

Wykorzystanie urządzeń adsorpcyjnych do produkcji chłodu z ciepła systemowego oraz odpadowego i OZE

dr inż. Karol Sztekler

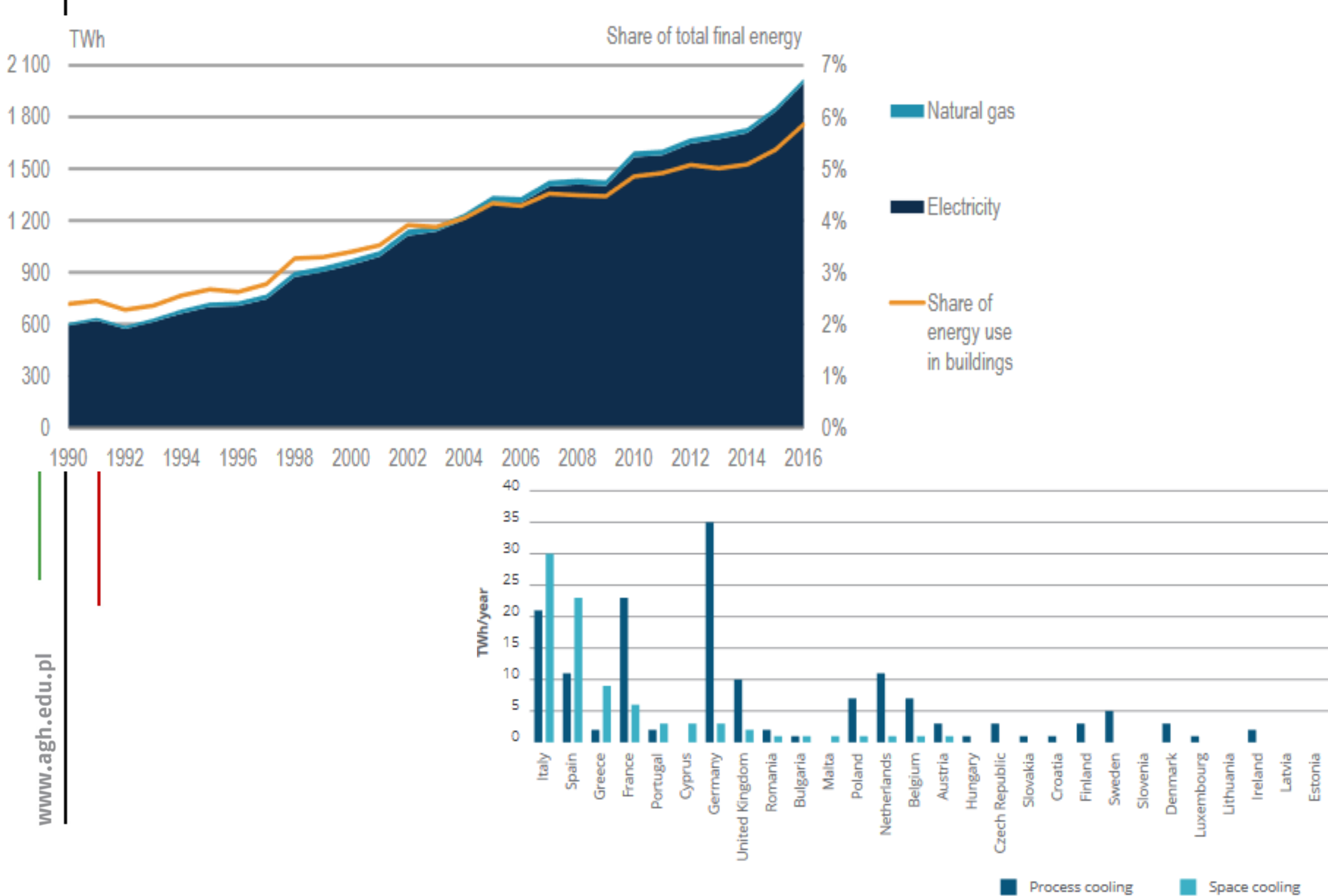
**Wydział Energetyki i Paliw
Katedra Maszyn Ciepłych i Przepływowych**

Projekt ENTRAIN: Planowanie rozwoju systemów ciepłowniczych wykorzystujących OZE dla poprawy jakości powietrza.

25 styczeń 2022

Zapotrzebowanie na chłód

- » IIR (International Institute of Refrigeration) szacuje, że sektor chłodniczy zużywa obecnie około 20% całkowitej globalnej produkcji energii elektrycznej
- » Według IIR zużycie energii przez urządzenia chłodnicze może się podwoić do 2050 roku
- » W 2019 roku w eksploatacji było około 2 miliardów jednostek klimatyzacyjnych – w większości były to urządzenia sprężarkowe napędzane energią elektryczną



Zapotrzebowanie na chłód w Polsce

- W Polsce, pomimo położenia w umiarkowanej strefie klimatycznej, wzrasta liczba dni upalnych w skali roku
- Według danych GUS z roku 2015, w Polsce w urządzenia klimatyzacyjne wyposażone było 0,95% gospodarstw domowych. Obecnie z pewnością wartość ta jest większa powodując wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną

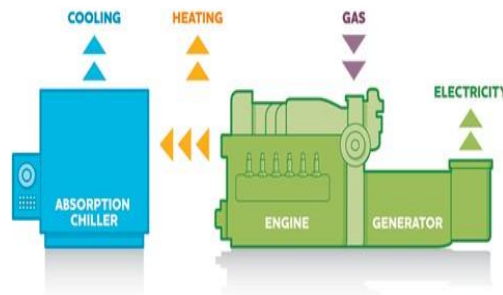
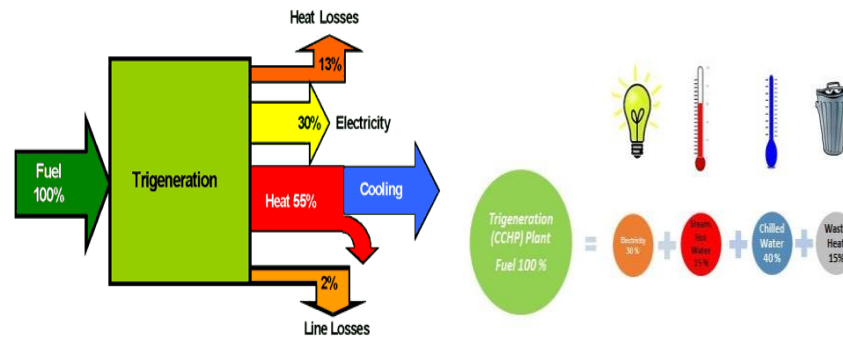
Główny cel: **neutralność klimatyczna UE**
do 2050 roku

Wytwarzanie chłodu i odsalanie wody w agregatach adsorpcyjnych idealnie wpisuje się w politykę klimatyczno-energetyczną UE. Chłodziarki adsorpcyjne wykorzystują sprężanie termiczne, co sprawia, że ich zapotrzebowanie na energię elektryczną jest wyjątkowo małe w porównaniu do pozostałych technologii.

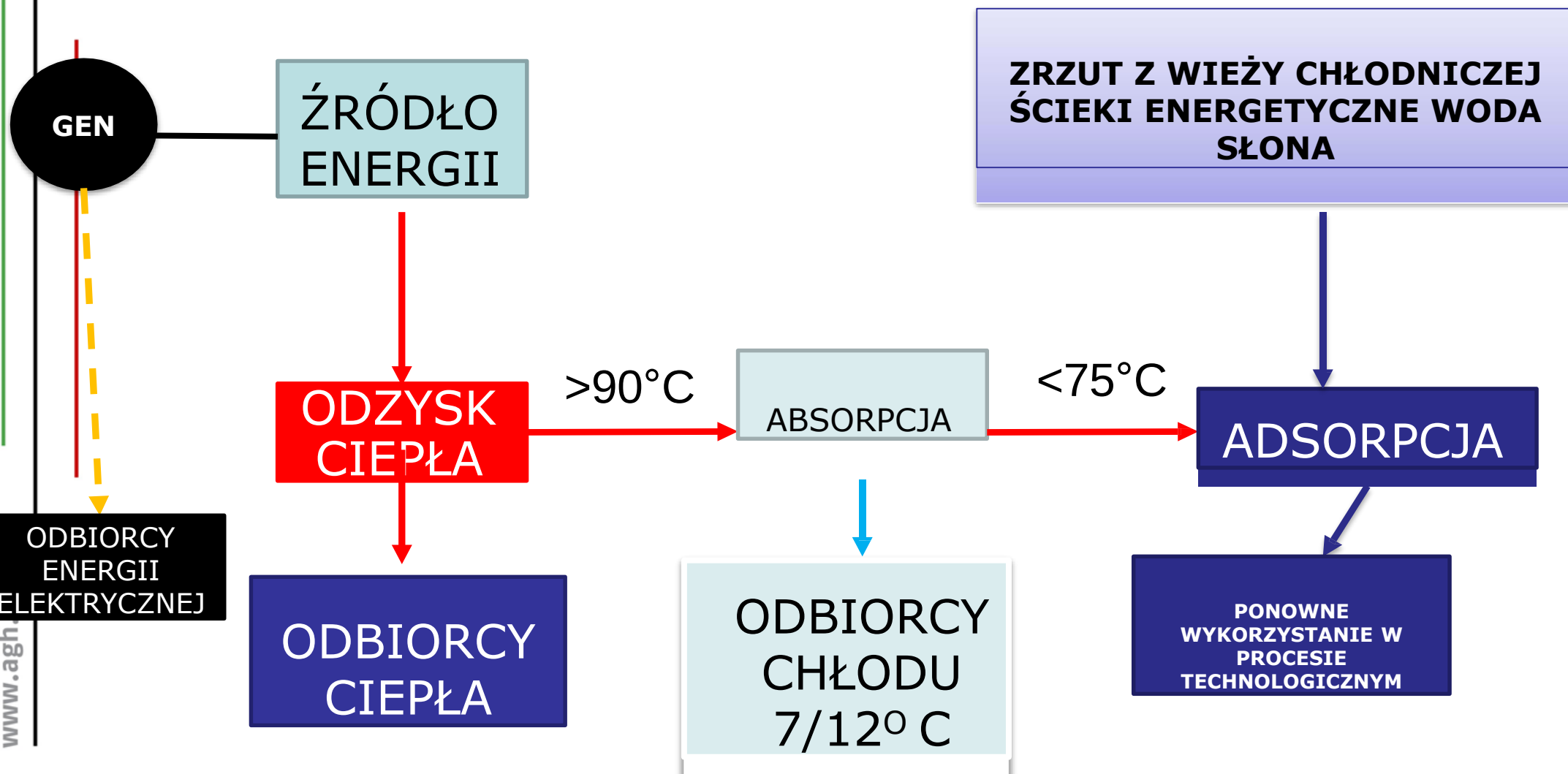
Poligeneracja adsorpcyjna

Mianem poligeneracji adsorpcyjnej określa się produkcję w jednym procesie technologicznym czterech nośników w postaci:

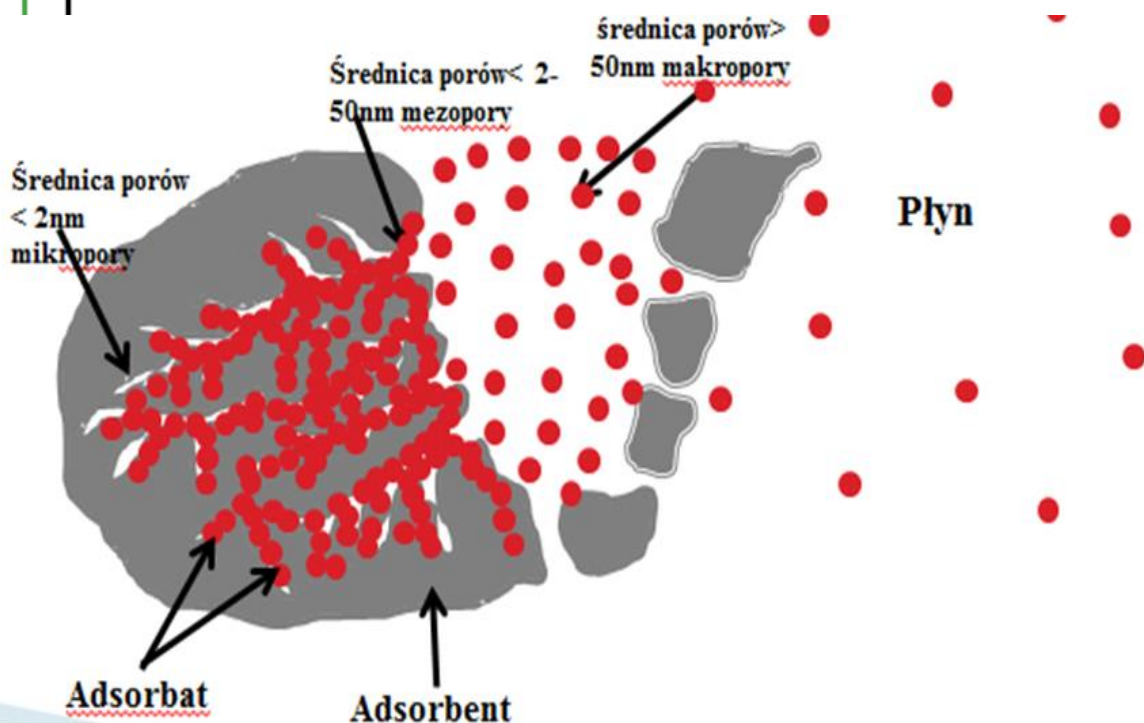
1. ciepła
2. chłodu
3. energii elektrycznej
4. wody pitnej lub oczyszczania ścieków



Poligeneracja sorpcyjna



Adsorpcja fizyczna



Adsorpcja – proces wiązania się cząsteczek, atomów lub jonów na powierzchni lub granicy faz fizycznych, powodujący lokalne zmiany stężenia.

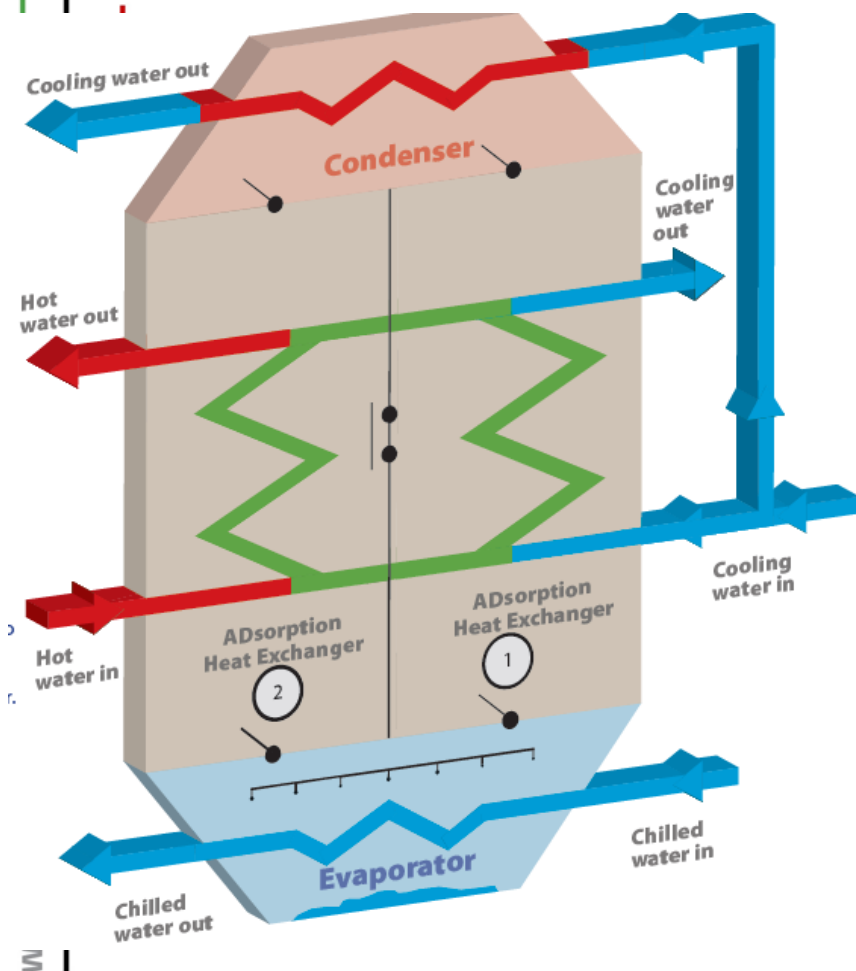
Adsorpcji nie należy mylić z **absorpcją**, która jest procesem wnikania do wnętrza fazy.

W wyniku działania sił van der Waalsa (o dużym zasięgu oddziaływania), dochodzi do nagromadzenia się cząsteczek lub atomów jednej substancji na powierzchni ciała silnie higroskopijnego.

Substancja adsorbowana zwana jest **adsorbatem**, natomiast ciało, na którym zachodzi proces to **adsorbent**.

Energia uwalniana podczas przemiany jest na poziomie entalpii kondensacji.

Agregat Adsorpcyjny - Idea

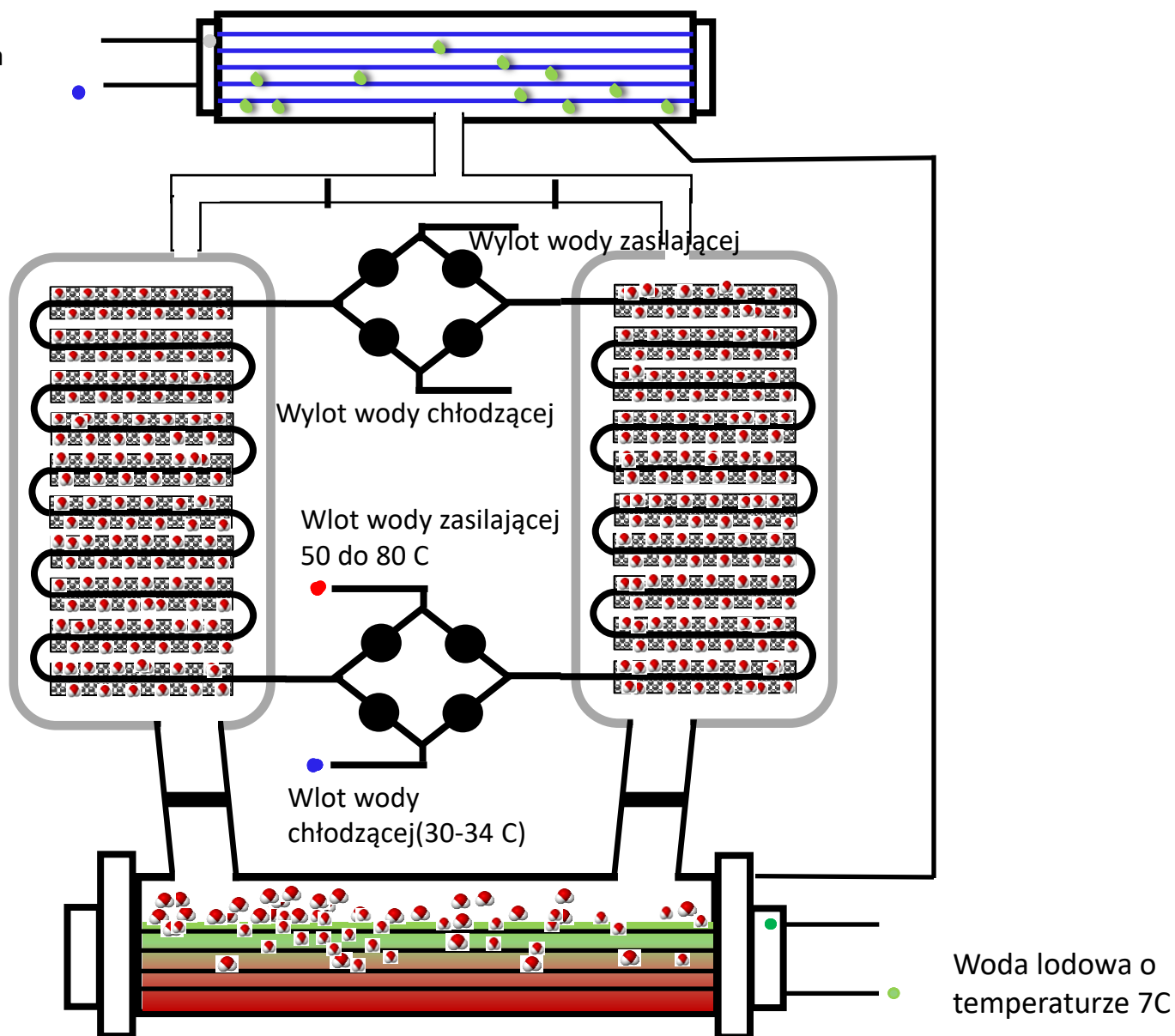


Adsorpcyjne agregaty chłodnicze są urządzeniami, w których proces sprężania czynnika roboczego odbywa się bez wykonania pracy mechanicznej wymaganej do kompresji w urządzeniach zasilanych elektrycznie. W zastępstwie energii mechanicznej, urządzenia te wykorzystują ciepło, dzięki któremu kompresja czynnika odbywa się na zasadzie „**sprężarki termicznej**”.

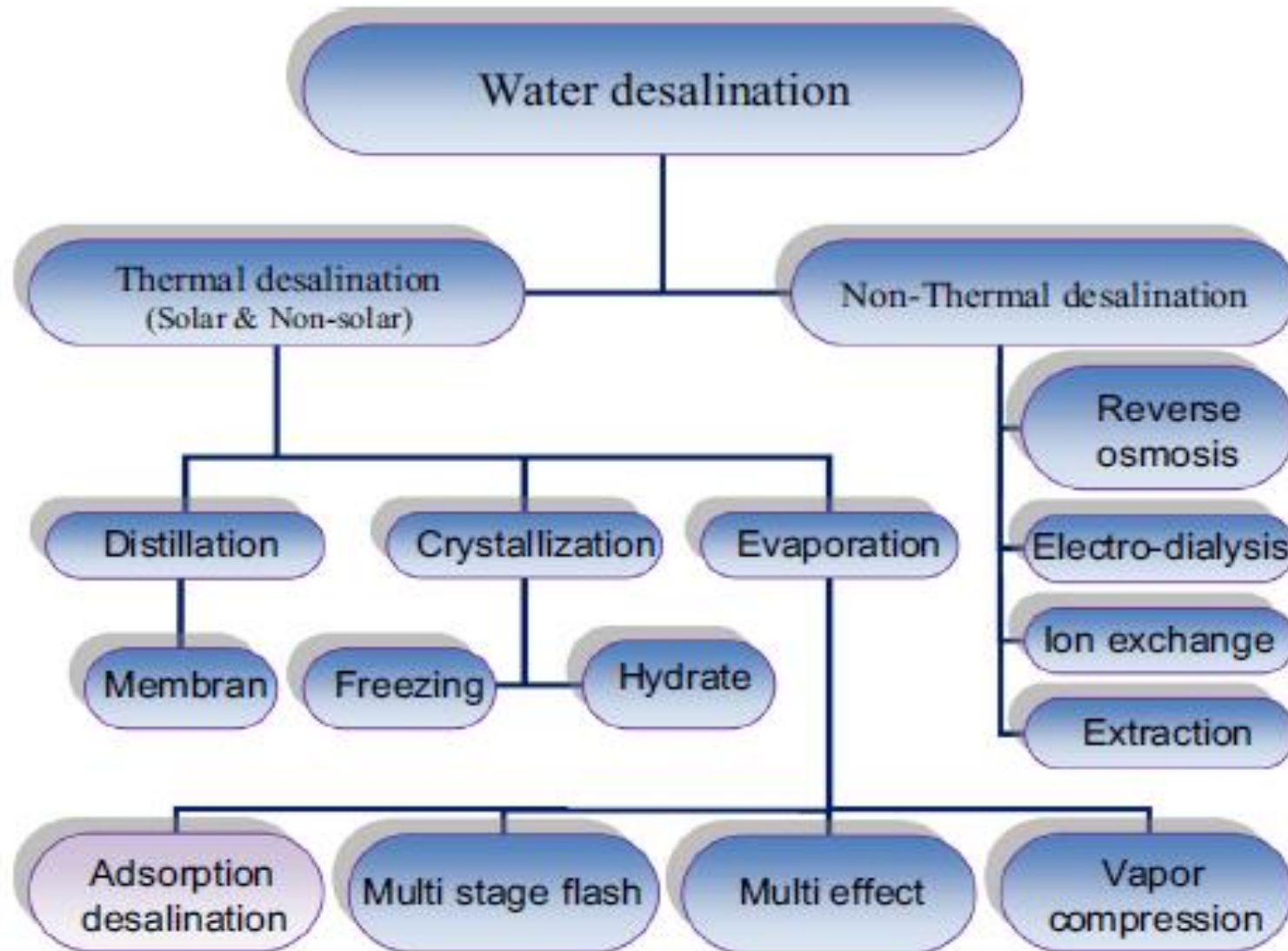
Fakt ten sprawia, że urządzenia te mogą działać w oparciu o ciepło odpadowe, czyniąc je bardzo ekologicznymi i energooszczędnymi układami chłodniczymi. Urządzenie bazuje na procesie adsorpcji, w którym to adsorbentem jest ciało stałe silnie higroskopijne, rolę adsorbentu spełnia para wodna.

Zasada działania

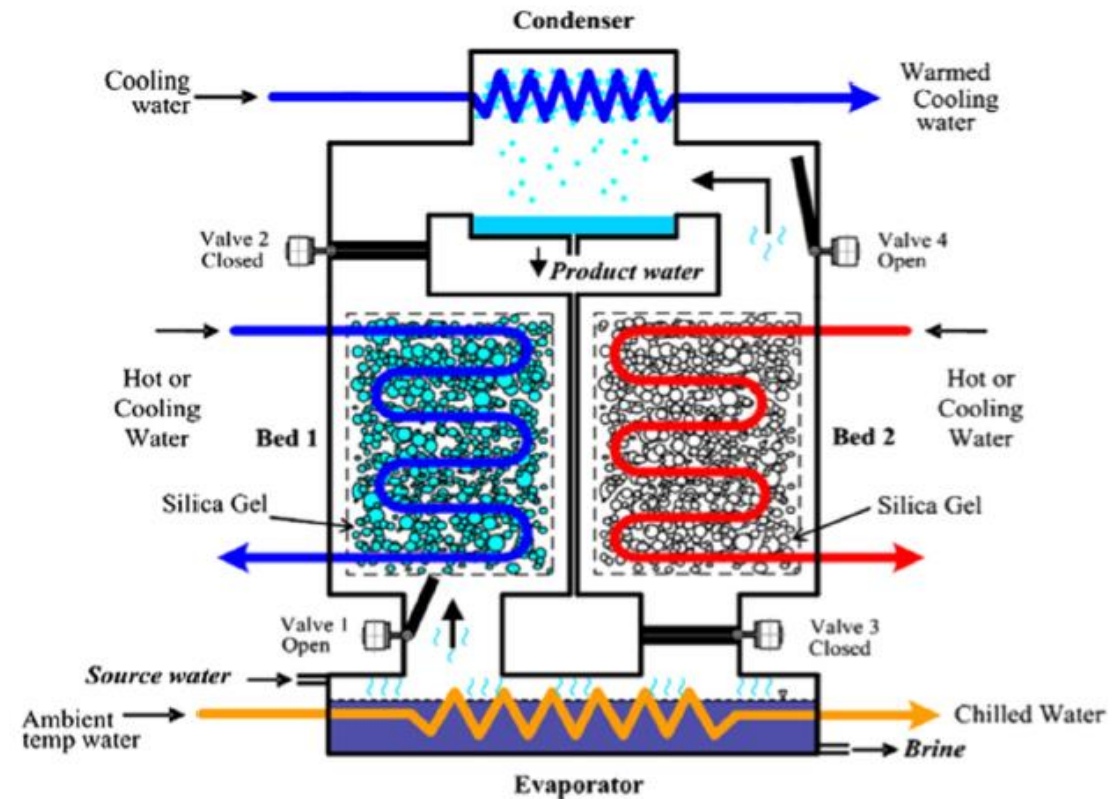
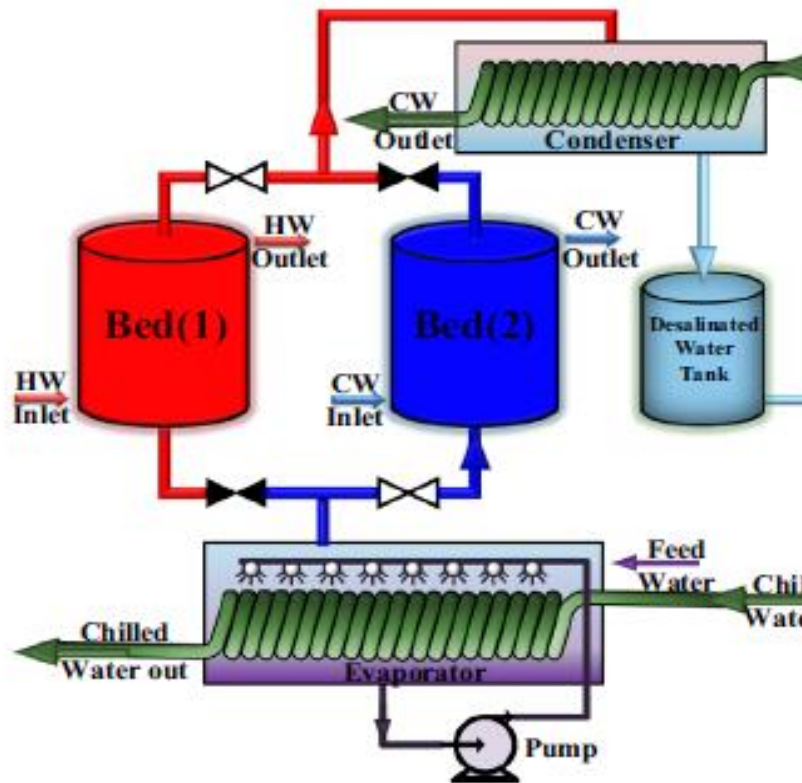
Woda chłodząca
skraplacz
(30-34 C)



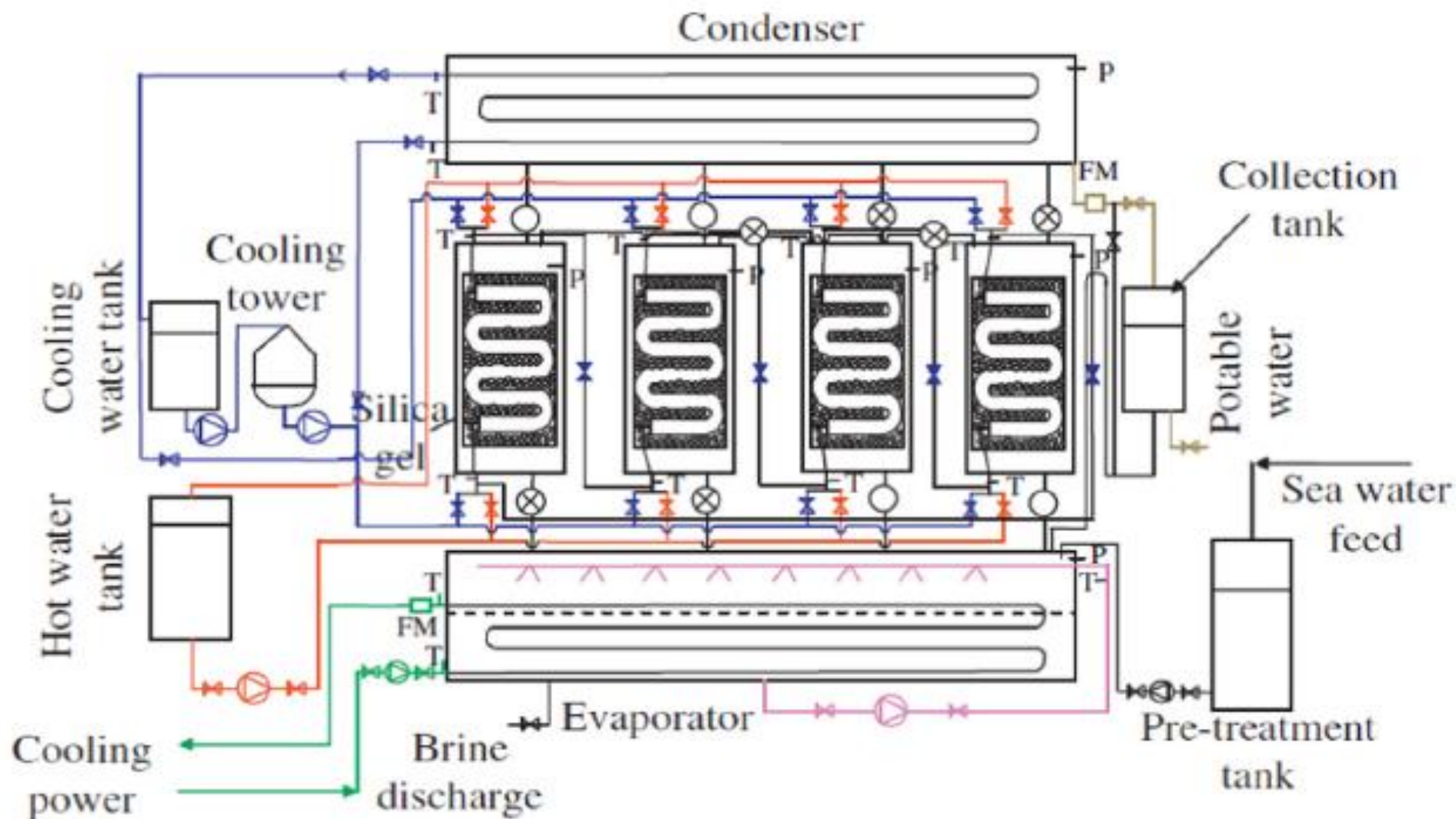
Metody odsalania wody



Agregat Adsorpcyjny z funkcją odsalania



4 – złożowy agregat adsorpcyjny z odsalaniem wody



Parametry wydajności agregatów adsorpcyjnych

- » Współczynnik efektywności chłodniczej **COP (Coefficient of Performance)**

$$COP = \frac{CC}{HP} = \frac{\dot{m}_{ch} \cdot c_{p_{ch}} \cdot \Delta T_{ch}}{\dot{m}_h \cdot c_{p_h} \cdot \Delta T_h}$$

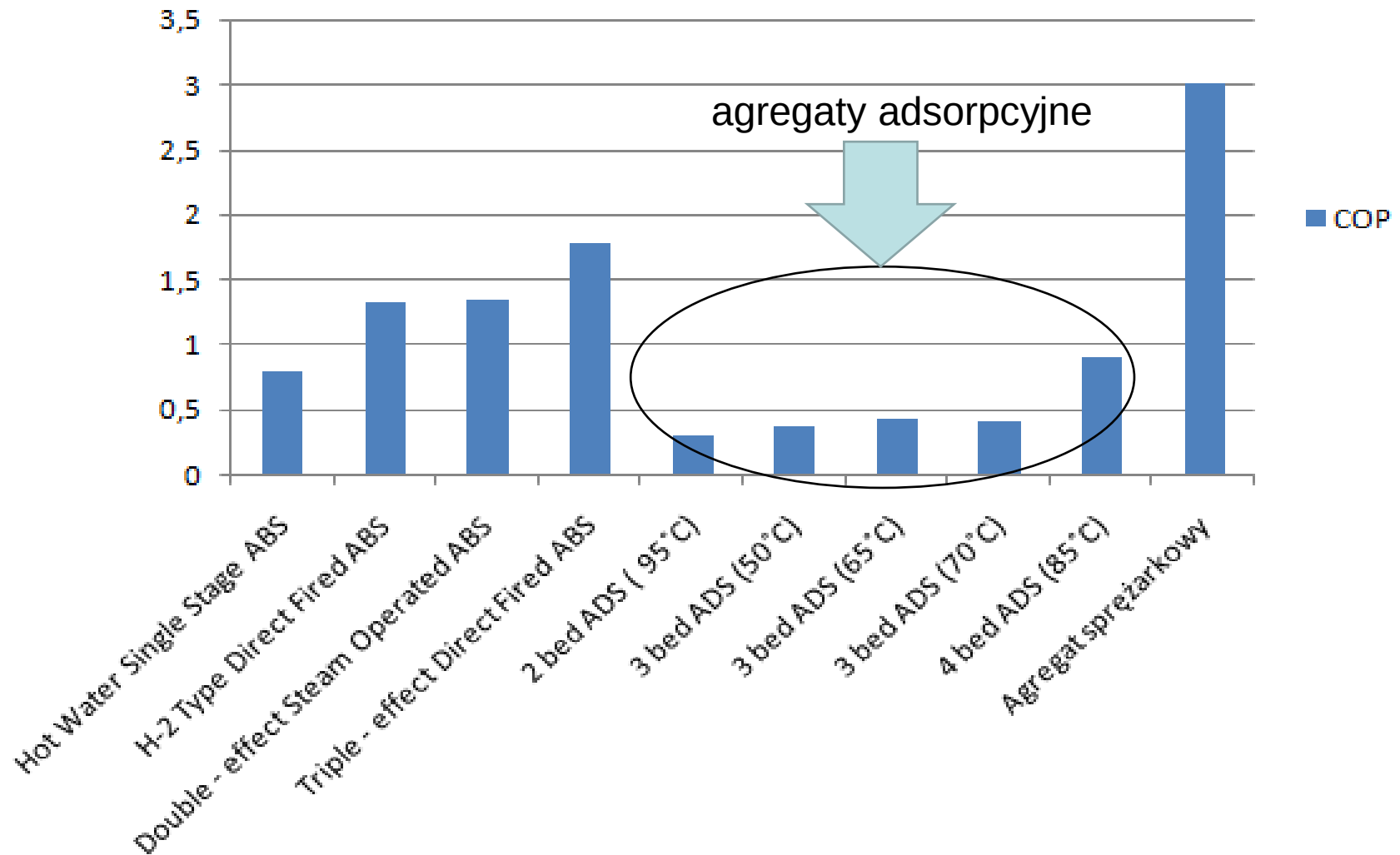
Gdzie: CC – wydajność chłodnicza; HP – moc grzewcza; $\dot{m}_{ch/h}$ – strumień masy wody zasilającej/chłodzącej ; $c_{p_{ch/h}}$ – ciepło właściwe wody zasilającej/chłodzącej w temp. Wejścia; $\Delta T_{ch/h}$ – różnica temperatury zasilającej/chłodzącej na wejściu i wyjściu.

- » **SCP (Specific cooling Power)** – przedstawia zdolność agregatu do uzyskania efektu chłodzenia w odniesieniu do masy użytego adsorbentu.

$$SCP = \frac{Q_{chill}}{M_{total}}$$

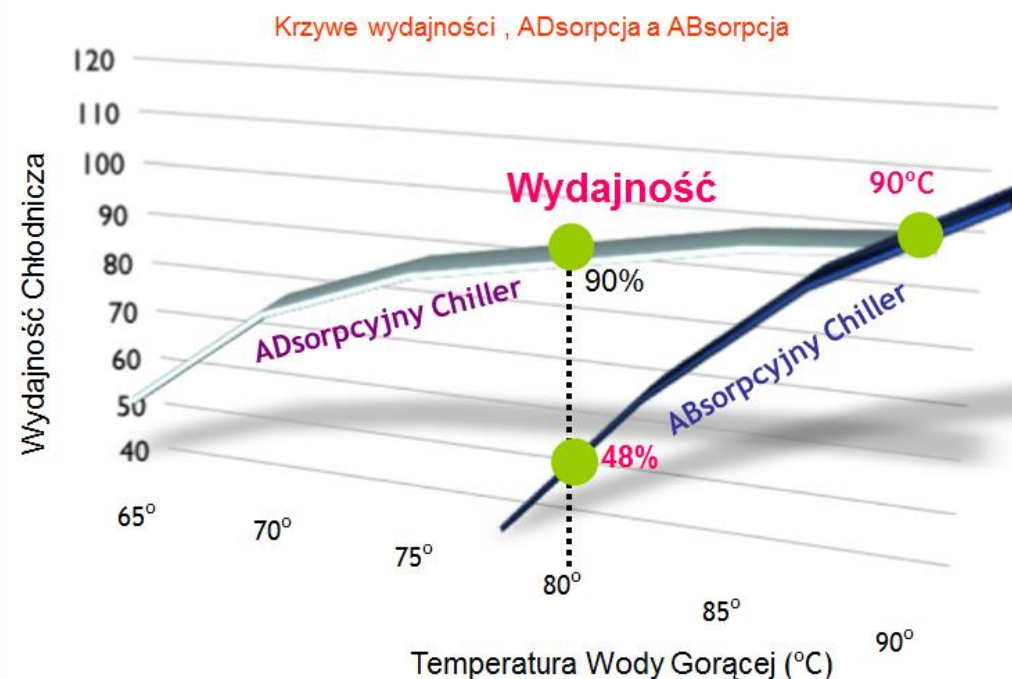
Gdzie: Q_{chill} – wydajność chłodnicza; M_{total} – masa adsorbentu

Zestawienie COP dla agregatów chłodniczych



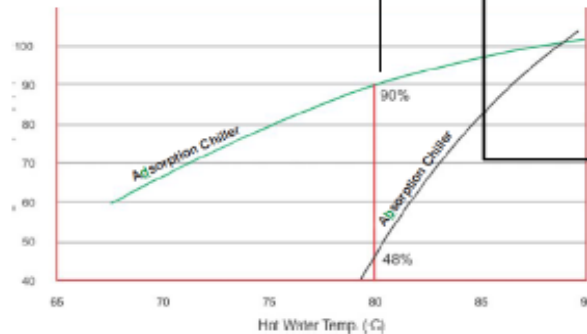
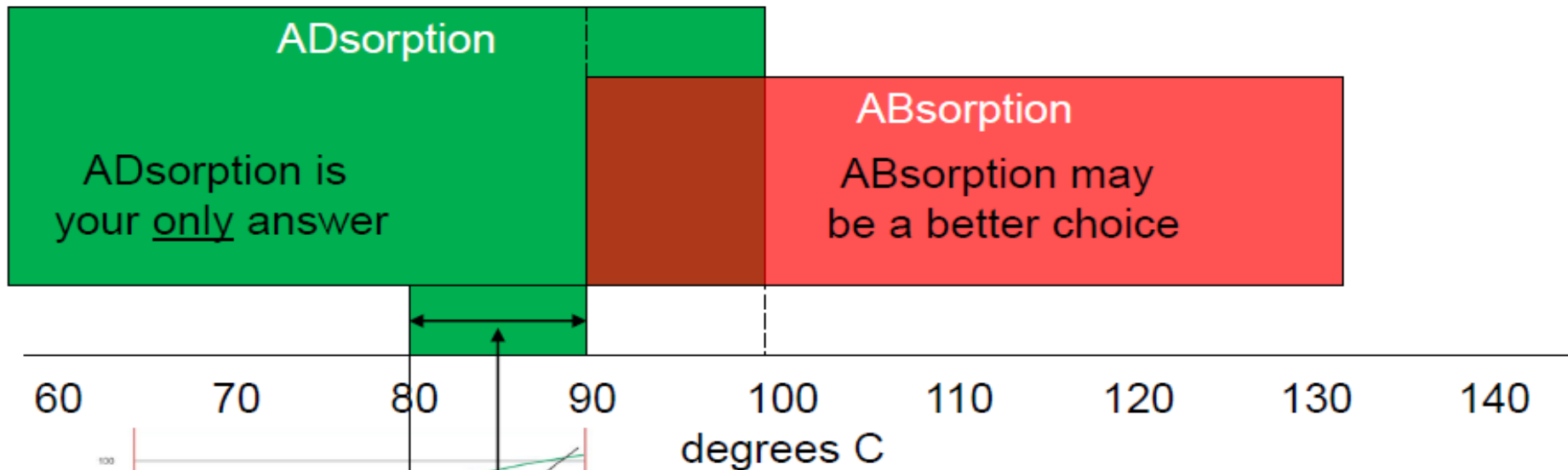
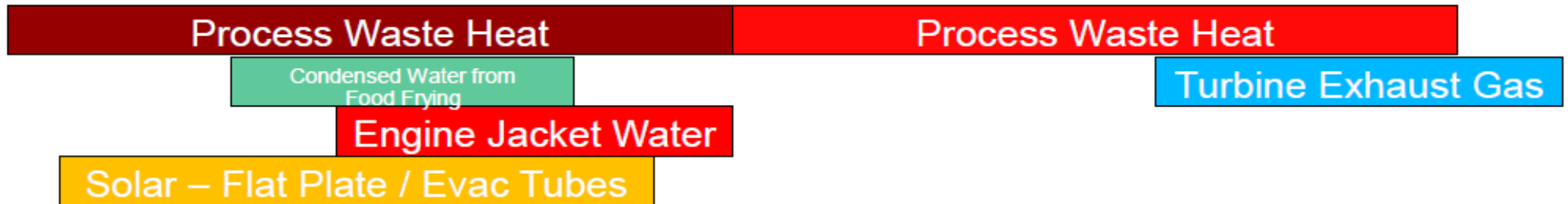
Parametry ciepła zasilającego agregat adsorpcyjny

Najistotniejszym parametrem, regulującym efektywność pracy agregatu adsorpcyjnego jest temperatura strumienia ciepłego, wykorzystywanego do regeneracji źródeł adsorpcyjnych. Innymi słowy – ograniczeniem jest temperatura, poniżej której źródło nie zregeneruje się w stopniu zapewniającym funkcjonalność układu chłodniczego. Przewagą urządzeń adsorpcyjnych nad agregatami absorpcyjnymi jest możliwość efektywnej pracy przy niższej temperaturze zasilania.



Efekt chłodzenia jest zauważany już na poziomie ok. 45°C.

Adsorpcja vs Absorpcja



80-90°C Sweet spot of Adsorption

Przykładowe układy adsorbat - adsorbent

Para adsorbent-adsorbat	Temperatura regeneracji	Zastosowanie
Węgiel aktywny –metanol	80–100 °C	Produkcja lodu(–10°C)
Chlorek wapnia –amoniak	120–150°C	Produkcja lodu (–10 do –20°C)
Zeolit–woda	< 90°C	Woda lodowa do klimatyzacji
SWS*– woda	80–100 °C	Urządzenia chłodnicze i pompy ciepła
Silikażel–woda	< 90°C	Woda lodowa do klimatyzacji

*Selective Water Sorbents – podłoża t.j. silikażel, tlenek glinu impregnowane nieorganicznymi solami (CaCl_2 , LiBr , MgCl_2 , MgSO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)

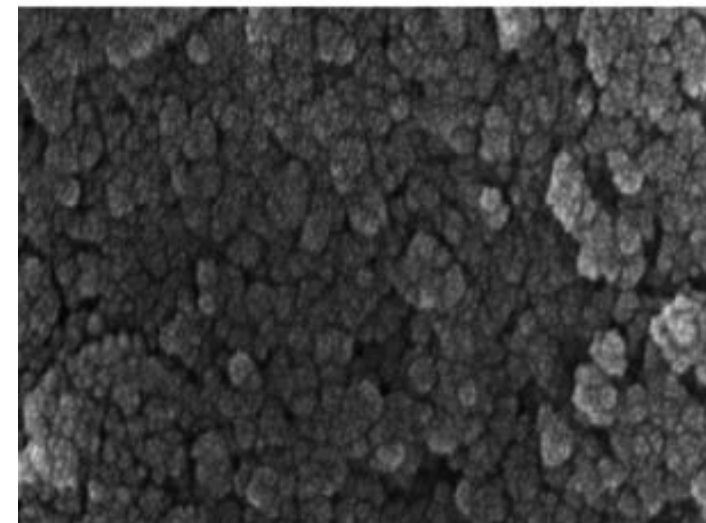
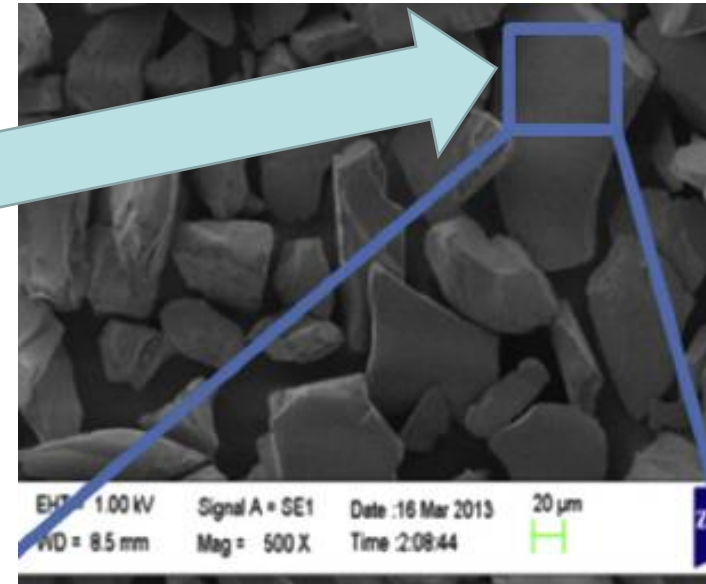
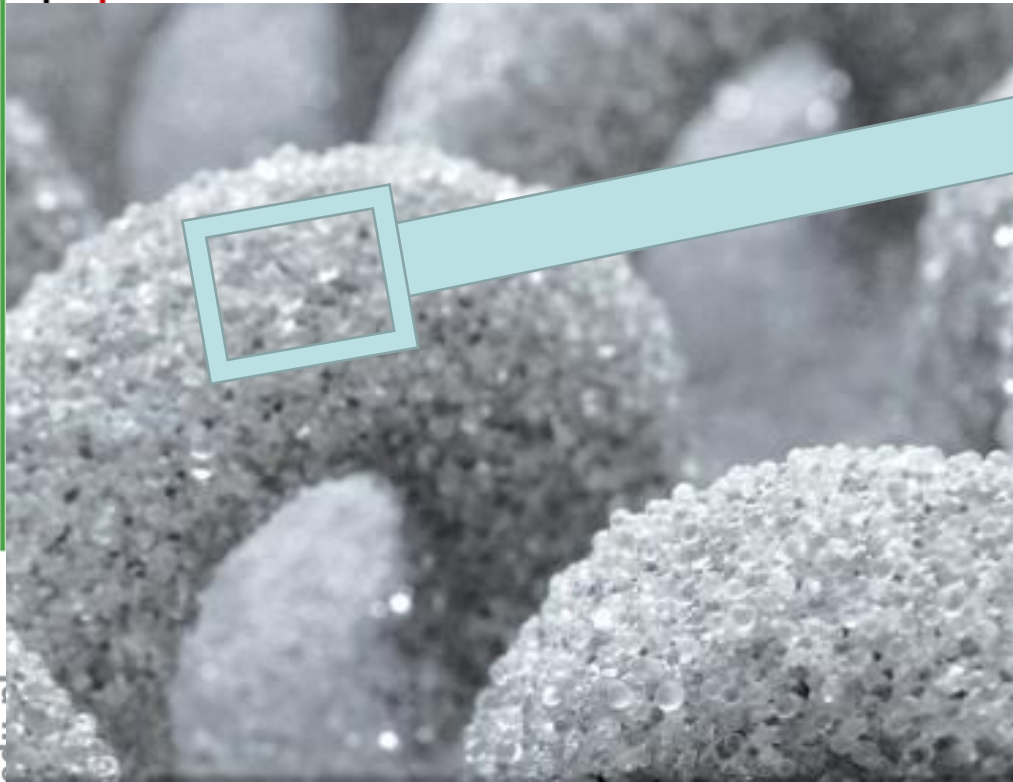
Źródło:

[1]Wang R.Z., Xia Z.Z., Wang L.W., Lu Z.S., Li S.L., Li T.X., Wu J.Y., He S.: Heat transfer design in adsorption refrigeration systems for efficient use of low-grade thermal energy. *Energy*, Vol. 36, pp. 5425–5439, 2011.

[2]Myat A., Ng K.C., Thu K., Young-Deuk K., Experimental investigation on the optimal performance of Zeolite–water adsorption chiller., *Applied Energy*,102,582-590, 2013

[3]Akisawa A, Miyazaki T : Multi-bed adsorption heat pump cycles and their optimal operation. In: *Advances in Adsorption Technology*, Editors: Saha B.B., Ng K.C. Nova Science Publishers,2010,str.36

Struktura silikażelu



Type of adsorbent	Regeneration temperature (°C)
Silica gel	55–140
Activated alumina	120–260
Zeolite molecular sieve	175–370

Produkcja chłodu i wody pitnej

Energia słoneczna



Ciepło odpadowe lub Ciepło Solarne

Bardzo niskie zużycie energii elektrycznej

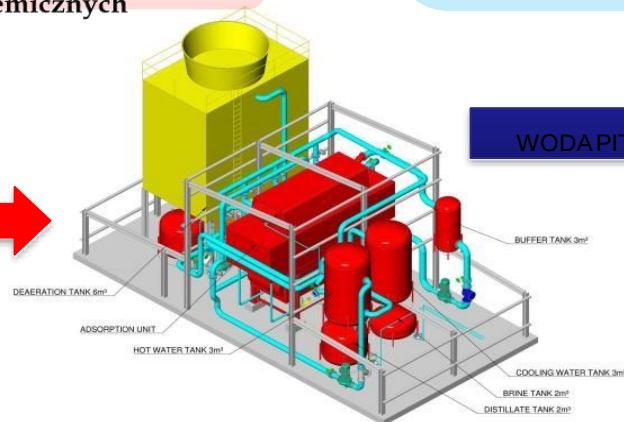
Brak konieczności stosowania dodatków chemicznych

Wysokiej jakości woda destylowana

(TDS = 0 - 5 ppm)

Woda Lodowa o temperaturze 7 °C

Przy zużyciu energii elektrycznej poniżej 1,2 kWh/m³



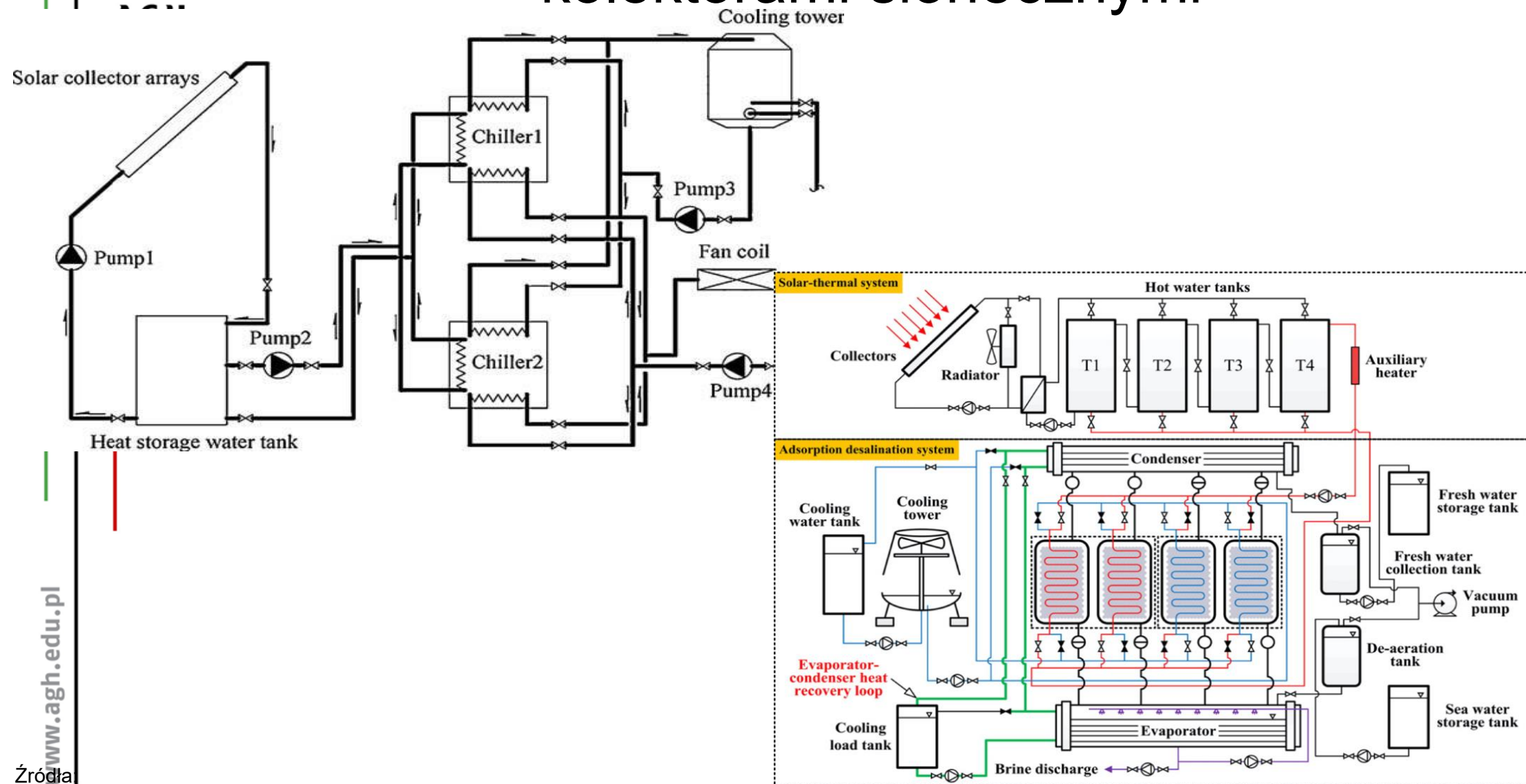
WODAPITNA

CHŁÓD



Ciepło odpadowe

Chłodziarki adsorpcyjne w układach z kolektorami słonecznymi



Źródła

- [1] Zhai X.Q.; Wang R.Z.; Dai Y.J.; Wu J.Y.; Xu Y.X.; Ma Q. Solar integrated energy system for a green building. Energy and Buildings 2007, 39, 985–993
- [2] Amanul Alam K.C.; Saha B.B.; Akisawa A. Adsorption cooling driven by solar collector: A case study for Tokyo solar data. Applied Thermal Engineering 2013, 50, 1603–1609
- [3] Solar Village – KACST. Dostępny: <http://newenergytransfer.com/?x-portfolio=cementownia-alsawfa-sollar-village>

Chłodziarki adsorpcyjne w układach z kolektorami słonecznymi

Przykłady instalacji adsorpcyjnych zintegrowanych z kolektorami słonecznymi:

Lp.	Miejsce	Para robocza	Parametry systemu	Źródło
1.	Szanghaj, Chiny	Żel krzemionkowy – woda	Moc chłodnicza: średnia dla cyklu 8h wynosi 15.31 kW COP: 0.35	[1]
2.	Tokio, Japonia	Żel krzemionkowy – woda	Moc chłodnicza: 10 kW COP: 0.55	[2]
3.	Arabia Saudyjska	Żel krzemionkowy – woda	Moc chłodnicza: 1070 kW Produkcja wody odsolonej: 100 t/dobę	[3]

Źródła

[1] Zhai X.Q.; Wang R.Z.; Dai Y.J.; Wu J.Y.; Xu Y.X.; Ma Q. Solar integrated energy system for a green building. Energy and Buildings 2007, 39, 985–993

[2] Amanul Alam K.C.; Saha B.B.; Akisawa A. Adsorption cooling driven by solar collector: A case study for Tokyo solar data. Applied Thermal Engineering 2013, 50, 1603–1609

[3] Solar Village – KACST. Dostępny: <http://newenergytransfer.com/?x-portfolio=cementownia-alsawfa-sollar-village>

1.2 MW_c chłodziarka adsorpcyjna KACST NET

Solar Village ADC Plant produces distillate

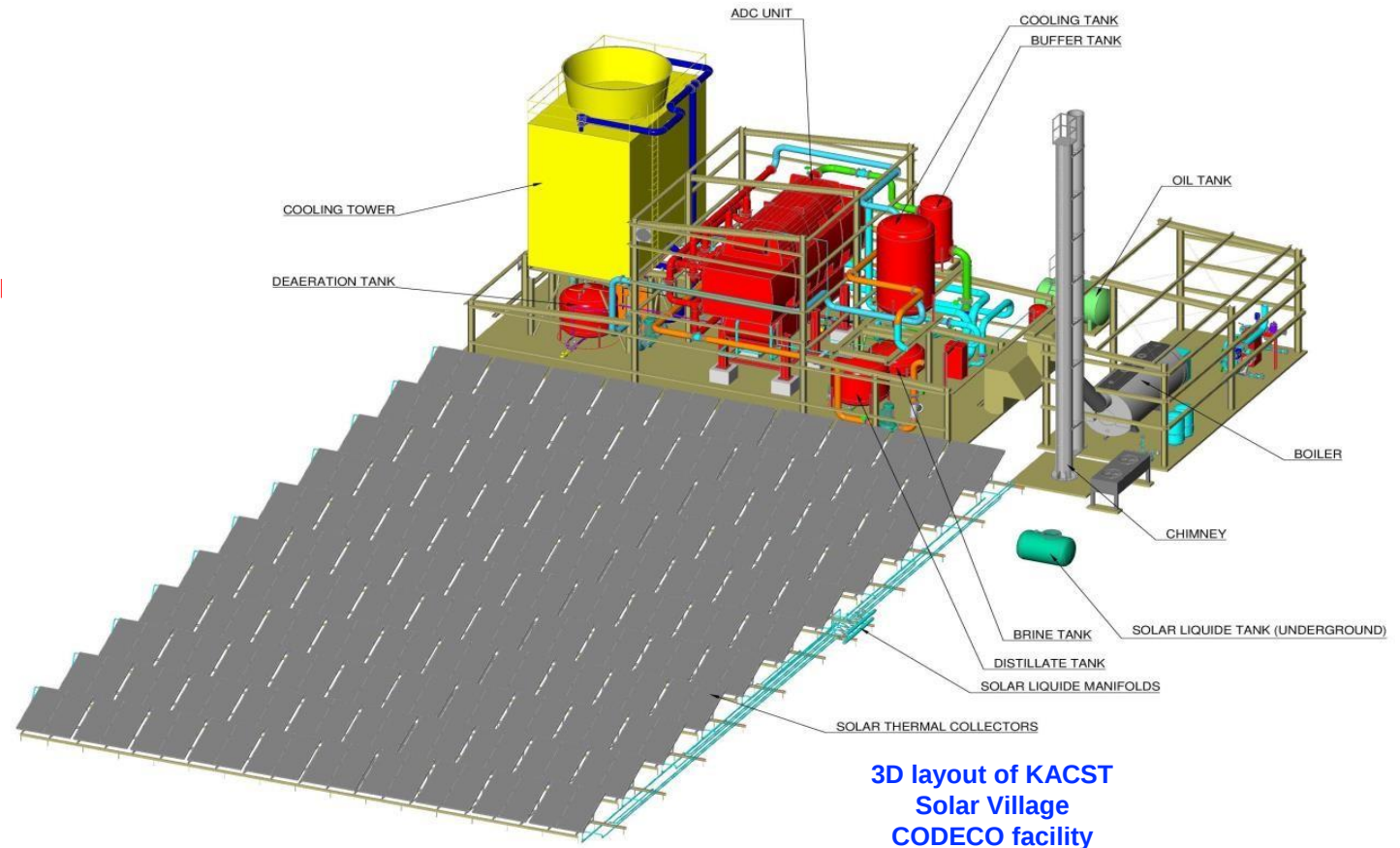
water

KACST Lab Results from September, 2016:

Saline water treatment results:

PH = 6,85

TDS = 3 ppm Silica = 0,3 ppm CaCo3 = 25 p



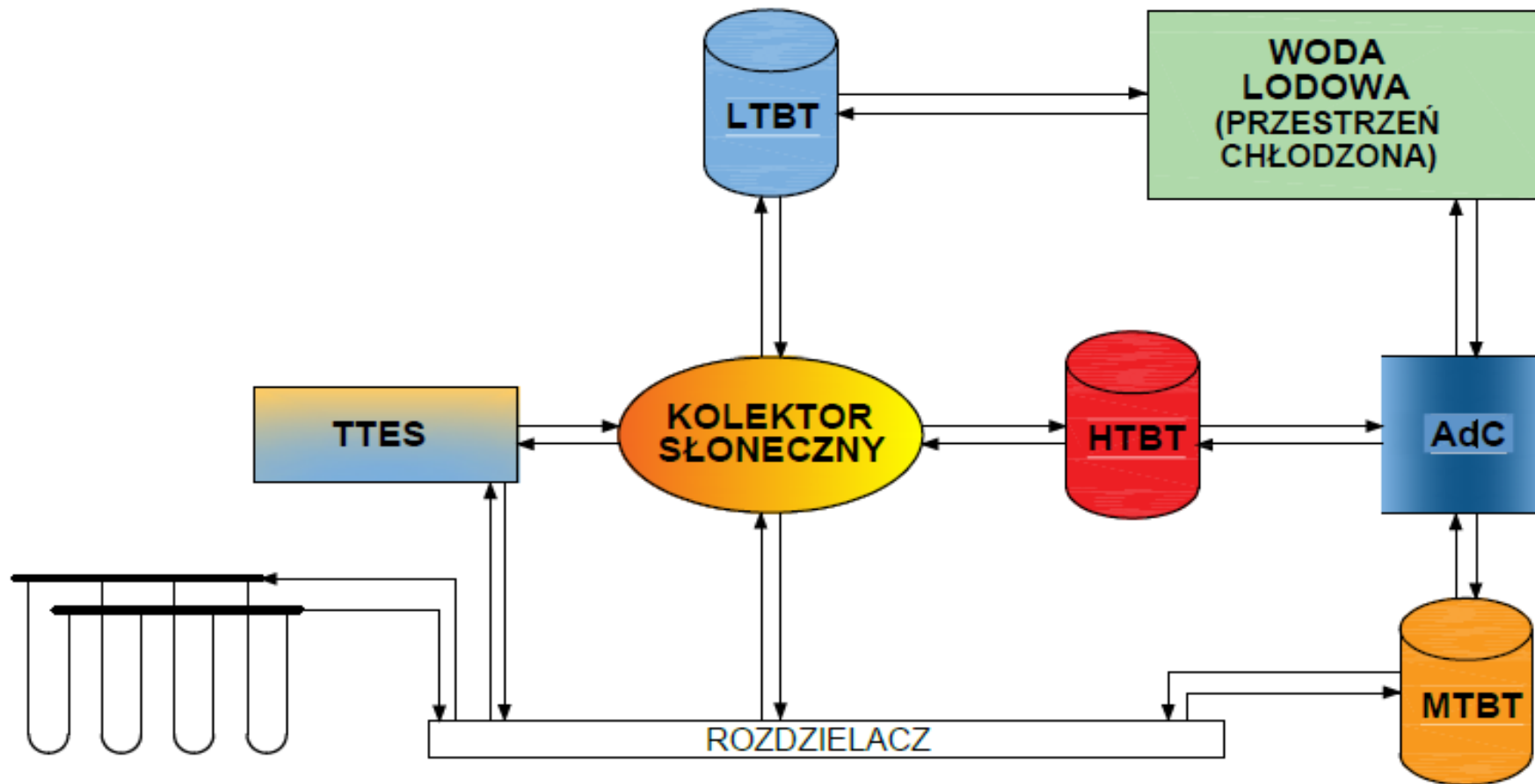
ADSORPTION Chiller Unit for KACST Solar Village is currently the world largest existing and most advanced adsorption technology with maximum cooling capacity of 1,2 MW

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلم والتكنولوجيا KACST

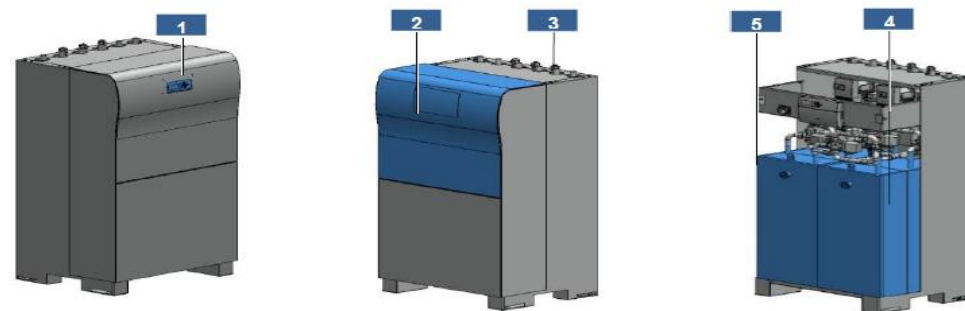
www.agh.

NET
New Energy Transfer

Chłodziarki adsorpcyjne w układach z kolektorami słonecznymi



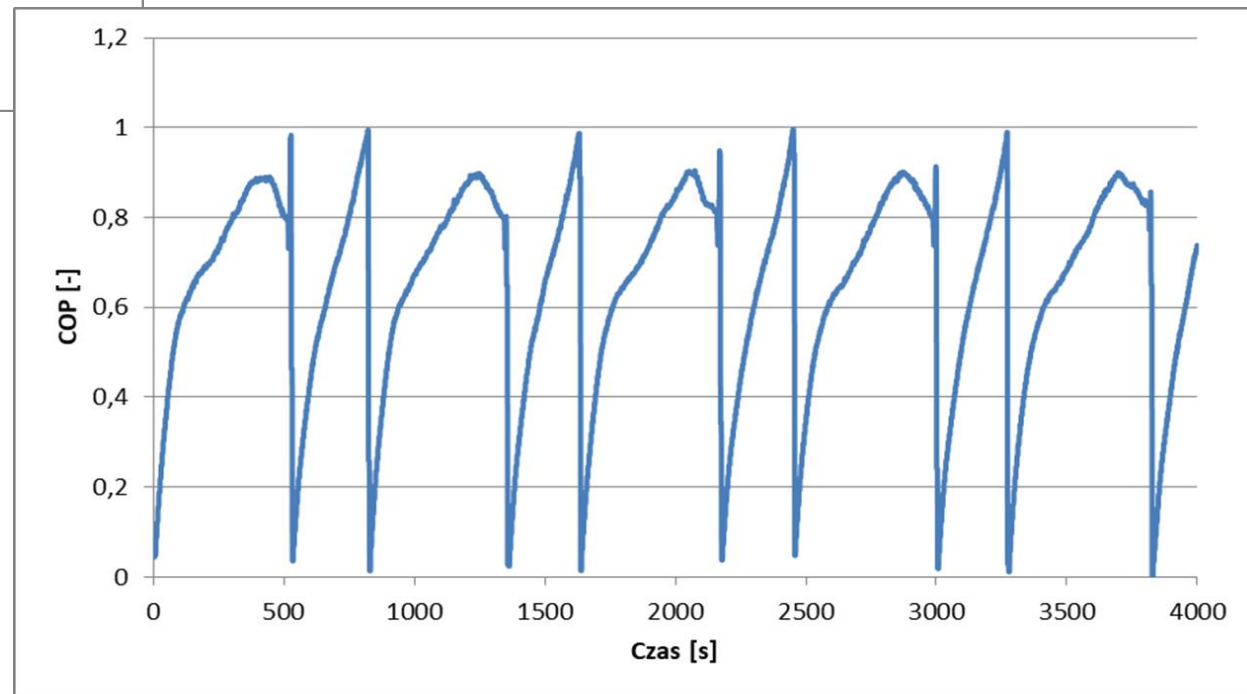
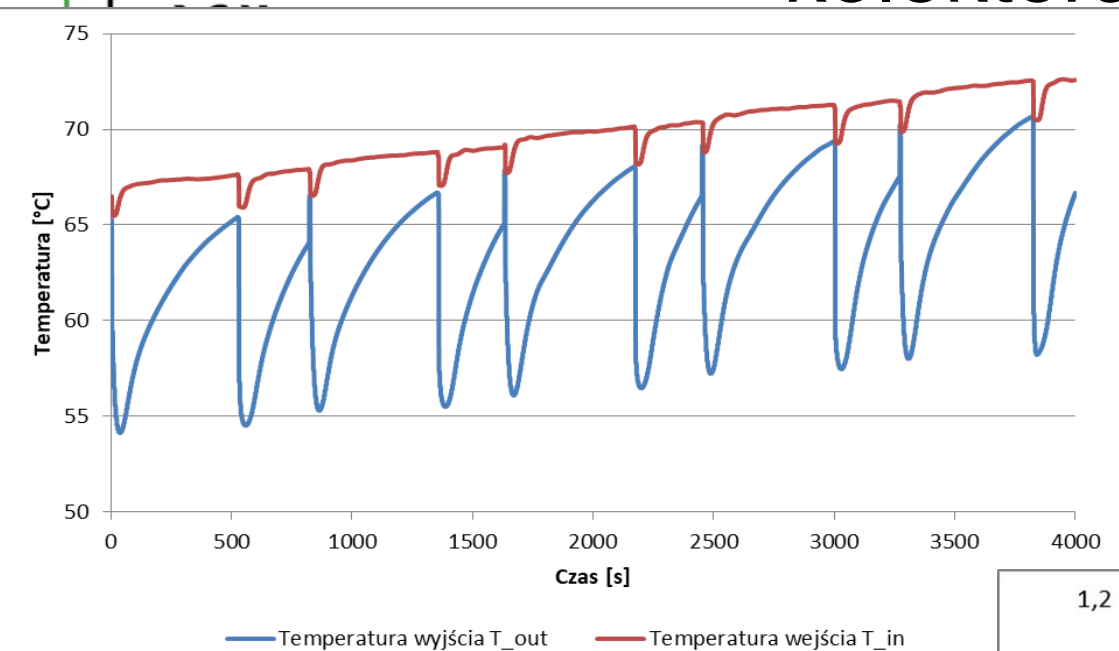
Chłodziarki adsorpcyjne w układach z kolektorami słonecznymi



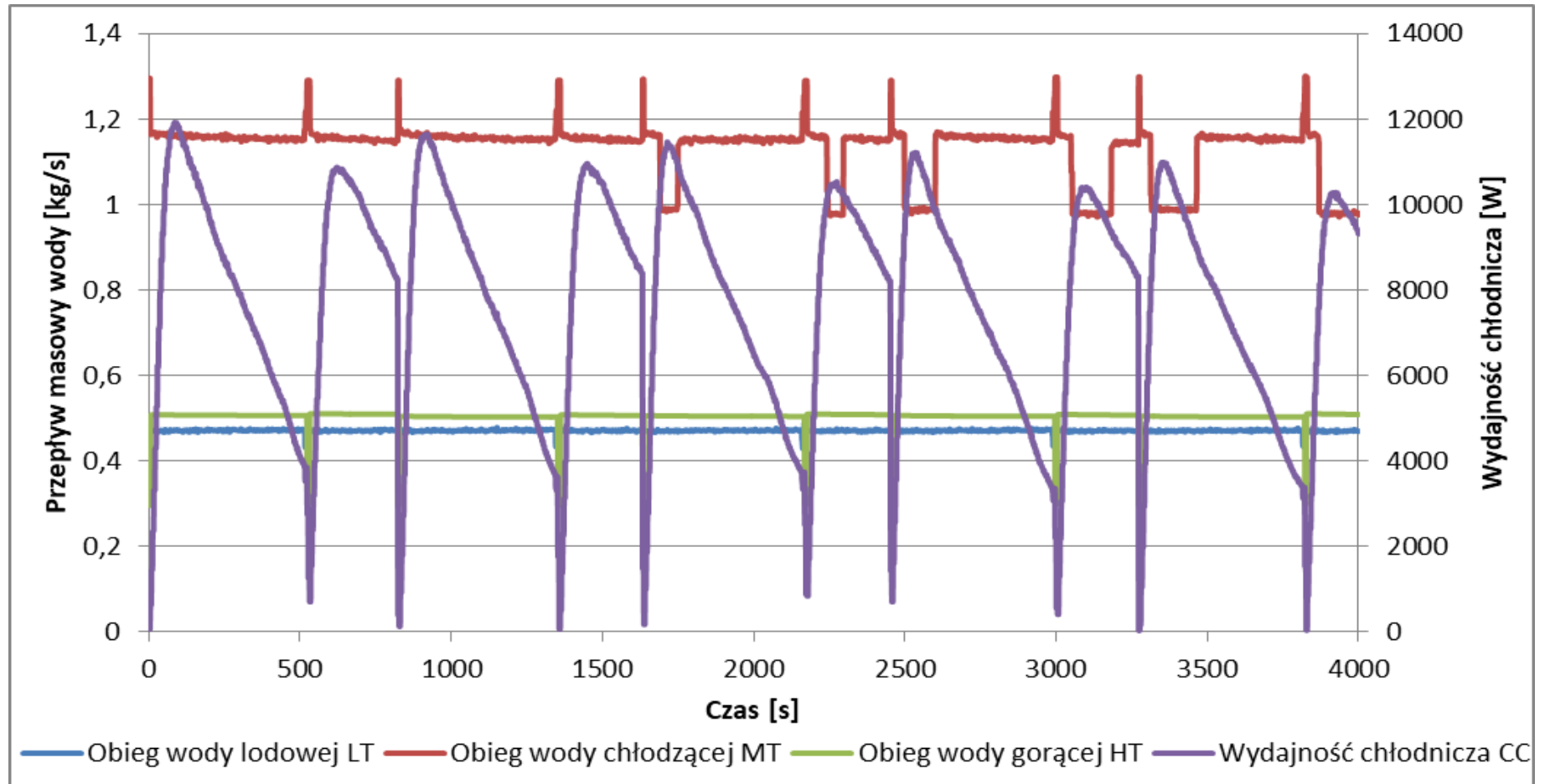
1	Kontroler	2	Obudowa przednia
3	Przyłącza hydrauliczne	4	Moduł 1
5	Moduł 2		

Parametr	Wartość
Wydajność chłodnicza CC	maks. 16,0 kW
Współczynnik efektywności chłodniczej COP	maks. 0,65
Zakres temperatur obiegu wody gorącej (obiegu zasilającego)	50 – 95 °C
Zakres temperatur obiegu wody chłodzącej	maks. 40 °C
Zakres temperatur obiegu wody zimnej	min. 8 °C

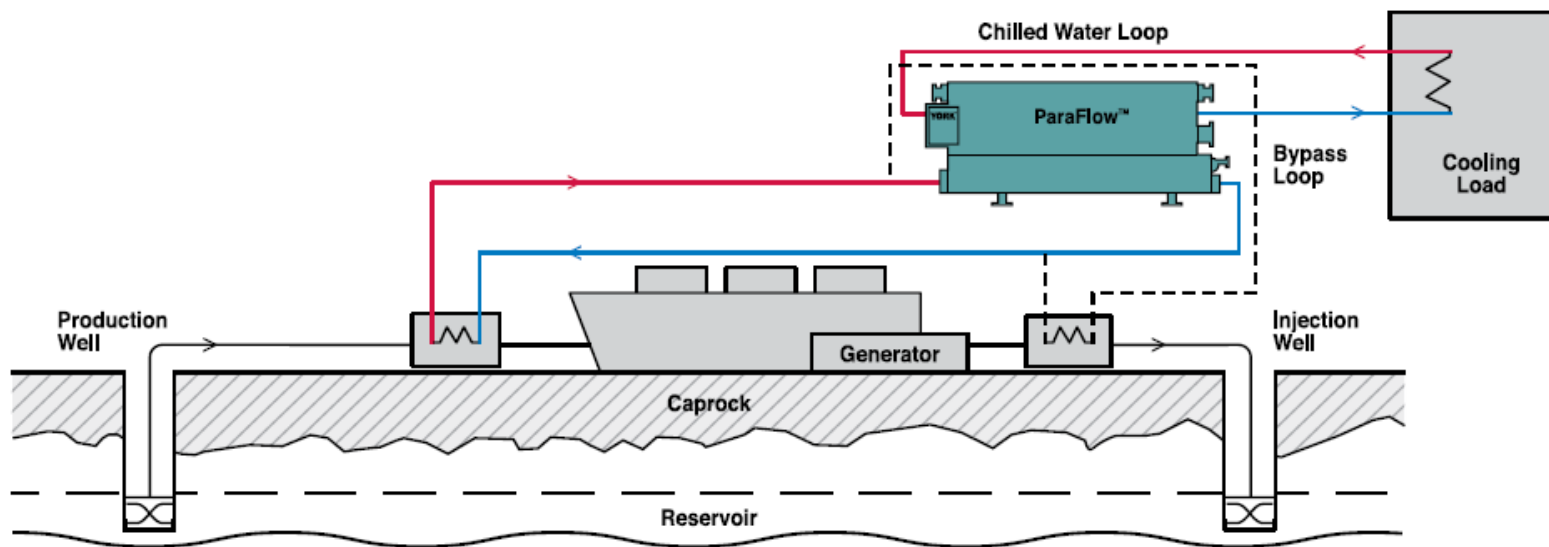
Chłodziarki adsorpcyjne w układach z kolektorami słonecznymi



Chłodziarki adsorpcyjne w układach z kolektorami słonecznymi



Chłodziarki adsorpcyjne w układach z wodą geotermalną



Jak podaje PGA na terenie Polski występuje co najmniej 6 600km² złóż wód geotermalnych o temperaturze od 27 do 125°C. Są to zasoby dość równomiernie rozłożone na obszarze kraju.

Miejscowość	Moc [MW _t]	Temperatura wody [°C]
Bańska-B. Dunajec	16	86
Pyrzyce	15	61
Czarnków	11,5	90
Mszczonów	1,1	40
Uniejów	3,2	67-70
Słomniki	0,35	17

Chłodziarki adsorpcyjne w układach trójgeneracyjnych

Trójgeneracja jest jednym ze sposobów zwiększenia efektywności wykorzystania energii pozyskanej z paliw oraz zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych do atmosfery.

Systemy trójgeneracyjne wytwarzają jednocześnie energię elektryczną, ciepło i chłód. Adsorpcyjne urządzenia chłodnicze, są idealnym rozwiązaniem dla odzysku niskotemperaturowego ciepła odpadowego zwiększając tym samym efektywność energetyczną zakładów przemysłowych.

Chłodziarki adsorpcyjne w układach trójgeneracyjnych

Chłodziarki adsorpcyjne mogą być napędzane ciepłem odpadowym uzyskanym z silników spalinowych, turbin gazowych i parowych, ogniw paliwowych, czy siłowni ORC (Organic Rankine cycle).

Przykłady instalacji pracujących w układach trójgeneracyjnych:

Lp.	Miejsce	Para robocza	Parametry systemu	Urządzenie	Źródło
1.	Messina, Włochy	Żel krzemionkowy – woda	Moc chłodnicza: < 20 kW COP: 0.40	Ogniwo paliwowe	[1]
2.	Szanghaj, Chiny	Żel krzemionkowy – woda	Moc chłodnicza: 7.5 kW COP: 0.40	Silnik spalinowy	[2]
3.	Galway, Irlandia	Zeolit – woda	Moc chłodnicza: 4 kW COP: 0.47	Silnik Stirlinga	[3]

Źródła:

- [1] Palomba V.; Ferraro M.; Frazzica A.; Vasta S.; Sergi F.; Antonucci V. Experimental and numerical analysis of a SOFC-CHP system with adsorption and hybrid chillers for telecommunication applications. Applied Energy 2018, 216, 620–633
- [2] Wu J.Y.; Wang J.L.; Li S.; Wang R.Z. Experimental and simulative investigation of a micro-CCHP (micro combined cooling, heating and power) system with thermal management controller. Energy 2014, 68, 444–453
- [3] Flannery B.; Finckh O.; Berresheim H.; Monaghan R.F.D. Hybrid Stirling engine-adsorption chiller for truck auxiliary power unit applications. International Journal Of Refrigeration 2017, 76, 356–366

Chłodziarki adsorpcyjne w układach trójgeneracyjnych



Układ trójgeneracyjny Sunnyvale

Silikażelowe chłodziarki adsorpcyjne ambasada amerykańska w Dakarze w Senegal (moc chłodnicza około 534 kW (2x 267)) oraz w Monrovii w Liberii (ok. 527 kW). Chłodziarka adsorpcyjna o mocy 316 kW zainstalowana w układzie trójgeneracyjnym w galerii handlowej DFS w Saipan, USA, produkuje wodę lodową o temp. 7°C

L.p.	Miejsce	Moc chłodnicza/ Temperatura wody chłodzonej	Źródło Ciepła /Temperatura
1.	Druckerei Oeding, Braunschweig	20kW/10°C	CHP/ 65-80°C
2.	Heinrich Kipp Werk KG, Sulz am Neckar	45 kW /8 °C	CHP/ 75-95°C
3.	Schweinemastanlage Agrargenossenschaft Mühlberg e.G., (Riesa)	90kW /17-20°C	CHP/ 85°C
4.	Familie Horstmann, Geeste (Meppen)	10kW/6°C	CHP/ 70-90°C
5.	Energieversorgung Ostalb mbH, Oberkochen (Aalen)	7kW/10°C	CHP/ 70-90°C
6.	Volksbank, Neuenburg (Freiburg)	10kW/12 °C	CHP/ 60-80°C
7.	Hotel Ross, Schweinfurt	30 kW/10 °C	CHP /80°C
8.	Berghotel Oberhof	15 kW/10 °C	CHP /70°C
9.	Blumenhaus Bade, Henstedt-Ulzburg (Hamburg)	8 kW /14-23°C	CHP/60-65 °C
10.	RonCalli-Haus, Magdeburg	10 kW/ 10-20°C	CHP /85°C
11.	Lavision, Göttingen	6kW/15 °C	CHP /75°C
12.	Klärwerk, Augsburg	15 kW/6-15 °C	CHP /70-90°C

Chłodziarki adsorpcyjne zasilane ciepłem sieciowym

Polska jest jednym z najlepiej rozwiniętych krajów pod względem ilości odbiorców ciepła systemowego. W okresie letnim znacznie obniża się zapotrzebowanie na ciepło sieciowe. Elektrociepłownie wytwarzają wówczas ciepło wyłącznie na potrzeby produkcji ciepłej wody użytkowej, co przekłada się **na 10-15%** jej całkowitej mocy cieplnej. Stwarza to problemy w produkcji energii elektrycznej w zakładach ukierunkowanych na kogenerację. By móc utrzymać produkcję energii elektrycznej, wytwarzane w kogeneracji ciepło musiałoby zostać oddane do atmosfery lub przekazane do odbiorców, co w okresie letnim jest utrudnione.

Chłodziarki adsorpcyjne zasilane ciepłem sieciowym

Rozwiązaniem problemu niższego zapotrzebowania na ciepło sieciowe jest wytwarzanie chłodu za pomocą adsorpcyjnych układów chłodniczych przy wykorzystaniu ciepła sieciowego.

Przykłady polskich instalacji adsorpcyjnych zasilanych ciepłem sieciowym:

Lp.	Miejsce	Para robocza	Parametry systemu
1.	Centrum Przyrodnicze, Zielona Góra	Żel krzemionkowy – woda	Moc chłodnicza: 50 kW COP: 0.55
2.	Planetarium Wenus, Zielona Góra	Żel krzemionkowy – woda	Moc chłodnicza: 120 kW
3.	Wrocław	Żel krzemionkowy – woda	Moc chłodnicza: 16 kW COP: 0.40 – 0.47

Chłodziarki adsorpcyjne zasilane ciepłem sieciowym

Zalety zasilania chłodziarki adsorpcyjnej ciepłem sieciowym:

- » Większe bezpieczeństwo energetycznego dzięki odciążeniu systemu elektroenergetycznego oraz zwiększenie produkcji energii elektrycznej
- » Wzrost efektywności energetycznej
- » Stabilizacja zużycia ciepła sieciowego
- » Zmniejszenie ilości użytkowanych sprężarkowych agregatów chłodniczych
- » Zwiększenie możliwości produkcyjnych elektrociepłowni – możliwość oferowania nowych usług dla swoich klientów

Dystrybucja chłodu sieciowego

Scentralizowana produkcja energii chłodniczej i jej dystrybucja bezpośrednio do odbiorców, jest rozwiązaniem coraz bardziej popularnym i opłacalnym. Ten typ dostarczania chłodu staje się alternatywą dla konwencjonalnego wytwarzania chłodu w sposób indywidualny.

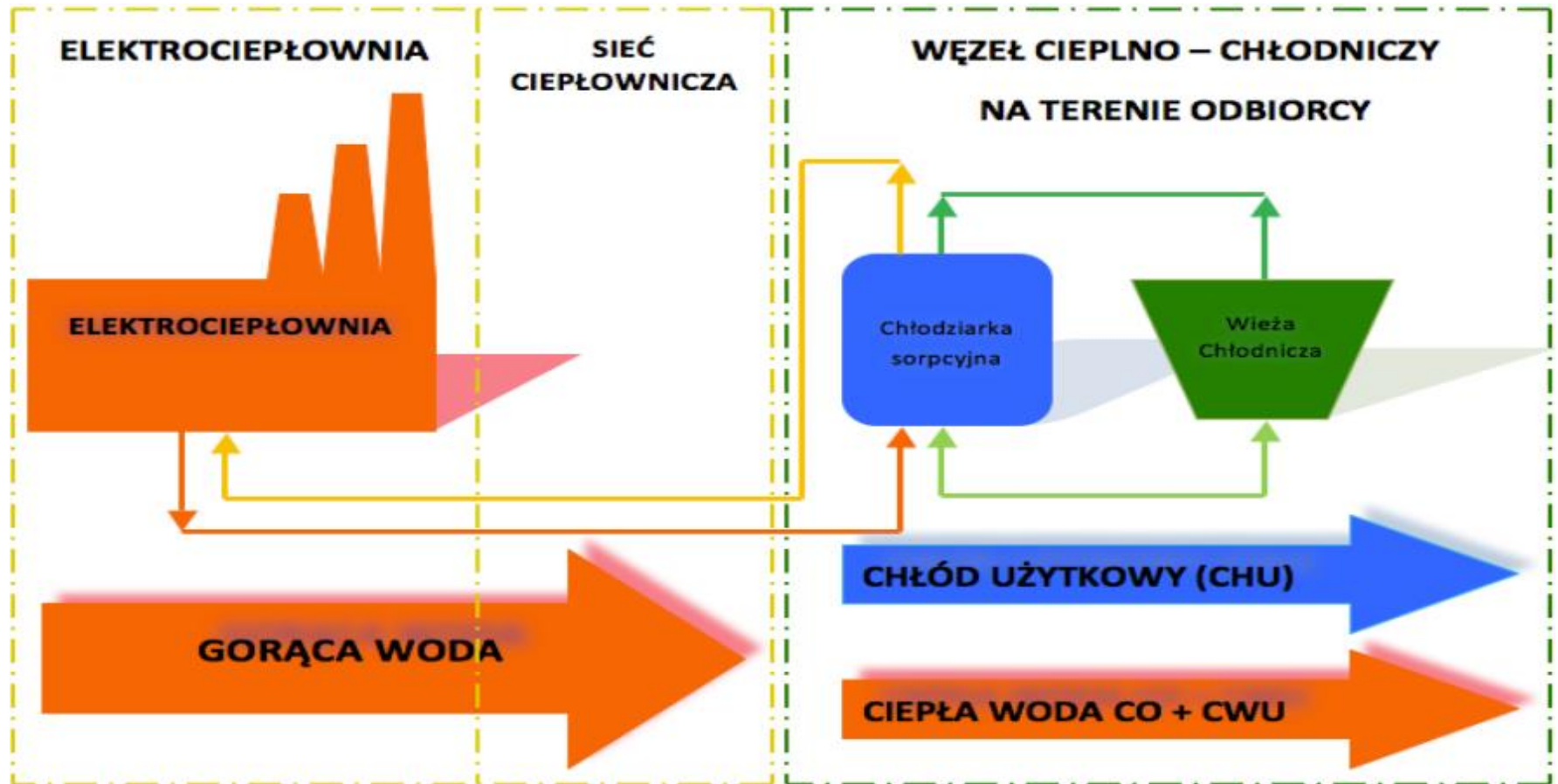
Głównymi zaletami chłodzenia sieciowego są:

- » Znaczne zmniejszenie konsumpcji energii elektrycznej;
- » Spadek kosztów utrzymania układów chłodniczych;
- » Występuje możliwość magazynowania wody lodowej, co pozwala na zmniejszenie negatywnego wpływu sezonowych wahań zapotrzebowania w energię chłodniczą;
- » Żywotność układu scentralizowanej produkcji chłodu jest dwukrotnie wyższa, aniżeli żywotność konwencjonalnych klimatyzatorów;
- » Redukcja emisji CO₂;
- » Wyższa niezawodność gwarantowana jakością zastosowanej technologii.

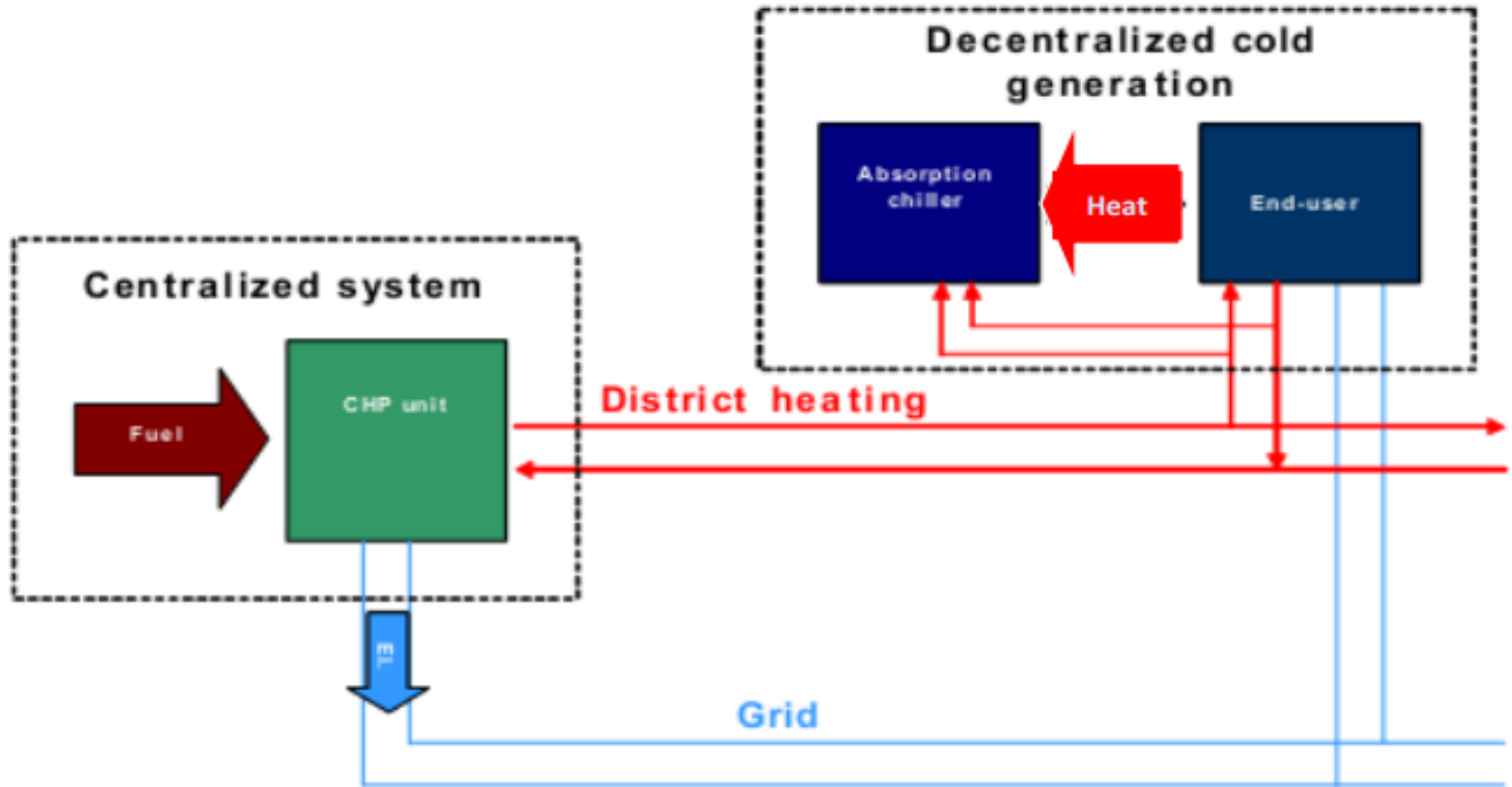
Dystrybucja chłodu

- **centralne systemy chłodzenia**, w których czynnik chłodniczy w postaci np. wody lodowej wytwarzany jest w miejscu gdzie generowane są pozostałe nośniki energii i następnie transportowany jest siecią chłodniczą do odbiorców
- **lokalne systemy chłodzenia**, w których do produkcji chłodu wykorzystuje się istniejącą infrastrukturę sieci ciepłowniczej, a chłodziarki zlokalizowane są bezpośrednio u odbiorców, lub w centralach, z których dalej chłód jest rozprowadzany do poszczególnych odbiorców

Węzeł trójfunkcyjny – wykorzystanie nadwyżek ciepła



Chłodzenie indywidualne (zdecentralizowane) – zasilane ciepłem z kogeneracji

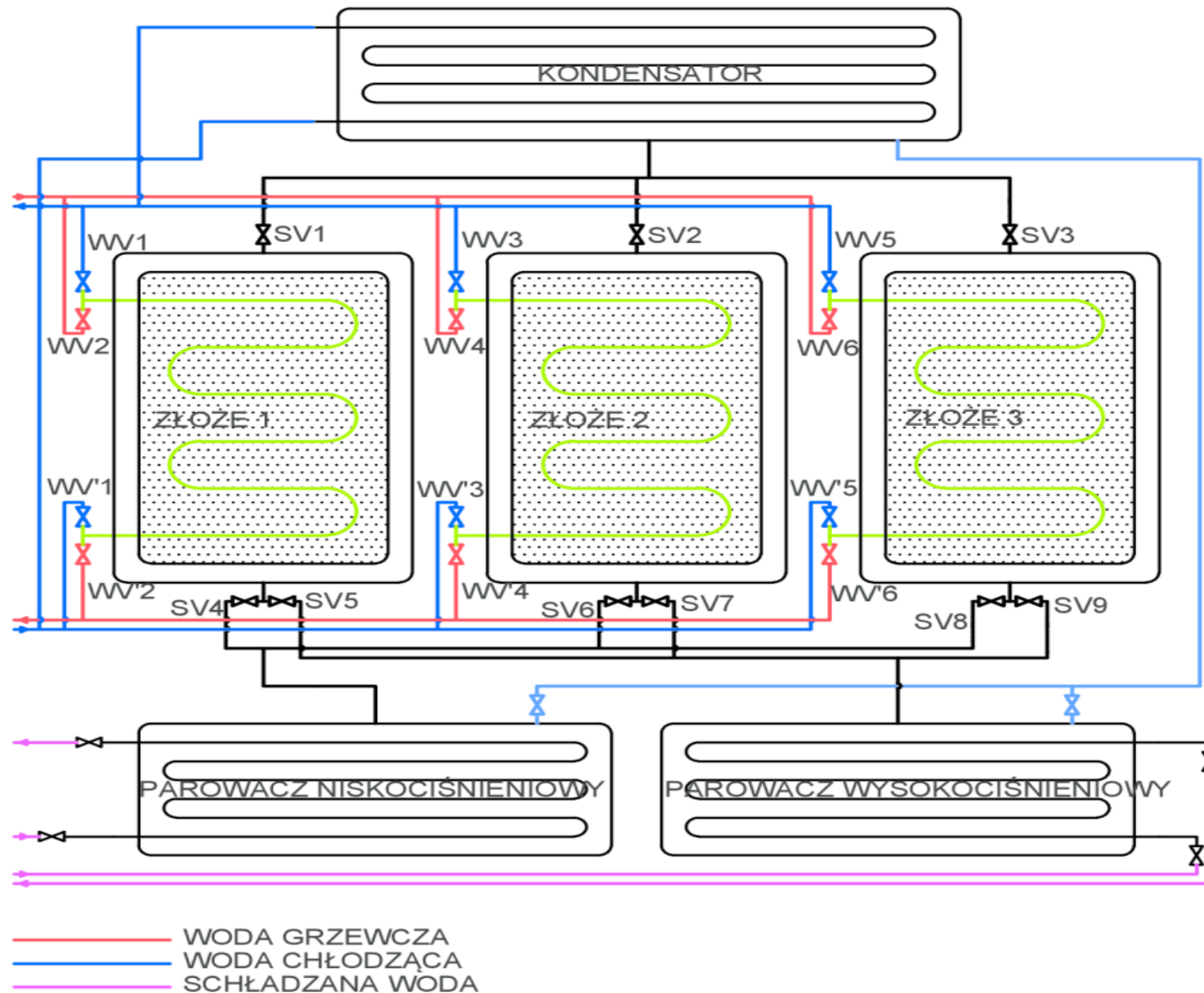




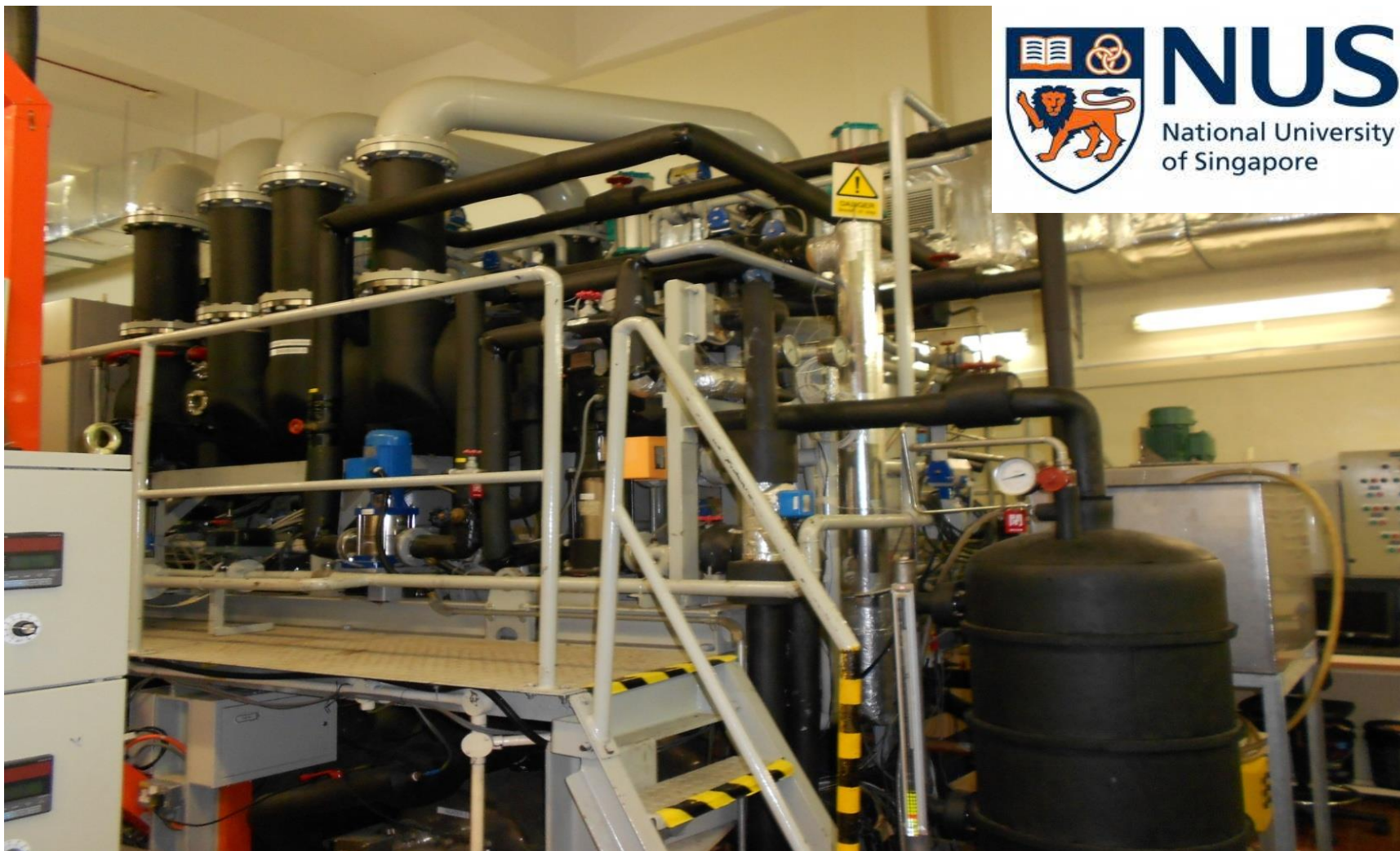
Trójzłóżowy agregat adsorpcyjny 90kW

- » Chłodziarka może być zasilana wodą regenerującą złoża adsorberów o **temperaturze z przedziału 50-70°C.**
- » Współczynnik efektywności (COP) chłodziarki dla temperatury regeneracji złoża wynoszącej 50°C wynosił 0,36, dla temperatury 65°C osiągał maksimum równe 0,42 i nieznacznie spadał dla temperatury 70°C, osiągając wartość 0,41.
- » Minimalna temperatura złoża, przy której stwierdzono śladowy efekt chłodniczy wynosiła 45°C.
- » Dotychczas przeprowadzone badania potwierdziły więc techniczną możliwość wykorzystania ciepła sieciowego o temperaturze 65°C do wytwarzania chłodu na potrzeby klimatyzacji.

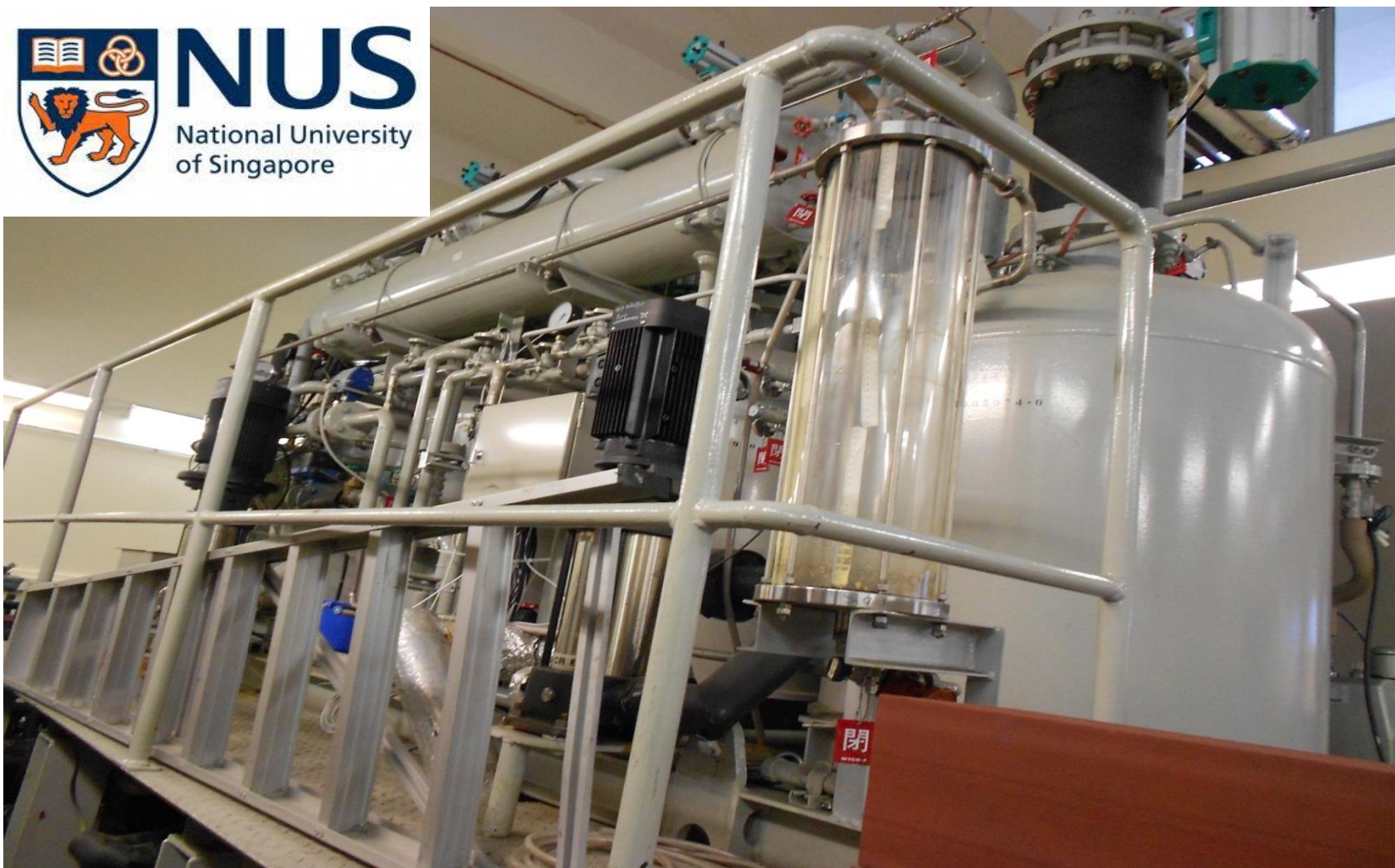
Schemat trójzłożowej chłodziarki adsorpcyjnej



Stanowisko badawcze



Stanowisko badawcze



Adsorpcyjny agregat chłodniczy ze złożami zorientowanymi poziomo



Specyfikacja techniczna urządzenia:

Moc chłodnicza nominalna (dla temp. wody grzewczej 70 st. C):

90 kW

Przedział roboczy temperatury wody grzewczej:

60 – 90 st. C

Równoczesna produkcja wody schładzanej (lodowej)

w dwóch przedziałach temperatur:

Woda schładzana (lodowa) I :

7 – 12 st. C

Woda schładzana (lodowa) II :

15 – 20 st. C

Nominalna produkcja słodkiej wody:

> 5 ton/dobę

Orientacyjne gabaryty sekcji sorpcyjnej i hydraulicznej (D/S/W):

12/5/5 m

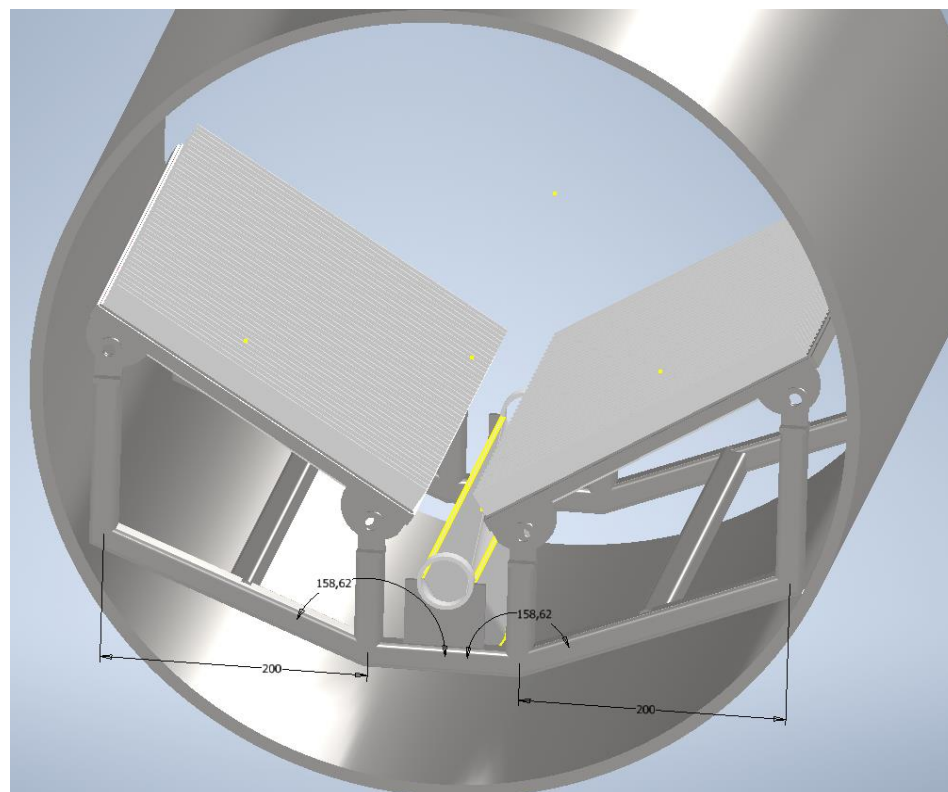
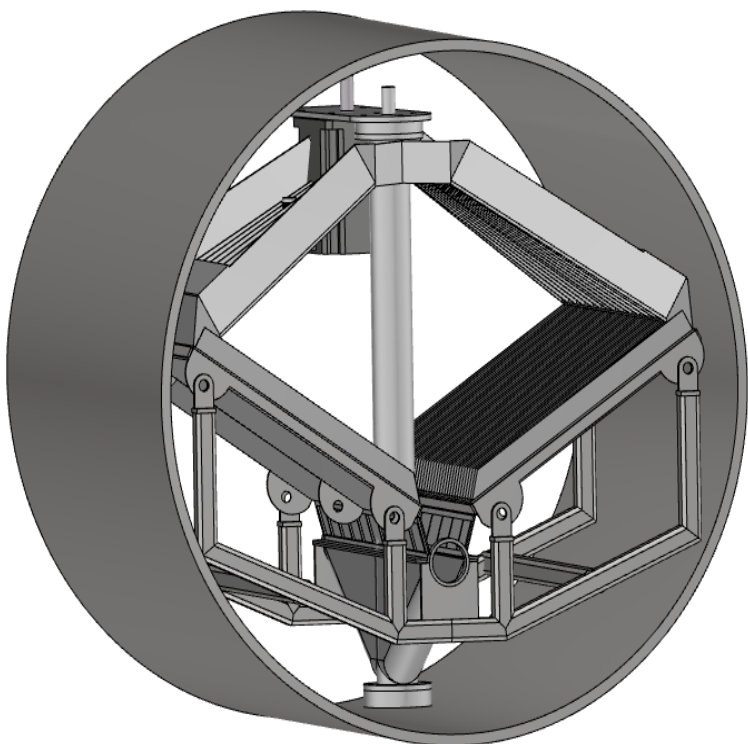
Masa całkowita sekcji hydraulicznej i sorpcyjnej:

< 8000 kg

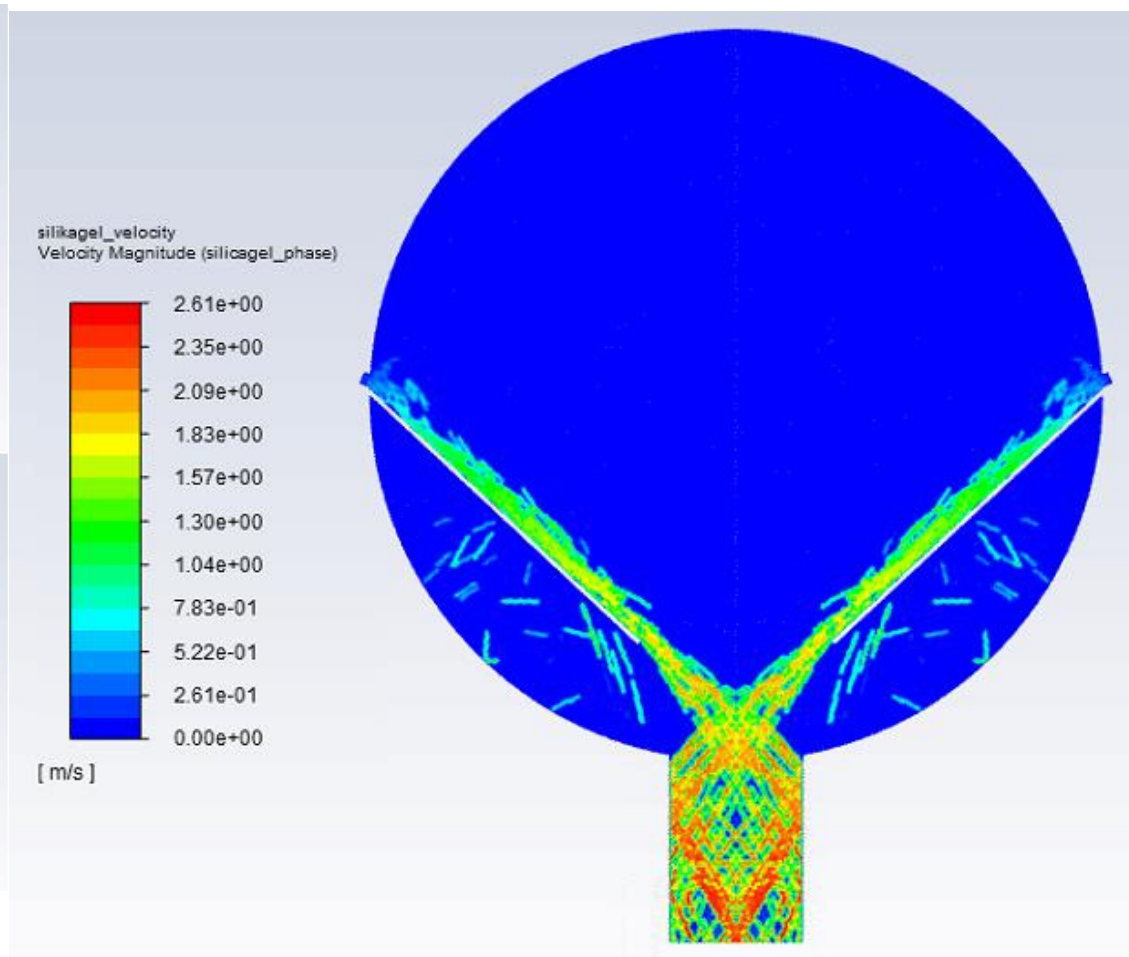
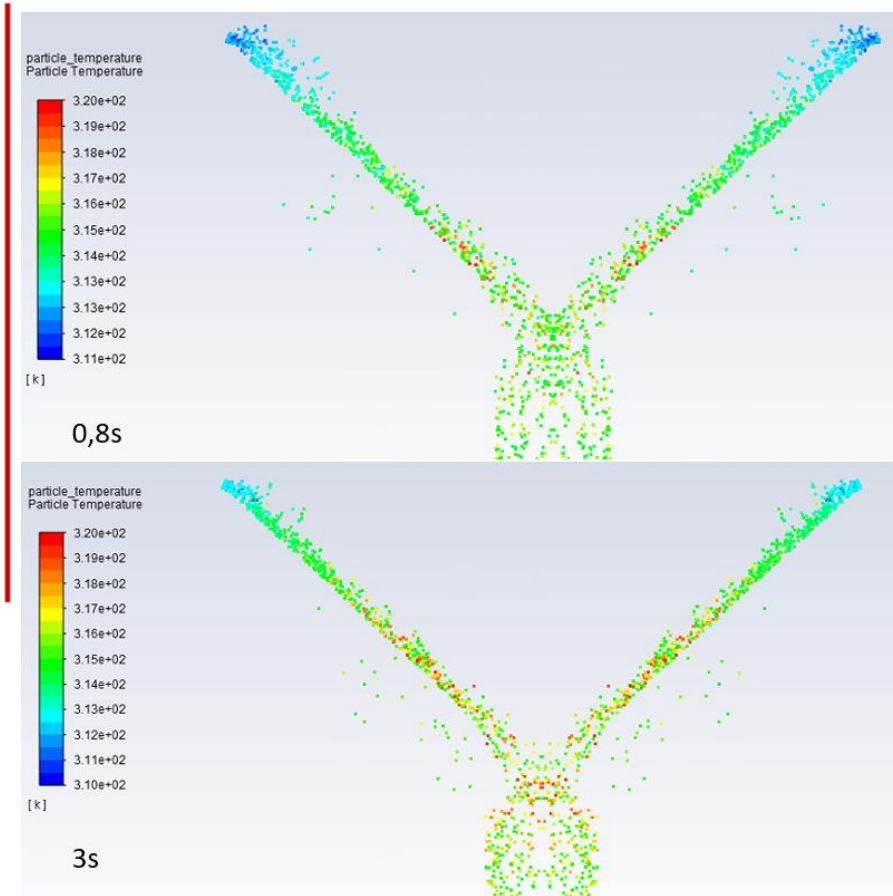
Trójzłozowy agregat adsorpcyjny 90kW



Chłodziarki ze złożem fluidalnym NETSAL



Chłodziarki ze złożem fluidalnym NETSAL



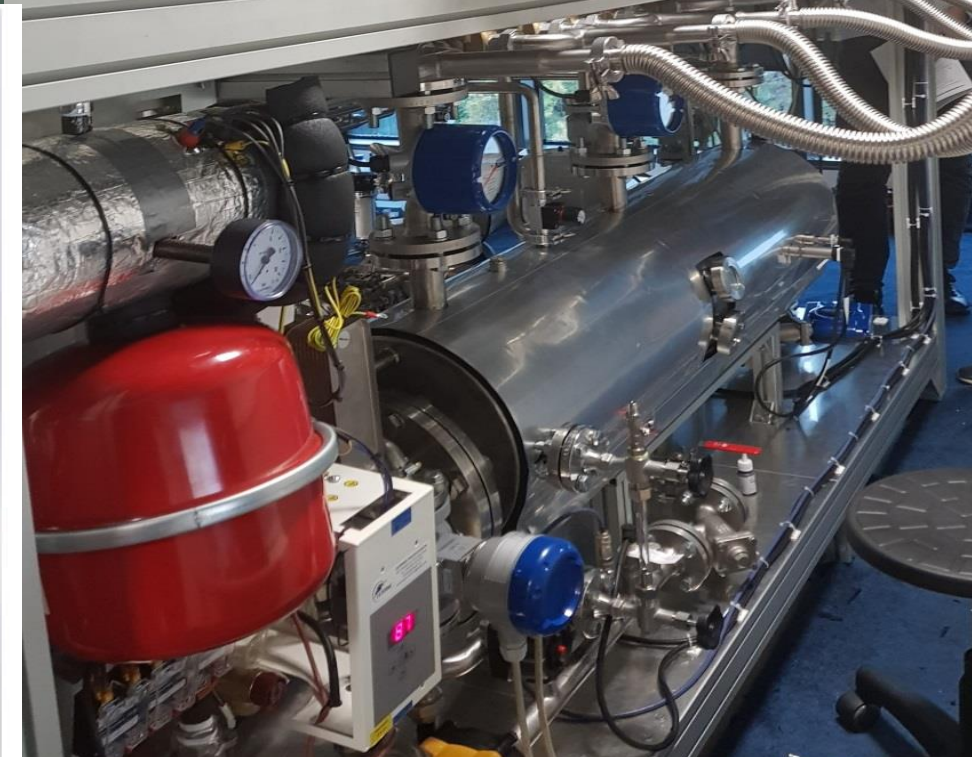
Chłodziarki ze złożem fluidalnym NETSAL

		Złoże stacjonarne	Złoże fluidalne NETSAL
Moc chłodnicza	kW	100	100
Woda lodowa	Przepływ [m ³ /h]	9	9
	temperatura wejście/wyjście [°C]	12 /7	12 /7
Woda chłodząca	Przepływ [m ³ /h]	49	35
	temperatura wejście/wyjście	25/30	25/30
Woda grzewcza	Przepływ [m ³ /h]	32	18
	temperatura wejście/wyjście [°C]	70/65	70/65
Wymiary [mm]	długość	6100	4100
	szerokość	3900	2600
	wysokość	4700	3100
Waga	[t]	9,2	4,6
COP	-	0,66	0,92

Obszar aktywności AGH

CHŁODZIARKA ADSORPCYJNA Z FUNKCJĄ ODSALANIA

EVAPORATOR			BEDS		
COOLING CAPACITY	1.50	kW	REQUIRED COOLING CAPACITY (ADSORPTION)	2.90	kW
CHILLED WATER INLET TEMPERATURE	32	°C	HEATING CAPACITY REQUIRED (DESORPTION)	2.90	kW
CHILLED WATER OUTLET TEMPERATURE	30	°C	COOLING WATER MASS FLOW	0.25	kg/s
CHILLED WATER MASS FLOW	0.184	kg/s	HEATING WATER MASS FLOW	0.25	kg/s
CONDENSER			COOLING WATER INLET TEMPERATURE	30	°C
CAPACITY	2.00	kW	HEATING WATER INLET TEMPERATURE	85	°C
COOLING WATER INLET TEMPERATURE	30	°C	COOLING CAPACITY		
COOLING WATER OUTLET TEMPERATURE	32	°C	COOLING CAPACITY (CHILLED WATER: 32/30°C. 0.184 kg/s)	1.50	kW
COOLING WATER MASS FLOW	0.25	kg/s	COOLING CAPACITY (CHILLED WATER: 16/11°C. 0.523 kg/s)	1.32	kW
DAILY DISTILLATE PRODUCTION	40	kg	COOLING CAPACITY (CHILLED WATER: 12/7°C. 0.523 kg/s)	1.10	kW



CHŁODZIARKA ADSORPCYJNA Z FUNKCJĄ ODSALANIA



Parametr		Przykładowe badanie
Temperatura wody gorącej (°C)	50	Badania wpływu temperatury desorpcji na parametry ADC np. SDWP, PWR, PR, oraz COP.
	60	
	70	
	80	
	90	
Temperatura wody chłodzącej (°C)	30	Badanie wpływu temperatury chłodzenia złóż w fazie adsorpcji, na parametry urządzenia.
	32	
	34	
Czas cyklu (sekund)	200	Badanie wpływu długości cyklu na parametry urządzenia.
	400	
	600	
Koncentracja soli (ppm)	42,000	Badania dla wody morskiej, będącej pierwotnym produktem poddawany odsalaniu.
	70,000	Badania możliwości odzysku destylatu z produktu zrzutowego odwróconej osmozy.
	100,000	Badania dla wód wysoko zasolonych, m.in. z procesów petrochemicznych, przemysłowych, wód głębinowych.
	150,000	
	200,000	
	250,000	

Wnioski

- » Dedykowane do współpracy z OZE, ciepłem odpadowym oraz z miejską siecią ciepłowniczą adsorpcyjne agregaty chłodnicze, wykorzystują do wytwarzania wody lodowej do celów chłodniczych ciepło o niskiej temperaturze – wynoszącej jedynie 55°C - 85°C. Tym samym, urządzenia te mogą być stosowane we współpracy z sieciami ciepłowniczymi w jako część węzła cieplnego zainstalowanego u odbiorcy bez konieczności zmiany parametrów pracy sieci ciepłowniczej w okresie letnim.
- » Agregaty adsorpcyjne stanowią alternatywę dla absorpcyjnych układów chłodniczych oraz sprężarkowych ze względu na mniejsze zapotrzebowanie na energię do ich pracy.
- » Adsorpcyjne urządzenia mogą w jednym procesie produkować chłód a także realizować proces odsalania.

Wnioski

Charakterystyka urządzeń:

- » Prostota budowy
- » Proste sterowanie
- » Brak ruchomych części, brak wibracji – cicha praca
- » Niepodatność na wstrząsy
- » Niska czułość na zmiany temperatury wody gorącej
- » Brak zależności od dostaw energii elektrycznej
- » Niskie koszty eksploatacji

Wyraźną zaletą w stosunku do urządzeń absorpcyjnych jest możliwość zasilania nośnikiem ciepła o niższej temperaturze, co stwarza większe możliwości wykorzystania ciepła, w tym również odpadowego już od 50°C, zwłaszcza w okresach letnich, kiedy temperatura zasilania wody w systemie sieci ciepłowniczej obniżana jest do minimalnej temperatury zapewniającej dostarczenie odbiorcom ciepłej wody użytkowej, t.j. przeważnie 65-70°C.



dr inż. Karol Sztekler
sztekler@agh.edu.pl