

**Zintegrowane węzły ciepła i chłodu
w oparciu o
gruntowe akumulatory energii
i
pompy ciepła**

Leszek Przybyła

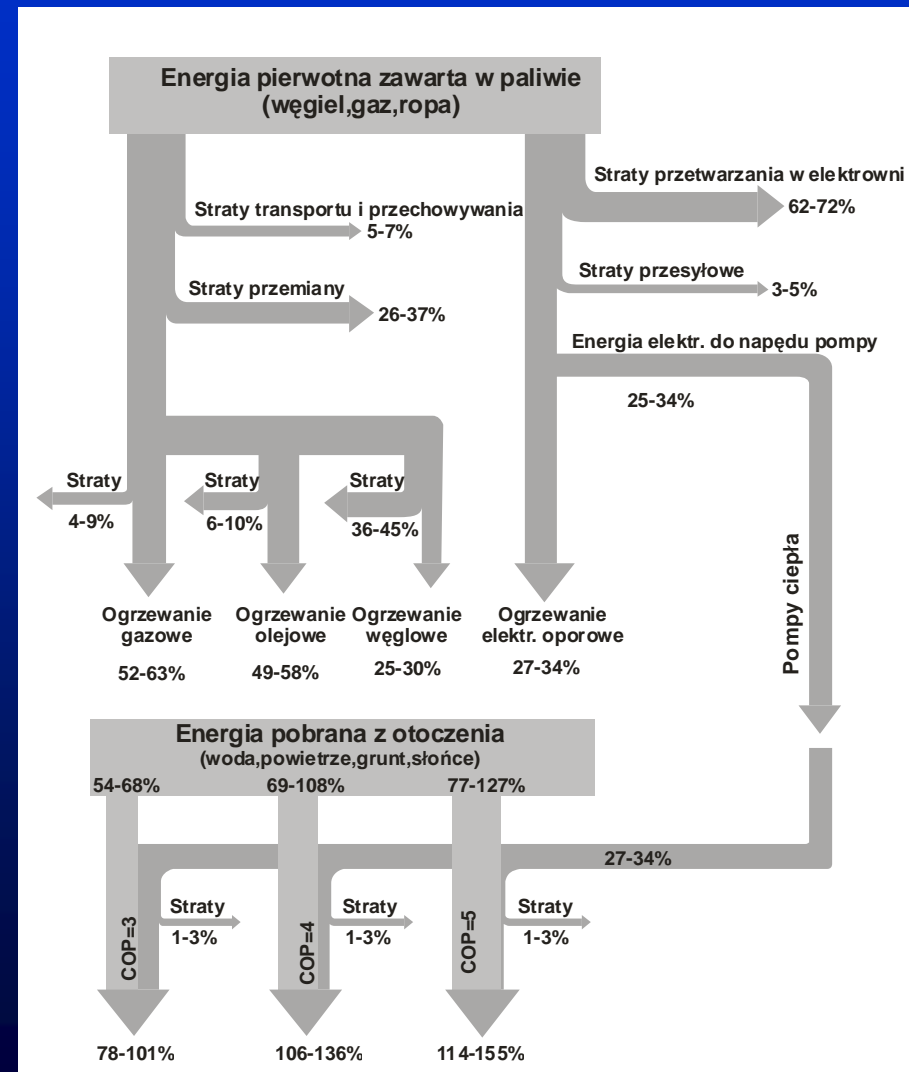
SOLIS

Stopień odnawialności nośników energii

- Promieniowanie słoneczne jest podstawowym źródłem energii dla Ziemi. Strumień energii słonecznej 173 000 TW. Moc zainstalowana w krajowych elektrowniach wynosi 0,033 TW.
- 30% energii przenoszonej przez promieniowanie odbija się od atmosfery, 46% pochłaniają morza, 23% zużywa się w obiegu hydrologicznym. Tylko 370 TW (około 0,2%) wprawia w ruch powietrze i fale morskie, zaledwie 40 TW (około 0,02%) pochłaniają rośliny.
- Fotosynteza polega na przemianie CO_2 i H_2O w węglowodory z jednoczesnym wydzielaniem tlenu. Dzięki trwającemu setki milionów lat procesowi fotosyntezy, z odpadów roślinnych i zwierzęcych powstały zasoby paliw stałych (węгля kamiennoego, brunatnego, torfu), paliw ciekłych (ropy naftowej) i gazu ziemnego. Dotychczas są one podstawową bazą surowców energetycznych.
- Wymienione paliwa zaliczamy do nieodnawialnych nośników energii, których wykorzystanie powoduje istotne zagrożenie dla środowiska naturalnego.
- Źródłem energii pierwotnej jest słońce i sama Ziemia, we wnętrzu której zachodzą procesy fizyczne i chemiczne, których efektem jest wydzielanie ogromnych ilości ciepła.

Efektywność wykorzystania paliw

Analizując energetyczną efektywność pomp ciepła należy porównywać skumulowane zużycie energii pierwotnej (zawartej w paliwach takich jak gaz, węgiel czy ropa) przez pompy ciepła ze skumulowanym zużyciem energii w urządzeniach grzewczych, które zastępują pompy ciepła. Tylko taka analiza daje pełen obraz, jaki wpływ na środowisko naturalne ma zastosowanie poszczególnych odbiorników energii.



Strona formalna

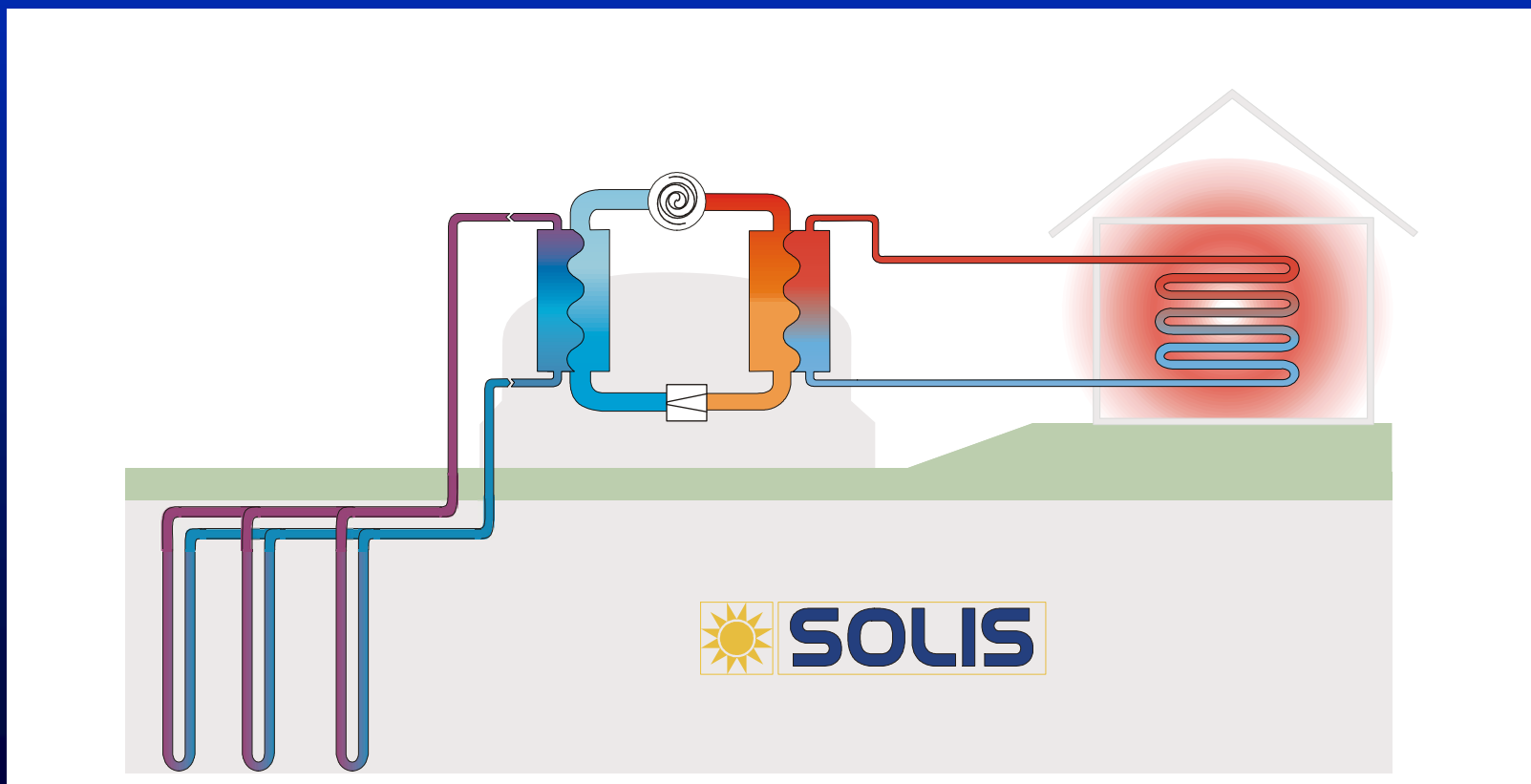
- Zarówno Unia Europejska w ramach realizacji strategii sformułowanej w Białej Księdze EU z X 1997 r. oraz wynikających z niej Dyrektyw Komisji Europejskiej jak i USA w ramach programu CCTI ze I 1998r. w zdecydowany sposób dążą do zwiększenia udziału OZE w produkcji energii. Strategia Rozwoju Energetyki Odnawialnej przyjęta przez Radę Ministrów w IX 2000 zakłada zwiększenie udziału OZE w bilansie energii pierwotnej w Polsce do 7.5 % w 2010r. oraz 14 % w 2020 r. oraz od 7.5 % do 12.5 % w bilansie produkcji energii elektrycznej w 2010r. Jeżeli nastąpią jakiegokolwiek zmiany w przedstawionych wartościach to będą one na korzyść OZE, bowiem strategia Unii Europejskiej zakłada 12 % udział OZE w bilansie energii pierwotnej. Również odnośnie udziału OZE w bilansie produkcji energii elektrycznej w 2010r. najbardziej prawdopodobna jest realizacja scenariusza przewidującego wartość 12.5 % bowiem taką przewiduje Dyrektywa Komisji Europejskiej.

Zasada działania

- Projekt zapewniając ogrzewanie zimą i chłodzenie latem wykorzystuje zdolność gruntu do akumulacji i oddawania energii. W okresie sezonu grzewczego pompy ciepła pobierając energię z gruntu przekazują ją na cele grzewcze. Latem przy użyciu energii elektrycznej do napędu pomp obiegowych energia z instalacji chłodniczych jest zatłaczana do gruntu w celu jego energetycznej regeneracji.
- W trakcie magazynowania lub odzyskiwania energii cieplnej w gruncie następuje jej przekazywanie z wymienników do gruntu lub odwrotnie. Efektem oddziaływań są zmiany rozkładu temperatury w obrębie akumulatora, a także w jego otoczeniu.

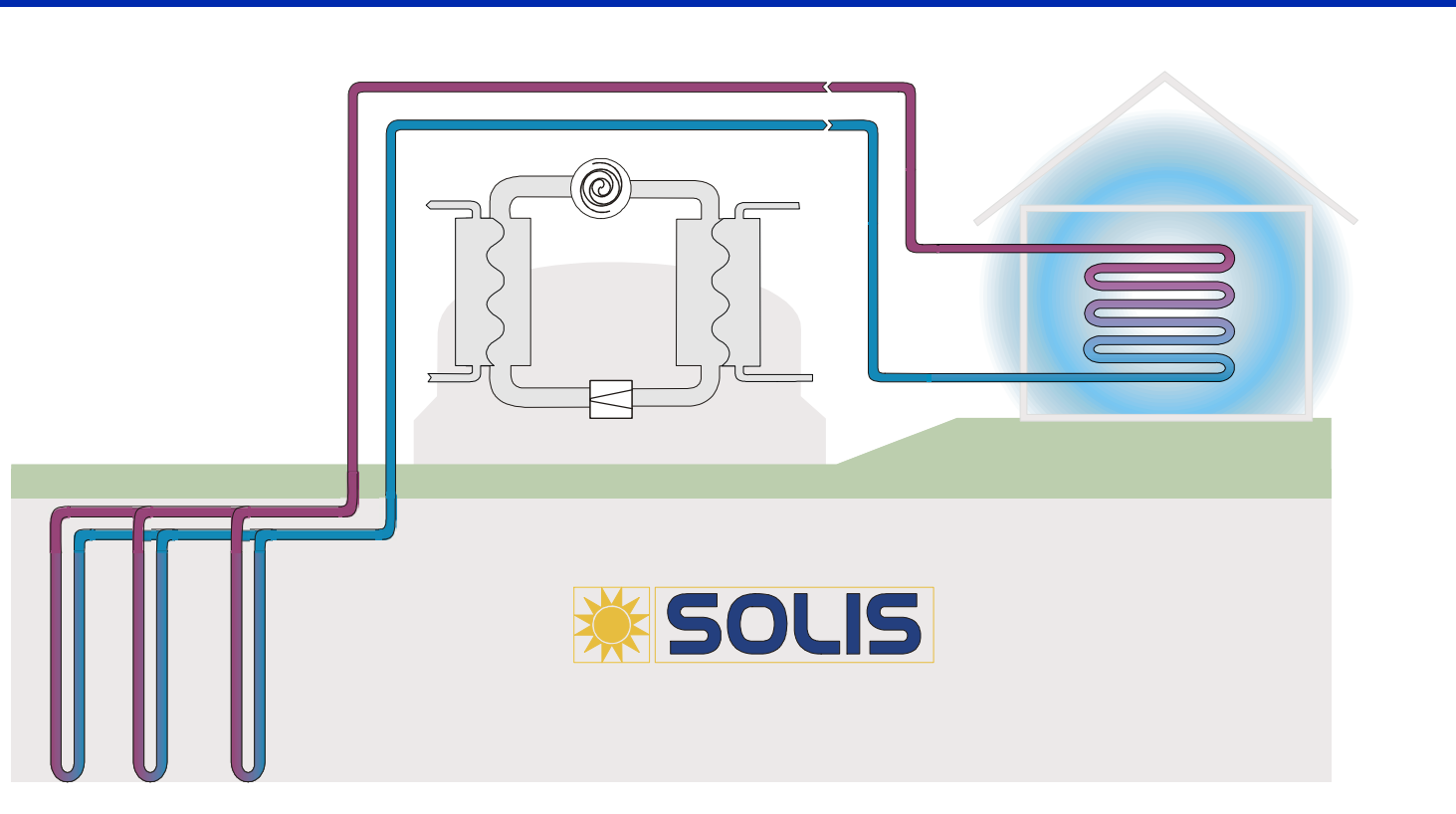
Tryb ogrzewania

- Praca w sezonie grzewczym wrzesień-marzec
- Do ok. grudnia następuje pobór energii zakumulowanej latem
- 70-80% energii pobieranej z gruntu, 20-40% energii elektrycznej



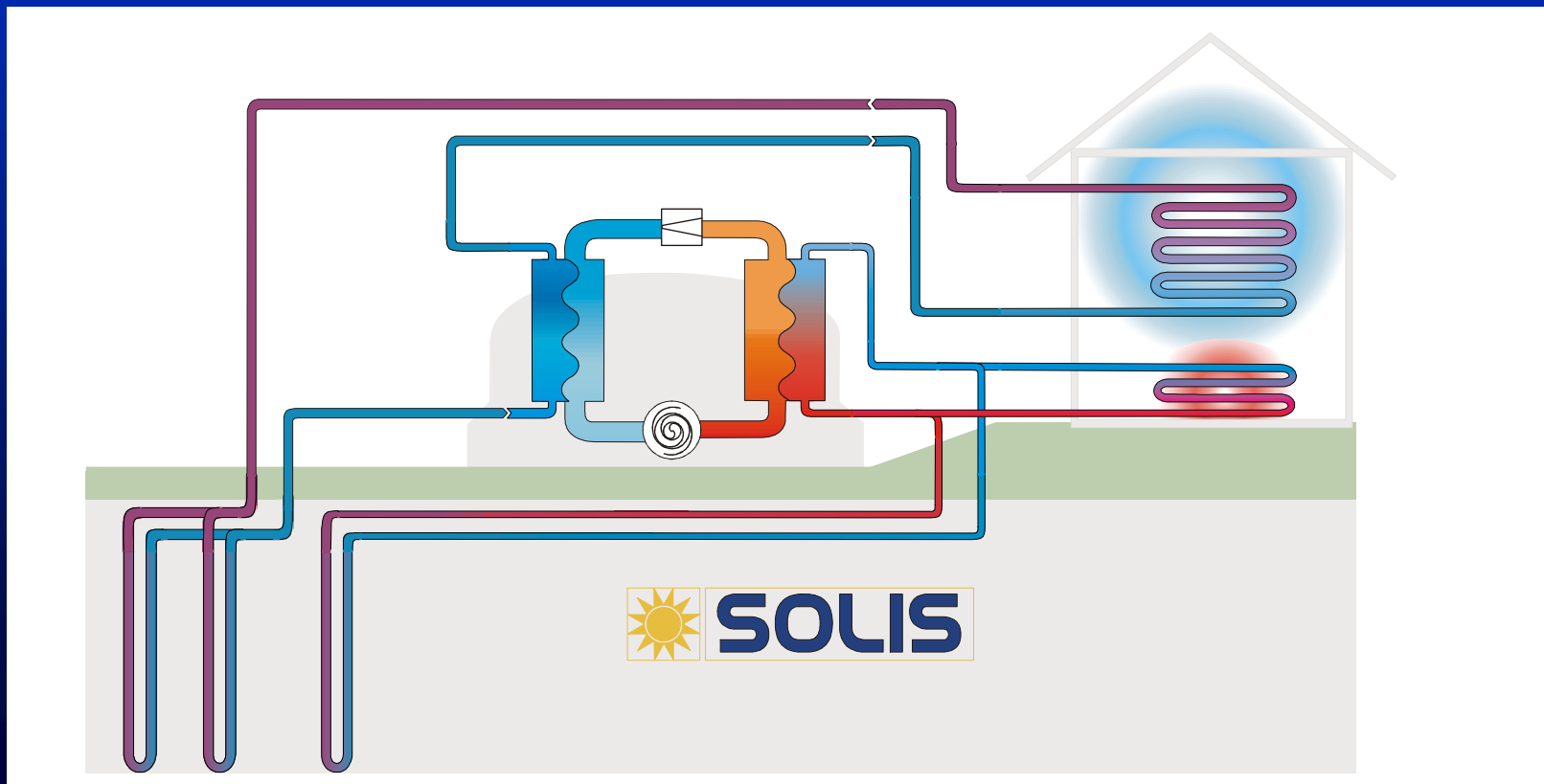
Tryb chłodzenia pasywnego

- Praca w od początku sezonu grzewczego do maja-czerwca
- Pobór energii elektrycznej: ok. 4% energii elektrycznej w stosunku do wydajności chłodniczej (agregat wody lodowej pobiera 35%)



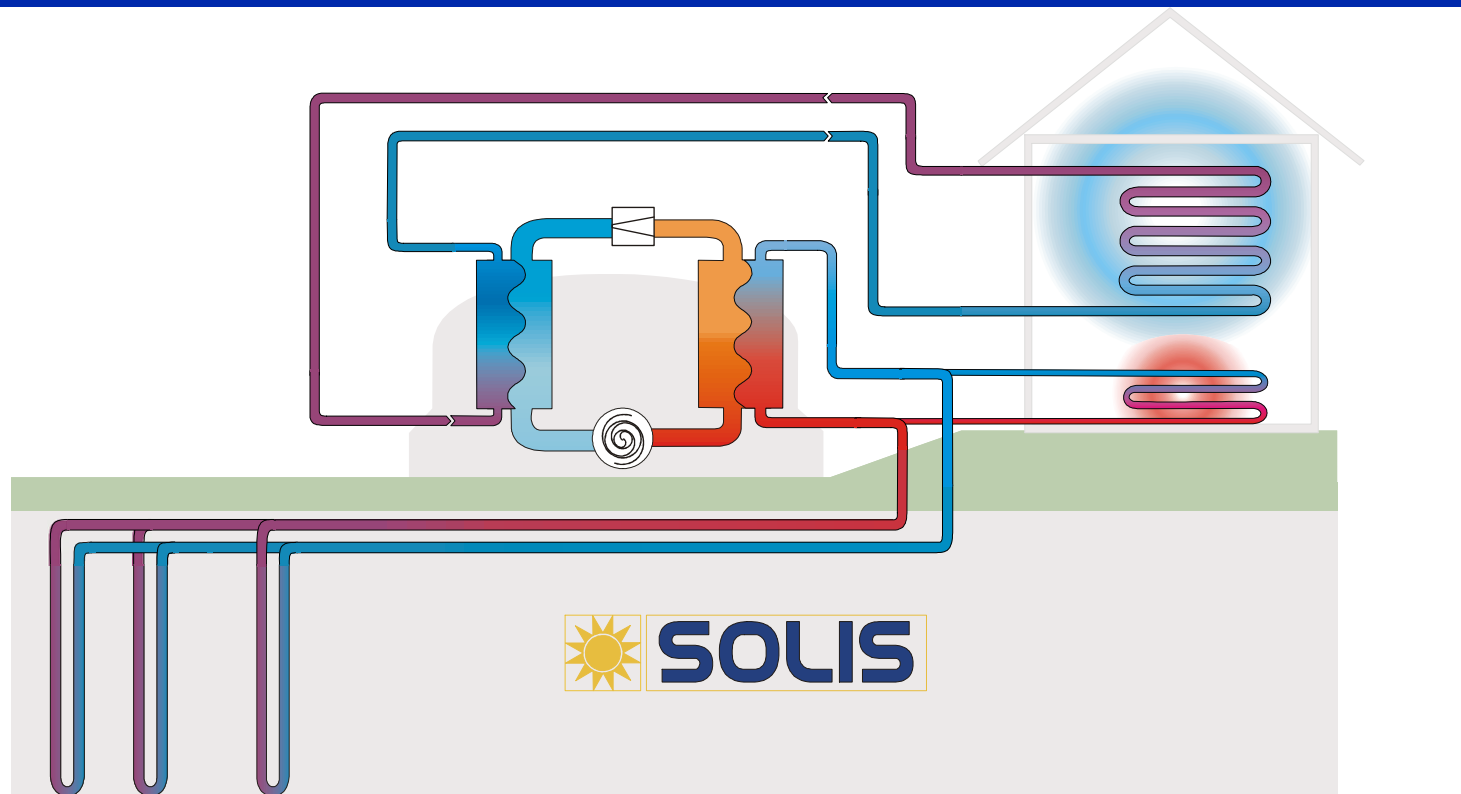
Tryb chłodzenia pasywnego wspomaganego przez PC

- W miarę wzrostu temperatury akumulatora załączane są pompy ciepła
- Praca od czerwca do września
- Ciepło skraplania wykorzystywane do np. c.w.u., reszta przekazywana do akumulacji.



Tryb chłodzenia tylko PC

- Wzrostu temperatury akumulatora powyżej temperatury powrotu z instalacji chłodniczej wymusza konieczność produkcji chłodu wyłącznie przez PC.
- Praca w miesiącach sierpień-wrzesień
- Ciepło skraplania wykorzystywane do np. c.w.u., reszta przekazywana do akumulacji.



Elementy systemu

- Akumulator gruntowy
- Pompy ciepła
- Kotły gazowe lub olejowe
- Automatyka
- Instalacje odbiorcze

Akumulator gruntowy

- W praktycznych zastosowaniach najpoważniejszym problemem jest sezonowy i losowy charakter źródeł energii. Wzajemne dopasowanie wydajności źródła do również zmiennego zapotrzebowania jest problemem efektywnego magazynowania energii. Jednym ze sposobów magazynowania energii są akumulatory gruntowe.
- Wykonane instalacje wskazują na możliwość odzyskania do 85 % energii w cyklu rocznym. W trakcie magazynowania lub odzyskiwania energii cieplnej w gruncie następuje jej przekazywanie z instalacji do gruntu i na odwrót. W samym gruncie przepływ energii zachodzi nawet wówczas, gdy ustają oddziaływania zewnętrzne. Po zakłóceniu stanu równowagi termicznej układ dąży do jej ponownego odzyskania.

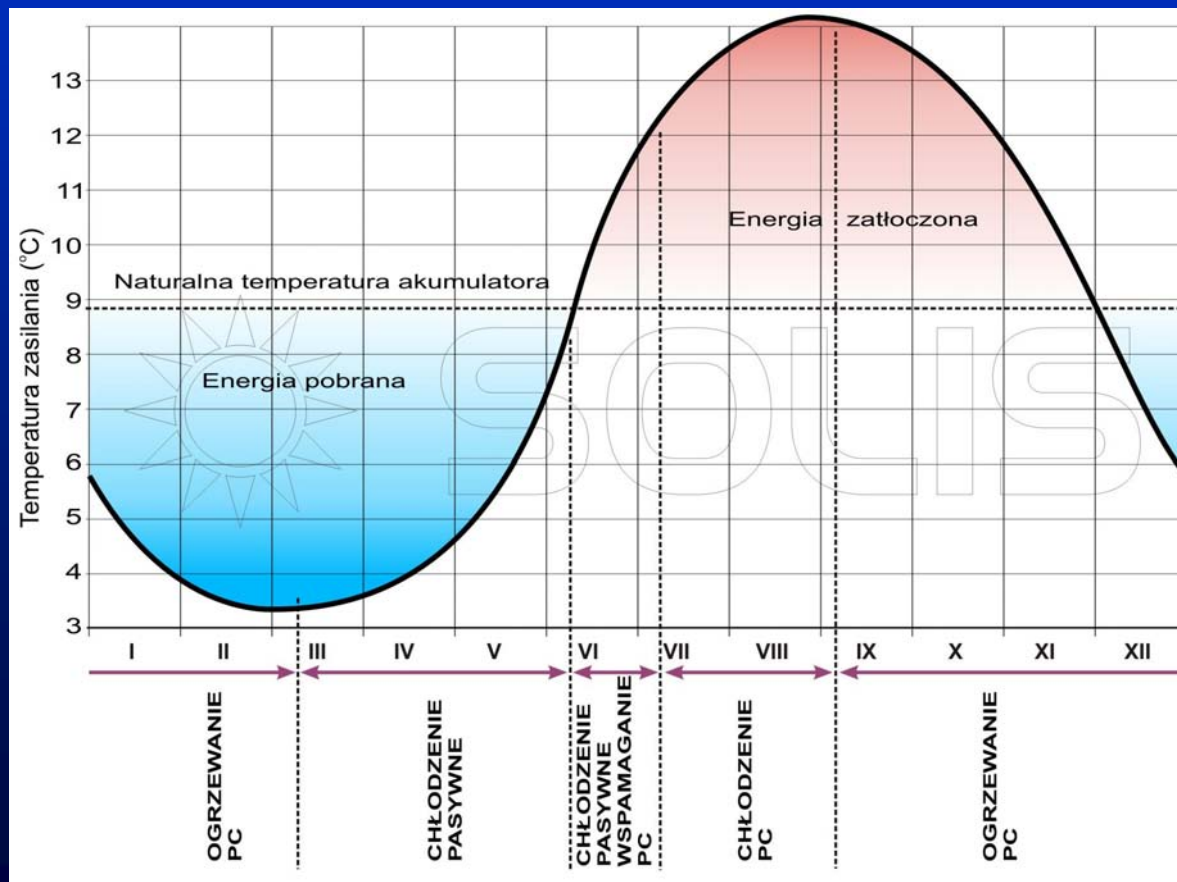
Sondy głębinowe



- Pojemność cieplna gruntów w Polsce waha się w granicach 0.55 – 0.75 kWh/m³K
- Objętość czynna pojedynczego 120m odwiertu głębinowego wynosi 3390m³
- Pojemność cieplna 120m odwiertu głębinowego dla $\Delta T=10K$ wynosi 22.9MWh, tyle co dom jednorodzinny o pow. 165m² na cele grzewcze w ciągu roku.
- Przy głębokościach powyżej 15m ustają ruchy termiczne gruntu zależne od pory roku, a temperatura jest stała w granicach 8-11°C.
- W gruncie przepływ energii zachodzi wówczas, gdy ustają oddziaływania zewnętrzne. Po zakłóceniu stanu równowagi termicznej układ dąży do jej ponownego odzyskania.

Akumulator - temperatury

- Przykładowy roczny przebieg temperatur akumulatora (instalacja chłodnicza 8/13°C)

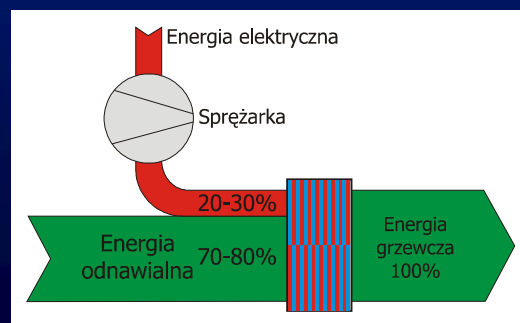


Pompy ciepła - Historia

- Pierwsze prace na temat możliwości wykorzystania pomp ciepła prowadził w połowie XIX wieku W. Thomson (Lord Kelvin). W 1928 roku zbudowano pierwszą instalację do ogrzewania domu opartą na amoniakalnym urządzeniu sprężarkowym.
- W latach trzydziestych zaczęły powstawać pompy ciepła w pełni sprawne technicznie i eksploatowane w sposób ciągły, najpierw w Stanach Zjednoczonych, potem w Europie. Pompa zainstalowana w 1938 roku w Zurychu miała moc 175 kW i ogrzewała ratusz. Kilka lat później w tym samym mieście pompa o mocy 7 MW ogrzewała gmachy politechniki.

PC - Zasada działania

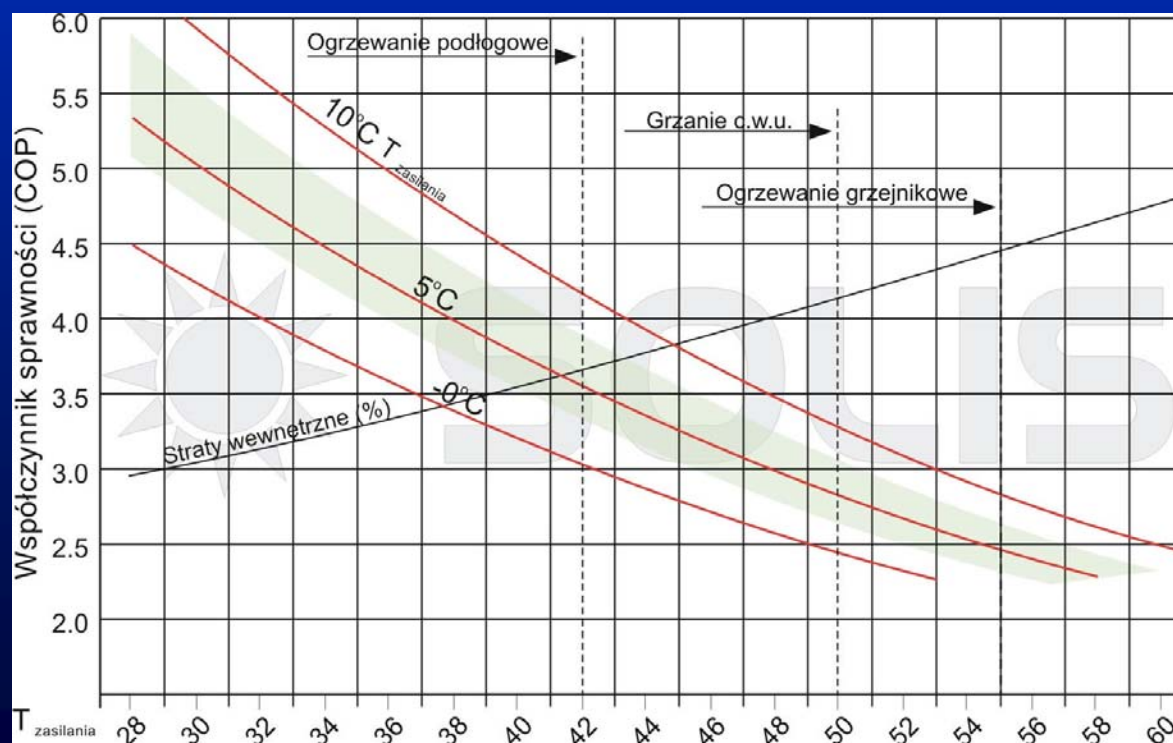
- Pompa ciepła jest urządzeniem grzewczym, którego zasada działania opiera się na zjawiskach przemian fizycznych. W obiegu termodynamicznym pompy ciepła zachodzą cztery procesy: w parowniku czynnik chłodniczy ulega procesowi odparowania (proces odbioru ciepła z otoczenia), w sprężarce sprężanie par czynnika, w skraplaczu za sprężarką czynnik o wysokiej temperaturze i ciśnieniu ulega procesowi skroplenia (oddawanie ciepła do systemu), zawór rozprężny realizuje proces dozowania odpowiedniej ilości czynnika do parownika, gdzie następuje ponownie proces odparowania.
- Proces transportu energii cieplnej z ośrodka o niższej temperaturze do ośrodka o temperaturze wyższej możliwy jest dzięki energii elektrycznej dostarczanej do sprężarki z zewnątrz. Współczynnik efektywności (COP) pomp ciepła jest wskaźnikiem ile jednostek energii można uzyskać z jednej jednostki energii dostarczonej.



Prezentacja Flash

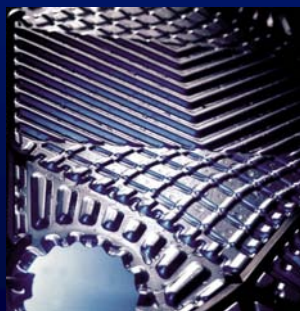
Sprawność pomp ciepła

- W warunkach eksploatacyjnych pompy ciepła osiągają współczynniki sprawności od 2.5 do 4.5. Współczynnik ten jest tym wyższy, im mniejsza jest różnica temperatur pomiędzy temperaturą źródła, a odbioru. Zależność ta nie jest liniowa.



Pompy ciepła SOLIS

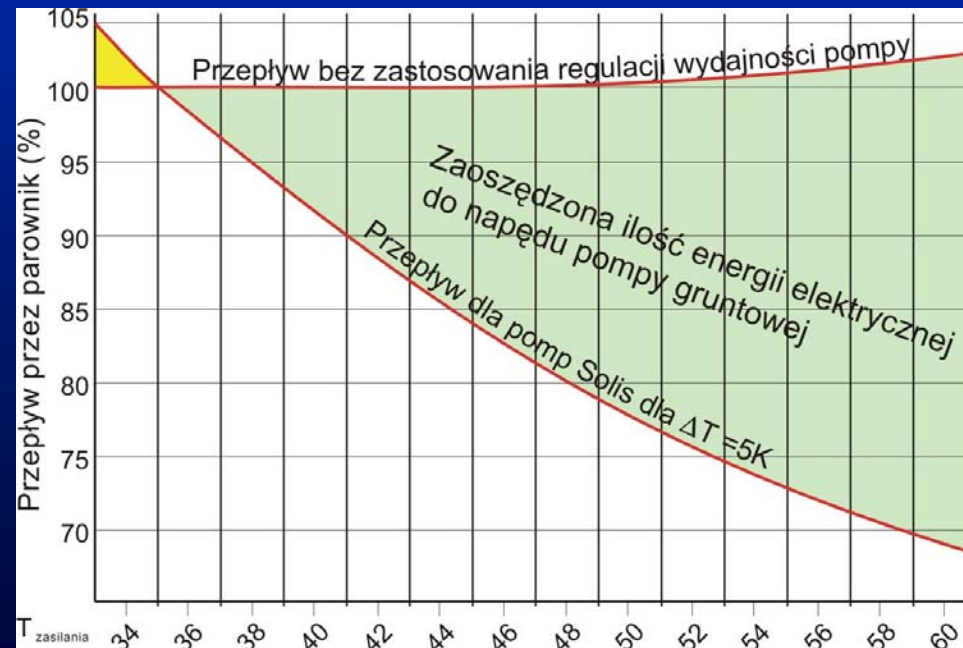
- Sprężarki Scroll - największa produkowana na świecie sprężarka spełniająca kryteria pracy pomp ciepła osiąga moc ca $Q_c=95\text{kW}$
- Dochłodzenie czynnika przed rozprężeniem
- Elektroniczny zawór rozprężny
- Zmienny przepływ dostosowany do obciążenia



Modulacja mocy źródła

- Pompa źródła ma za zadanie przetłoczenie wody bądź roztworu glikolu ze źródła dolnego do parownika pompy ciepła, gdzie następuje proces parowania czynnika (odbioru energii).
- Przepływ przez parownik jest stale dopasowywany do faktycznego zapotrzebowania. Przy niskich temperaturach skraplania (35°C) wymagany przepływ jest do 40% większy niż przy temperaturze skraplania rzędu 60°C.

Zmienna różnica temperatur zasilania i powrotu po stronie źródła pozwala na lepsze wykorzystanie źródła przy wysokich temperaturach zasilania bez większego wpływu na wydajność urządzenia.



Elektroniczny zawór rozprężny

- Elektroniczne zawory rozprężne oparte o silniki krokowe. Jest to elektromechaniczne urządzenie z serwo sterowaniem. Rozpręża ono czynnik chłodniczy w zmienny sposób przy wykorzystaniu (poprzez sterownik) elektronicznego przetwornika ciśnienia i czujnika temperatury (odpowiadającego zewnętrznemu wyrównaniu ciśnienia, oraz czujnikowi termostatycznego zaworu rozprężnego). Obydwa pomiary są przetwarzane przez mikroprocesorowy sterownik specjalnie opracowany dla pomp ciepła, który decyduje o optymalnym stopniu otwarcia zaworu.
- Co czyni elektroniczny zawór rozprężny lepszym od zaworu termostatycznego?
 - Pozwala na szeroki zakres regulacji wydajności
 - Precyzja w modulacji przepływu czynnika chłodniczego
 - Stabilne przegrzanie czynnika przy zmiennych warunkach pracy
 - Niska wartość przegrzania

Dochłodzenie czynnika przed rozprężeniem

- Przed zaworem rozprężnym gorący czynnik powinien być cieczą pod wysokim ciśnieniem o możliwie najniższej temperaturze. W normalnym układzie temperatura czynnika jest temperaturą z jaką czynnik opuszcza skraplacz. Dochłodzenie czynnika zapobiega w górnych zakresach temperatur do często dochodzącego zjawiska niepełnego skroplenia się czynnika (wrzenia) w skraplaczu powodując utratę sprawności układu. Z dochłodzonego czynnika ciekłego ciepło przekazywane jest do czynnika odparowanego w parowniku. Przy stosowaniu regulacji układu bazującego na niskim poziomie temperatury przegrzania czynnika rozwiązanie to zapewnia, że czynnik będzie prawidłowo przegrzany i do sprężarki nie dotrze czynnik nie w pełni odparowany.

Aspekty stosowania pomp ciepła

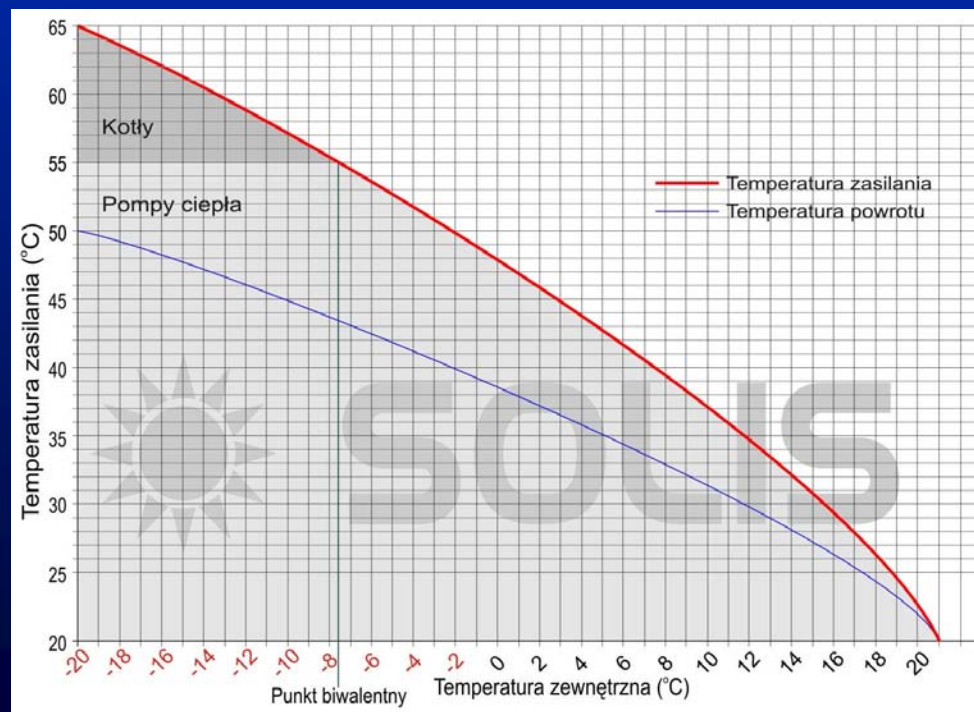
- najniższe koszty eksploatacyjne (50% taniej w porównaniu do gazu GZ50),
- możliwość pracy systemu w drugiej taryfie,
- długa żywotność systemu (do 25 lat, do 15 lat dłużej od kotłów),
- długofalowe uniezależnienie od dostawców paliw (olej, gaz),
- stabilne parametry paliwa-energii elektrycznej w przeciwieństwie do częstych zmian jakości gazu i oleju,
- brak konieczności corocznych przeglądów serwisowych (czyszczenia palników, korekcji jego ustawień, itd...),
- brak konieczności instalacji i wymiany wkładów kominowych,
- brak przewymiarowania urządzeń grzewczych dobranych do potrzeb obiektu, nie traci sprawności w okresie eksploatacji,
- brak zbiorników na olej/gaz płynny z niezbędnymi zabezpieczeniami,
- brak instalacji kominowej,
- brak instalacji wentylacji kotłowni,
- wymogi serwisowe zabudowy kotłów (odpowiednia wentylacja, przeszklenia i materiały wykończeniowe),
- wymogi przepisów przeciwpożarowych (materiały budowlane o odpowiednim stopniu ogniotrwałości)

Instalacje grzewcze

- Energia cieplna dostarczana przez kompletny węzeł cieplny z pompami ciepła pracującymi w układzie kaskadowym zapewniającym równomierne zużycie się poszczególnych urządzeń oraz wspomagającymi kotłami pracującymi podczas szczytowego zapotrzebowania na ciepło.
- Maksymalna temperatura węzła osiągnięta w okresach szczytowego zapotrzebowania na energię cieplną wyniesie 60°C. W zakresie temperatur powyżej około -10°C (tzw. punkt biwalentny) całkowite zapotrzebowanie na ciepło pokryte za pomocą pomp ciepła. W przypadku wystąpienia temperatur niższych do osiągnięcia żądanej temperatury zasilania powyżej 55°C zostaną załączone kotły.

Instalacja biwalentna

- W systemie grzewczym pracują dwa urządzenia grzewcze.
- Pompa ciepła pokrywa zapotrzebowanie energetyczne do określonej temperatury zewnętrznej np. -8°C , przy tej temp. następuje włączenie drugiego urządzenia grzewczego np. kotła gazowego lub olejowego.
- Od tego punktu pracują oba urządzenia równolegle.
- Przy podziale mocy 75% PC/25% kocioł, sezonowe zapotrzebowanie ciepła jest pokrywane przez pompy ciepła w 90-95%,



CWU

- Ze względu na fakt, iż maksymalna „rozsądna” temperatura zasilania uzyskiwana z pomp ciepła wynosi 55°C, co za tym idzie uzyskiwana temperatura wody użytkowej nie przekroczy 47°C, co z kolei skutkuje większym zapotrzebowaniem c.w.u. o niższej temperaturze.
- Okresowe przegrzanie wody (anty-legionella) może być realizowane za pomocą kotła lub grzałek elektrycznych.

Instalacje chłodnicze

- Instalacje chłodnicze wody lodowej są zasilane z wymienników gruntowych zapewniając pasywną wymianę ciepła. W miarę przyrostu temperatur zasilania z wymienników gruntowych będą załączane kolejno pompy ciepła. Niezależnie od warunków zewnętrznych pompy ciepła mogą być wykorzystane do podgrzewu c.w.u.
- Powrót z układu chłodniczego (ciepły) jest kierowany do wymiennika gruntowego. W sytuacji niewystarczającej pasywnej wymiany ciepła w wymienniku gruntowym następuje kaskadowe załączenie pomp ciepła do momentu osiągnięcia żądanych parametrów zasilania instalacji chłodu.
- Układ wymienników gruntowych wyposażony w pompy obiegowe oraz zawory przełączające obiegi pozwalając na pełną elastyczność w kierowaniu przepływami energii oraz uzyskanie efektu chłodzenia pasywnego i akumulacji jednocześnie.

Ograniczenia

- Temperatura zasilania instalacji grzewczych
 - idealnie 60/45°C, maksymalnie 65/45°C
- Temperatura zasilania instalacji chłodniczych
 - idealnie 10/15°C, minimalnie 8/13°C
- Temperatura c.w.u.
 - idealnie 45°C, maksymalnie 48°C, przegrzew dodatkowym źródłem ciepła

- Powyższe ograniczenia skutkują wzrostem inwestycji w zakresie instalacji odbiorczych o 5-10%

Ekonomia - Przykład

Instalacja o mocy 300kW mocy grzewczej, 200kW mocy chłodniczej, bez cwu, PC w układzie biwalentnym 75/25% GZ50

- Energia grzewcza w skali roku: 690MWh
- Energia chłodnicza w skali roku: 440MWh
- Energia elektryczna chillera w skali roku: 147MWh

Koszty eksploatacji - energia:

- Kocioł gazowy, chiller: $127\ 700 + 48\ 400 = 176\ 100$ PLN
- Kocioł olejowy, chiller: $203\ 600 + 48\ 400 = 252\ 000$ PLN
- Pompy ciepła z akumulacją energii GZ50: $69\ 000 + 13\ 100 = 82\ 100$ PLN
- Pompy ciepła z akumulacją energii olej: $77\ 000 + 13\ 100 = 90\ 100$ PLN

Oszczędność do gazu GZ50: 94 000, do oleju 161 900

Inwestycja:

- Kocioł gazowy, chiller: 350 000 PLN
- Kocioł olejowy, chiller: 390 000 PLN
- Pompy ciepła z akumulacją energii GZ50: 980 000 PLN

ROI = 6.7 lat dla gazu GZ50, 3.8 lata dla oleju opałowego

Na bazie cen energii netto (bez VAT) bez uwzględnienia zmian w czasie
Poziom cen energii: styczeń 2009r

Doświadczenie

- W zeszłym roku zrealizowaliśmy węzły w oparciu o pompy ciepła i gruntowe akumulatory energii o łącznej mocy grzewczej 2.6MW i mocy chłodniczej 1.4MW. Największy zrealizowany pojedynczy węzeł to 1.8MW mocy grzewczej, 1.0 MW mocy chłodniczej.
- Wszystkie węzły zrealizowane na podstawie własnych projektów wraz z automatyką.
- Mamy na koncie realizację projektów w oparciu o gruntowe akumulatory energii, zbiorniki wodne: oczka i stawy, oczyszczalnie ścieków.
- Moc grzewcza wyprodukowanych pomp ciepła w 2007 roku: 1.6MW.
- 120 zrealizowanych inwestycji opartych o pompy ciepła
- Rocznie realizowana ilość odwiertów głębinowych : 40 000 mb.

Referencje – Realizacje i projekty

- Centrum konferencyjne Ossa: 1.8MW mocy grzewczej, 1.0MW mocy chłodniczej
- Hotel Sielanka, Centrum konferencyjne: 400kW mocy grzewczej, 260kW mocy chłodniczej
- Ikea Łódź: 1.8MW mocy grzewczej, 1.0MW mocy chłodniczej
- Siedziba Strabag Pruszków: 380kW mocy grzewczej, 290kW mocy chłodniczej
- BPWiK: 360kW i 120kW mocy grzewczej
- GRK: 135kW mocy grzewczej

Więcej informacji:

INFO@SOLIS.PL

WWW.SOLIS.PL

Gruntowy akumulator na żywo:

<http://www.sator.solis.pl>

