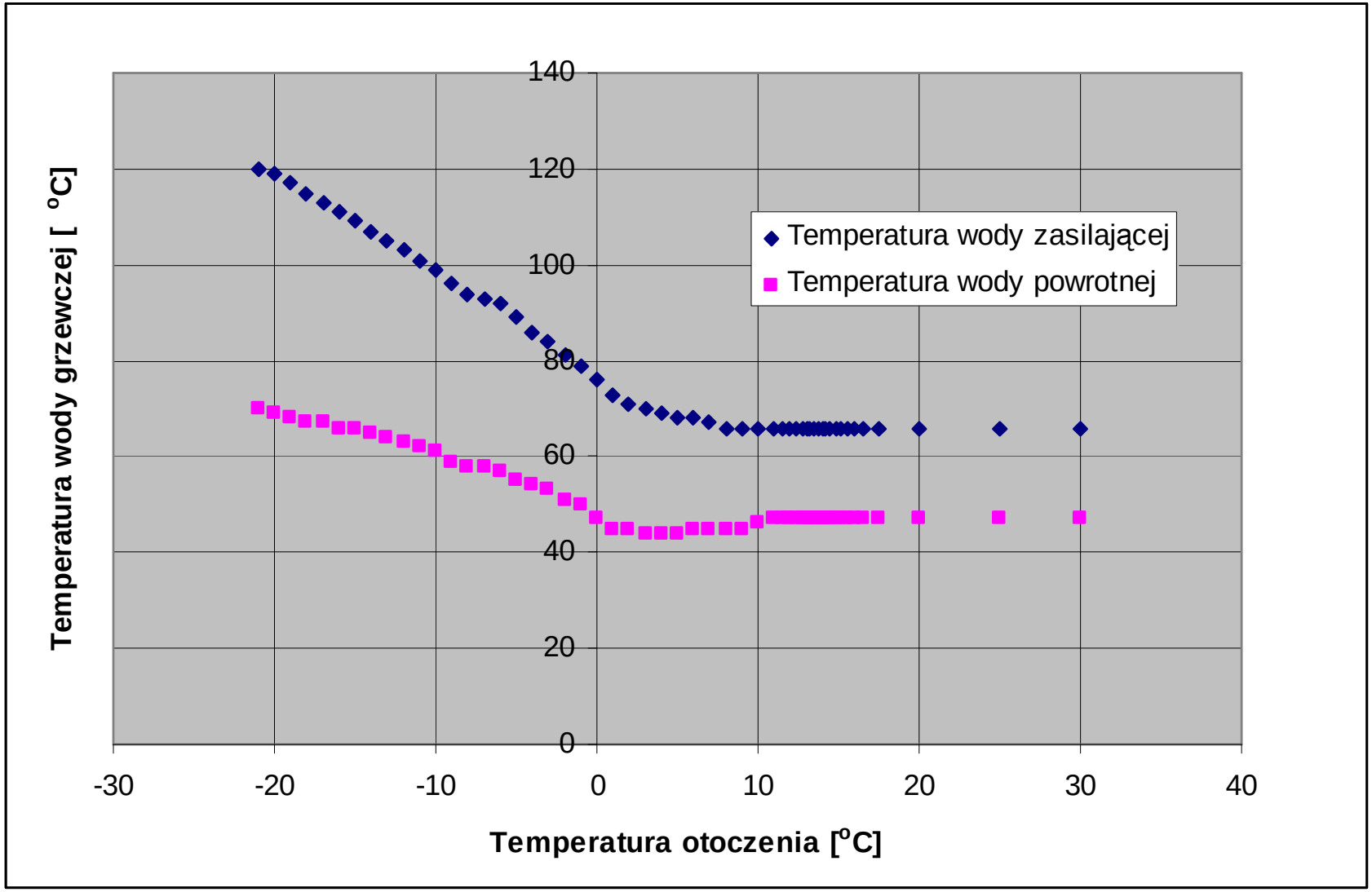
Siłownia 250 kW w Neustad Glewe-Niemcy

Uniejów – teraźniejszość i przyszłość

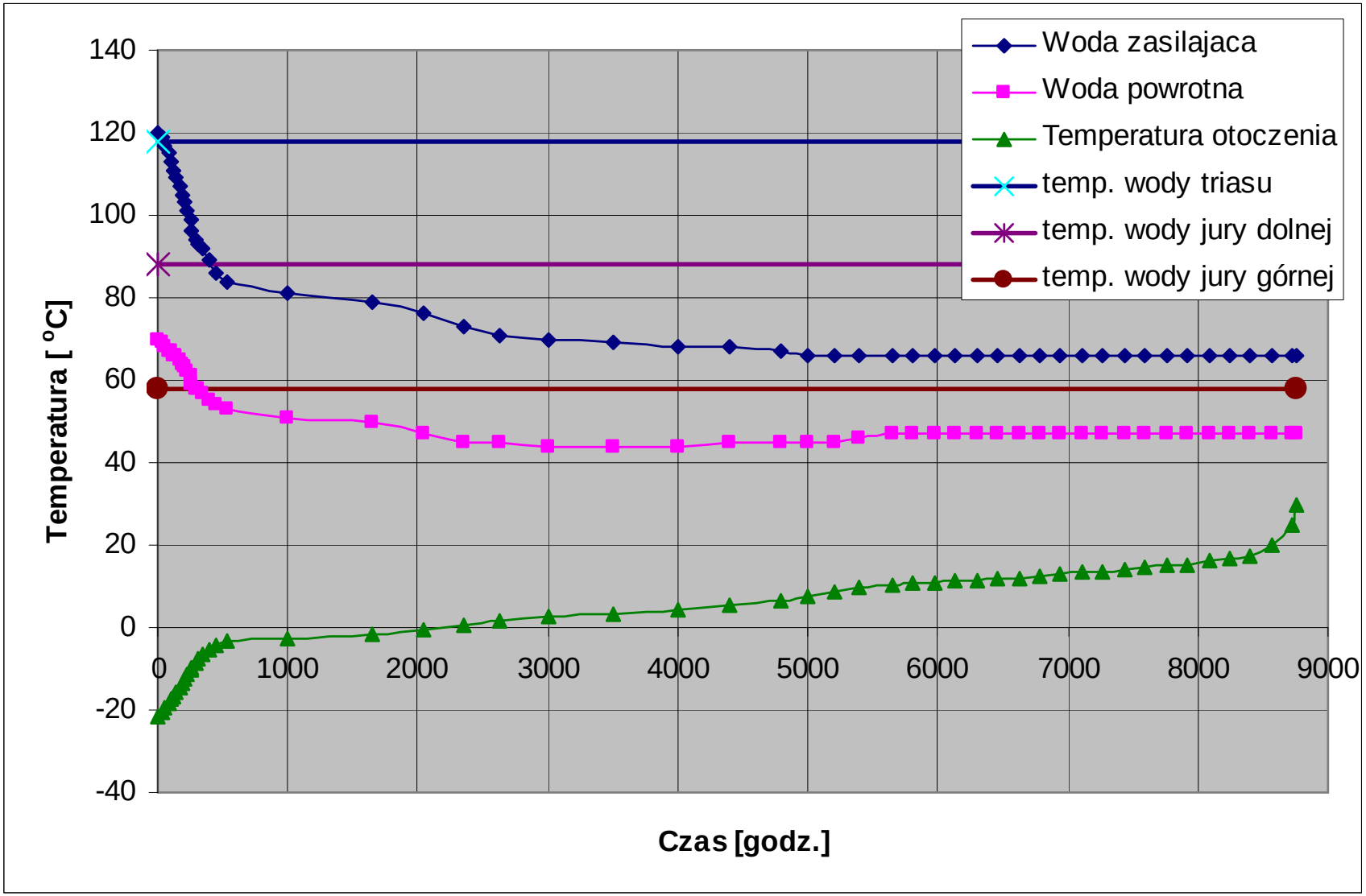
- Pierwsza i jak na razie jedyna w Polsce ciepłownia wykorzystują ca wyłącznie odnawialne źródła energii pierwotnej: ciepło wód geotermalnych i biomasę w postaci zrębków drewnianych.
- Zawansowana budowa obiektów rekreacyjno-balneologicznych opartych na wodach termalnych,
- Trwają prace projektowe w celu budowy pierwszej w Polsce hybrydowej elektrociepłowni pracującej na energii z biomasy i wód geotermalnych.

Realizacje i zamiary w regionie łódzkim - Uniejów

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską

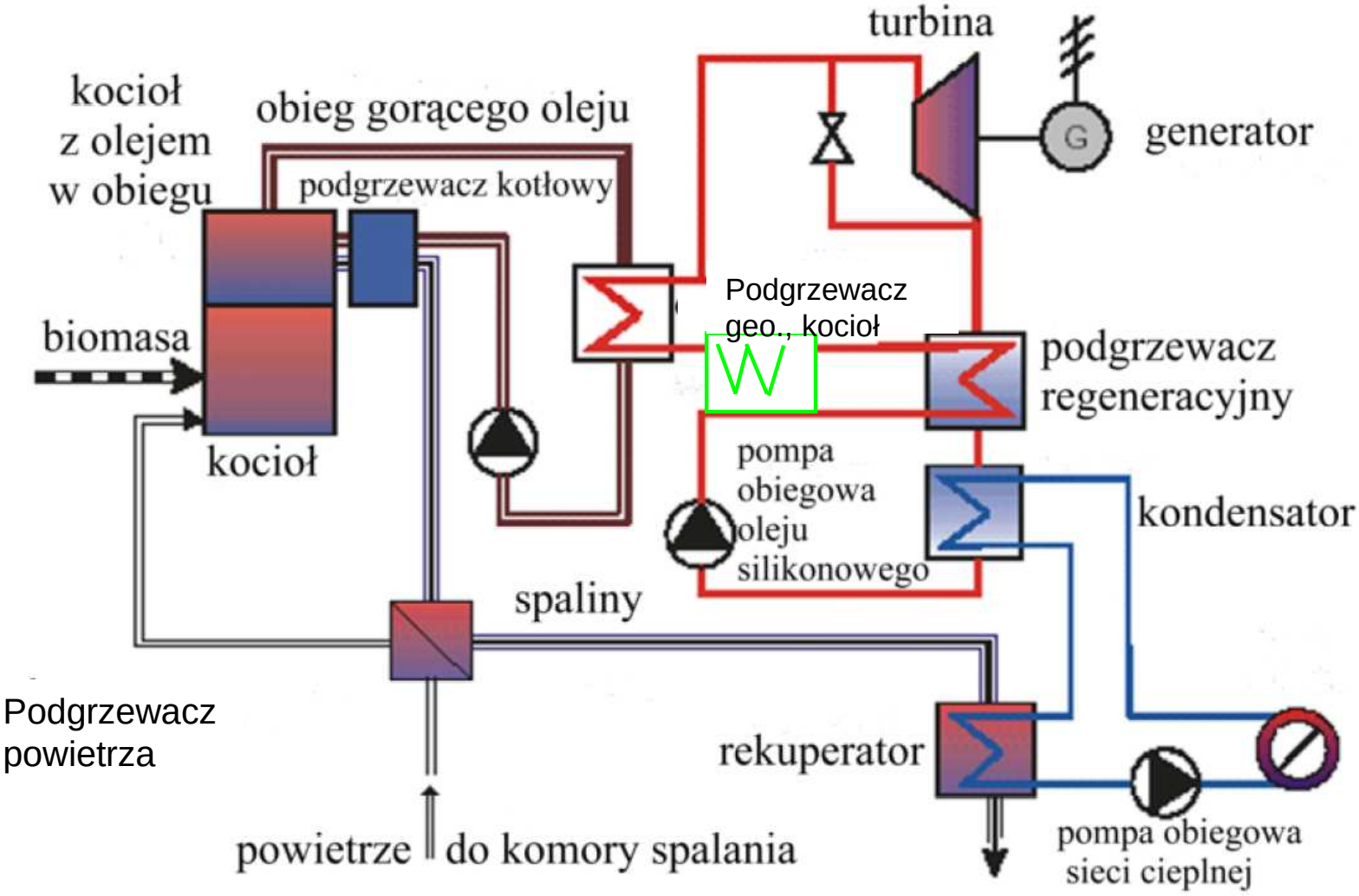


Zależność parametrów wody grzewczej od temperatury otoczenia

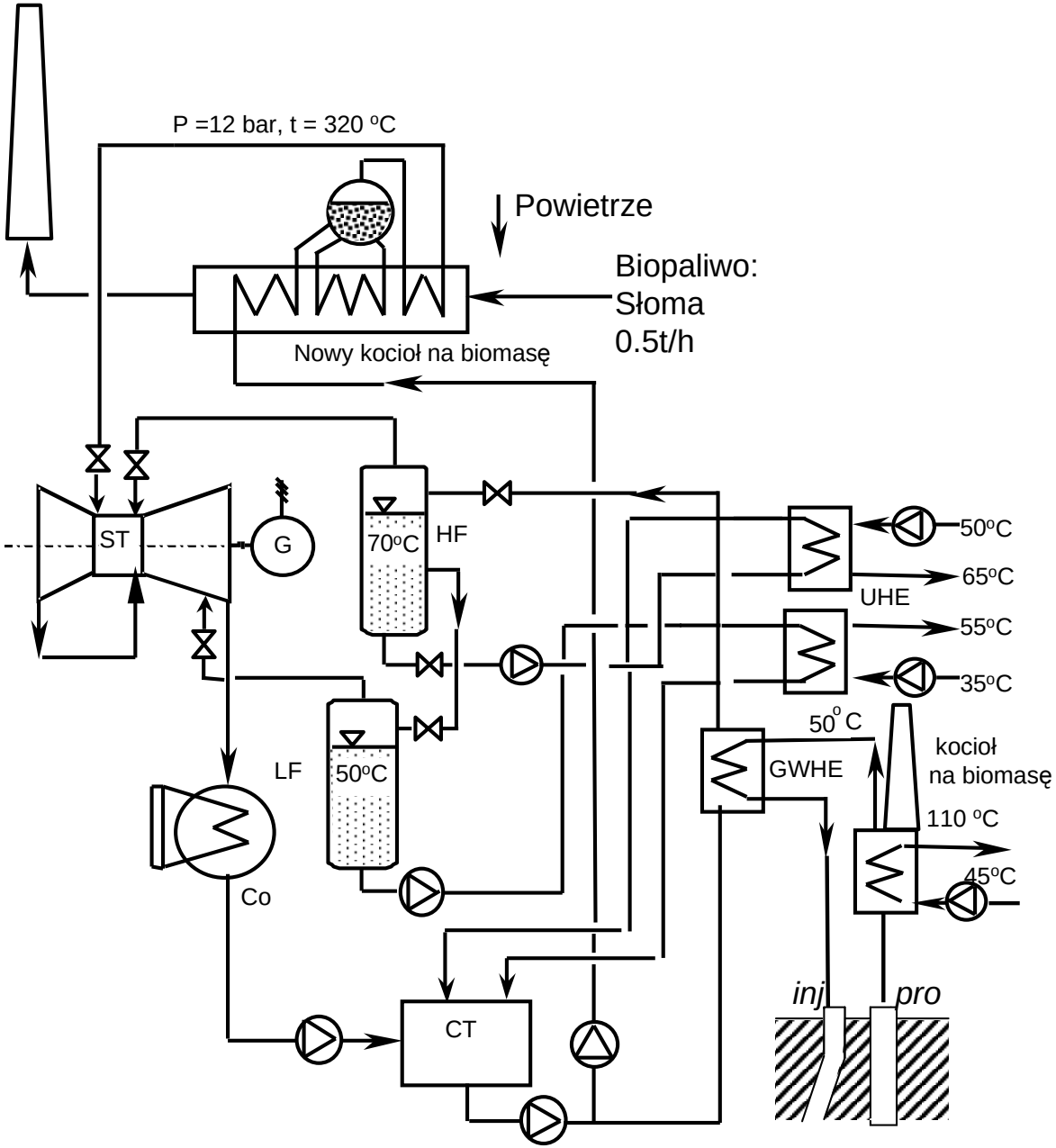


Uporządkowany roczny wykres zmienności temperatury otoczenia oraz parametrów wody grzewczej w instalacji c.o. na zasilaniu i spływie

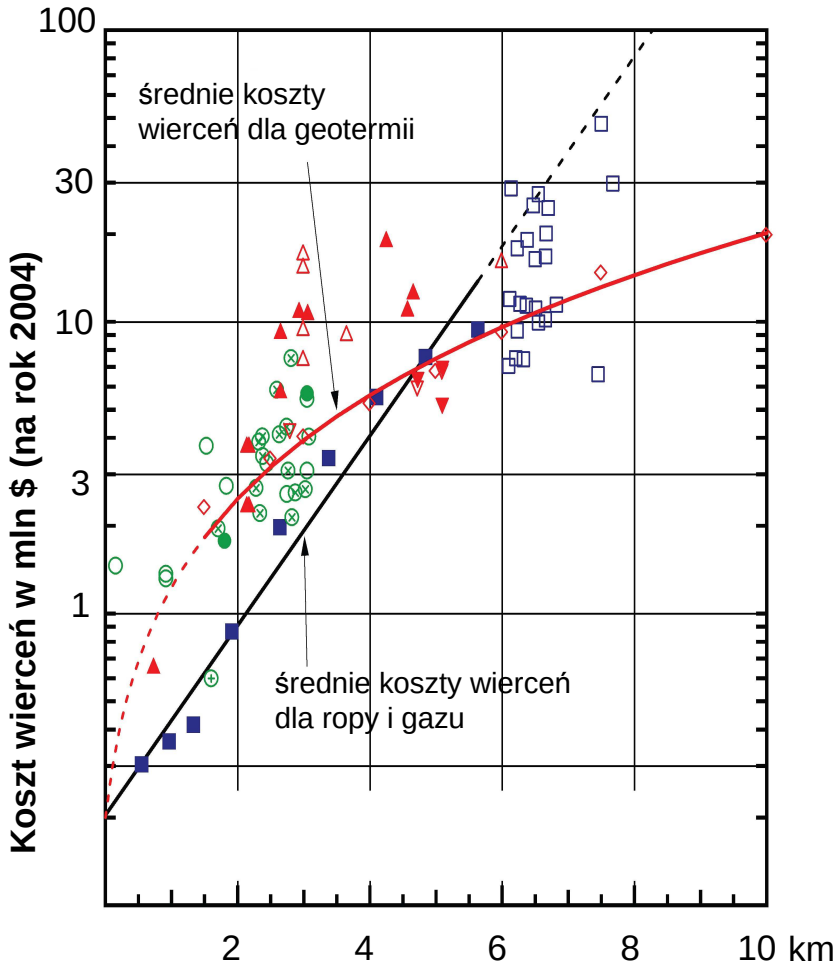
Uproszczony schemat hybrydowego obiegu ORC



Koncepcja siłowni hybrydowej



Koszt wiercenia otworów

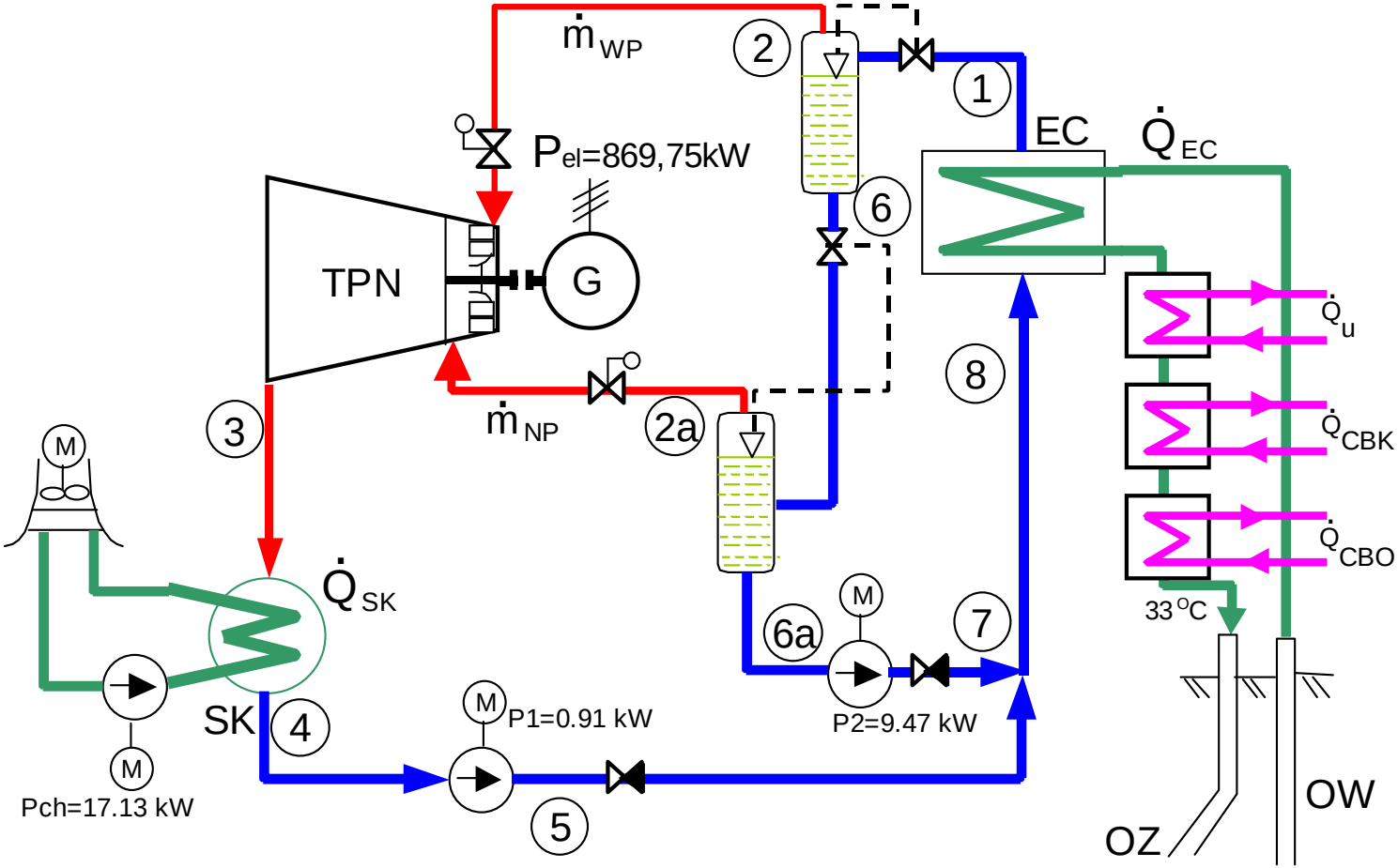


Dla instalacji geotermalnej niezbędne jest wykonanie najczęściej dwóch lub trzech otworów

Źródło: U.S.Department of Energy

Schemat połączeń maszyn i urządzeń elektrociepłowni geotermalnej PŁ z turbiną dwuprężną na parę wodną.

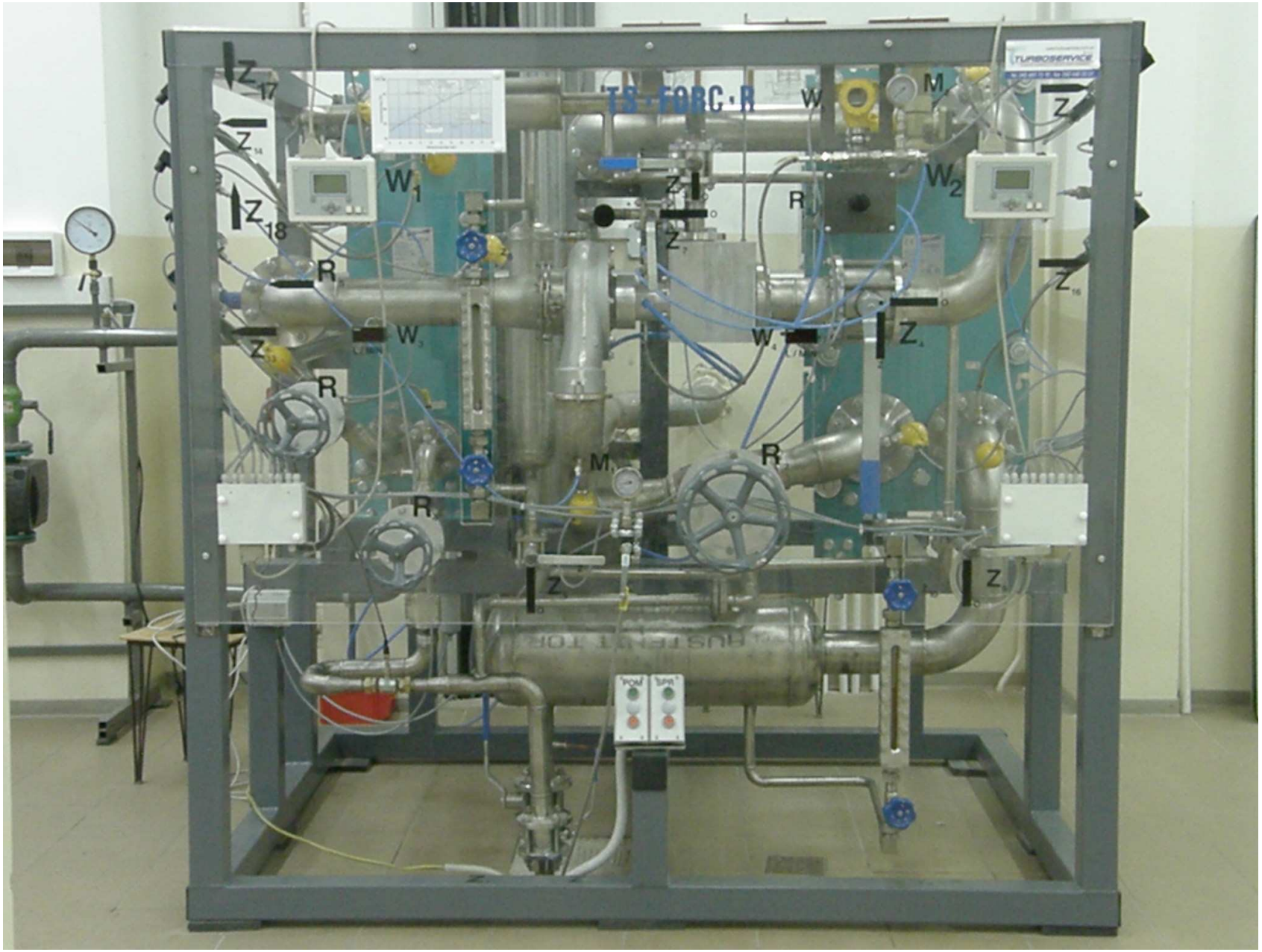
Przewidywane parametry źródła: 110 °C i 200 m³/godz.



Kaskada odbioru ciepła geotermalnego:

- elektrownia EC
- ogrzewanie budynków Q_u
- ogrzewanie basenów krytych Q_{BK}
- ogrzewanie basenów otwartych Q_{BO}

Źródło: prace własne IMP PŁ



Widok stoiska doświadczalnego w Katedrze Techniki Cieplnej

Podsumowanie

1. **Wyniki eksploatacji ciepłowni geotermalnych w Polsce wykazują, że dopiero zastosowanie układu stopniowego <u>prąd+ciepło+wody termalne</u> pozwala na osiągnięcie zadowalającego efektu ekonomicznego.**
2. **Płytkie otwory geotermalne wymagają dodatkowego źródła ciepła (np. biomasa), aby zapewnić wymagane dla produkcji energii elektrycznej temperatury czynnika.**
3. **U naszych sąsiadów (Niemcy, Austria) trwają intensywne prace nad rozwojem elektrociepłowni geotermalnych.**