

## 4 / ENERGIA PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO

### 4.1. Kolektory słoneczne

Największym źródłem energii odnawialnej, a jednocześnie źródłem najtańszym i najbardziej dostępnym dla nas jest Słońce. Energia promieniowania słonecznego jest też energią, która z punktu widzenia ochrony środowiska jest najbardziej „czystą” postacią energii. Możemy ją pozyskać bez emisji jakichkolwiek zanieczyszczeń do środowiska naturalnego. Energia ta już od wieków wykorzystywana jest przez ludzi np. do suszenia płodów rolnych.

Niestety wadą tej energii, przynajmniej w naszym klimacie, jest to, że jej podaż jest bardzo nierównomierna i to zarówno w okresie roku, jak i w ciągu dnia. Najwięcej energii Słońce dostarcza nam latem. Aż 80% tej energii przypada u nas na okres wiosenno-letni (kwiecień – wrzesień)! I to, że Słońce świeci tylko w ciągu dnia i że najwięcej energii słonecznej jest wtedy, gdy niebo jest bezchmurne, to chyba też „jest jasne jak słońce”.

Nasz rejon, jak i cały pas nadmorski ma zdecydowanie najkorzystniejsze w Polsce warunki na wykorzystanie energii słonecznej. Wyróżniającym się jest też region podlasko-lubelski, ze względu na częsty napływ suchych mas powietrza z Ukrainy. Najmniej korzystne warunki obserwuje się w regionach: podgórskim, suwalskim, warszawskim i górnośląskim. W regionach górnośląskim i warszawskim na stopień wykorzystania energii słonecznej rzutują zanieczyszczenia powietrza pochodzenia przemysłowego, natomiast w regionie podgórskim wpływ ma specyficzny typ zachmurzenia.

#### Do czego możemy więc wykorzystać energię promieniowania słonecznego?

Do ogrzewania nie za bardzo – wtedy kiedy potrzebujemy najwięcej ciepła do ogrzewania słońce świeci najślabiej. Ale są inne potrzeby i są to potrzeby całoroczne – dużo ciepła potrzebujemy do podgrzania wody, tej wody która służy nam potem jako ciepła woda np. do mycia. I tu energia słoneczna sprawdza się bardzo dobrze, chociaż nie bez pewnych trudności, gdyż maksymalne zużycie ciepłej wody w obiektach mieszkalnych przypada na godziny poranne i wieczorne, natomiast maksimum natężenia promieniowania słonecznego występuje ok. godz. 14-tej.

#### Jak pozyskujemy energię promieniowania słonecznego?

Istnieje bardzo wiele rozwiązań technicznych pozwalających na pozyskiwanie energii słonecznej. Ogólnie systemy wykorzystujące energię promieniowania słonecznego można podzielić na: systemy pasywne (bierne) i aktywne (czynne).

**Systemy bierne** to systemy, w których zmiana energii promieniowania słonecznego w ciepło użyteczne odbywa się w sposób naturalny wykorzystując zjawiska promieniowania, przewodzenia i konwekcji. Systemy te są bardzo proste i nie wymagają dużych nakładów finansowych.

Wyobraźmy sobie przeszkloną werandę albo modne ostatnio tzw. ogrody zimowe i mroźny, ale słoneczny dzień. Wychodzimy na taką werandę, w której nie ma grzejnika, a tam... cieplej niż w ogrzewanym domu. Weranda została ogrzana energią słoneczną. To jest właśnie system bierny.

Dziś już buduje się budynki, które zostały zaprojektowane tak, aby maksymalnie wykorzystać energię słoneczną do naturalnego ogrzewania budynku. Nie można mówić o tzw. budynku pasywnym, jeżeli jego struktura nie została tak ukształtowana, aby budynek w największym stopniu korzystał w sposób pasywny z energii słonecznej. Odbiornikami ciepła w takim budynku mogą być duże południowe okna i masywne elementy we wnętrzu budynku (na przykład mury ceglane czy stropy betonowe) lub szklarnie (cieplarnie) zespolone z budynkiem.

**Systemy aktywne** to systemy, w których zmiana energii promieniowania słonecznego na energię użyteczną odbywa się w specjalnych urządzeniach np. kolektorach słonecznych (w nich następuje przemiana energii promieniowania słonecznego na energię cieplną nazywana też konwersją fototermiczną) czy ogniwach fotowoltaicznych (tu energia promieniowania słonecznego przetwarzana jest na energię elektryczną nazywana też konwersją fotoelektryczną). Są to układy typowo instalacyjne i można je skojarzyć z tradycyjnymi systemami energetycznymi. Istnieją też **systemy kombinowane (semiaktywne)** uważane za ulepszone systemy bierne. Energia cieplna przekazywana jest w nich przez powietrze, które rozprowadzane jest po budynku kanałami (podobnie jak w ogrzewaniu powietrznym). Ruch powietrza wymuszają wentylatory.

## Kolektory słoneczne

Możemy spotkać się z następującymi rodzajami konstrukcji kolektorów słonecznych:

- kolektory skupiające,
- kolektory płaskie,
- kolektory rurowe (tubowe) próżniowe : heatpipe (rurka ciepła) i przepływowe.

Kolektory dzielimy też ze względu na rodzaj czynnika roboczego na:

- cieczowe,
- powietrzne,
- cieczowo-powietrzne.



Kolektory skupiające  
Źródło: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)



Kolektory płaskie  
Źródło: [www.termospec.pl](http://www.termospec.pl)



Kolektory próżniowe  
Źródło: [www.biawar.pl](http://www.biawar.pl)

Kolektory montujemy na dowolnych dostępnych powierzchniach niezacienionych. Najczęściej są to dachy, bo nie zabiera nam to dodatkowego miejsca a energia słoneczna najlepiej dociera do odbiornika. Może to być również teren wokół zasilanego obiektu. Pojawily się już też kolektory fasadowe montowane na ścianach budynku.

Warunkiem ograniczającym w lokalizacji kolektorów może być brak możliwości ustawienia kolektorów w odpowiednim kierunku światła czy w odpowiednim nachyleniu do poziomu.

Jeśli chodzi o kierunek światła to, aby uzyskać maksymalną sprawność kolektorów należy zamontować je tak, by były zorientowane na południe. Dopuszcza się odchylenie kąta azymutu w granicach  $\pm 30 \div 45^\circ$ . Przy większym odchyleniu kolektora od kierunku południowego ich wydajność ulega szybkiemu obniżeniu.

Jeśli chodzi o nachylenie do poziomu, to największą sprawność kolektorów uzyskuje się, gdy promienie słoneczne padają prostopadłe do jego płaszczyzny. Ze względu na to, że kąt padania promieni słonecznych zależy od pory dnia i roku, płaszczyzna kolektorów powinna zostać ustawiona odpowiednio do położenia słońca podczas okresu występowania największego napromieniowania.

Optymalne nachylenie kolektorów dla instalacji ciepłej wody użytkowanych przez cały rok w warunkach polskich wynosi  $30 \div 60^\circ$ .

Kolektor to jednak tylko urządzenie, które przetwarza energię słoneczną na energię cieplną, czyli pełni podobną funkcję jak kocioł. Musimy jakoś włączyć to urządzenie w układ odbiorczy ciepła.

Najprostsze, a więc i najtańsze w wykonaniu, układy do przygotowania ciepłej wody stosuje się tam, gdzie energii słonecznej jest najwięcej. Wystarczy wybrać się na wakacje w rejon śródziemnomorski albo dalej na południe, żeby zobaczyć jak dachy są dosłownie „usiane” kolektorami słonecznymi. Poniżej przykład takiego układu z Betlejem w Izraelu.

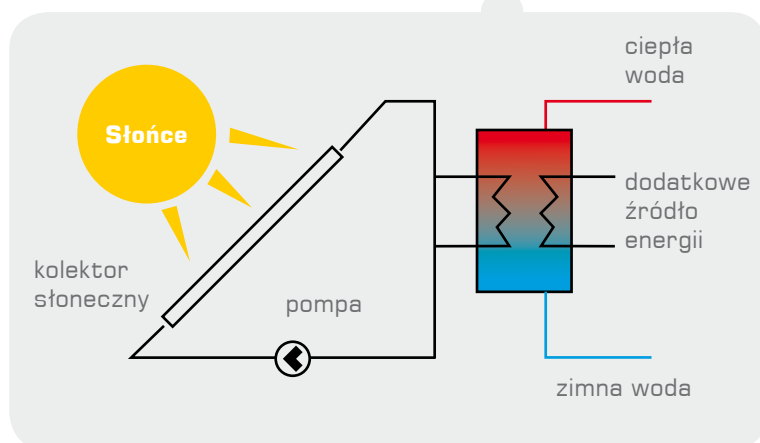
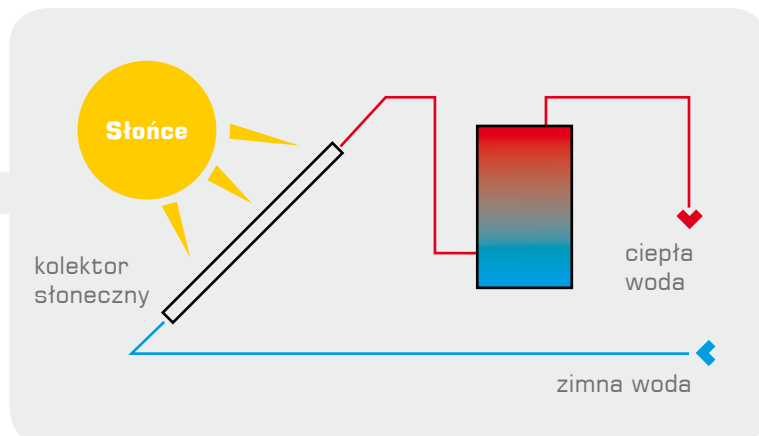


Zdjęcie: Anna Pawlak, BAPE

## Jak to działa?

Taki układ jak na rysunku obok nie zdałby egzaminu w naszym klimacie. Energii słonecznej może zabraknąć albo odwrotnie – jest jej w danym momencie zbyt dużo.

Musimy więc przewidzieć zarówno wspomagające źródło ciepła jak i zbiornik do magazynowania ciepła (lub przygotowanej ciepłej wody). I tak powstaje nam najprostszy układ do przygotowania wody:



Dodatkowym źródłem ciepła wspomagającym instalację słoneczną może być zarówno źródło konwencjonalne (energia elektryczna, kotłownie gazowe i olejowe, sieć ciepłownicza itp.) jak i niekonwencjonalne (np. pompy ciepła pozyskujące energię z gruntu lub wód gruntowych). Takie układy z dwoma źródłami ciepła nazywamy hybrydowymi lub biwaletnymi.

## I na koniec trochę liczb i ciekawostek:

- do wyprodukowania ciepłej wody na potrzeby jednego mieszkańca potrzeba 1÷2 m<sup>2</sup> kolektora (taka powierzchnia pozwala na pokrycie 40÷70% rocznego zapotrzebowania ciepła na przygotowanie ciepłej wody, zaś w miesiącach letnich zapewni prawie 100% energii potrzebnej do podgrzewu wody),
- na każdy 1 m<sup>2</sup> kolektorów musimy przewidzieć 50÷100 dm<sup>3</sup> pojemności zasobnika,
- właściwie dobrana instalacja słoneczna do ogrzewania powinna pokrywać potrzeby w 20÷30%,
- niestety na wszystkich etapach pozyskiwania energii słonecznej występują straty ciepła. Pewna część docierającego do kolektorów promieniowania słonecznego jest tracona na skutek odbicia i absorpcji. Wielkość tych strat wyznacza tzw. sprawność optyczną kolektorów. Podczas ogrzewania kolektorów oddają one ciepło do otoczenia na skutek przewodnictwa cieplnego, wypromieniowania i konwekcji. Dalsze straty generowane są w procesie przesyłu i magazynowania ciepła. Ogólnie tracone jest 40÷70% energii słonecznej (sprawność 30÷60%).



Na Pomorzu mamy już bardzo wiele instalacji słonecznych. Montowane są one zarówno w budynkach mieszkalnych jak i użyteczności publicznej (np. sanatorium „Leśnik” w Sopotcie, Harcerski Ośrodek Morski w Pucku, Dom Pomocy Społecznej „Mors” w Stegnie). Poniżej kolektory na dachu budynku Domu Pomocy Społecznej „Mors” w Stegnie.

Od połowy 2010 r. osoby fizyczne i wspólnoty mieszkaniowe mogą uzyskać z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej 45% dopłatę do zakupu i montażu kolektorów słonecznych do ogrzewania wody użytkowej.

Kolektory słoneczne na budynku DPS Stegna  
Źródło: materiały własne

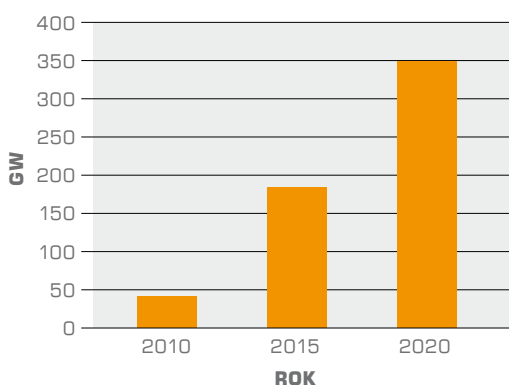
## 4.2. Ogniwa fotowoltaiczne

### Stan obecny i perspektywy rozwoju

Energia słoneczna dopływa do Ziemi w ilościach wielokrotnie przekraczających zapotrzebowanie. Obliczono<sup>4</sup>, że dla zaspokojenia potrzeb w zakresie energii elektrycznej dla Europy wystarczy pokryć ogniwami fotowoltaicznymi 0,34% jej obszaru, co odpowiada wielkością obszarowi Holandii. Samo wykorzystanie dla ogniw fotowoltaicznych dostępnych dachów i fasad umożliwiłoby wytworzenie 40% potrzebnej energii elektrycznej. Gęstość promieniowania słonecznego docierającego do Ziemi wynosi od 800 do 2300 kWh/m<sup>2</sup> rocznie. Średnia wartość dla Europy wynosi 1200 kWh/m<sup>2</sup>rok, a dla Polski – 1000 kWh/m<sup>2</sup>rok.

Światowa moc zainstalowanych systemów PV wynosiła w końcu 2010 r. 36 GW. Moc zainstalowana w Europie – 28 GW. Ocenia się, że do 2015 r. w świecie będzie pracować 180 GW, a w Europie 100 GW instalacji PV. Możliwe jest także osiągnięcie 350 GW światowej produkcji do 2020 roku.

Prognoza wielkości mocy zainstalowanej PV

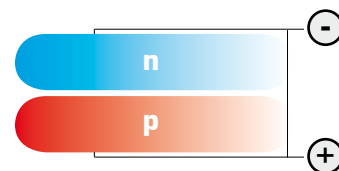


Coraz większa produkcja sprzyja ciągłemu obniżaniu cen i rozwojowi nowych technologii. W ostatnich 5 latach ceny systemów PV spadły o 40%. Oczekuje się, że do roku 2015 obniżą się o kolejne 40%, co spowoduje, że w ciągu następnych 5 lat ceny energii słonecznej dla gospodarstw domowych staną się konkurencyjne w wielu krajach europejskich.

Źródło: EPIA

### Zasada działania

Podstawową częścią instalacji są ogniwa fotowoltaiczne, w których różnica potencjału powstaje wskutek pochłaniania energii słonecznej na nie padającej. Dzieje się to w taki sposób, że energia słoneczna w postaci fotonu wybija elektrony z półprzewodnikowej płytki typu „n” (negative), które mogą przepływać do półprzewodnikowej płytki typu „p” (positive). Zjawisko jest znane od 1883 roku, od jego odkrycia przez francuskiego uczonego Becquerela, który w swoim ogniwie użył półprzewodnikowego selenu i złota.



### Technologie

Moduły z krystalicznego krzemu (mono i multi) – 80% rynku

- czystość krzemu 99,999999 %
- grubość półprzewodników (250÷40 μm)

Moduły cienkowarstwowe

- amorficzny krzem (a-Si) – 1 μm
- wielowarstwowa cienka folia krzemowa (a-Si/ μc-Si) – 3 μm
- tellurek kadmu – CdTe
- mieszanka Copper, Indium (Gallium), Selenium - CIGS

Oprócz wymienionych ciągle pojawiają się nowe technologie, takie jak CPV (Concentrator PV) i OPV (Organic PV).

Typowe moduły produkowane są w przedziale 60 ÷ 350 W, w rozmiarach do kilku m<sup>2</sup> w zależności od technologii i sprawności.

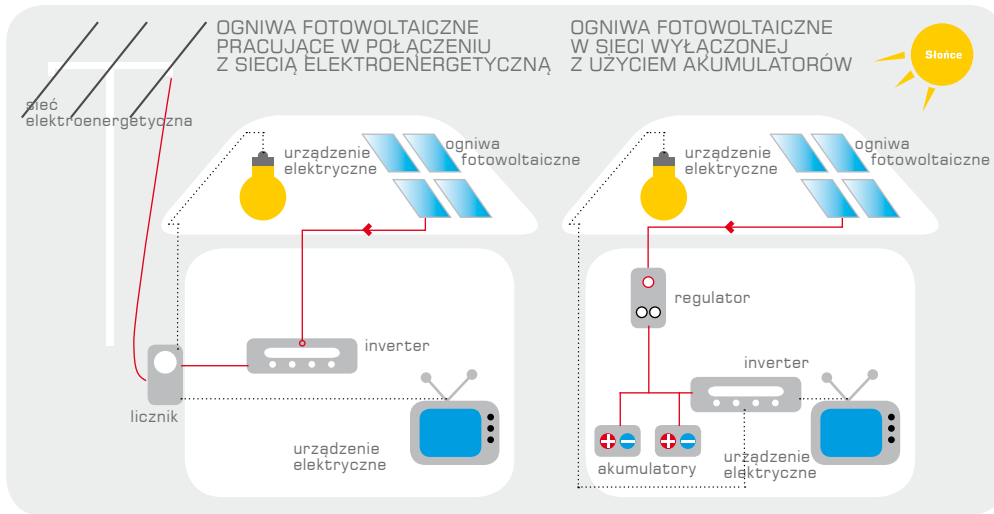
<sup>4</sup> Źródło: EPIA – European Photovoltaic Industry Association

Sprawność wykorzystania promieniowania słonecznego dla wybranych technologii

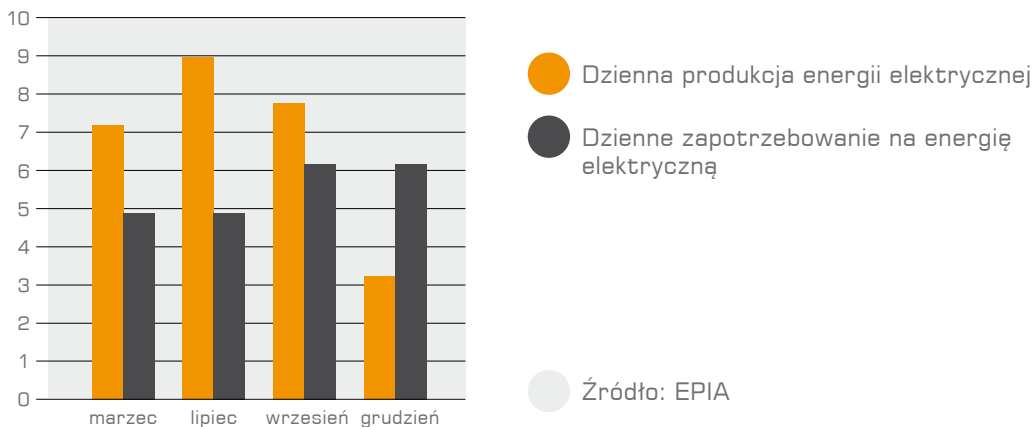
sprawność [%]	TECHNOLOGIA						
	krzem krystaliczny		cienkowarstwowe				CPV
	mono	multi	a-Si	CdTe	a-Si/μc-Si	Cl(G)S	
	13+19	11+15	4-8	10+11	7+9	7-12	25

### Ekonomika przedsięwzięcia

Ogniwa fotowoltaiczne mogą pracować w połączeniu z siecią elektroenergetyczną lub w sieciach wydzielonych z wykorzystaniem akumulatorów. W jednym i drugim przypadku odpowiednie napięcie i częstotliwość prądu wymagane przez odbiorniki zapewniają przetworniki prądu stałego na zmienny (inwertery).



Dla poniższego przykładu obliczeń przyjmuje się, iż roczne zużycie energii elektrycznej przez gospodarstwo domowe wynosi 2000 kWh, co odpowiada średniemu zużyciu na dobę w wysokości 5,5 kWh.



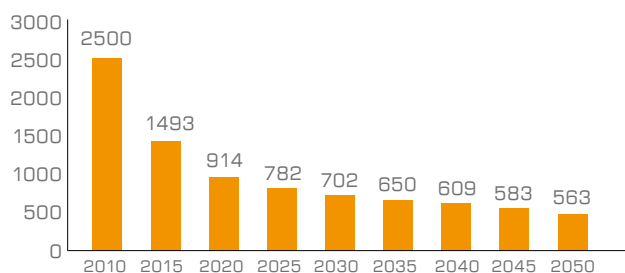
Uwzględniając to, że latem zapotrzebowanie na energię elektryczną jest mniejsze, a zimą większe, a promieniowanie słoneczne odwrotnie system w warunkach polskich winien być wyposażony co najmniej w ogniwa fotowoltaiczne o mocy 2,5 kWp (p oznacza moc szczytową) i powierzchni 20 m<sup>2</sup>. Koszt takiej instalacji wynosi na początku 2011 r. 30 000 zł, w tym 22 000 zł moduły fotowoltaiczne, 5 000 zł inwerter, a 3 000 zł montaż.

Licząc, że wykorzystanie instalacji osiągnie 25 lat, w tym czasie system wytworzy 50 000 kWh energii elektrycznej, a jej koszt będzie wynosił 30 000 zł / 50 000 kWh = 0,6 zł/kWh. Koszt energii elektrycznej zakupionej od dystrybutorów energii w taryfie G11 w tym samym czasie wynosi 0,485 zł/kWh. To jest odpowiedź na pytanie dlaczego wykorzystanie ogniw fotowoltaicznych w naszym kraju jest takie małe. Szacuje się, że moc zainstalowana wszystkich modułów PV wynosi 1,3 MW. Ministerstwo Gospodarki opracowuje nowy system wsparcia, który umożliwi rozwój energetyki słonecznej również w Polsce.

Producenci instalacji PV przewidują obniżenie ceny modułów z obecnych 2,5 €/Wp do poziomu 0,7 €/Wp i cenę wytwarzania energii w systemach fotowoltaicznych do 0,08 ÷ 0,05 €/kWh w miarę wzrostu produkcji i rozwoju technologii.



Przewidywana zmiana cen instalacji PV €/kWp



KOSZT INSTALACJI PV-2,5 KWP	PRODUKTYWNOŚĆ 25-LETNIA	CENA JEDNOSTKI ENERGII
zł	kWh	zł/kWh
30 000	50 000	0,6

Źródło: EPIA

## 5 / GEOTERMIA I POMPY CIEPŁA

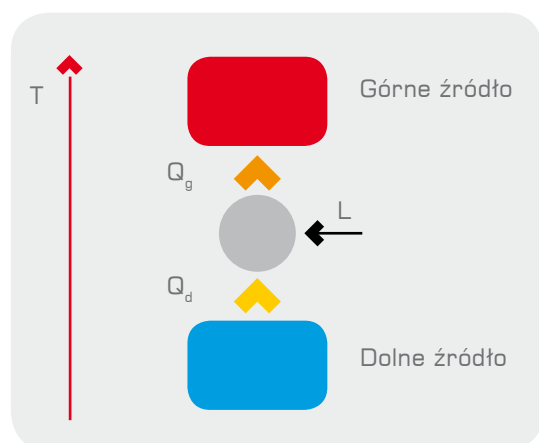
Energia geotermalna lub geotermia to jeden z rodzajów odnawialnych źródeł energii. Zasoby tej energii, zasilane z wnętrza ziemi są dla nas praktycznie niewyczerpalne. Największe zasoby energii geotermalnej znajdują się w obszarach działalności wulkanicznej bądź sejsmicznej. W obszarach tych woda wnikająca w głąb ziemi, podgrzewa się do znacznych temperatur. W wyniku tego wędruje do powierzchni ziemi jako gorąca woda geotermalna i może być bezpośrednio wykorzystana.

Zasoby wód geotermalnych można spotkać w skałach budujących znaczną część naszego kraju przede wszystkim na terytorium Niżu Polskiego, Sudet i Podhala. Do praktycznego zagospodarowania nadają się obecnie wody geotermalne występujące na głębokościach do 3000-4000 m. Temperatury wód w takich złożach osiągają od 30 do 130°C. Przykładem wykorzystania wód geotermalnych do ogrzewania jest Geotermia Podhalańska, która dostarcza ciepło do większości domów w Zakopanem.

Wraz z rozwojem techniki oraz obniżeniem kosztów pozyskania gorących wód z większych głębokości udział geotermii w ogrzewaniu będzie wzrastał.

Ciepło niskotemperaturowe z płytszych warstw ziemi wykorzystane może być w pompach ciepła. Pompa ciepła wymusza przepływ ciepła z obszaru o niższej temperaturze (dolnego źródła ciepła  $Q_d$ ) do obszaru o wyższej temperaturze (górnego źródła ciepła  $Q_g$ ). Niezbędna dla wymuszenia przepływu ciepła praca  $L$  wykonywana jest typowo przez silnik elektryczny napędzający sprężarkę pompy ciepła. Pompa ciepła wymaga wykorzystania przemian fazowych – parowania i skraplania – czynnika w zamkniętym obiegu; przepływ czynnika wymusza typowo sprężarka. Pompy ciepła działają podobnie jak urządzenia chłodnicze, pracują w wyższym zakresie temperatur i mogą być wykorzystane, jako urządzenia rewersyjne do chłodzenia.

Bilans energetyczny pompy ciepła przedstawiono poniżej.



$$Q_g = Q_d + L$$

gdzie:

$Q_g$  – ciepło pobrane z dolnego źródła ciepła (grunt, woda, powietrze)

$Q_d$  – ciepło oddane do górnego źródła ciepła (efekt pracy pompy ciepła)

$L$  – energia napędowa procesu