



# 1. Energia ze słońca, wody i powietrza – odnawialne źródła energii

*Ryszard Sęczyk*

## 1.1 Wprowadzenie

Podstawą istnienia życia na Ziemi jest energia, która dociera do nas w postaci promieniowania słonecznego. Potężne ilości energii, powstającej na Słońcu, są wynikiem reakcji termojądrowych, które zachodzą w jego wnętrzu. Promieniowanie słoneczne, docierające na Ziemię, jest traktowane jako rodzaj energii odnawialnej, która od wieków jest wiązana w procesie fotosyntezy przez rośliny zielone. Energia promieniowania jest niezbędna do zbudowania cząsteczki glukozy z dwutlenku węgla, dostępnego w powietrzu. W tym procesie produktem ubocznym jest tlen, który jest również bardzo istotny dla życia organizmów żywych. Proces fotosyntezy jest podstawą życia na Ziemi, gdyż glukoza służy zarówno jako budulec innych związków organicznych wchodzących w skład organizmów żywych oraz jako źródło energii koniecznej do przeprowadzania tysięcy reakcji biochemicznych, zachodzących we wszystkich żywych organizmach, stanowiących istotę życiowych procesów.

Z wytworzonej materii organicznej korzysta również człowiek, wykorzystując ją, przede wszystkim jako swoje pożywienie. Ale nie tylko, gdyż wyprodukowana przez rośliny masa organiczna jest wykorzystywana przez człowieka jako budulec do produkcji mebli, drzwi, okien, podłóg a także jako opał do ogrzewania domów. Do zalet energii

pochodzącej ze Słońca należy nieograniczoność jej zasobów oraz to, że dociera ona do każdego miejsca na Ziemi, chociaż nie do każdego miejsca w równej ilości. Zależy to głównie od pory dnia i roku oraz od szerokości geograficznej. Dlatego też korzystanie z drewna jako opału, zależy głównie od możliwości produkcyjnej ekosystemu oraz występujących w tym ekosystemie roślin, które mogą szybko produkować masę organiczną. W Polsce do otrzymywania energii elektrycznej wykorzystuje się m.in. wierzbę energetyczną, która szybko rośnie i jest używana jako paliwo w elektrowniach do produkcji „zielonej energii”. Warto tu również wspomnieć, że z biomasy poddanej fermentacji można otrzymać biogaz, który jest często używany jako źródło energii cieplnej do podgrzewania wody użytkowej i ogrzewania pomieszczeń. Znane są również technologie otrzymywania biopaliw używanych np. w transporcie do napędu silników spalinowych. Wykorzystuje się tu różne rośliny np. rzepak, zboża czy buraki cukrowe. Trzy główne rodzaje paliw otrzymywanych tymi sposobami to: **biometan**, **bioetanol**, **biodiesel**.

## 1.2 Panele fotowoltaiczne i kolektory słoneczne

Współczesne technologie umożliwiają wykorzystanie energii promieniowania słonecznego w różny sposób. Promieniowanie słoneczne można przekształcić, np. w procesie **konwersji fotowoltaicznej** i w efekcie wytworzyć prąd lub w **konwersji fototermicznej**, w wyniku której energia promieniowania podgrzewa wodę, którą można przeznaczyć do użytku w gospodarstwie domowym lub do ogrzewania domu.

Znane są również sposoby magazynowania i wykorzystywania energii promieniowania w specjalnie konstruowanych budynkach, opartych o technologię systemów pasywnych, w których wykorzystuje się ją bezpośrednio, np. do zapewnienia obiegu ciepła w ich wnętrzu. Sposobów na wykorzystywanie ciepła w tej technologii jest kilka. Można bezpośrednio pozyskiwać ciepło do ogrzewania, poprzez duże oszklone powierzchnie, które montowane są od strony południowej, a operujące słońce ogrzewa pomieszczenia. Często w budynkach montuje się też specjalnie konstruowane ściany, montowane zwykle również od południa, które potrafią magazynować ciepło, gdyż wykonane są z materiałów o dużej akumulacji cieplnej. Ściana taka jest w stanie przetrzymać energię cieplną przez pewien czas, oddając ją potem i ogrzewając mieszkanie w nocy. Inny sposób to konstruowanie szklarni czy oranżerii, który polega na rozbudowie ściany kolektorowo-magazynowej, poprzez odsunięcie przezroczystej osłony od ściany. Uzyskaną w ten sposób przestrzeń możemy wykorzystać, np. jako oranżerię czy ogród zimowy.

Zamiana energii Słońca w prąd wykorzystywana jest dość powszechnie. Wystarczy przypomnieć sobie kalkulatory, lampy solarne czy zegarki, zasilane energią produkowaną przez niewielkie „baterie słoneczne”, wytwarzające prąd w momencie ich oświetlenia. Praca takich urządzeń zwykle nie wymaga dużej ilości energii, zatem wystarczające są niewielkie fotoogniwa. Fotoogniwa zasilają też wiele urządzeń stosowanych w technice kosmicznej, wykorzystywane są również w żeglarskim, telekomunikacji oraz w gospodarstwach domowych. Większe urządzenia, których używamy w domu potrzebują jednak znacznie więcej energii do swojej pracy, dlatego do zasilania w energię elektryczną gospodarstw domowych, stosujemy znacznie bardziej wydajne i rozmiarowo większe **panele fotowoltaiczne**, montowane często na dachach domów.

Panele zbudowane są z pojedynczych **ogniw fotowoltaicznych**, czasami też nazwanych ogniwem słonecznym. Są to urządzenia, które bezpośrednio przetwarzają energię promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Powstanie energii elektrycznej jest możliwe dzięki zastosowaniu półprzewodnikowych złączy typu p-n (złącza „plus”-„minus”). Ogniwa fotowoltaiczne zbudowane są przeważnie z krystalicznego krzemu, a ich sprawność zamiany energii słonecznej na elektryczną wynosi od 14 do 17%. Górna powierzchnia płytki krzemowej ma umieszczone elektrody zbierające ładunki negative (n), czyli ujemne, natomiast na dolnej części, elektrody przenoszące positive (p), czyli ładunki dodatnie. Foton jest absorbowany przez krzem, pochłonięta energia wybija elektron ze swojej pozycji, co zmienia właściwości elektryczne materiału. Przenoszenie elektronów, wywołane energią fotonu, powoduje powstanie siły elektromotorycznej, która wprawia w ruch elektrony. Ruch elektronów to właśnie przepływ prądu elektrycznego.

Do najważniejszych zalet paneli fotowoltaicznych należą:

- produkcja energii czystej, co powoduje, że wpływ na środowisko naturalne jest znikomy;
- jest to ekologiczny i ekonomiczny sposób zaopatrywania się w energię elektryczną;
- panele zamontowane prawidłowo są praktycznie bezawaryjne i bezobsługowe (wymagają jedynie okresowych przeglądów);
- możliwość ich instalacji zasadniczo w każdym miejscu, przy dobraniu odpowiednich modułów, które zestawiane są pod względem zapotrzebowania na moc prądu elektrycznego i możliwość jego produkcji w danych warunkach.

W Polsce, jak wynika z badań prowadzonych przez Instytut Mete-



Rysunek 1.1: Panele fotowoltaiczne na budynkach mieszkalnych

orologii i Gospodarki Wodnej, najlepsze warunki słoneczne do produkcji prądu występują na wschodzie kraju, w województwie lubelskim oraz na Wybrzeżu Szczecińskim i Środkowym. Oczywiście najlepsze warunki nasłonecznienia, które umożliwiają produkcję dużych ilości energii, panują w okresie letnim. Średnia wartość natężenia promieniowania wynosi dla Polski od 930 do 1070 kWh/m<sup>2</sup>. Należy przy tym pamiętać, że panele fotowoltaiczne tylko część tej energii mogą zamienić na energię elektryczną, zaś jej ilość zależy od ich sprawności. Okres eksploatacji instalacji fotowoltaicznej określa się na ok. 25 lat, natomiast okres zwrotu inwestycji to ok. 14 lat.

W konwersji fototermicznej, energia promieniowania słonecznego służy do ogrzewania wody, którą po podgrzaniu magazynuje się w zbiornikach i wykorzystuje się najczęściej do zabezpieczenia potrzeb bytowych ludzi, czyli mycia się i kąpieli oraz prania i zmywania. Pozyskane ciepło może też służyć do ogrzewania domów. Wykorzystywane są do tego specjalnie skonstruowane urządzenia, zwane **kolektorami słonecznymi** (zwane też solarami). Dostępne są one obecnie w kilku wersjach, które zwykle różnią się ceną, wydajnością oraz stopniem zaawansowania technologicznego. System konwersji termicznej dzieli się, ze względu na wykorzystanie dodatkowych urządzeń, na system

pasyny i aktywny. System pasyny jest to bezpośrednio odbieranie energii przez wodę lub inny adsorbent ciepła. System taki wykorzystuje się głównie w budownictwie pasynym, gdzie przepływ nośnika ciepła (ogrzana woda lub powietrze) odbywa się w drodze konwekcji, bez użycia dodatkowych urządzeń. Znacznie większe zastosowanie ma system aktywny, który przez zastosowanie pomp napędzanych dodatkowym źródłem energii, wymusza obieg i zwiększa sprawność gromadzenia energii cieplnej.



Rysunek 1.2: Kolektory słoneczne

Istnieją dwa typy kolektorów słonecznych – płaskie i rurowe, które różnią się między sobą budową, ale zasada działania obu jest dość podobna. Najbardziej istotnym elementem solara jest adsorber, czyli powłoka która jest w stanie gromadzić energię słoneczną. Od stopnia adsorpcji tej energii oraz współczynnika emisji (opisuje straty energii do otoczenia) w dużym stopniu zależy sprawność całego kolektora słonecznego.

**Kolektory płaskie** są najczęściej stosowanym i najprostszym typem kolektora słonecznego. Zbudowany jest on z hartowanej szyby, pod którą znajduje się adsorber promieniowania słonecznego. Kolejnym elementem budowy solara są rurki miedziane wypełnione płynem, który odbiera ciepło z adsorbera. Gorący płyn następnie podgrzewa wodę w dużym zbiorniku i ochłodzony wraca ponownie do kolektora, by pochłonąć kolejną porcję energii. Rurki miedziane w solarze położone są na izolacji (spodnia warstwa kolektora od strony dachu), której

zadaniem jest zapobieganie stratom ciepła poprzez emisję do otoczenia. Im lepsza izolacja i mniejsza emisja ciepła do otoczenia, tym wyższa jest sprawność kolektora słonecznego.

**Kolektor rurowy (próżniowy)** jest wyrobem znacznie bardziej zaawansowanym technicznie, jest też produktem, który w okresie zimowym jest ok. 20% sprawniejszy od kolektora płaskiego. W okresie letnim sprawność obu rodzajów kolektorów jest porównywalna. Pojedyncza rura kolektora zbudowana jest z dwóch rurek szklanych, o węższej i szerszej średnicy, umieszczonych jedna w drugiej, pomiędzy którymi występuje próżnia. To właśnie próżnia, będąca doskonałym izolatorem, powoduje, że straty ciepła są minimalne. Powierzchnia zewnętrzna rurki wewnętrznej pokryta jest adsorberem, który nagrzewa się pod wpływem promieni słonecznych. Energia ta ogrzewa płyn w rurkach miedzianych, znajdujących się pod adsorberem wewnątrz węższej rurki szklanej. Płyn ten z kolei w wyniku dalszych wymian oddaje zgromadzoną energię cieplną i ogrzewa wodę użytkową w zbiorniku, w domu.

Ze względu na mniejsze nasłonecznienie w Polsce i długi okres zimowy, kolektory próżniowe lepiej sprawdzają się w naszych warunkach klimatycznych. Wadą ich jest jednak dość wysoki koszt produkcji ze względu na bardziej skomplikowaną budowę, dlatego też są one stosowane rzadziej.

### 1.3 Produkcja energii elektrycznej z wykorzystaniem wiatru

Kolejnym sposobem produkcji energii elektrycznej jest wykorzystanie siły wiatru.

**Definicja 1.1 — Wiatr.** Jest to ruch powietrza spowodowany różnicą ciśnienia, która z kolei jest związana z różną temperaturą lądów, mórz i oceanów, co w efekcie powoduje różną gęstość powietrza nad poszczególnymi obszarami Ziemi. Energia wiatru jest zatem efektem różnej absorpcji energii promieniowania słonecznego przez niejednolite obszary ziemskie. Przemieszczanie się mas powietrza zachodzi od obszaru wysokiego ciśnienia, w kierunku obszaru o niskim ciśnieniu.

W Polsce przeważają wiatry zachodnie, co jest efektem występowania siły Coriolisa wywołanej ruchem wirowym kuli ziemskiej. Prędkość wiatru w Polsce waha się od 3,5 do 5,5 m/s. Uważa się, że granica opłacalności budowy małych turbin wiatrowych wynosi 4 m/s, natomiast

dla większych elektrowni wiatrowych granicą jest 5,5 m/s. W naszym kraju najlepsze warunki wietrzne występują na Suwalszczyźnie oraz na Wybrzeżu Słowińskim, gdzie wiatr średnio w roku osiąga powyżej 5 m/s. Dobre warunki wietrzne, średnio ok. 4 m/s i więcej, występują również na Nizinie Mazowieckiej, wschodniej części Kotliny Sandomierskiej oraz w Beskidzie Żywieckim i Śląskim.

**Definicja 1.2 — Siła Coriolisa.** To siła bezwładności, która działa na ciało poruszające się ruchem postępowym, w obracającym się układzie odniesienia. Jest to więc siła pozorna, której działanie zależy od tego, w jakim układzie odniesienia się znajdujemy.

Konstrukcje siłowni wiatrowych są do siebie dość podobne. Zwykle jest to wieża, o wysokości minimalnej ok. 40 metrów (niektóre nawet do 100 m, ale bardzo rzadko), z umieszczoną na jej szczycie gondolą, która obraca się i ma zwykle trójłopatowy wirnik. Wiatr opływa łopatki wirnika, na których, dzięki ich odpowiedniemu ukształtowaniu, powstaje siła nośna, wprawiająca turbinę w ruch obrotowy. Powstała energia mechaniczna wprawia w ruch obrotowy generator, który produkuje energię elektryczną. Elektrownie wiatrowe mogą różnić się, w dużym stopniu, konstrukcją generatora wytwarzającego prąd, co przekłada się także na cenę produktu i ma wpływ na wydajność takiego generatora. Średnica wirnika dla standardowej małej siłowni o mocy 600 kW waha się w granicach od 43 do 48 metrów. Małe elektrownie wiatrowe o mocy od 100 W do 5000 W mogą zasilać gospodarstwa domowe lub nawet mniejsze przedsiębiorstwa o małym zużyciu energii elektrycznej. Większe elektrownie wiatrowe (o mocy powyżej 100 kW) produkują prąd zasilający zwykle sieci energetyczne.

Oczywistą zaletą takiego sposobu produkcji energii elektrycznej jest brak emisji gazów i pyłów do środowiska naturalnego, ponadto produkcja energii podczas dni wietrznych jest bezpłatna i nie zależy od pory dnia. Na terenach, gdzie wiatry wieją często, budowa siłowni wiatrowej szybko zwraca się ekonomicznie, a dla ich budowy można wykorzystać miejsca nieużyteczne dla innych form działalności gospodarczej człowieka. Niestety, okresowy brak wiatru powoduje też niedogodności, gdyż wymaga stosowania akumulatorów lub innego źródła energii, np. podłączenia i okresowego korzystania z sieci elektrycznej. Przesyłanie energii elektrycznej na większe odległości, w przypadku niskonapięciowych sieci energetycznych, występujących na terenach wiejskich, powoduje duże straty i nie jest efektywne. W czasie pracy, elektrownie wiatrowe emitują dość duży i uciążliwy hałas, w związku z czym muszą być budowane z dala od zabudowań mieszkalnych. Ponadto tereny,



Rysunek 1.3: Elektrownie wiatrowe

które mają dobre warunki wietrzne, nie są zwykle mocno zurbanizowane i nie ma tam wysokiego zużycia tej energii. Dlatego też, w niektórych regionach Polski, ich budowa może być nieopłacalna.

Pewnym rozwiązaniem, opisanych wyżej problemów, może być pomysł budowy farm elektrowni wiatrowych na terenach niezamieszkałych, połączonych z budową elektrowni szczytowo-pompowej. Elektrownia taka zbudowana jest z dwóch zbiorników wodnych, usytuowanych na różnych wysokościach, pomiędzy którymi umieszczona jest turbina, produkująca energię elektryczną. Praca turbiny i wytwarzanie energii elektrycznej jest możliwe wtedy, gdy z górnego zbiornika woda spływa na łopatki turbiny, porusza ją i spływa dalej do zbiornika dolnego. Napełnianie zbiornika górnego następuje w momencie, gdy wieje silny wiatr i farma wiatrowa produkuje dużo energii elektrycznej. Część wyprodukowanej w tym czasie energii może być użyta do napędzania pomp, przemieszczających wodę ze zbiornika dolnego do górnego. W czasie ciszy, ponownie uruchamiamy turbinę wodną w elektrowni szczytowo-pompowej. Moc takiej elektrowni zależy od wielkości zbiorników oraz od różnicy wysokości między nimi. Zbiorniki wodne mogą być naturalne lub sztuczne, wybudowane przez człowieka. Trzeba jednak pamiętać, że każde przekształcenie energii, z jednej postaci w drugą, odbywa się ze stratą, gdyż części energii rozprasza się. Sprawność elektrowni szczytowo-pompowych mieści się w granicach od 65 do 85%. Oznacza to, że z każdych 10 kWh, pobranych z systemu energetycznego



na pompowanie wody do góry, odzyskuje się od 6,5 do 8,5 kWh w czasie, kiedy występuje na nią największe zapotrzebowanie. Warto także wiedzieć, że elektrownie tego typu są konieczne i służą do magazynowania energii. Potencjalny ich brak, powodować może konieczność odłączenia elektrowni wiatrowych lub innych źródeł energii odnawialnej od sieci energetycznej dlatego, że nadmiar energii elektrycznej może taką sieć zdestabilizować. Elektrownia szczytowo-pompowa jest przykładem elektrowni wodnej, wykorzystującej energię potencjalną wody zgromadzonej w zbiorniku górnym. Jest też, jak wspomniano wyżej, rodzajem akumulatora energii, gdzie może być ona zmagazynowana w momencie jej nadprodukcji lub w czasie jej zmniejszonego zużycia .

## 1.4 Elektrownie wodne w Polsce

Elektrownie wodne są bardzo ważnym elementem systemu energetycznego w Polsce. Produkcja prądu w takiej elektrowni nie zanieczyszcza środowiska, mają też one większą sprawność niż elektrownie węglowe i pozwalają zaoszczędzić paliwa naturalne. Niewątpliwą ich zaletą jest również niski koszt eksploatacji i wytwarzania energii elektrycznej, jednakże zwykle w warunkach Polski wymagają budowy dużych zbiorników retencyjnych i budowy zapór wodnych. Budowa takiego zbiornika i zapór, często 3 lub 4 krotnie, przekracza koszt budowy elektrowni konwencjonalnej, a ponadto może on czasami negatywnie wpływać na warunki hydrogeologiczne i krajobrazowe.

W naszym kraju, ze względu na dużą ilość równin i raczej płaskie ukształtowanie terenu, nie ma zbyt dobrych warunków do budowy wielu elektrowni wodnych. Obecnie w Polsce jest 18 elektrowni wodnych o mocy powyżej 5 MW. Największe z nich, to elektrownia wodna Żarnowiec, Porąbka-Żar, Solina i Żydowo, które są **elektrowniami szczytowo-pompowymi** oraz elektrownia wodna Włocławek, która jest **elektrownią przepływową**. Elektrownie przepływowe wykorzystują energię kinetyczną wody płynącej w rzece, ale nie magazynują wody i nie mogą z tego powodu regulować mocy wytwarzanej energii elektrycznej. Wytwarzanie energii elektrycznej w elektrowniach wodnych jest procesem stosunkowo prostym. Woda spiętrzona w zbiornikach retencyjnych wylewa się wąskim strumieniem na łopatki turbiny z generatorem prądu, które poruszają się i wytwarzają energię elektryczną. Strumień wylewającej się wody można regulować. Im więcej wody spadnie na łopatkę turbiny, tym szybciej się ona porusza, i tym więcej energii elektrycznej produkuje.

Na świecie budowane są również **elektrownie pływowe**, które



Rysunek 1.4: Zapora i elektrownia wodna

w swojej pracy wykorzystują energię cyklicznych odpływów i przypływów, będących efektem wzajemnego oddziaływania grawitacyjnego Ziemi, Księżyca i Słońca, czy też energię nieustannego ruchu fal morskich i oceanicznych, wywołanych wiatrem. W niektórych miejscach powstają także **elektrownie prądów oceanicznych**, wykorzystujące energię stałych prądów morskich lub oceanicznych.

Charakteryzując hydroelektrownie warto wspomnieć, że budowa dużych zbiorników retencyjnych jest ingerencją w środowisko naturalne, które może doprowadzić do niekorzystnych i nieodwracalnych zmian. Często też rzeki, które są wykorzystywane do wytwarzania energii ulegają zamulaniu, a budowle stanowią barierę dla ryb migrujących w górę rzeki w celach rozmnażania się. Warto też pamiętać, że budowa hydroelektrowni jest kosztowna i wymaga często wielu trudnych decyzji administracyjnych, a nawet przesiedlania mieszkańców, co wydłuża proces inwestycyjny. Ponadto praca takiej elektrowni wiąże się z dość dużym hałasem, który wywołują pracujące turbiny.

W ogólnym bilansie przeważają jednak zalety, do których w pierwszej kolejności zaliczamy niski koszt wytwarzanej energii elektrycznej oraz dużą sprawność generatorów, co zwiększa efektywność elektrowni wodnej. Trzeba też dodać, że hydroelektrownie chronią środowisko naturalne powodując zmniejszenie zużycia nieodnawialnych paliw kopalnych, co w efekcie powoduje też zmniejszenie zapylenia i emisji gazów cieplarnianych. Dużą zaletą tego sposobu produkcji jest też duża stabilność wytwarzanej energii elektrycznej. Należy przyjąć założenia, które powinny obligować nas do rzetelnej analizy potencjalnych skutków budowy hydroelektrowni, zachowania wszelkich środków bez-

pieczeństwa i zmniejszanie niekorzystnego wpływu na otoczenie przez stosowanie nowych technologii w elektrowniach istniejących. Działanie takie zminimalizuje wady i dzięki temu możemy naprawdę pomóc naszemu środowisku i otrzymać czystą energię.

Do istotnych zalet elektrowni wodnych jest też fakt, że niektóre z nich, dodatkowo, pełnią rolę zapobiegającą powodziom magazynując nadmiar wody z opadów lub wiosennych roztopów. Poprawia to w istotny sposób dostępność do wody na terenie Polski, która jest krajem o małym zasobie wody. Woda zgromadzona w zbiornikach retencyjnych może, w czasie gorącego lata, pomóc w regulacji poziomu wody w rzekach. Duże zbiorniki retencyjne wykorzystywane są do letniej turystyki i rekreacji, stwarzają możliwość kąpieli, uprawiania kajakerstwa lub żeglarstwa.

## 1.5 Naturalne wody termalne jako źródło energii

**Energia geotermalna**, mająca swe źródło w głębi Ziemi, podobnie jak energia słoneczna, traktowana jest jako niewyczerpalne źródło odnawialnej energii. Pochodzi ona z jądra Ziemi, w którym przebiegają reakcje rozszczepiania pierwiastków promieniotwórczych, a temperatura towarzysząca tym przemianom dochodzi nawet do 5000°C. Bezpośrednim źródłem ciepła jest płytko zalegająca magma, znajdująca się w skorupie ziemskiej, dlatego też w rejonach o dużej aktywności wulkanicznej znajdują się wody o bardzo wysokiej temperaturze. Może być ona wykorzystywana zarówno do produkcji energii elektrycznej, jak i energii cieplnej do ogrzewania. Pozyskiwanie pary wodnej, z głęboko leżących złóż, do produkcji energii elektrycznej jest jednak obecnie w Polsce praktycznie nieopłacalne, a istniejące w naszym kraju zasoby wód geotermalnych są wykorzystywane głównie w energetyce cieplnej. W Polsce aktualnie funkcjonuje już kilka zakładów wykorzystujących wody termalne. Znajdują się one m.in. w Słomnikach i Bańskiej Niżnej na południu Polski, Mszczonowie i Uniejowie w środkowej części Polski oraz Czarnkowie, Pyrzycach i Stargardzie w północno-zachodniej części kraju. Ponadto w fazie realizacji jest projekt wykorzystania wód termalnych w Toruniu, a w kilku gminach trwają prace koncepcyjne nad utworzeniem zakładów ciepłowniczych. Wody termalne można podzielić na:

- wody wysokotemperaturowe (osiągają temperaturę ok. 200°C, czasami nawet więcej), które wykorzystywane są do produkcji energii elektrycznej;
- wody średniotemperaturowe (do 100°C) wykorzystywane przez

ciepłownie geotermalne;

- wody niskotemperaturowe (ok. 10°C), które ogrzewają domy mieszkalne wykorzystując specjalnie montowane w nich indywidualne pompy ciepła.



Rysunek 1.5: Instalacja ciepłowni geotermalnej

Największym przedsiębiorstwem w Polsce, wykorzystującym wody termalne, jest Geotermia Podhalańska. Temperatura wody w rejonie Bańskiej Niżnej, na głębokości ok. 2000 m, dochodzi do 86°C. W Zakopanem, na głębokości 1000 m, wody termalne osiągają temperaturę ok. 26°C. Przy wysokiej temperaturze możliwe jest bezpośrednie wykorzystanie energii cieplnej do ogrzewania domów i pomieszczeń gospodarczych. W Zakopanem ogrzewane są w ten sposób hotele, budynki użyteczności publicznej oraz gospodarstwa domowe. Ciepłe wody mogą też być wykorzystywane w uzdrowiskach, przy zabiegach balneoterapii oraz basenach sportowych i rekreacyjnych.

**Ciepłownie geotermalne** działają zwykle w obiegu zamkniętym, woda gorąca jest pobierana z otworu eksploatacyjnego, sięgającego do warstwy wodonośnej, a następnie przechodzi przez wymiennik ciepła i wraca z powrotem do wód głębinowych przez tzw. otwór chłonny. Otworów eksploatacyjnych i chłonnych może być oczywiście więcej. Ogrzana w wymienniku woda wędruje przez system izolowanych rur ciepłowniczych bezpośrednio do odbiorców. Przez to, że obiegi te są

rozłączne, wody z tych obiegów nie mieszają się ze sobą, a pozyskiwanie energii cieplnej jest procesem czystym ekologicznie. Efektywność takich odwiertów zależy od temperatury wody w głębi Ziemi, ale nie jest to jedyny czynnik. W gorących wodach podziemnych może też być rozpuszczone wiele różnych substancji, mówimy wtedy, że taka woda jest wysoko zmineralizowana. Nadaje się ona wtedy doskonale do balneoterapii, czyli gorących kąpeli solankowych. Jednakże w przypadku wykorzystywania do ogrzewania, w wyniku wytrącania się soli, w odwiertach gromadzą się osady solne, powodujące wzmoczoną korozję instalacji, co może nawet spowodować zaniechanie korzystania z takiego odwiertu.

Na potrzeby pojedynczych gospodarstw domowych wykorzystuje się tzw. płytką geotermię, która oparta jest na wspomnianych wcześniej pompach ciepła. Poniżej znajdziemy opis rodzajów oraz sposobu działania pompy ciepła.

## 1.6 Pompy ciepła

Rodzaje pomp ciepła zwykle dzieli się ze względu na dolne i górne źródło. **Dolnym źródłem** jest miejsce w otoczeniu domu, skąd pompa ciepła czerpie energię. W przypadku różnych pomp może to być powietrze, woda gruntowa i woda podziemna. **Górne źródło**, to urządzenia montowane w naszych domach, w których pompa oddaje ciepło. Są to kaloryfery, nawiewy ciepłego powietrza, czy też ogrzewanie podłogowe.

Pompa ciepła, której dolne źródło to wody podziemne, zwykle wymaga wiercenia co najmniej dwóch otworów, tzw. studni czerpnej i zrzutowej. Zasad działania jest dość prosta i opiera się na wykorzystaniu przemian fizycznych do przenoszenia energii cieplnej. Ciepła woda czerpana z głębi ziemi o temperaturze 8-12°C jest pompowana do urządzenia i dociera do tzw. parownika pompy, w którym ciepło przekazywane jest do czynnika roboczego (substancja, która paruje w niskich temperaturach). Czynnik roboczy, ogrzewając się, zamienia się w parę i trafia do sprężarki, w której w wyniku wzrostu ciśnienia następuje wzrost jego temperatury do kilkudziesięciu stopni Celsjusza. W dalszej kolejności trafia do zaworu rozprężającego i skraplacza, a energia cieplna w nim zgromadzona, zostaje wyzwolona i przekazana do drugiego obiegu, jakim jest woda w instalacji ogrzewającej dom. Wędruje ona potem do urządzeń grzewczych i ogrzewa nam pomieszczenia mieszkalne. Woda pobrana ze źródła podziemnego, oziębiona w wyniku wymiany ciepła, wraca w innym miejscu do wód podziemnych studnią

zrzutową.



Rysunek 1.6: Kotłownia w domu z pompą ciepła

Pompa ciepła do swojej pracy potrzebuje pewnej ilości energii elektrycznej, którą najczęściej wykorzystuje się w porach, gdy jest ona najtańsza – głównie nocą. Ważną charakterystyką pompy jest współczynnik COP, czyli współczynnik efektywności.

**Definicja 1.3 — Współczynnik COP (współczynnik efektywności).**

Odwzwierciedla zależność, pomiędzy mocą uzyskaną w postaci energii cieplnej, a mocą energii elektrycznej koniecznej do pracy urządzenia (zwykle ok. 25%). Oznacza to, że 1 kW energii elektrycznej, zużytej w trakcie pracy pompy ciepła, daje nam 4 kW energii cieplnej.

Zaletą takiej instalacji jest stabilność pracy, która wynika z praktycznie stałej temperatury wody, pozyskiwanej ze źródła dolnego. Wadą rozwiązania jest stosunkowo wysoki koszt budowy, który wynika z konieczności wiercenia dwóch studni (często zalecane jest wiercenie trzech, w tym dwóch zrzutowych, gdyż w trakcie eksploatacji zamulają się one i trzeba je oczyszczać, co w przypadku tylko jednej studni zrzutowej powoduje konieczność chwilowego zatrzymania pracy pompy ciepła). W szczególnych przypadkach, tego typu rozwiązanie, może też wymagać konieczności uzyskania pozwolenia wodno-prawnego na korzystanie z wód głębinowych.

Pompa ciepła gruntowa wykorzystuje energię, zawartą pod powierzchnią ziemi, którą pozyskujemy przy pomocy kolektorów, zwanych też sondami. Kolektory są wypełnione płynem o niskiej temperaturze zamarzania i występują jako pętle rur, zakopane w ziemi poziomo, zawsze poniżej poziomu zamarzania lub pętli rur umieszczonych pionowo. Rozmieszczenie poziome jest łatwiejsze w realizacji, ale wymaga większej działki, zaś pętle rozmieszczone pionowo, tzw. sondy pionowe, stosuje się tam gdzie działka wokół domu jest niewielka. Wybierając tego typu ogrzewanie domu, należy obliczyć ilość energii cieplnej potrzebnej do jego ogrzania i do tej wielkości dostosować ilość i wielkość kolektorów ziemnych służących do odbioru ciepła z gruntu. Prawidłowe zbilansowanie ilości energii cieplnej, potrzebnej do ogrzania domu, jest podstawą doboru mocy i wydajności pompy ciepła. Ilość takiej energii, zależy przede wszystkim od kubatury domu mieszkalnego oraz technologii jego wykonania, rodzaju ścian i ich ocieplenia, rodzaju okien i drzwi.

Zasada działania pompy jest zbliżona do opisanej wcześniej. Ogrzany w kolektorze płyn paruje i kierowany jest do sprężarki. Wzrost ciśnienia powoduje zwiększenie temperatury czynnika roboczego, który następnie transportowany jest do skraplacza. W tym miejscu czynnik roboczy gwałtownie się rozpręża, skrapla i wyzwala energię cieplną. Ogrzana woda w drugim obiegu zasila najczęściej ogrzewanie podłogowe lub inne odbiorniki ciepła w domu. Zaletą pomp tego typu jest wysoka stabilność pracy, niezależna od temperatury otoczenia, natomiast wadą tego rozwiązania jest stosunkowo wysoki koszt realizacji takiej inwestycji.

Obecnie, najczęściej montowane pompy ciepłe, jako dolne źródła zasilania, wykorzystują energię zawartą w powietrzu. Zaletą takich pomp jest ich prosty montaż, co powoduje, że jest to najtańsze obecnie stosowane rozwiązanie. Często tego typu pompy ciepłe montowane są na zewnątrz budynku. Niestety, sprawność takiej pompy maleje wraz ze spadkiem temperatury na zewnątrz. Ważną zaletą wszystkich wymienionych rodzajów pomp ciepła jest to, że nie wymagają one stałej obsługi a jedynie okresowych prac konserwacyjnych i nadzoru. Jest to jednocześnie rozwiązanie ekologiczne, nie emitujące w miejscu pracy żadnego zanieczyszczenia.

Pompy ciepła, prawidłowo eksploatowane i odpowiednio serwisowane, mogą być użytkowane 15 do 20 lat. Trzeba jednak pamiętać, że sprężarka w pompie powietrza generuje hałas, zwykle nie przekraczający 65 dB, gdy mierzony jest bezpośrednio przy pompie cieplnej. Jest on jednak wyższy niż dopuszczalny i dlatego pompa ciepła musi być



Rysunek 1.7: Pompa ciepła montowana na zewnątrz budynku

montowana tak, by minimalna odległość od działki sąsiada, wynosiła co najmniej 4 m. Należy też pamiętać, aby nie montować jej w pobliżu naszej sypialni. Aktualnie w sprzedaży znajduje się wiele typów pomp ciepłych, różniących się wielkością, wydajnością i efektywnością działania, wykorzystujących różne sposoby czerpania energii cieplnej z otoczenia. W czasach, gdy coraz większego znaczenia nabiera ochrona naszego środowiska naturalnego, pompy ciepła są dobrym wyborem i jednocześnie ekologicznym źródłem energii cieplnej. Sprzedawane na rynku modele pomp ciepłych, z powodzeniem ogrzewają domy mieszkalne, przy temperaturze zewnętrznej dochodzącej nawet do  $-28^{\circ}\text{C}$ . W Polsce bardzo rzadko temperatura w zimie osiąga takie wielkości, zatem pompy ciepła można stosować jako jedyne źródło ogrzewania, bez konieczności wspomagania innymi urządzeniami.

## 1.7 Podsumowanie

Obecnie, ze względu na coraz większe obciążenie środowiska, wywołane w dużej mierze dynamicznie rozwijającą się gospodarką światową i rosnącym wykorzystywaniem energetycznych nieodnawialnych surowców kopalnych, stajemy przed koniecznością poszukiwania nowych i niez-



wodnych źródeł energii. Jednocześnie, proces wytwarzania energii musi w znacznym stopniu zmniejszyć swoje negatywne oddziaływanie na nasze biologiczne otoczenie. Zadanie jest bardzo pilne do wykonania, gdyż wiele symptomów świadczy o tym, że naturalne możliwości środowiska do neutralizacji negatywnych czynników, wywołanych procesami gospodarczymi są na wyczerpaniu. Brak szybkiej reakcji człowieka, na wyraźnie zmieniające się parametry klimatyczne i rosnące zanieczyszczenie Ziemi, może w konsekwencji doprowadzić do katastrofy. Dlatego pozyskiwanie energii odnawialnej jest jedną z właściwych metod zmiany sposobu naszego myślenia o rozwoju przemysłu oraz działalności gospodarczej człowieka. Opisane w tym opracowaniu metody pozyskiwania energii odnawialnej są już wykorzystywane praktycznie na całym świecie. Nadal poszukujemy i badamy inne sposoby i możliwości pozyskiwania energii odnawialnych, poszukujemy także innowacyjnych i efektywnych systemów magazynowania energii. Bardzo obiecującym kierunkiem pozyskiwania energii bezpiecznej dla środowiska, są innowacyjne technologie, związane z wykorzystaniem wodoru jako paliwa. Przejście na technologie, wykorzystujące odnawialne źródła energii i wodór są już sukcesywnie wprowadzane. Zmiany muszą jednakże następować bardzo szybko, gdyż jest to warunek dalszego rozwoju działalności gospodarczej człowieka w bezpieczny sposób.

