Instytut Zrównoważonej Energetyki

Z EKOLOGIĄ NA TY

publikacja edukacyjna w ramach projektu
ECO-KIDS: Edukacja ekologiczna młodzieży szkolnej

Instytut Zrównoważonej Energetyki

Z EKOLOGIĄ NA TY

Publikacja edukacyjna w ramach projektu
ECO-KIDS: edukacja ekologiczna młodzieży szkolnej

Redakcja:

Redaktor naczelny: Krzysztof Sornek
Redaktor wydania: Wojciech Goryl
Skład i łamanie: Redakcja
Korekta: Redakcja
Projekt okładki: Redakcja

Autorzy tekstów: dr hab. inż. Mariusz Filipowicz, prof. n., dr Rafał Figaj, dr inż. Wojciech Goryl, dr inż. Katarzyna Szramowiat-Sala, mgr inż. Kamila Rzepka, mgr inż. Krzysztof Sornek, mgr inż. Barbara Szramowiat

Publikacja „Z ekologią na Ty" została przygotowana w ramach projektu „ECO-KIDS: edukacja ekologiczna młodzieży szkolnej", realizowanego przez Instytut Zrównoważonej Energetyki we współpracy z Katedrą Zrównoważonego Rozwoju Energetycznego (Wydział Energetyki i Paliw, AGH w Krakowie) oraz Studenckim Kołem Naukowym AGH Solar Plane.

Zadanie finansowane ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.

Ilustracja z okładki: kowition/Shutterstock.com

Wydawnictwo Instytutu Zrównoważonej Energetyki
ul. E.W. Radzikowskiego 100b/43, 31-315 Kraków
tel. +48 735 753 110, e-mail: wydawnictwo@ize.org.pl
www.ize.org.pl/wydawnictwo

ISBN: 978-83-954975-4-4

Wydanie cyfrowe

Wydanie 1
Kraków, 2019

Spis treści

Przedmowa 7
1. Czy powietrze atmosferyczne to tylko azot, tlen i dwutlenek węgla? 9
2. Jak racjonalnie wykorzystywać energię? 18
3. Jak wytworzyć energię elektryczną z odnawialnych źródeł energii? 27
4. Pojazdy z napędem elektrycznym czy z napędem konwencjonalnym? 38
5. W jaki sposób możemy wytwarzać ciepło? 48
6. Jak wytworzyć ciepło z promieniowania słoneczego? 58
Wykaz ilustracji 65

Przedmowa

Drodzy Czytelnicy!

Oddajemy w Wasze ręce publikację „Z ekologią na Ty”, która została opracowana i wydana w ramach projektu „ECO-KIDS: edukacja ekologiczna młodzieży szkolnej”. Projekt ten był realizowany w 2019 r. przez Instytut Zrównoważonej Energetyki przy dofinansowaniu Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie w ramach programu „Edukacja ekologiczna”.

Publikacja „Z ekologią na Ty” obejmuje m.in. zagadnienia ochrony środowiska (w tym przyczyny i skutki tzw. „niskiej emisji”), wykorzystania odnawialnych źródeł energii w celu wytwarzania ciepła i produkcji energii elektrycznej, racjonalnego gospodarowania energią oraz zeroemisyjnego transportu (m.in. elektromobilności). Stanowi ona mini kompendium wiedzy z zakresu ekologii i zachowań proekologicznych na rzecz ochrony środowiska.

Publikacja została stworzona przez osoby posiadające wiedzę praktyczną i doświadczenie z zakresu racjonalnego gospodarowania energią, wykorzystania odnawialnych źródeł energii, ochrony środowiska oraz dziedzin pokrewnych.

Publikację w wersji elektronicznej można pobrać ze strony Instytutu Zrównoważonej Energetyki: www.ize.org.pl.

Zapraszamy do lektury.

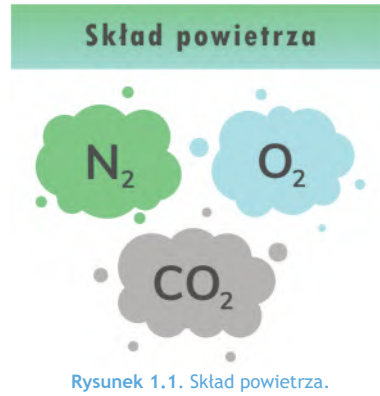
Redakcja

Czy powietrze atmosferyczne to tylko azot, tlen i dwutlenek węgla?

1

Zanieczyszczenie powietrza, w szczególności stężenie pyłu zawieszonego, skupia coraz większą uwagę naukowców. Obecność dużych ilości pyłu zawieszonego w atmosferze oddziałuje zarówno na klimat jak i na zdrowie człowieka, zwłaszcza na układ krwionośny i oddechowy. Długo- lub krótkotrwała ekspozycja na działanie pyłu zawieszonego w powietrzu, szczególnie w stężeniach przekraczających dopuszczalne normy, może nieść ze sobą zróżnicowane skutki zdrowotne. W związku z wzrastającym zagrożeniem, jakie niesie ze sobą wysokie stężenie pyłu zawieszonego, Komisja Europejska ustanowiła dyrektywy, regulujące dzienny limit zawartości pyłu w powietrzu (50 $\mu g/m^3$). Wprowadzenie obostrzeń względem ograniczenia emisji cząstek PM10 i PM2.5 pokazało, że problem ten dotyczy wielu krajów w Europie, a tym samym wielu miast w Polsce, a efektywne przeciwdziałanie wzrastającym emisjom zanieczyszczeń pyłowych jest niezmiernie trudne i wymaga zastosowania wielu mechanizmów.

Należy zwrócić uwagę, że od wielkiego smogu londyńskiego zmieniło się bardzo dużo. Podejmowane działania, w tym rozwój ustawodawstwa w zakresie ochrony powietrza, doprowadziły do poprawy jego jakości. Postęp technologiczny, który częściowo zainspirowały przepisy, również przyczynił się do poprawy powietrza w Europie. Poprawa konstrukcji silników wpłynęła na poprawę efektywności wykorzystania paliwa. Nowe samochody z silnikami wysokoprężnymi wyposażone są w filtry cząstek stałych (DPF – diesel particulate filter). Zakłady przemysłowe stosują coraz bardziej efektywne narzędzia ograniczania emisji zanieczyszczeń. Uruchamiane są nowe programy finansowane ze środków Narodowego i Wojewódzkich Funduszy Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej wpływające na poprawę jakości powietrza, jak PONE (Program



Rysunek 1.1. Skład powietrza.

Ograniczenia Niskiej Emisji) oraz podnoszące świadomość ekologiczną społeczeństwa.

Niemniej jednak, w przypadku innych zanieczyszczeń rezultaty poprawy jakości powietrza są mniej oczywiste. Reakcje chemiczne zachodzące w atmosferze, a przede wszystkim przyzwyczajenia człowieka do określonych działań gospodarczych utrudniają przeciwdziałanie emisji tych zanieczyszczeń. Te przyzwyczajenia wynikają często z dwóch czynników: z braku świadomości ekologicznej oraz ze względów ekonomicznych, w wyniku których do ogrzewania domów stosowane są kotły o niskiej klasie energetycznej, w których spalane są niskiej jakości paliwa a nawet odpady komunalne. Bardzo często względy ekonomiczne postawione są niestety ponad świadomością ekologiczną. Nieodpowiednia instalacja centralnego ogrzewania i gorszego sortu paliwo wpływają na jakość przebiegu procesu spalania, nie dopalając najbardziej niebezpiecznych składników spalin, w tym cząstek stałych wraz z zaadsorbowanymi na ich powierzchni substancjami niebezpiecznymi. W takim przypadku mówimy o tzw. „niskiej emisji".

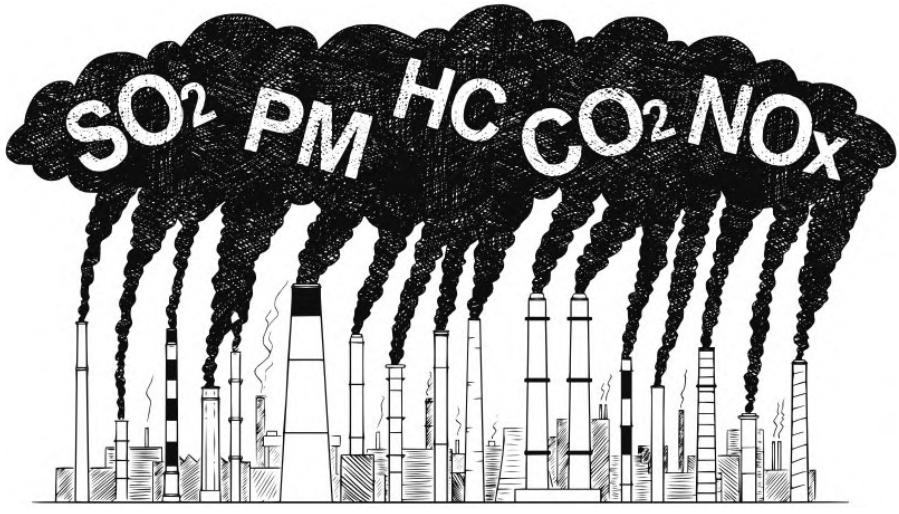
Kraków i jego okolice należą do najbardziej zanieczyszczonych regionów w Polsce. Oprócz dużej liczby emitorów, na kumulację zanieczyszczeń w tym regionie wpływa również jego układ topograficzny. Ponadto, wokół miasta powstaje coraz więcej zabudowań, blokując tym samym przepływ powietrza i wentylację Krakowa. Warunki te są szczególnie niebezpieczne zimą, kiedy bardzo często mamy do czynienia ze zjawiskiem inwersji temperaturowej, blokującej mieszanie się mas powietrza.

Rysunek 1.2. Najważniejsze zagrożenia ekologiczne.

W listopadzie 2016 r. krakowscy radni przegłosowali uchwałę o zakazie stosowania paliw stałych (drewna i węgla) do ogrzewania mieszkań i domów w Krakowie. Zakaz ma obowiązywać od 1 września 2019 r. W dniu 24 kwietnia 2017 radni Krakowa przyjęli nową uchwałę, tzw. przejściową uchwałę antysmogową. Uchwała sejmiku ma za zadanie ograniczyć stosowanie odpadów kopalnianych, które nie tylko są niskokaloryczne, ale również przyczyniają się do zanieczyszczenia powietrza. Konieczne za to będzie stosowanie paliw stałych o wartości opałowej nie mniejszej niż 26 kJ/kg, zawartości popiołu nie większej niż 10%, zawartości siarki nie większej niż 0,8% i wilgotności względnej nie większej niż 20%. Efektem wprowadzonych zmian ma być 37-procentowy spadek stężenia PM10 i 50-procentowy spadek zawartości benzo(a)pirenu we wdychanym powietrzu. Uchwała ma obowiązywać od 1 lipca 2017 do 31 sierpnia 2019.

Tymczasem okazuje się, że okolice Krakowa są jeszcze bardziej narażone na wysokie poziomy zanieczyszczeń. W Skale, oddalonej o 20 km od Krakowa, na początku 2017 roku stężenie chwilowe PM10 przekroczyło wartość 900 $\mu g/m^3$! Również dla tych miejscowości zrobiono krok w przód. W styczniu 2017 r. na sesji Sejmiku Województwa Małopolskiego radni przegłosowali uchwałę antysmogową dla całego regionu. W uchwale antysmogowej nie ma zakazu używania węgla. Od 1 lipca 2017 zabronione jest korzystanie z paliw niskiej jakości, m.in. mułów i drewna o wilgotności powyżej 20%. Nowo instalowane kotły i kominki będą musiały spełniać wymagania, zgodnie z którymi kocioł – zwłaszcza podczas pracy na niepełnej mocy – nie może emitować więcej niż 40 mg/m^3 pyłów. Od 2020 r. kotły, które nie spełniają norm, nie będą dostępne w sprzedaży na terenie całej Unii Europejskiej. Niemniej jednak, efekty wprowadzanych zmian będą odczuwalne najbardziej dopiero dla przyszłych pokoleń.

Rysunek 1.3. Wybrane rodzaje zagrożeń i zanieczyszczeń środowiska.



Rysunek 1.4. Zanieczyszczenia emitowane do środowiska

Składniki zanieczyszczeń powietrza ich źródła i oddziaływanie na zdrowie i środowisko

Jak sugeruje tytuł tego rozdziału, powietrze, którym oddychamy już od dawna nie składa się tylko z azotu, tlenu, dwutlenku węgla i gazów szlachetnych. Na skutek prowadzonej przez człowieka działalności, a także na skutek naturalnych procesów mających miejsce w środowisku, do atmosfery emitowanych jest bardzo wiele różnych związków chemicznych: organicznych i nieorganicznych, które z kolei biorą udział w reakcjach fotochemicznych nieustannie przebiegających w atmosferze. Niestety, większość z tych związków stanowią zagrożenie nie tylko dla środowiska, w którym my funkcjonujemy: pracujemy, uczymy się i żyjemy, lecz przede wszystkim dla naszego zdrowia! Wśród najważniejszych składników, skażających powietrze należy wyróżnić: tlenek siarki, tlenki azotu, pył zawieszony, ozon, amoniak, metan i niemetanowe lotne związki organiczne.

Tlenek siarki (SO_2) – SO_2 powstaje w wyniku utleniania siarki (S), głównie poprzez spalanie paliw zawierających S. Sektor wytwarzania energii elektrycznej jest najważniejszym źródłem SO_2. SO_2 może również przyczyniać się do tworzenia wtórnych cząstek siarczanu w atmosferze. SO_2 nasila astmę i może prowadzić do zmniejszenia czynności płuc i dróg oddechowych. Może powodować ból głowy, ogólny dyskomfort i niepokój. Tlenek siarki w atmosferze wpływa na powstawanie kwaśnych deszczy, których skutki mogą być znaczące, powodując szkody w lasach i ekosystemach rzek i jezior.

Tlenki azotu (NO_x) – NO_x jest emitowany podczas spalania paliw, np. z obiektów przemysłowych i sektora transportu drogowego. NO_x to grupa gazów zawierających tlenek azotu (NO) i dwutlenek azotu (NO_2). NO stanowi większość emisji NO_x. NO_x przyczynia się do powstawania ozonu i cząstek stałych. NO_2 wiąże się z niekorzystnym wpływem na zdrowie: może powodować choroby narządów tj. wątroba, płuca, śledziona i krew. Może także intensyfikować choroby płuc, prowadząc do zwiększonej podatności na infekcje dróg oddechowych. Podobnie jak w przypadku SO_2, NO_x przyczynia się do kwaśnych deszczy, ale także do eutrofizacji gleby i wody.

Pył zawieszony (PM – z ang. *particulate matter*) – PM jest mieszaniną cząstek aerozolu (stałego i ciekłego) o szerokim zakresie wielkości i składu chemicznego. PM10 (PM2,5) odnosi się do cząstek o średnicy 10 (2,5) mikrometrów lub mniejszej. PM jest albo emitowany bezpośrednio jako cząstki pierwotne, albo tworzy się w atmosferze z emisji SO_2, NO_x, NH_3 i niemetanowych lotnych związków organicznych. PM jest emitowany z wielu źródeł antropogenicznych, w tym z procesów spalania, przede wszystkim spalania stacjonarnego kopalnych paliw stałych i odpadów, jak i spalania paliw ciekłych w źródłach liniowych, tj. silnikach benzynowych czy zasilanych olejem napędowym w pojazdach drogowych i pozadrogowych. Ważnymi naturalnymi źródłami PM są sól morska i naturalny wtórny zawieszony pył. PM może powodować lub nasilać choroby układu krążenia i płuc, zawały serca i zaburzenia rytmu serca. Może również wpływać na centralny układ nerwowy i układ rozrodczy i może powodować raka. Jednym z rezultatów narażenia na PM może być przedwczesna śmierć. PM działa również jako gaz cieplarniany, głównie chłodząc klimat Ziemi, chociaż w niektórych przypadkach może prowadzić do ocieplenia. PM w atmosferze może również zmieniać wzorce opadów i wpływać na właściwości albedo powierzchni śniegu (stopień, w jakim śnieg odbija światło).

Rysunek 1.5. Zanieczyszczenie powietrza

Ozon (O_3) – ozon w warstwie przyziemnej (troposferycznej) nie jest bezpośrednio emitowany do atmosfery. Zamiast tego tworzy się w atmosferze z łańcucha reakcji chemicznych następujących emisji niektórych gazów prekursorowych: NO_x, tlenku węgla (CO), niemetanowych lotnych związków organicznych i metanu (CH_4). Podwyższony poziom ozonu może powodować problemy ze zdrowiem układu oddechowego, w tym zmniejszoną czynność płuc, nasilenie astmy i inne choroby płuc. Może również prowadzić do przedwczesnej śmiertelności. Ozon jest również gazem cieplarnianym przyczyniającym się do ocieplenia atmosfery.

Amoniak (NH_3) – ogromna większość emisji NH_3 pochodzi z sektora rolniczego, w związku z działalnością, taką jak przechowywanie obornika, rozprzestrzenianie gnojowicy i stosowanie syntetycznych nawozów azotowych. Przyczynia się również do tworzenia cząstek wtórnych. Narażenie na wysoki poziom amoniaku może podrażniać skórę, oczy, gardło i płuca oraz powodować kaszel. Osoby z astmą mogą być bardziej wrażliwe na oddychanie amoniakiem niż inne. NH_3, podobnie jak NO_x, przyczynia się do eutrofizacji i zakwaszenia.

Niemetanowe lotne związki organiczne (NMLZO) – NMLZO wytwarzają utleniacze fotochemiczne w reakcji z NO_x w obecności światła słonecznego. Antropogeniczne NMLZO są emitowane ze źródeł, w tym nakładania farb i lakierów, transportu drogowego, stosowania rozpuszczalników. Biogenne NMLZO są emitowane przez roślinność, a ilości przez nią emitowane zależą od gatunku roślinności i otaczającej ją temperatury. NMLZO obejmują różne substancje chemiczne. Niektóre gatunki NMLZO, takie jak benzen (C_6H_6) i 1,3-butadien, są bezpośrednio niebezpieczne dla zdrowia ludzkiego. NMLZO są również prekursorami produkcji ozonu w warstwie przyziemnej.

Tlenek węgla (CO) – CO jest emitowany w wyniku niepełnego spalania. Ważnymi źródłami CO są transport drogowy, gospodarstwa domowe i przemysł. CO reaguje z innymi zanieczyszczeniami, wytwarzając ozon w warstwie przyziemnej. CO może prowadzić do chorób serca i uszkodzenia układu nerwowego. Może również powodować bóle głowy, zawroty głowy i zmęczenie.

Metan (CH_4) – CH_4 jest wytwarzany zarówno przez źródła antropogeniczne, jak i naturalne. Znaczące źródła antropogeniczne obejmują sektor rolnictwa (z fermentacji jelitowej CH_4 ze zwierząt hodowlanych), sektor odpadów oraz „niezorganizowane" emisje z górnictwa węgla i gazu. Metan jest ważnym gazem cieplarnianym i jest jednym z gazów kontrolowanych w ramach protokołu z Kioto podpisanego przez członków Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmian Klimatu (UNFCCC). W skali regionalnej i globalnej metan przyczynia się również do powstawania ozonu na poziomie gruntu.

Dekalog ECO-KIDS

| 1. Segreguj odpady!

Segregacja odpadów jest bardzo ważnym aspektem w kontekście dbania o nasze środowisko. Dlaczego zatem warto segregować nasze odpady? Dzięki takiej inicjatywie przyczyniamy się do ułatwienia procesu recyklingu śmieci. Plastik, szkło czy papier jest poddawany odpowiedniej obróbce i wykorzystywany do wytworzenia kolejnego produktu - nie trafia na wysypisko śmieci. Dzięki takim działaniom ograniczamy ilość odpadów pochodzących z gospodarstw domowych.

| 2. Oszczędzaj wodę!

Woda jest podstawą naszego życia oraz ważnym elementem kształtującym istnienie naszej planety! Zatem pamiętajmy, że należy dbać o jej zasoby i skupić się na jej oszczędzaniu podczas zmywania brudnych naczyń czy kąpieli! Ciekawostka: Jeśli w ciągu dziesięciu sekund z kranu spadnie sześć kropel wody to na dobę da nam to 12 litrów strat, w tygodniu to strata osiemdziesięciu litrów, a w ciągu roku to już będzie cztery tysiące litrów!

| 3. Przesiądź się do komunikacji miejskiej!

Zwiększająca się liczba pojazdów na naszych drogach ma wielki wpływ na nasze środowisko - niestety głównie negatywne. Toksyczne substancje, które emitują nasze pojazdy w znacznym stopniu zanieczyszczają powietrze! Dlatego my sami musimy przyczynić się do polepszenia stanu powietrza, którym mamy okazję oddychać. Zatem jadąc do pracy wybierajmy komunikację miejską lub podróż rowerem! Będzie to dobre nie tylko dla jakości powietrza oraz stanu środowiska, ale i naszego zdrowia.

| 4. Zadbaj o energię!

Oszczędzaj energię! Włączaj ogrzewanie tylko w niskej temperaturze, wychodząc z danego pomieszczenia wyłączaj światło bądź zastąp urządzenia elektryczne pracą własnych mięśni (np. przy pracach w kuchni czy majsterkowaniu). To tylko niewielki procent podanych rozwiązań na oszczędność energii. Ale spójrz! Wystarczy tak niewiele, aby poprzez nasze zachowanie znacznie zmniejszyć wpływ emisji gazów szklarniowych odpowiedzialnych za powstanie efektu cieplarnianego!

| 5. Posprzątaj po sobie!

Dbaj o czystość nie tylko w swoim domu! Będąc na plaży czy na pikniku w parku nie zapominaj o wyrzuceniu swoich śmieci do kosza! Dbajmy o nasz świat, bo nikt za nas o niego nie zadba. Przyczyny naszego postępowania wobec przyrody w końcu na nas wpłyną i tylko od nas zależy czy będzie to pozytywny czy negatywny wpływ.

| 6. Poznaj możliwości OZE!

Energia odnawialna jest energią uzyskiwaną z innych źródeł niż nieodnawialne zasoby ziemi (gaz, węgiel). Powstaje dzięki zjawiskom naturalnym tj. jak wiatr, słońce, fale morskie czy ciepło ziemi. Ten typ energii jest całkowicie ekologiczny i wykorzystuje naturalne warunki atmosferyczne lub geologiczne Ziemi.

| 7. Ogranicz plastik!

Większość przedmiotów codziennego użytku najczęściej wykonane jest z plastiku. Należy przede wszystkim zauważyć, że plastikowe odpady rozkładają się przez kilkaset lat i tym samym mają bardzo szkodliwy wpływ na środowisko naturalne. Zatem unikajmy kupowania rzeczy z plastiku! Wybierajmy produkty wykonane z innego surowca - bambusowego czy metalowego! Idąc na zakupy pamiętajmy o zabraniu ze sobą torby wielokrotnego użytku! Kupując wodę wybierajmy tą w szklanym opakowaniu!

| 8. Nie zanieczyszczaj gleby!

Substancjami zanieczyszczającymi glebę są przede wszystkim związki organiczne (detergenty i pestycydy), metale ciężkie (kadm, ołów, rtęć) oraz sole (azotany, chlorki, siarczany). Dlaczego te substancje przedostają się do gleby?! Spowodowane jest to głównie niewłaściwą działalnością gospodarczą człowieka! Nie wylewaj farb, lakierów, rozpuszczalników czy resztek benzyny i olejów do kanalizacji! Wybieraj środki czyszczące tylko te bezpieczne dla środowiska!

| 9. Nie spalaj śmieci w piecach!

Palenie śmieci w przydomowych paleniskach jest procesem pogarszającym jakość powietrza. Odpowiedzialność za taki stan ponosimy najczęściej (niestety) my -

mieszkańcy domków jednorodzinnych. W ramach oszczędności palimy śmieci w piecach, emitując przy tym niebezpieczne substancje dla naszego zdrowia i powietrza! Pamiętaj, że takim postępowaniem skracasz nie tylko sobie życie, ale też swoim sąsiadom!

| 10. Bądź EKO!

Aby wokół nas środowisko było piękne powinniśmy podjąć pewne działania mające na celu utrzymania go w jak najlepszej kondycji. Ochrona środowiska przyrodniczego nie powinna być obojętna nikomu. Dlatego świadomie i z wielkim zaangażowaniem bierzmy udział w różnego rodzaju akcjach mających na celu sprzątanie czy segregację śmieci. Pamiętajmy, że jesteśmy częścią przyrody, więc dbajmy o nią w sposób szczególny!

2 Jak racjonalnie wykorzystywać energię?

Obecnie, w dobie powszechnej troski o zmiany klimatyczne, zanieczyszczenie powietrza czy inne aspekty związane z jakością życia, racjonalne wykorzystanie energii staje się bardzo istotnym zagadnieniem.

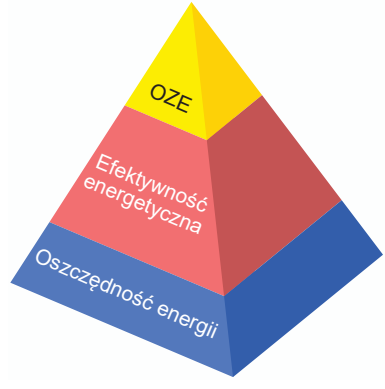
Poprzez racjonalne wykorzystanie energii rozumiemy:

- wykorzystanie energii wytworzonej z OZE przed energią wytworzoną w inny sposób (np. z paliw kopalnych). Możemy tu wymienić proste systemy domowe z kolektorem słonecznym i kotłem gazowym pracujące na przygotowanie ciepłej wody użytkowej, jak i kompleksowe systemy energetyczne obejmujące bardzo dużą liczbę użytkowników;
- odzysk ciepła i jego dalsze zagospodarowanie, np. poprzez konwersję (zamianę) na inne użyteczne formy energii, które możemy łatwo zagospodarować (np. energia elektryczna, chłód). Jest to bardzo istotny problem w naszym kraju – wiele energii jest w ten sposób marnotrawione, np. poprzez emisję do atmosfery gorących spalin;
- zastosowanie technologii efektywnych energetycznie i ich wykorzystanie (np. silników elektrycznych, oświetlenia, ogrzewania, chłodzenia). Wiele przykładów pokazuje znaczną redukcję zużycia energii poprzez zastosowanie nowoczesnych, energooszczędnych urządzeń AGD, ale też całych linii technologicznych w fabrykach;
- zastosowanie nowoczesnych technologii w zakresie automatyzacji jako elementu energooszczędności, np. automatyzacja oświetlenia, ogrzewania itp. Wiele przykładów pokazuje, że zastosowanie inteligentnych systemów oświetleniowych, grzewczych itp. generuje znaczne oszczędności energii.

Niniejsze opracowanie poświęcone jest szerszemu omówieniu poszczególnych punktów oraz przedstawieniu pewnych przykładów.

Piramida energetyczna

Szereg rozważań energetycznych zaczyna się od tzw. piramidy energetycznej (piramida efektywności energetycznej), która pokazuje pewną strategię efektywnego gospodarowania energią. Podstawę stanowią wszelkie działania związane z oszczędnością energii, na tej bazie – mając wprowadzone zasady oszczędzania energii budujemy efektywność energetyczną, poprzez np. wprowadzenie nowoczesnych, energooszczędnych technologii, a dopiero na końcu staramy się jak najbardziej wykorzystywać odnawialne źródła energii. Działania inne, np. wprowadzanie OZE do obiektów czy procesów nie będących efektywnymi energetycznie (kiedy nie oszczędzamy energii) jest pozbawione większego sensu.



Rysunek 2.1. Piramida energetyczna

Jak widać piramida energetyczna obrazuje to poprzez umiejscowienie danego zagadnienia na danym poziomie - na szczycie jest to energia odnawialna, w środkowej części efektywność energetyczna a podstawę stanowi oszczędność energii. Każdy z tych sposobów można traktować również jako racjonalne gospodarowanie energią – prowadzące do zmniejszenia zużycia klasycznych surowców energetycznych, tym samym oszczędności środowiska tylko różnymi sposobami.

Efekt zwrotny oszczędzania energii

Jeśli zapotrzebowanie na usługi energetyczne pozostaje stałe, poprawa wydajności energetycznej ograniczy konsumpcję energii. Jednakże wiele środków podejmowanych w tym względzie nie zmniejsza konsumpcji energii w stopniu, na jaki wskazywałyby proste modele. Dzieje się tak, ponieważ przyczyniają się one

do spadku cen usług energetycznych, przez co ich konsumpcja rośnie. Dla przykładu, odkąd pojazdy pozwalające oszczędzać paliwo sprawiły, że podróżowanie stało się tańsze, konsumenci mogą jechać dalej i/lub szybciej, tym samym niwelując potencjalne oszczędności energii. Jest to przykład bezpośredniego efektu zwrotnego.

Należy mieć na uwadze ten efekt i wprowadzać wszelkie oszczędności energii tak aby tańsza energia nie stanowiła zachęty do jej zwiększonej konsumpcji, np. poprzez zwiększenie kosztów konsumpcji „nadmiarowej energii" czy zupełne zapewnienie określonych potrzeb energetycznych odpowiednią ilością energii.

Wykorzystanie OZE jako element efektywności energetycznej

Jak widać, OZE stanowi czubek „piramidy energetycznej". W momencie, gdy mamy „opanowane" oszczędzanie energii i jej efektywne użytkowanie, należy dążyć do jak największego wytwarzania energii z OZE. Mamy do dyspozycji szereg technologii, wśród których możemy wymienić:

- **promieniowanie słoneczne** – kolektory słoneczne, fotowoltaika i inne mniej popularne technologie;
- **biomasa** – kotły, zgazowanie, biogazownie, gdzie możliwa jest produkcja ciepła i energii elektrycznej;
- **wiatr** – bardzo wydajna forma energii odnawialnej, dominująca m.in. w Polsce;
- **woda** – duże i małe elektrownie wodne.

Przykładowe lokalne wykorzystanie OZE pokazane jest na rysunkach poniżej – turbina wiatrowa zainstalowana przy budynku Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie i rewolucyjne rozwiązanie jakim jest dodatkowe doświetlanie budynku światłem dziennym – zmniejszającym zużycie energii elektrycznej.

Rysunek 2.2. Przykładowe instalacje OZE Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Mniej oczywiste wykorzystanie energetyki odnawialnej, to różne inne systemy, np. systemy hybrydowe, gdzie łączy się więcej niż jedno źródło OZE z możliwością zastosowania klasycznych źródeł energii, np.: instalacje fotowoltaiczne z turbinami wiatrowymi wraz z generatorem Diesla.

Odnawialne źródła energii pozwalają na lepsze wykorzystanie lokalnych zasobów (np. biomasy uprawianej w pobliżu jej wykorzystania), zapewniają bezpieczeństwo energetyczne, gdyż energia jest produkowana blisko miejsca odbioru. Przy zastosowaniu magazynów energii pozwalają na wykorzystanie zmagazynowanej energii o dowolnej porze.

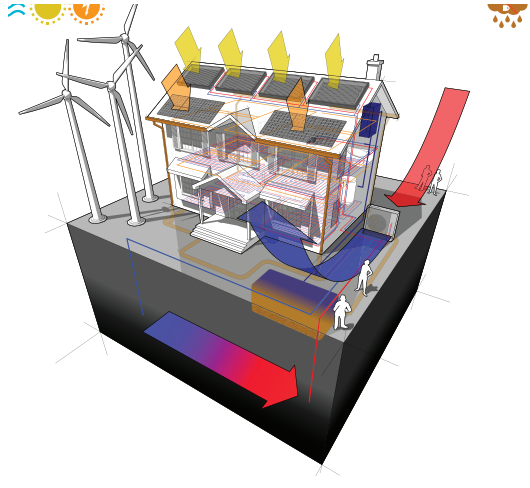
Obecnie szczególne znaczenie mają budynki samowystarczalne energetycznie, gdzie oprócz technologii oszczędzania i efektywnego wykorzystania energii dużą rolę odgrywają małe jednostki OZE zainstalowane w otoczeniu budynku, pracujące na potrzeby mieszkańców wykorzystujące ogólnie dostępne zasoby (np. promieniowanie słoneczne czy wiatr) lub paliwa lokalne – biomasa.

Na bazie OZE i klasycznych źródeł energii, przy wykorzystaniu technologii magazynowania energii i systemów inteligentnego sterowania przepływami energii, otrzymujemy bardzo zaawansowany system energetyczny w znacznej mierze bazujący na lokalnych zasobach energii - wirtualne elektrownie.

Ideę takiej elektrowni przedstawiono na poniższym rysunku.

Rysunek 2.3. Idea wirtualnej elektrowni.

W takich systemach możliwe jest wykorzystanie wielu źródeł energii: gazu ziemnego, biogazu, fotowoltaiki i innych źródeł w celu zapewnienia ciągłych dostaw energii do odbiorców. Widoczne jest, że budynek mieszkalny może być konsumentem, ale również producentem energii w zależności od potrzeb i możliwości generacji. Istniejące jednostki magazynowania (np. gazu) zapewniają bezpieczeństwo energetyczne w przypadku braku generacji ze źródeł odnawialnych.

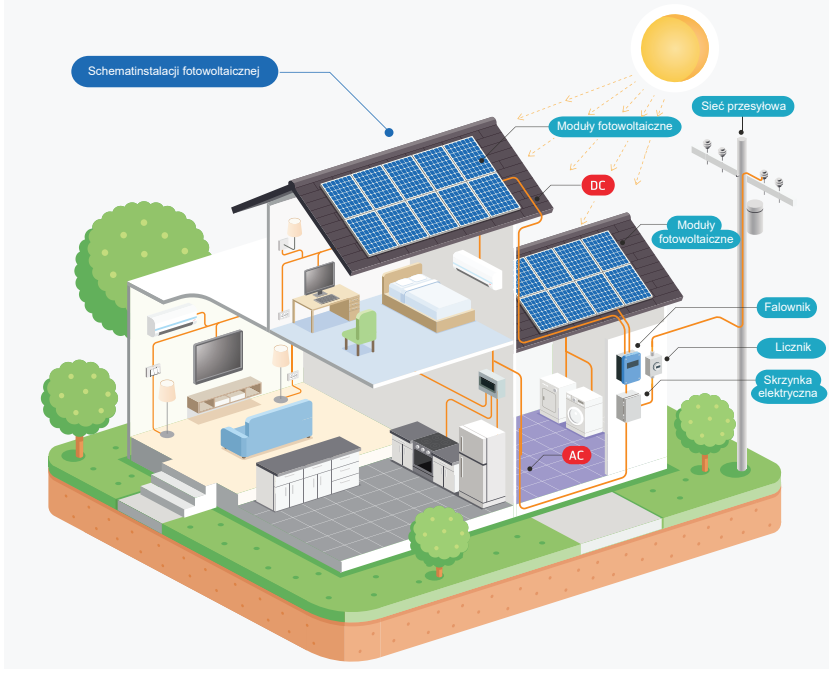


Rysunek 2.4. Zasilanie budynku w ciepło i energię elektryczną.

Obecnie na świecie powstaje wiele instalacji, gdzie energia wykorzystywana jest w sposób racjonalny, zastosowane tam zostały najnowsze osiągnięcia techniki. Jako przykłady można wymienić tutaj:

- **osiedle w Kanadzie pod Calgary**, gmina Drake - kolektory słoneczne i magazynowanie ciepła. Na 52 budynkach mieszkalnych i garażach zainstalowano 800 kolektorów słonecznych o łącznej powierzchni 2300 m^2. Wytworzone ciepło magazynowane jest w gruncie za pomocą 144 odwiertów i zbiornika wodnego. Nawet 90-100% ciepła grzewczego i do 70% ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej w ciągu całego roku pochodzi ze źródeł odnawialnych.
- **instalację w Crailsheim w Niemczech** zasilającą 260 mieszkań, szkołę i salę gimnastyczną. Oprócz odwiertów gruntowych zastosowano duży zbiornik (ok. 500 m^3) na magazynowanie ciepłej wody. Ok. 50% zapotrzebowania na energię pochodzi z OZE.

Można podać jeszcze wiele innych przykładów, powstają również na bieżąco nowe instalacje.



Rysunek 2.5. Schemat instalacji fotowoltaicznej.

Odzysk ciepła i dalsze wykorzystanie ciepła

Bardzo negatywnym zjawiskiem jest marnotrawienie dużej ilości energii, co jest zupełnym zaprzeczeniem racjonalnego gospodarowania energią. Skala tego zjawiska niestety jest bardzo duża i można podać tu wiele przykładów:

- **huty** – ciepło wytworzone do topienia metali, szkła itp. jest wyrzucane w postaci gorącego strumienia gazów (powietrze, spaliny) chociaż może zostać wyłapane, przetworzone i wykorzystane do innych celów;
- **pralnie** przemysłowe (np. piorące dla potrzeb hoteli, szpitali, itp.) odprowadzające do ścieków duże ilości ciepłej wody;
- **linie technologiczne** wykorzystujące sprężone powietrze, które zawiera jeszcze spore ilości energii, a wypuszczane jest bezpośrednio do otoczenia;
- **budynki mieszkalne**, gdzie zużyte ciepłe powietrze wentylacyjne wypływa bezpośrednio do otoczenia, a w jego miejsce napływa zimne, które z kolei musimy ogrzać.

Rysunek 2.6. Inteligentny przemysł.

W wielu przypadkach możemy z dużą opłacalnością zastosować rozwiązania technologiczne pozwalające wykorzystać marnotrawioną energię. Dla przykładu można podać:

- **system znajdujący się na szwedzkim lotnisku Arlanda** odzyskujący ciepło z całego kompleksu lotniskowego i magazynujący je w podziemnych warstwach wodonośnych. W ciągu zimy magazynowany jest chłód, tak, że możliwe jest efektywne, przy niewielkim wydatku energetycznym, chłodzenie pomieszczeń w lecie i ogrzewanie w zimie. Szacuje, się, że roczne oszczędności ciepła są rzędu 10 GWh.
- **wykorzystanie darmowego śniegu** (z odśnieżania ulic) do chłodzenia budynków – takie systemy zastosowano w Szwecji i Kanadzie.
- **ciepło i energia elektryczna z dróg** – intensywnie testowane są rozwiązania pozyskania energii z różnych nietypowych miejsc (np. z tzw. dróg fotowoltaicznych, m.in. we Francji i Chinach czy dróg pozyskujących ciepło w Holandii), parkingów czy turbin wiatrowych wkomponowanych w konstrukcję budynku.

Technologie efektywne energetycznie

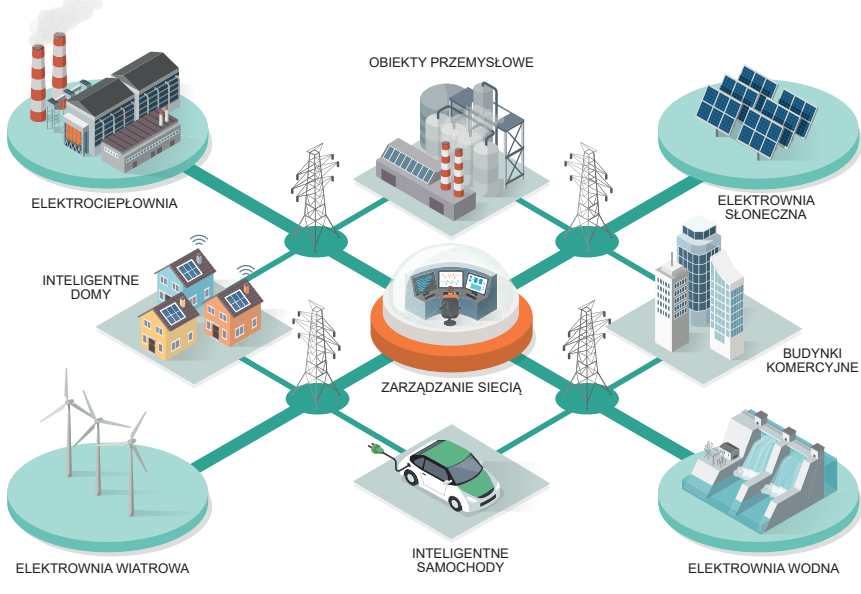
Bardzo duże oszczędności energii udało się już do tej pory uzyskać dzięki znacznemu postępowi technologicznemu w zakresie m.in. oświetlenia, silników elektrycznych i systemów sterowania mocą.

Klasyczne żarówki dzięki wykorzystaniu jednostki mocy – wata, wytwarzają strumień światła w ilości ok. 10 lumenów (w skrócie lm, jest to jednostka strumienia światła odbierana przez oko ludzie), natomiast świetlówki kompaktowe już ok. 40-100 lm, a oświetlenie LEDowe nawet ponad 150 lumenów!). Połączenie tego z możliwością mieszania ze światłem dziennym, czy zastosowanie nowoczesnych technologii sterowania prowadzi naprawdę do znakomitych efektów wykorzystania energii.

Nowe technologie pozwoliły również konstruować energooszczędne silniki elektryczne. Ma to bardzo duże znaczenie, gdyż takie silniki są wszechobecne, zwłaszcza w przemyśle, i zużywają dość dużą ilość energii. Zastosowanie dodatkowo nowoczesnych elementów sterowania – tzw. przekształtników częstotliwości powoduje, że wiele procesów technologicznych może być realizowanych przy znacznym zmniejszeniu zużycia energii.

Również w naszych domach te technologie mają zastosowanie, np. oświetlenie, napędzanie pomp, odzysk ciepła wentylacyjnego i wiele innych.

Najnowsze rozwiązania w domowym gospodarowaniu energią to tzw. inteligentne opomiarowanie (smart metering) i inteligentne domy (smart house). Za pomocą zaawansowanych algorytmów sterowania możliwe jest ścisłe dopasowanie zużycia energii do potrzeb mieszkańców – np. odpowiedniego



Rysunek 2.7. Idea smart-grid.

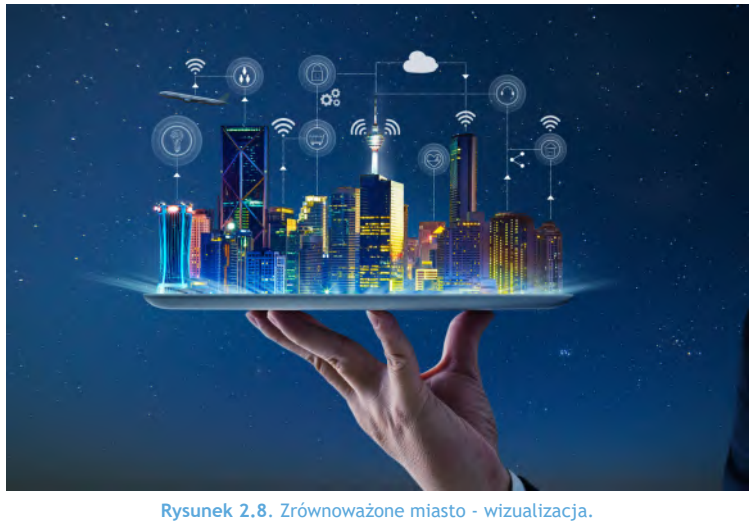
ogrzewania, oświetlenia, wentylacji i wiele innych. Ponadto oprogramowanie uczy się zachowań mieszkańców – np. pory korzystania z ciepłej wody i wytwarza ją w ten sposób, aby zminimalizować marnotrawstwo energii.

Podsumowanie

Marnotrawstwo energii jest nie tylko ponoszeniem nieco większych kosztów niż powinniśmy, ale ma bezpośredni wpływ na nasze bezpieczeństwo energetyczne i bezpośrednio przedkłada się na funkcjonowanie bardzo ważnej infrastruktury naszej cywilizacji, bez której już nawet nie potrafimy wyobrazić sobie naszego życia. W przypadku gdy znaczna część energii wytwarzana jest z paliw kopalnych negatywny wpływ na środowisko nie podlega dyskusji.

Na szczęście mamy już coraz więcej sposobów racjonalnego wykorzystania energii – od możliwości naszego zorganizowania popartego systemami informatycznymi, stosowanie nowych energooszczędnych technologii i urządzeń czy zastosowanie OZE. Zatem teraz, tak naprawdę, od nas zależy, ile energii marnujemy.

Postęp nauki technologii w najbliższej przyszłości dostarczy nam jeszcze więcej instrumentów racjonalnego wykorzystania energii zintegrowanych z zapewnieniem innych potrzeb – na horyzoncie już wyraźnie rysują się wizje tzw. smart cities – zrównoważonych miast.



Rysunek 2.8. Zrównoważone miasto - wizualizacja.

Jak wytworzyć energię elektryczną z odnawialnych źródeł energii?

3

Setki tysięcy lat temu, badacze twierdzą, że co najmniej milion lat temu, człowiek poskromił ogień i zaczął go wykorzystywać do oświetlania grot, ogrzewania, przygotowania posiłków czy również odstraszania drapieżników. Pozwoliło to na zmianę funkcjonowania ówczesnego człowieka. Przez kolejne setki tysięcy lat ogień stał się najważniejszym przyjacielem człowieka. Dopiero pod koniec XIX w. dzięki Edisonowi i Tesli (pionierom w zakresie wynalazków) zaczęto wytwarzać i wykorzystywać kolejną formę energii jaką jest energia elektryczna. Bardzo szybko stała się ona nieodzownym elementem życia człowieka. Należy mieć na uwadze, że bez energii elektrycznej nie byłoby tak gwałtownego rozwoju gospodarki światowej. Człowiek przyzwyczaja się bardzo szybko i obecnie nie wyobrażamy sobie życia bez energii elektrycznej, która wykorzystywana jest do zasilania komputerów, sprzętów domowych, telefonów komórkowych czy samochodów elektrycznych.

Początkowo, przede wszystkim, energia elektryczna na szeroką skalę generowana była w elektrowniach wykorzystujących paliwa kopalne, czyli np. węgiel. Ze względu na rozwój gospodarki i zwracania coraz większej uwagi na ochronę środowiska, zaczęto kierować swoją uwagę na generację energii elektrycznej z niskoemisyjnych źródeł energii, czyli np. z odnawialnych źródeł energii w skrócie OZE. Odnawialne, ponieważ w krótkim czasie ich zasób odnawia się i możemy niemal nieskończenie z nich korzystać. Dodatkowo, należy pamiętać, że rozwój OZE podyktowany jest wypełnianiem zobowiązań wobec Dyrektyw Unii Europejskiej mówiących o konieczności wytwarzania energii właśnie z OZE.

Rysunek 3.1. Zielona ewolucja.

Źródłem OZE jest przede wszystkim energia promieniowania słonecznego. Wykorzystuje się ją pośrednio lub bezpośrednio. Pośrednio w formie wiatru (elektrownie wiatrowe), wody (elektrownie wodne), ogrzewania się atmosfery i powierzchni ziemi (pompy ciepła powietrzne lub gruntowe) lub fotosyntezy (elektrownie biomasowe), jak również bezpośrednio w kolektorach słonecznych i panelach fotowoltaicznych. Energię ze źródeł odnawialnych możemy wykorzystać do wytwarzania ciepła i generacji energii elektrycznej. Ciepło najczęściej wytwarzane jest z biomasy, za pomocą pomp ciepła lub kolektorów słonecznych. Natomiast energia elektryczna generowana jest z biomasy, wiatru, wody oraz przy wykorzystaniu paneli fotowoltaicznych.

Należy mieć na uwadze, że kolektory słoneczne służą do wytwarzania tylko ciepła, a panele fotowoltaiczne tylko do generacji energii elektrycznej.

Poniżej omówione zostaną dwa rozwiązania najczęściej stosowane w instalacjach małej mocy, czyli do zasilania domów jednorodzinnych. Będą nimi turbiny wiatrowe oraz panele fotowoltaiczne.

Instalacje fotowoltaiczne

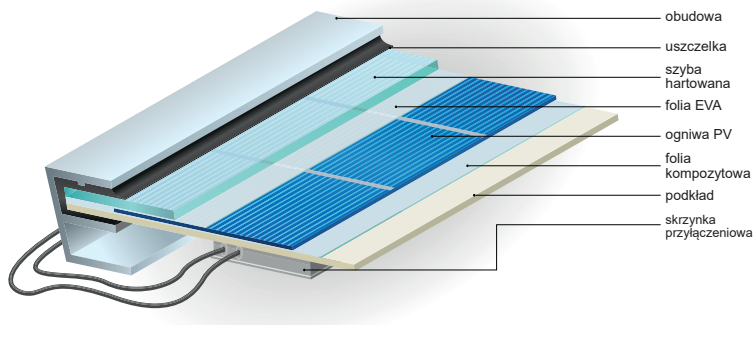
Wykorzystanie paneli fotowoltaicznych nierozerwalnie wiąże się z dostępem do promieniowania słonecznego. Im więcej promieniowania padającego na daną powierzchnię tym więcej energii elektrycznej jesteśmy wstanie wytworzyć. W Europie najlepsze warunki dla wykorzystania energii promieniowania słonecznego występują w krajach południowych, tj. Portugalia, Hiszpania, Włochy czy Grecja. Im dalej na północ tym docierającego promieniowania do danej powierzchni jest mniej, przez co znacznie mniej energii elektrycznej możemy wytworzyć. Rozpatrując powierzchnię Polski najwięcej promieniowania słonecznego dociera na następujące tereny: Małopolska, Podkarpacie oraz Lubelszczyzna.

Mówiąc o systemach fotowoltaicznych należy pamiętać o trzech podstawowych pojęciach jakim są: instalacja fotowoltaiczna, panel fotowoltaiczny oraz ogniwo fotowoltaiczne. Instalacja fotowoltaiczna to szereg połączonych ze sobą paneli fotowoltaicznych oraz innych urządzeń pomocniczych do sprawnego działania instalacji. Panele fotowoltaiczne najczęściej zbudowane są z szeregu małych ogniw fotowoltaicznych połączonych ze sobą szeregowo i/lub równolegle. Pojedyncze ogniwo przybiera kształt zbliżony do prostokąta i ze względu na kruchość jest niewielkich rozmiarów.

Rysunek 3.2. Dom z zainstaowanymi modułami fotowoltaicznymi.

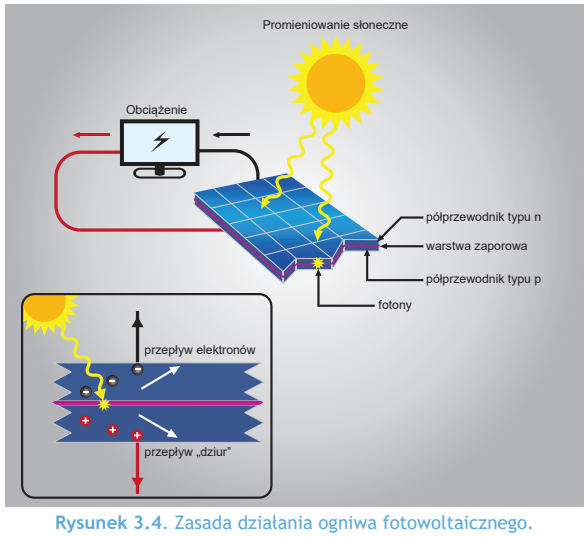
Typowy moduł fotowoltaiczny zbudowany jest z:

- aluminiowej ramy usztywniającej całą konstrukcję;
- uszczelki zabezpieczającej przed przedostawaniem się wody pomiędzy elementy modułu;
- szyby hartowanej, która chroni ogniwa przed negatywnym działaniem warunków atmosferycznych;
- folii EVA, która izoluje elektrycznie poszczególne ogniwa;
- ogniw PV wytwarzających energię elektryczną;
- folii kompozytowej, chroniącej spód modułu;
- sztywnego podkładu, na którym montowane są poszczególne elementy modułu;
- skrzynki przyłączeniowej, w której za pomocą przewodów łączy się pozostałe elementy instalacji fotowoltaicznej.



Rysunek 3.3. Budowa modułu fotowoltaicznego.

Ogniwo zbudowane jest z dwóch półprzewodników typu „n” i „p”. Warstwa „n” znajduje się przy powierzchni, a warstwa „p” pod nią. Dodatkowo, górna część ogniwa wyposażona jest w elektrodę ujemną, a dolna część ogniwa w elektrodę dodatnią. W celu uzyskania energii elektrycznej musi zajść pewne zjawisko, zwane zjawiskiem fotowoltaicznym. Polega ono na wytworzeniu nośników ładunku elektrycznego w wyniku pochłaniania padającego promieniowania słonecznego przez półprzewodnik. Doprowadzenie energii elektrycznej do złącza półprzewodnikowego powoduje powstawanie par elektron-dziura. Na styku półprzewodników znajduje się warstwa zaporowa, dzięki której następuje gromadzenie się elektronów w obszarze półprzewodnika typu „n” i dziur w obszarze półprzewodnika typu „p”, co powoduje powstanie napięcia elektrycznego. Połączenie obu tych półprzewodników w obwód (elektrodę ujemną z elektrodą dodatnią), powoduje przepływ prądu stałego, proporcjonalnego do mocy promieniowania padającego na te ogniwo. Im wyższa wartość promieniowania słonecznego tym większa ilość energii elektrycznej możliwej do uzyskania.



Rysunek 3.4. Zasada działania ogniwa fotowoltaicznego.

Obecnie istnieją trzy generacje ogniw fotowoltaicznych.

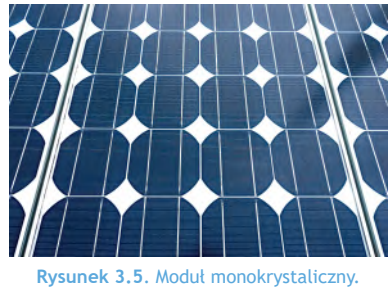
- najczęściej stosowane to ogniwa I generacji, które są ogniwami krzemowymi. Oparte są one na krzemie krystalicznym i wykorzystują złącza p-n. W tym miejscu mówimy o panelach monokrystalicznych i polikrystalicznych.
- kolejna generacja oparta jest na ogniwach cienkowarstwowych, które składają się z cienkich warstw o grubości od 1 do 4 mikrometrów (jedna tysięczna

milimetra) osadzonych na tanim podłożu. Ogniwa te reprezentowane są przez ogniwa z amorficznego krzemu (a-Si), tellurku kadmu (CdTe), selenku miedziowo-indowego (CIS) czy selenku miedziowo-indowo-galowego (CIGS).

- grupa trzecia to przede wszystkim ogniwa organiczne (elastyczne i nieskomplikowane technologicznie o niskich wydajnościach) i wielozłączowe ogniwa PV (składające się z kilku półprzewodników o innych przerwach energetycznych ułożonych jedna na drugiej).

Najczęściej stosowanymi panelami fotowoltaicznymi są:

- **moduły monokrystaliczne**. Wytwarzane są z ciętego na bardzo cienkie plastry (rzędu 0,2-0,3mm) monokryształu krzemu (jednego dużego kryształu krzemu) otrzymywanego za pomocą metody Czochralskiego. Monokryształy krzemu przybierają kształt walca, a więc wycięte z niego plastry są kołami. W celu uzyskania najlepszego stosunku mocy do kosztów produkcji obcina się brzegi koła. Dlatego moduły te bardzo łatwo rozpoznać. Dodatkowo, powierzchnia czynna, czyli powierzchnia, która jest w stanie wytworzyć energię elektryczną nie pokrywa całego panelu. Moduły monokrystaliczne obecnie posiadają najwyższe sprawności spośród wszystkich paneli fotowoltaicznych dostępnych na rynku. Ich sprawność sięga nawet 18%.



Rysunek 3.5. Moduł monokrystaliczny.

- **moduły polikrystaliczne**. Jak sama nazwa wskazuje moduły te produkowane są z polikryształu krzemu, czyli wytworzonego z wielu kryształów krzemu. Uzyskuje się go w procesie krystalizacji w prostopadłościennych kadziach, a następnie przycina się do odpowiednich kształtów i grubości ok. 0,3 mm. Bardzo łatwo je poznać po niejednolitej strukturze i kolorze poszczególnych ogniw. Ze względu na proces produkcji ogniwa te w porównaniu do ogniw monokrystalicznych zajmują większą powierzchnię, ale ze względu na niejednorodność budowy ogniwa sprawność takiego modułu jest co najmniej o 3-4% niższa niż modułów monokrystalicznych.

Rysunek 3.6. Moduł polikrystaliczny.

- **moduły cienkowarstwowe**. Produkcja tego typu ogniw polega na nanoszeniu bardzo cienkiej warstwy półprzewodników (np. krzemu) na twarde podłoże. Grubość warstwy to ok. 3-7 tysięcznych milimetra (0,003-0,007 mm). Barwa takiego modułu jest jednorodna, bez widocznych połączeń poszczególnych ogniw. Ze względu na niewielkie zużycie półprzewodników moduły cienkowarstwowowe te charakteryzują się niską ceną, ale osiągane sprawności są bardzo małe, rzędu 10%.

Rysunek 3.7. Moduły cienkowarstwowe.

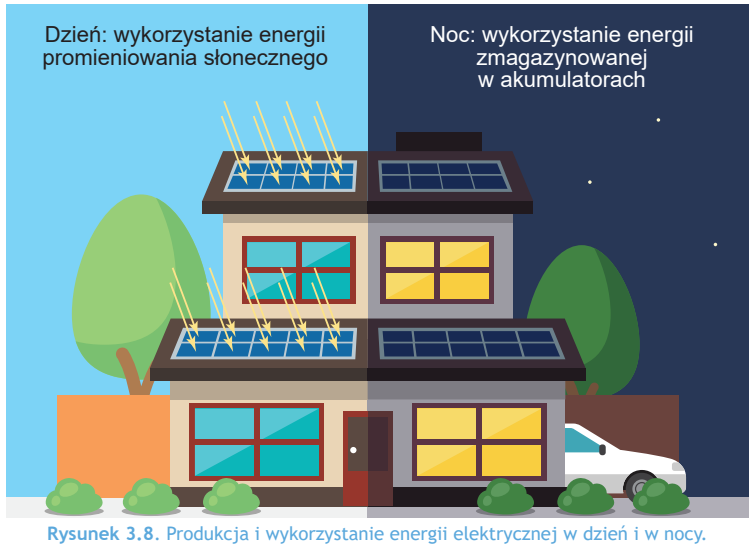
Na rynku dostępne są różnego typu konfiguracje systemy fotowoltaiczne:

- **autonomiczne** – nie podłączone do sieci elektroenergetycznej wykorzystujące baterie akumulatorów w celu magazynowania energii w okresach słonecznych oraz pobierania energii w czasie postoju instalacji.
- **współpracujące z siecią** – podłączone do sieci elektroenergetycznej i oddające część lub całą wytworzoną energię do sieci. Ten typ instalacji ze względu na koszty oraz prostotę jest najczęściej wykorzystywany przez odbiorców końcowych.
- **hybrydowe** – systemy połączone z innymi źródłami energii elektrycznej z możliwością podłączenia do sieci elektroenergetycznej lub pracy w systemie autonomicznym.

Typowa instalacja fotowoltaiczna składa się przede wszystkim z modułów fotowoltaicznych opisanych powyżej, falownika oraz licznika energii.

Falownik to urządzenie zamieniające prąd stały (DC z ang. *Direct Current*, prąd stały wytwarzany jest w panelach fotowoltaicznych) na prąd zmienny (AC z ang. *Alternative Current*, prąd zmienny wykorzystywany jest w urządzeniach gospodarstwa domowego oraz w sieci elektroenergetycznej). W celu wykorzystania energii elektrycznej wytworzonej przez panele fotowoltaiczne konieczne jest uzyskanie odpowiedniego napięcia (np. 230V) oraz częstotliwości prądu (50Hz) występującego w sieci.

W celu rozliczenia wytworzonej w instalacji fotowoltaicznej i zużytej w budynku energii elektrycznej licznik energii musi mieć możliwość zliczania wytworzonej energii oraz energii elektrycznej pobranej z sieci. Jeżeli instalacja wytworzy za mało energii w stosunku do pobranej z sieci to należy pokryć różnicę tych wartości. W przypadku odwrotnym zgodnie z Ustawą o Odnawialnych Źródłach Energii, czyli wytworzymy znacznie więcej energii niż jesteśmy w stanie zużyć, energia ta przepada na korzyść operatora sieci dystrybucyjnej, czyli firmy która zajmuje się dostarczaniem energii elektrycznej do naszych domów.



Rysunek 3.8. Produkcja i wykorzystanie energii elektrycznej w dzień i w nocy.

Turbiny watrowe

Kolejnym źródłem energii odnawialnej, z której w stosunkowo prosty sposób możemy uzyskać energię jest wiatr. Początkowo wiatr wykorzystywany był do napędzania młynów. W tym przypadku energia wiejącego wiatru zamieniana była na energię mechaniczną w celu mielenia ziarna. Kolejnym etapem było opracowanie konstrukcji do wytwarzania energii elektrycznej. Obecnie mówiąc o turbinach wiatrowych myślimy o dużych farmach wiatrowych składających się z dziesiątek lub setek turbin wiatrowych zainstalowanych na lądzie lub na wodzie. Należy mieć na uwadze, że istnieją również małe turbiny wiatrowe, które można z powodzeniem stosować w instalacjach domowych.

Rysunek 3.9. Wiatrak holenderski.

Na terenie Polski tereny o najlepszym potencjale do wykorzystania energii wiatru posiada Wielkopolska, Mazowsze oraz tereny wybrzeża Morza Bałtyckiego. Możliwość wykorzystania wiatru bardzo mocno związany jest z tzw. szorstkością terenu. Szorstkość terenu określa jak bardzo dany teren odbiega od idealnie gładkiego. Rozpatrując teren gładki mówimy o równinach z niewielką ilością drzew i budynków. Teren szorstki to teren wysoko zurbanizowany, czyli tereny miejskie z licznymi wysokimi budynkami. Im teren bardziej gładki tym wyższą prędkość wiatru możemy uzyskać na znacznie niższych wysokościach niż to jest w przypadku terenów szorstkich.

Podstawowym kryterium podziału turbin wiatrowych to położenie osi obrotu wirnika. Występują turbiny o:

- Poziomej osi obrotu (ang. Horizontal Axis Wind Turbines, HAWT);
- Pionowej osi obrotu (ang. Vertical Axis Wind Turbines, VAWT).

Rysunek 3.10. Turbina wiatrowa o poziomej (po lewej) i pionowej (po prawej) osi obrotu.

Ze względu na prostotę działania oraz możliwość uzyskiwania dużych mocy, najczęściej wykorzystywane są turbiny o poziomej osi obrotu z trzema łopatami.

Turbiny o poziomej osi obrotu to najczęściej turbiny Savoniusa i Darrieusa.

Typowa mała turbina wiatrowa składa się z:

- **łopat** – łopaty mają możliwość zmiany kąta ustawienia przez co mogą dostosowywać się do wiejącego wiatru w celu uzysku odpowiednio większej ilości energii elektrycznej. W zależności od typu turbiny może występować od jednej do nawet kilkunastu łopat;
- **przekładni** (skrzyni biegów) – zmieniająca prędkość obrotową wału napędzanego przez łopaty turbiny na inna prędkość wału napędzającego generator;
- **generatora prądotórczego** – urządzenie przetwarzające energię mechaniczną na energię elektryczną;
- **steru kierunkowego** – mechanizm pozwalający ustawić turbinę czołem do wiejącego wiatru;
- **wieży** – element konstrukcyjny, na którym posadowiona jest turbina wiatrowa.

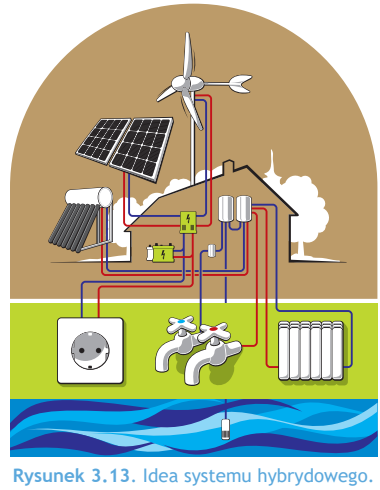
Podobnie jak w przypadku instalacji fotowoltaicznej instalację turbiny wiatrowej możne pracować w systemie autonomicznym, we współpracy z siecią lub jako instalacja hybrydowa.

Rysunek 3.11. Morskie turbiny wiatrowe.

Instalacje hybrydowe

W celu uniezależnienia się od jednego źródła energii jakim jest np. promieniowanie słoneczne, możliwe jest zastosowanie innego źródła energii, które będzie pracować w przypadku braku np. promieniowania słonecznego. Instalacją taką może być instalacja hybrydowa wyposażona w np. panele fotowoltaiczne oraz turbiny wiatrowe. Instalacje hybrydowe pozwalają w znacznie większym stopniu wykorzystać energię ze źródeł odnawialnych. Najczęściej elementy składowe takiej instalacji wzajemnie uzupełniają się w celu uzyskania jak największej ilości darmowej energii.

Rysunek 3.12. Turbina wiatrowa i moduły fotowoltaiczne.



Rysunek 3.13. Idea systemu hybrydowego.

Instalacje hybrydowe mogą pracować podobnie jak opisane powyżej, czyli w systemie autonomicznym lub we współpracy z siecią. W przypadku systemu autonomicznego całość energii wytworzonej w takiej instalacji wykorzystana jest na potrzeby danego budynku, a naddatek energii magazynuje się w bateriach akumulatorów w celu wykorzystania jej w późniejszym czasie. Instalacja współpracująca z siecią oddaje całość lub część wytworzonej energii do sieci i za pomocą licznika dwukierunkowego następuje rozliczenie z operatorem sieci dystrybucyjnej.

Dobrym przykładem instalacji hybrydowej są coraz częściej pojawiające się przydrożne latarnie oświetleniowe z zainstalowanymi panelami fotowoltaicznymi oraz turbinami wiatrowymi. Dodatkowo, instalacje te najczęściej pracują jako instalacje autonomiczne, czyli nie są podłączone do sieci elektroenergetycznej. W dzień (panele fotowoltaiczne) oraz podczas wietrznej pogody (turbiny wiatrowe) wytwarzają energię i magazynują ją w akumulatorach zakopanych pod ziemią lub znajdujących się na maszcie latarni. Dedykowany system automatyki pozwala sterować oraz zarządzać pracą takiej instalacji. Lampy te wykorzystują technologię LED co pozwala na relatywnie niewielkie zużycie energii elektrycznej.

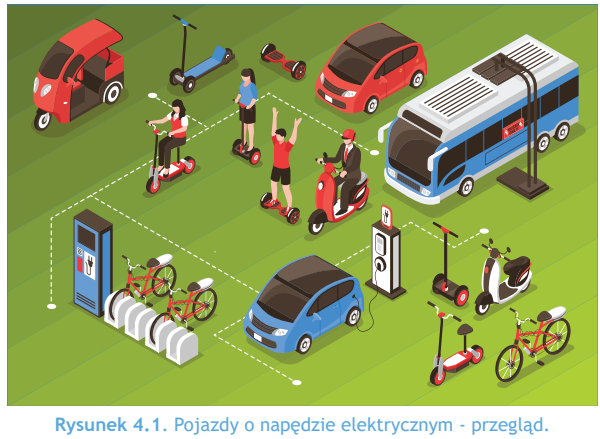
Rysunek 3.14. Lampa uliczna zasilana energią z modułu fotowoltaicznego i turbuny wiatrowej.

Podsumowanie

Wykorzystanie paneli fotowoltaicznych oraz turbin wiatrowych oddzielnie lub w instalacjach hybrydowych pozwala na uzysk energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii, przez co ograniczamy zużycie energii z konwencjonalnych źródeł energii. Z jednej strony dbamy o środowisko naturalne nie emitując szkodliwych związków do atmosfery, a z drugiej wytwarzamy tanią, niemal darmową energię elektryczną i uniezależniamy się od tylko jednego źródła energii.

4 Pojazdy z napędem elektrycznym czy z napędem konwencjonalnym?

Pojęcie elektromobilności dotyczy ogółu zagadnień związanych z rozwojem napędów elektrycznych, które mają służyć redukcji oraz całkowitej eliminacji paliw kopalnych i emisji gazów cieplarnianych w transporcie. Tak więc elektromobilność obejmuje zagadnienia techniczne, eksploatacyjne, społeczne, gospodarcze i prawne związane ze stosowaniem i użytkowaniem pojazdów z napędem elektrycznym. W dużym uproszczeniu można w końcu powiedzieć, że elektromobilność to korzystanie z pojazdów posiadających elektryczne jednostki napędowe, czyli samochodów, skuterów, motocykli, hulajnóg, rowerów, tramwajów, trolejbusów, pociągów, autobusów czy promów, a w przyszłości także samolotów.



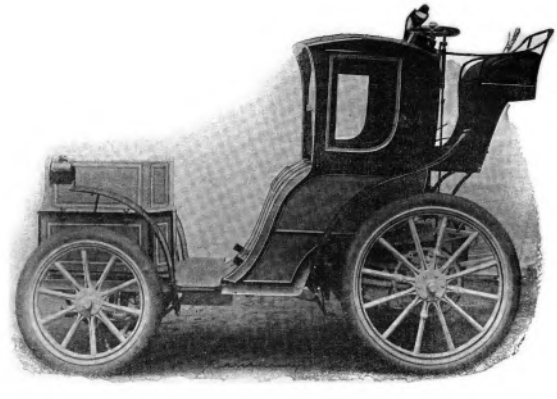
Rysunek 4.1. Pojazdy o napędzie elektrycznym - przegląd.

Elektromobilność - wczoraj i dziś

Pierwszy powóz elektryczny powstał już w latach 30-tych XIX wieku w Szkocji. W kolejnych latach na całym świecie (w tym m.in. w Holandii, Szkocji i Stanach Zjednoczonych) powstawały następne prototypy samochodów elektrycznych. To właśnie auta elektryczne królowały na drogach i biły kolejne rekordy prędkości do momentu, gdy na początku XX wieku zaczęto stosować w samochodach silniki spalinowe. Samochody z silnikami spalinowymi były tańsze oraz mogły pokonywać

większe odległości niż auta z silnikami elektrycznymi, w związku z czym zdominowały rynek pojazdów. Obecnie pojazdy zasilane energią elektryczną na powrót zyskują popularność. Dzieje się tak ze względu na możliwości, jakie dla samochodów elektrycznych stwarzają nowoczesne technologie, a także z uwagi na dążenia do oszczędności kosztów eksploatacyjnych i ochrony środowiska przyrodniczego.

A jak aktualnie wygląda stan elektromobilności? Weźmy pod uwagę 2017 rok. To właśnie w 2017 roku, po raz pierwszy w ciągu jednego roku kalendarzowego, zostało sprzedanych ponad 1 milion egzemplarzy samochodów elektrycznych. Największym rynkiem samochodów elektrycznych były Chiny, gdzie została nabyta ponad połowa z wszystkich samochodów elektrycznych kupionych na świecie. W Europie ponad 70% samochodów elektrycznych zostało sprzedanych w Norwegii, Francji, Niemczech i Wielkiej Brytanii. Łącznie w Europie sprzedano blisko 150 tysięcy samochodów elektrycznych. Zdaniem wielu ekspertów, już za kilkanaście lat producenci samochodów mogą zaprzestać produkcji pojazdów z silnikami spalinowymi. W 2040 roku na drogach ma się poruszać 500 mln samochodów elektrycznych (przy 2 miliardach pojazdów ogółem).



Rysunek 4.2. Powóz elektryczny.

Samochody hybrydowe i elektryczne

W ogólności samochody wykorzystujące silniki elektryczne można podzielić na trzy grupy:

- Samochody hybrydowe, łączące konwencjonalny silnik z silnikiem elektrycznym;
- Samochody całkowicie elektryczne zasilane akumulatorami;

- Samochody napędzane silnikiem elektrycznym, w których prąd pochodzi z reakcji wodoru i tlenu w ogniwie paliwowym.

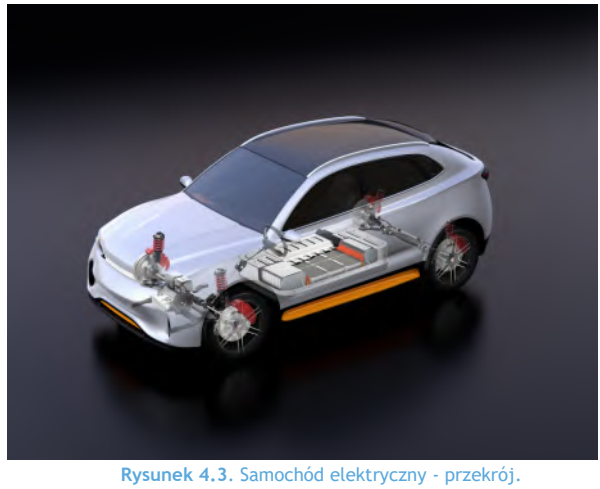
Samochody hybrydowe posiadają dwa rodzaje napędu – silnik spalinowy oraz silnik elektryczny. Jednostki te mogą pracować równocześnie lub naprzemiennie. Najbardziej popularnym typem samochodów hybrydowych są tzw. pełne hybrydy (z ang. *Full Hybrid*). W ich przypadku każdy z silników (elektryczny i spalinowy) może napędzać koła jezdne w samochodzie niezależnie od siebie. W odróżnieniu od pełnych hybryd, w tzw. łagodnych hybrydach (z ang. *Mild Hybrid*), silnik elektryczny ma jedynie charakter wspomagający – tzn. nie jest w stanie samodzielnie napędzać kół. Ostatni z rodzajów hybryd – hybrydy typu plug-in (z ang. *Plug-in hybrid*) – akumulatory są doładowywane z sieci podczas postojów. Samochody tego typu są w stanie przejechać zwykle ok. 30 km wyłącznie na napędzie elektrycznym.

Zaletą samochodów hybrydowych jest oszczędność paliwa – silnik elektryczny wspomaga silnik spalinowy m.in. w czasie, gdy występuje największe zapotrzebowanie na moc (przy przyspieszaniu, przy wyprzedzaniu, w czasie podjazdu pod górę itp.). Dodatkowo, może być on wykorzystany do manewrowania przy niskich prędkościach. Dzięki zastosowaniu silnika elektrycznego możliwe jest zmniejszenie spalania tradycyjnego paliwa nawet o 40%.

Samochody elektryczne są mniej skomplikowane w porównaniu do samochodów konwencjonalnych i hybrydowych. Zasada działania samochodów elektrycznych jest bardzo prosta. Energia elektryczna zmagazynowana jest w akumulatorach, z których jest przekazywana do silnika elektrycznego. Silnik elektryczny może napędzać koła samochodu bezpośrednio lub przez zespół przekładni mechanicznych. Akumulatory samochodu elektrycznego ładowane są z zewnętrznego źródła zasilania, np. domowego gniazdka elektrycznego lub specjalnej stacji ładowania.

Występuje kilka rozwiązań napędu elektrycznego. Pierwsze z nich to rozwiązanie z indywidualnymi silnikami elektrycznymi dla dwóch lub czterech kół. W tym przypadku nie jest wymagana przekładnia mechaniczna, a moc przekazywana jest bezpośrednio do kół z bardzo małymi stratami. Zaletą tego rozwiązania jest lepsza trakcja oraz łatwe sterowanie momentem obrotowym każdego z kół. Z drugiej strony, główną wadą jest konieczność zastosowania dwóch lub czterech silników elektrycznych, choć koszt ten jest częściowo rekompensowany brakiem przekładni. W przypadku drugiego z rozwiązań – tj. samochodu elektrycznego z jednym tylko silnikiem elektrycznym, układ napędowy jest podobny do tych stosowanych w samochodach spalinowych (ale wciąż prostszy). Moment

obrotowy silnika przekazywany jest do przekładni redukującej, skąd za pośrednictwem mechanizmu różnicowego trafia do dwóch kół.



Rysunek 4.3. Samochód elektryczny - przekrój.

Stacje ładowania samochodów elektrycznych

Samochody elektryczne mogą być ładowane z wykorzystaniem kilku rodzajów punktów ładowania. Podstawową cechą rozróżniającą stacjonarne ładowarki jest moc dostarczanego przez nie prądu, która jest mierzona w kilowatach (kW). To w głównej mierze od mocy zależy prędkość ładowania się akumulatorów w samochodzie. Ważne jest ponadto, czy ładowarka dostarcza prąd stały (DC) czy zmienny (AC) oraz jaka jest pojemność akumulatorów w samochodzie. Przykładowo, przeciętny pojazd elektryczny o pojemności baterii 40 kWh, ładując się z mocą 11 kW, uzupełni swoją baterię w ok. 4 godziny, co pozwoli mu na przejechanie ok. 250 km.

Wśród stacji ładowania wyodrębnić można dwie główne kategorie urządzeń:

- Stacje prądu zmiennego. Stacje tego typu to urządzenia dostarczające pojazdowi prąd o mocy maksymalnej 22 kW. W przypadku stosowania w domach, stacje tego typu pozwalają na regulację dostarczanej mocy (tak, aby uniknąć przeciążenia instalacji domowej). Mogą być stosowane również do użytku publicznego.
- Stacje prądu stałego. Stacje te dostarczają prąd stały i przeznaczone są do ładowania ekspresowego. Ich moc wynosi od 40 do 300 kW. Naładowanie pojazdu przy ich pomocy możliwe jest w czasie 30 minut, dzięki czemu sprawdzają się przy trasach szybkiego ruchu i autostradach.

Rysunek 4.4. Ładowanie samochodu elektrycznego.

Elektryczny transport zbiorowy

Pojazdy elektryczne to nie tylko samochody osobowe. Pojazdy wykorzystujące energię elektryczną od dawna są popularnym środkiem transportu służącym do zbiorowego przemieszczania się ludzi. Przykładami pojazdów elektrycznych wykorzystywanych w transporcie zbiorowym są m.in. kolej (elektryczne pojazdy trakcyjne), metro, tramwaje, trolejbusy oraz autobusy elektryczne.

Elektryczne pojazdy trakcyjne to pojazdy szynowe o napędzie elektrycznym pobierające energię z sieci trakcyjnej. Pierwsza lokomotywa elektryczna została skonstruowana przez Wernera von Siemensa w 1879 r. i zaprezentowana w Berlinie. Od tamtego czasu powstało wiele różnorodnych konstrukcji lokomotyw elektrycznych. Lokomotywy tego typu są zasilane najczęściej za pośrednictwem przewodu jezdnego zawieszonego nad torem, pantografu i szyn jezdnych, które stanowią przewód powrotny. Istnieją również systemy zasilania z wykorzystaniem trzeciej szyny, bez sieci górnej (np. metro, koleje brytyjskie). Najszybszymi konwencjonalnymi pociągami na świecie są chińskie pociągi Fuxing, osiągające obecnie prędkość 350 km/h, a docelowo – 420 km/h. Jeszcze szybciej może poruszać się kolej magnetyczna, która przemieszcza się bez styku pojazdu z torem, dzięki unoszeniu elektromagnetycznemu. Chińska kolej elektromagnetyczna maglev osiąga prędkość 431 km/h na trasie o długości 30 km (pomiędzy lotniskiem w Szanghaju a centrum miasta). W ostatnim czasie Chińczycy przedstawili prototypowy pociąg, który ma osiągnąć prędkość ponad 600 km/h.

Rysunek 4.5. Elektryczne pojazdy trakcyjne.

Tramwaje elektryczne to pasażerskie pojazdy drogowe o konstrukcji przystosowanej do poruszania się po mieście, które są napędzane silnikami elektrycznymi i poruszają się po szynach. Energia elektryczna jest dostarczana do tramwajów z sieci trakcyjnej, a niekiedy także z trzeciej szyny lub akumulatorów. Tramwaje są krótsze i lżejsze niż pociągi, niemniej wiele rozwiązań w zakresie wykorzystywanych technologii i infrastruktury jest bardzo podobnych. Pierwszy eksperymentalny tramwaj elektryczny został skonstruowany przez Wernera Siemensa i uruchomiony w Groß-Lichterfelde (Niemcy) w 1881 roku.

Trolejbusy - to pasażerskie pojazdy drogowe o konstrukcji przystosowanej do poruszania się po mieście, które są napędzane energią elektryczną pobieraną z sieci trakcyjnej i nie poruszają się po szynach. Trolejbusy posiadają dwa odbieraki prądu połączone z zawieszoną nad jezdnią parą przewodów. Za pierwszy trolejbus można uznać uruchomiony w 1882 w Berlinie Elektromote.

Rysunek 4.6. Tramwaj.

Rysunek 4.7. Trolejbus.

Autobusy elektryczne to autobusy napędzane za pomocą silników trakcyjnych, w przypadku których źródłem energii elektrycznej mogą być akumulatory lub ogniwa paliwowe. W porównaniu do tradycyjnych autobusów

o napędzie spalinowym, elektrobusy w trakcie eksploatacji nie emitują spalin, są cichsze i wolne od wibracji, mają lepsze przyśpieszenia. W przeciwieństwie do trolejbusów nie wymagają instalowania sieci trakcyjnej. Z drugiej strony autobusy zasilane energią elektryczną mają mniejszy zasięg, większą masę (wynikającą ze stosowania ciężkich akumulatorów), a ich produkcja jest droższa od autobusów z napędem spalinowym. Stosowane są trzy różne sposoby uzupełniania energii elektrycznej w bateriach autobusów: ładowanie typu plug-in (tj. za pomocą stacji ładowania), ładowanie za pomocą pantografu (usytuowanego np. w zajezdni, na przystanku lub w innych punktach trasy) oraz ładowanie z wykorzystaniem indukcyjnych płyt zamontowanych w jezdni oraz w podwoziu autobusu. Dodatkowo, energia w akumulatorach autobusów elektrycznych może być uzupełniana z wykorzystaniem wodorowego ogniwa paliwowego. Wodór gromadzony jest w butlach zlokalizowanych najczęściej na dachu autobusu. Podstawową zaletą tego rozwiązania jest wysoki zasięg autobusu, mogący wynosić nawet 350 km na jednym tankowaniu.

Rysunek 4.8. Autobus elektryczny.

Czy pojazdy elektryczne są faktycznie zeroemisyjne?

Wielu osobom wydaje się, że pojazdy elektryczne nie emitują zanieczyszczeń do atmosfery (jak dwutlenek węgla, tlenki azotu czy węglowodory). Stwierdzenie to jest prawdziwe dla miejsc, w których te pojazdy są najczęściej używane, czyli np. centrów dużych miast. W ich przypadku zamiana pojazdów spalinowych na elektryczne jest bardzo korzystna m.in. z uwagi na redukcję hałasu oraz lokalne ograniczenie emisji trujących substancji. Z drugiej strony emisja generowana przez eksploatację pojazdów elektrycznych zależy od miksu energetycznego kraju, w którym są wykorzystywane (czyli udziału poszczególnych źródeł, z jakich jest

wytwarzana energia elektryczna). W zależności od tego, czy w produkcji prądu dominują elektrownie węglowe, gazowe, jądrowe czy wykorzystujące OZE, ilości emitowanych zanieczyszczeń są różne. W Polsce niestety miks energetyczny jest niekorzystny, gdyż energia elektryczna produkowana jest głównie z węgla.

Ponadto, w przypadku samochodów elektrycznych zasadnicza emisja dwutlenku węgla ma miejsce podczas ich produkcji, w tym podczas produkcji akumulatorów. Raport niemieckiej agencji Berylls Strategy Advisors wskazuje na to, że wyprodukowanie baterii o masie 500 kg oznacza o ponad 70% większą emisję dwutlenku węgla niż wyprodukowanie samochodu spalinowego. Różnica taka oznacza, że potrzeba ponad 10 lat eksploatacji i przejechania ponad 150 tys. km autem elektrycznym, żeby jego „ślad węglowy" zrównał się ze „śladem węglowym" samochodu z silnikiem spalinowym („ślad węglowy" oznacza emisję gazów cieplarnianych wyemitowanych podczas produkcji opisanych tutaj samochodów).

W jaki więc sposób można sprawić, aby pojazdy elektryczne były bardziej przyjazne środowisku przyrodniczemu? Jedną z możliwości jest zastosowanie odnawialnych źródeł energii, np. energii promieniowania słonecznego czy energii wiatru.

Pojazdy zasilane energią słoneczną

Energia słoneczna może być przetwarzana na energię elektryczną wykorzystywaną przez pojazdy elektryczne na dwa sposoby: w instalacjach zlokalizowanych np. na dachach budynków czy garaży, a także w systemach fotowoltaicznych zintegrowanych z pojazdami. W pierwszym przypadku energia wytwarzana w instalacji fotowoltaicznej jest przekazywana do ładowania akumulatorów pojazdów za pośrednictwem stacji ładowania. W drugim przypadku energia elektryczna wytwarzana jest bezpośrednio w pojeździe i może służyć np. do doładowania akumulatorów, czy też zasilenia urządzeń zainstalowanych w samochodzie (np. klimatyzacji, elektroniki samochodowej). Aktualna wydajność modułów fotowoltaicznych niestety nie pozwala na zapewnienie samowystarczalności energetycznej pojazdów, jednakże może wydłużyć ich zasięg.

Warto tutaj zwrócić uwagę również na nowoczesne rozwiązania, integrujące systemy fotowoltaiczne z jednostkami pływającymi i samolotami. Znanym przykładem jest Solar Impulse, czyli szwajcarski samolot eksperymentalny napędzany energią słoneczną. Energia wytwarzana jest z ponad 17 tysięcy ogniw fotowoltaicznych, a następnie gromadzona w akumulatorach litowo-jonowych i wykorzystywana do zasilania czterech silników elektrycznych. Samolot jest

zbudowany głównie z włókna węglowego i waży 2,3 tony. W dniach 9 marca – 26 lipca 2016 roku Solar Impulse 2 wykonał lot dookoła świata. Piloci Bertrand Piccard i André Borschberg, pilotujący samolot na zmianę, pokonali łącznie ok. 40 tysięcy kilometrów robiąc po drodze kilka przystanków.

Rysunek 4.9. Stacja ładowania zasilana z domowej instalacji PV.

Rysunek 4.10. Wiata słoneczna.

Rysunek 4.11. Samochód ze zintegrowanymi ogniwami fotowoltaicznymi.

W Polsce w 2019 r. miała miejsce premiera pierwszej studenckiej konstrukcji bezzałogowego statku powietrznego (elektroszybowca) zasilanego energią słoneczną – AGH Solar Plane. Innym z rozwiązań wykonanych przez studentów Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, jest wyścigowa łódź solarna, która z dużymi sukcesami startuje w międzynarodowych zawodach łodzi solarnych – AGH Solar Boat. Łódź ta dwukrotnie zajęła 3. miejsce w najbardziej prestiżowych zawodach łodzi solarnych na świecie – Monaco Solar&Energy Boat Challenge. Być może już wkrótce rozwiązania opracowane przez polskich studentów będą wyznaczać nowe trendy w rozwoju elektromobilności – elektromobilności opartej na odnawialnych źródłach energii.

Rysunek 4.12. Samolot solarny - AGH Solar Plane.

Rysunek 4.13. Łódź solarna - AGH Solar Boat.

5 W jaki sposób możemy wytwarzać ciepło?

Kiedy myślimy o cieple, jednym z pierwszych skojarzeń, które mogą nam przyjść do głowy są piec z płonącym paleniskiem, mocno świecące słońce lub ognisko w plenerze. Wymienione przykłady przedstawiają tylko kilka sposobów wytwarzania ciepła – w piecu oraz w ognisku ciepło wytwarzane jest przez proces spalania, a z kolei w słońcu wytwarzane jest przez reakcje termojądrowe zachodzące w jego wnętrzu.

Rysunek 5.1. Źródła ciepła: kominek i Słońce.

Kiedy mowa o zjawiskach termicznych warto rozróżnić koncepcję energii termicznej oraz ciepła. Energia termiczna jest formą energii posiadanej przez jakiekolwiek ciało, które ma temperaturę powyżej zera absolutnego. Energia ta powoduje, że atomy i cząsteczki, z których składa się materia, zawsze się poruszają. Energię termiczną ciała można zmierzyć przez reakcje chemiczne takie jak spalanie. Z kolei, ciepło jest sposobem przekazywania energii termicznej z jednego ciała do drugiego, bezpośrednio przez kontakt cząstek (przewodzenie i konwekcja) albo pośrednio przez promieniowanie elektromagnetyczne.

Wytwarzanie ciepła jest możliwe przez wykorzystanie różnych form energii konwencjonalnych/nieodnawialnych oraz odnawialnych i zastosowanie różnych technologii, które są z nimi powiązane.

Zazwyczaj ciepło jest wytwarzane w procesie spalania paliw kopalnych takich jak węgiel, olej opałowy lub gaz ziemny. Energia termiczna może być też wygenerowana z energii jądrowej w procesie rozszczepienia ciężkich atomów

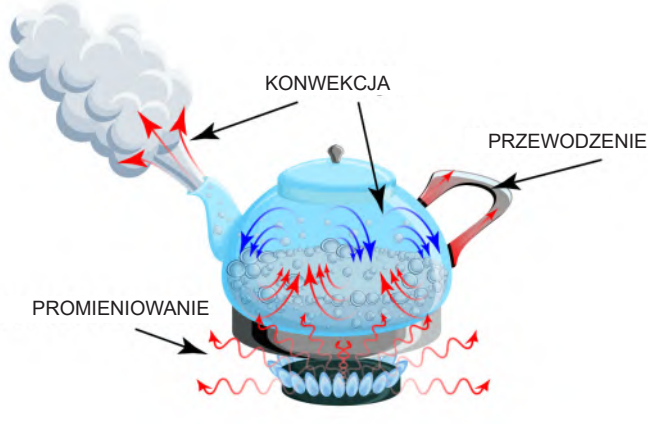
na mniejsze, jednak ta energia jest zazwyczaj wykorzystywana do produkcji energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych, i w mniejszym stopniu jako źródło ciepła.

Do wytwarzania ciepła możemy użyć zazwyczaj następujące odnawialne źródła energii:

- **słoneczna**;
- **biomasa**: energia chemiczna zawarta w związkach chemicznych organicznych molekuł roślin;
- **aerotermalna**: energia termiczna, która nie pochodzi od działań człowieka i jest magazynowana w masie powietrza w danym miejscu;
- **hydrotermalna**: energia termiczna, która nie pochodzi od działań człowieka i jest magazynowana w masach wodnych na powierzchni ziemi;
- **geotermalna**: energia termiczna nie powiązana z działaniami człowieka i skumulowana pod powierzchnią ziemi.

Istnieje szeroki zakres technologii do wytwarzania ciepła, w zależności od rodzaju i charakterystyki danego źródła energii. Współczesne technologie wykorzystane w wytwarzaniu ciepła, w zastosowaniach od domowych do przemysłowych, są następujące:

- grzałki elektryczne;
- kotły: na paliwa stałe (węgiel, drewno, pellet, itd.), ciekłe (olej opałowy, biodiesel) oraz gazowe (gaz ziemny, biogaz, itd.);
- pompy ciepła: powietrzne, wodne i geotermalne.



Rysunek 5.2. Zjawiska wymiany ciepła w procesie ogrzewania wody.

Ogrzewanie elektryczne

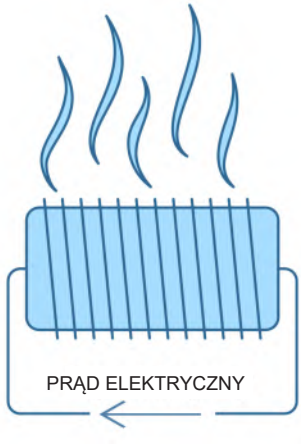
Powodem, dla którego elektryczność jest tak użyteczna dla człowieka, jest to, że można ją łatwo przekształcić w inne formy energii, w szczególności energię termiczną, tzn. ciepło. Można to łatwo zaobserwować w żelazku, gdzie prąd elektryczny nagrzewa opornik zgodnie z efektem Joule'a.

Warto wiedzieć, że energia elektryczna wykorzystana do ogrzewania może być wygenerowana z jakiegokolwiek źródła energii: konwencjonalnego lub odnawialnego.

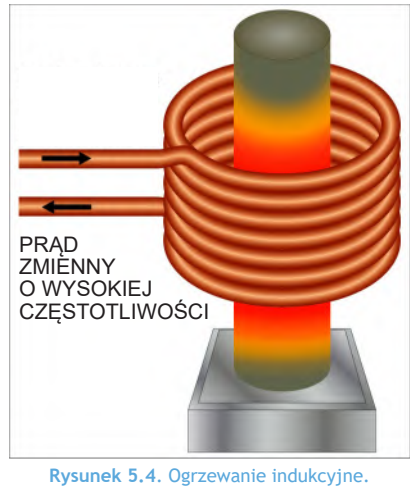
Istnieją różne metody do grzania elektrycznego, w zależności od zastosowania i wymaganej mocy cieplnej:

- **oporowe**: w których prąd jest przeprowadzony bezpośrednio przez opornik lub materiał, który chcemy ogrzać;
- **indukcyjne**: w których prąd o wysokiej częstotliwości jest przeprowadzany przez cewkę generując silne pole elektromagnetyczne. Ogrzewany element jest umieszczony wewnątrz lub w pobliżu tego induktora, gdzie pochłania indukowany prąd elektryczny i generuje ciepło.

W zastosowaniach mieszkalnych, wykorzystanie elektrycznych grzałek i klimakonwektorów lub grzejników promiennikowych jest najprostszym sposobem produkcji ciepła z energii elektrycznej.



Rysunek 5.3. Ogrzewanie oporowe.



Rysunek 5.4. Ogrzewanie indukcyjne.

Do zalet ogrzewania elektrycznego można zaliczyć:

- wysoką sprawność konwersji energii elektrycznej w ciepło, która wynosi nawet 98% - to oznacza, że mała ilość energii elektrycznej jest utracona w procesie przekształcania w ciepło;
- szybkość działania - element grzewczy można łatwo włączyć i wyłączyć, szybko się nagrzewa i jest w stanie szybko przekazać ciepło do użytkownika;
- prostą instalację - elektryczne urządzenia grzewcze łatwo zainstalować w budynku, ponieważ wystarczy je podłączyć do istniejącej instalacji elektrycznej.

Z kolei wady tej technologii grzewczej są następujące:

- wykorzystanie cennej energii elektrycznej, która pochodzi zazwyczaj głównie ze źródeł nieodnawialnych. W Polsce, jeśli wytworzymy jedną jednostkę energii termicznej z elektrycznej, zużywamy trzy jednostki energii, która pochodzi ze źródeł nieodnawialnych;
- koszt eksploatacji, który jest stosunkowo większy w porównaniu do innych metod grzewczych;
- w momencie, kiedy system grzewczy się wyłącza nie dostarcza już ciepła do użytkownika, chyba że został przewidziany system akumulujący energię termiczną.

Rysunek 5.5. Przykłady grzejników.

Kotły grzewcze

Kocioł, razem z piecem, jest najstarszą technologią wykorzystywaną do wytwarzania ciepła. Często pojęcie kocioł utożsamiane jest z piecem, lecz istnieje zasadnicza różnica pomiędzy tymi dwoma urządzeniami: piec ogrzewa bezpośrednio i miejscowo, a jego źródło ciepła mieści się w pomieszczeniu

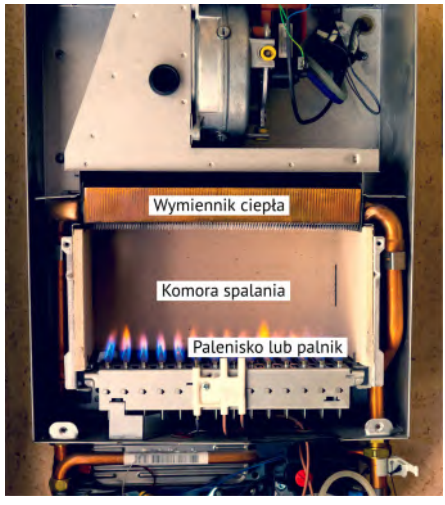
ogrzewanym, z kolei kocioł przekazuje ciepło za pomocą czynnika grzewczego do odbiorników ciepła. Technologia kotłów jest używana na szeroką skalę, od małych urządzeń wykorzystywanych w naszych domach, przechodząc do średnich jednostek działających w hotelach, galeriach, itd., aż po duże urządzenia wykorzystywane w elektrowniach, ciepłowniach i fabrykach.

Rysunek 5.6. Kotłownia.

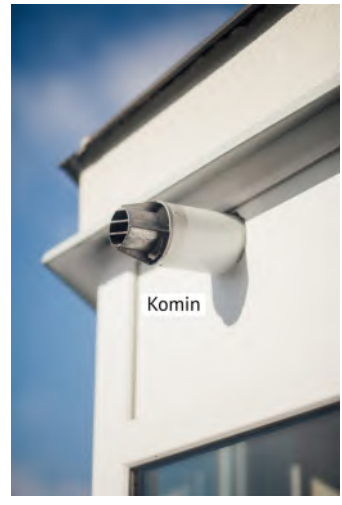
Kotły działają na zasadzie procesu spalania, w którym paliwo jest spalane w atmosferze powietrza przy wysokich temperaturach. Wygenerowana energia termiczna, w postaci gorących gazów, jest potem przekazana do czynnika grzewczego za pomocą wymiennika ciepła.

Kocioł składa się głównie z następujących elementów:

- **palenisko lub palnik**: część, która jest odpowiedzialna za proces spalania i wytarzania ciepła. W tym elemencie powstaje mieszanina pomiędzy paliwem i tlenem zawartym w powietrzu, aby wytworzyć płomień. Urządzenie to odpowiednio dobiera ilość paliwa i powietrza;
- **komora spalania**: zawierająca palenisko lub palnik i pozwalająca na odpowiedni przepływ spalin oraz zgromadzenie się popiołu w przypadku kotłów na paliwa stałe;
- **wymiennik ciepła**: zestaw rur łączących palenisko z kominem w kotłach dymowych oraz cylindryczne rury w kotłach wodnych. Wiązka rur ma za zadanie zwiększenie powierzchni wymiany ciepła między spalinami a wodą lub innym płynem;
- **komin**: zewnętrzny kanał pozwalający na wydalenie produktów spalania.



Rysunek 5.7. Budowa kotła.



Rysunek 5.8. Komin.

Kotły klasyfikuje się na różne sposoby, np. według:

- miejsca instalacji: kotły wewnętrzne lub zewnętrzne;
- typu instalacji: kocioł stacjonarny lub kocioł ruchomy (taki jak w lokomotywie lub na statku);
- mocy cieplnej: kotły naścienne, podłogowe lub odwrócone;
- rodzaju ciągu powietrza: kotły z zamkniętą komorą, otwarta komorą;
- rodzaju paliwa: gaz, metan, LPG, olej napędowy, pellet, drewno, itd.;
- rodzaju paleniska: paliwo stałe, paliwo ciekłe lub gazowe;
- klasy efektywności energetycznej, tzn. sprawności w przekształcaniu energii chemicznej paliwa w ciepło.

Kotły wykorzystujące gaz jako paliwo posiadają większą sprawność w stosunku do tych na paliwa stałe, ponieważ, w uproszczeniu, proces spalania w tym przypadku jest prostszy ze względu na dobre zmieszanie paliwa z powietrzem. Z kolei w paliwach stałych, reakcje chemiczne oraz sam sposób spalania są bardziej złożone.

Sprawność kotów gazowych może sięgać powyżej 90%, tych na węgiel wynosi pomiędzy 60 a 80% lub nieco więcej, a w przypadku urządzeń zasilanych biomasą wynosi 55 – 90%.

Istnieje możliwość zwiększenia sprawności poprzez zastosowanie urządzenia kondensacyjnego. Kocioł kondensacyjny może wykorzystać dodatkowo ciepło

obecne w formie pary wodnej obecnej w spalinach. Dzięki zastosowaniu materiałów wytrzymałych na kwaśne skropliny. Nowoczesne kotły i skraplacze mogą lepiej zarządzać tymi spalinami, obniżając temperaturę do momentu skroplenia się w nich pary, umożliwiając w ten sposób wykorzystanie ciepła resztkowego do podgrzewania wody wpływającej do kotła.

Zaletami kotłów są:

- prosty sposób działania oparty na szeroko stosowanej technologii;
- zadowalająca sprawność przy odpowiednim dobraniu urządzenia oraz w właściwych warunkach pracy;
- wielofunkcyjność pozwalająca na ogrzewanie pomieszczeń oraz przygotowanie ciepłej wody.

Do wad można zaliczyć:

- stosunkowo wysoki koszt paliwa, dla urządzeń pracujących na gazie lub pellecie;
- potrzeba przekazania ciepła przez instalację grzewczą a nie bezpośrednio do pomieszczenia;
- generowanie spalin, które mogą oddziaływać negatywnie na środowisko otaczające instalację.

Pompy ciepła

Pompa ciepła jest urządzeniem zdolnym do przenoszenia ciepła pomiędzy dwoma obszarami otoczenia, pomiędzy którymi występuje różnica temperatur. W tym przypadku pompa ciepła przenosi ciepło z otoczenia o niższej temperaturze do drugiego o wyższej temperaturze przy wykorzystaniu drugiej formy energii, zazwyczaj energii mechanicznej. Łatwo zrozumieć jej działanie, jeśli pomyślimy o lodówce. Działanie pompy ciepła jest podobne do jej działania – jest tylko odwrócone. Czyli, pompa ciepła i chłodziarka mogą być tym samym urządzeniem, kiedy posiadają tryb ogrzewania i chłodzenia.

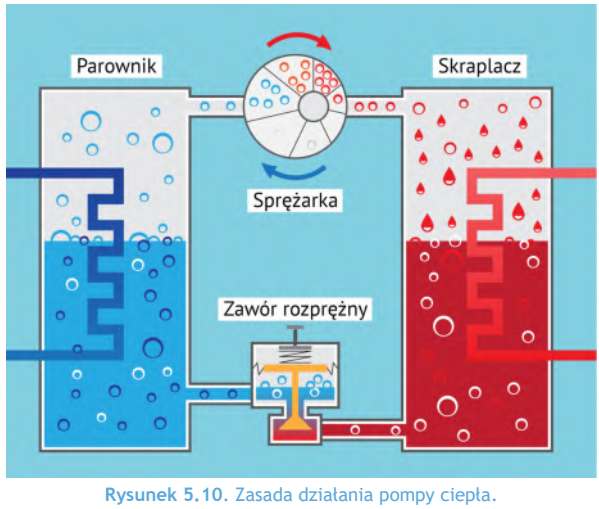
Ale skąd pompa ciepła bierze energię termiczną? Ogromne ilości energii są przechowywane w powietrzu, wodzie i glebie, które są stale odnawiane dzięki cieple ziemskim, promieniowaniu słonecznemu i opadom atmosferycznym.

Pompy ciepła posiadają dwie różne zasady działania – pierwsza jest oparta na sprężaniu i rozprężaniu pewnego czynnika grzewczego za pomocą energii elektrycznej, a druga działa na podstawie procesu absorbowania zasilanego przez energię termiczną.

Rysunek 5.9. Pompa ciepła - jednostki zewnętrzne.

Tradycyjna pompa ciepła składa się z obwodu zamkniętego, składającego się ze sprężarki, skraplacza, zaworu rozprężnego i parownika, w których krąży czynnik grzewczy – zazwyczaj płyn organiczny składający się węglowodorów.

W parowniku czynnik paruje odbierając ciepło ze źródła, z kolei za pomocą skraplacza czynnik się skrapla przekazując ciepło do otoczenia ogrzewanego. Tym wyższa jest temperatura źródła ciepła oraz tym niższa jest temperatura otoczenia ogrzewanego, tym lepsze jest działanie pompy ciepła, ponieważ pochłania mniej energii elektrycznej.



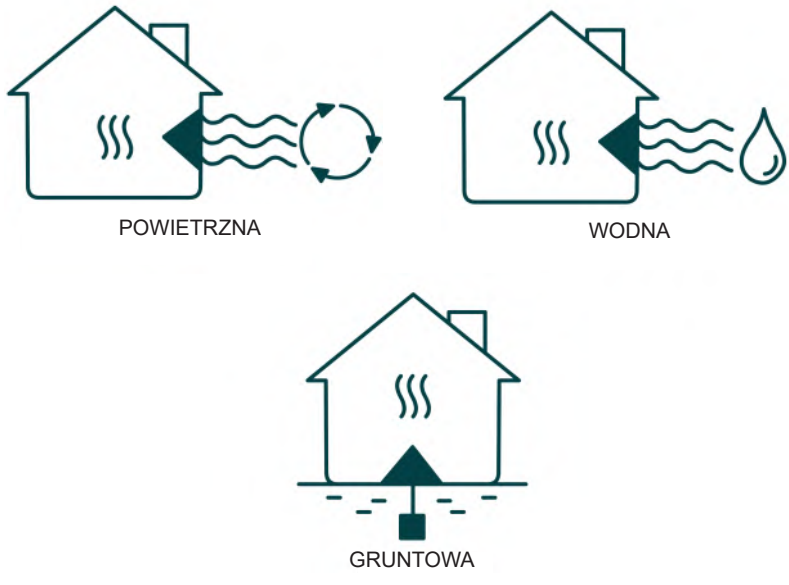
Rysunek 5.10. Zasada działania pompy ciepła.

Źródła ciepła, które mogą być wykorzystane przez pompy ciepła do pobierania energii termicznej:

- **powietrze**: powietrze zewnętrzne, powietrze z miejsca gdzie pompa ciepła jest zainstalowana lub powietrze, które jest przez nią ogrzewane. Powietrze jako źródło ciepła ma tę zaletę, że jest dostępne wszędzie.

- **woda**: wody gruntowe, woda rzeczna oraz woda z jeziora są dobrymi źródłami ciepła, gdy są obecne w pobliżu ogrzewanych pomieszczeń i na niedużej głębokości. Woda jako źródło ciepła gwarantuje działanie pompy ciepła bez wpływu zewnętrznych warunków klimatycznych.
- **grunt**: w którym są umieszczone specjalne rury lub sondy geotermalne. Zaletą gruntu jako źródła ciepła jest niewielka zmiana temperatury w ciągu roku w porównaniu z powietrzem.
- **ciepło odpadowe**: wszelkie źródła ciepła pochodzące od działań człowieka, które nie mogą być ponownie bezpośrednio wykorzystane - takie jak procesy przemysłowe, chłodzenie urządzeń, itd.

W zależności od rodzaju źródła ciepła i otoczenia do ogrzania, możemy mieć do czynienia z pompami ciepła powietrze-powietrze, powietrze-woda, ziemia-woda, itd., w różnych kombinacjach.



Rysunek 5.11. Podział pomp ciepła ze względu na rodzaje dolnych źródeł ciepła.

W zaletach tych urządzeń można wymienić:

- zgodne z zrównoważonym rozwojem i ochroną środowiska, ponieważ wykorzystując darmowe ciepło ze źródła odnawialnego zmniejszają emisję CO_2, w szczególności, gdy są zasilane prądem z energii odnawialnej.
- sprawność i oszczędność. Pompy ciepła pozwalają dostarczyć od 2 do 5 (i nawet więcej) jednostek ciepła przy użyciu jednej jednostki energii

elektrycznej (co wiąże się ze sprawnością rzędu 200-500%) oraz przy odpowiednich warunkach są bardziej oszczędne niż inne rozwiązania.

- nie wymaga komina i odprowadzania spalin.

Natomiast wadami są:

- nie można ich zawsze wykorzystać we własnej instalacji grzewczej. Czasami nie mamy możliwości wykorzystania wody albo gruntu jako źródła ciepła, a dla powietrznej pompy ciepła nie mamy miejsca dla zainstalowania urządzenia pobierającego ciepło.
- zazwyczaj wytwarzają ciepło o niskiej temperaturze, które nie można wykorzystać w standardowej instalacji działającej ze zwykłymi grzejnikami. Dlatego, wymagane są grzejniki lub klimakonwektory niskotemperaturowe. Możliwe jest osiągnięcie w pompie ciepła wysokiej temperatury, ale kosztem zużycia większej ilości energii elektrycznej.
- pompy ciepła są rozwiązaniem, które może być kosztowne, w szczególności dla tych gruntowych ze względu na koszt wykopów i odwiertów.

Podsumowanie

Istnieją różne sposoby wytwarzania ciepła. Każde z przedstawionych powyżej rozwiązań ma swoje wady i zalety, oraz najlepiej się sprawdza w poszczególnych zastosowaniach, jakimi mogą być przygotowanie ciepłej wody czy ogrzewanie pomieszczeń. Grzałki elektryczne są tanie i proste z użytku, ale wykorzystują cenną energię elektryczną, która w większości jest wyprodukowana ze źródeł nieodnawialnych. Kotły stanowią standardową i powszechną technologię, która jest używana do generowania ciepła. Jednakże, w przypadku używania paliw stałych, takich jak węgiel czy biomasa, kotły muszą być wyposażone w odpowiednie systemy ograniczające zanieczyszczenia wydobywających się spalin. Z kolei, pompy ciepła przedstawiają najlepszą technologię wykorzystującą energię elektryczną do wytwarzania ciepła, ponieważ na jedną jednostkę energii elektrycznej są w stanie dostarczyć dwie lub więcej jednostek ciepła. Podsumowując, nie istnieje idealna technologia do wytwarzania ciepła, lecz istnieje możliwość dobrania najlepszej technologii dla danego użytkownika i zastosowania.

6 Jak wytworzyć ciepło z promieniowania słoneczego?

Słońce jest centralną gwiazdą Układu Słonecznego, stanowi główne źródło energii docierającej do powierzchni Ziemi. Bardzo mały procent promieniowania słonecznego wystarczyłby do pokrycia całkowitego zapotrzebowania potrzeb energetycznych ludzkości, pod warunkiem, że bylibyśmy w stanie tę energię przetworzyć i wykorzystać efektywnie. Dopływ promieniowania do powierzchni ziemi jest nierównomierny i zależny od położenia geograficznego danego regionu. Około 30% promieniowania słonecznego docierającego do Ziemi odbija się od chmur, oceanów oraz lądów, pozostała jego część jest przez nie pochłaniana. Konsekwencją tych zjawisk jest obieg wody w przyrodzie, a także termiczny ruch atmosfery oraz energia skumulowana w roślinach i organizmach żywych.

Energię promieniowania słonecznego można wykorzystać na dwa sposoby:

- zamiana energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną (konwersja fotowoltaiczna);
- zamiana energii promieniowania słonecznego na ciepło w kolektorach słonecznych (konwersja fototermiczna).

Do głównych zalet energetyki słonecznej można zaliczyć:

- powszechny dostęp;
- niemal nieograniczone zasoby energii;
- niskie koszty eksploatacyjne;
- brak negatywnego oddziaływania na środowisko;
- łatwy montaż instalacji.

Wady energetyki słonecznej:

- niemożność wykorzystania energii słonecznej w sposób ciągły (cykliczność dzienna, roczna);
- mała gęstość dobowa strumienia energii promieniowania słonecznego;
- trudność w magazynowaniu energii i jej koncentracji;
- w krajach o zmiennych klimacie energia promieniowania słonecznego nie jest stabilnym źródłem energii.

Kolektory słoneczne

Kolektory słoneczne są urządzeniami przetwarzającymi padające promieniowanie słoneczne na ciepło, które pod wieloma względami różnią się od konwencjonalnych urządzeń grzewczych. Zasadniczą ich różnicą jest to, że „paliwem" jest promieniowanie słoneczne.

Z jednej strony promieniowanie słoneczne można uznać za niewyczerpywalne, z drugiej jednak jest ono trudno dostępne i ograniczone. Należy mieć na uwadze, że w okresie grzewczym, kiedy występuje największe zapotrzebowanie na energię grzewczą, promieniowania słonecznego jest najmniej. W większości przypadków kolektory słoneczne stosuje się jako urządzenia wspomagające tzw. systemy binarne. W systemach takich kocioł grzewczy zapewnia dostępność odpowiedniej ilości ciepłej wody użytkowej w wymaganym czasie. Kolektory są zintegrowane z takim systemem, tak aby jak najwięcej energii uzyskać z darmowego promieniowania słonecznego, a kocioł zużywał jak najmniej paliwa konwencjonalnego.

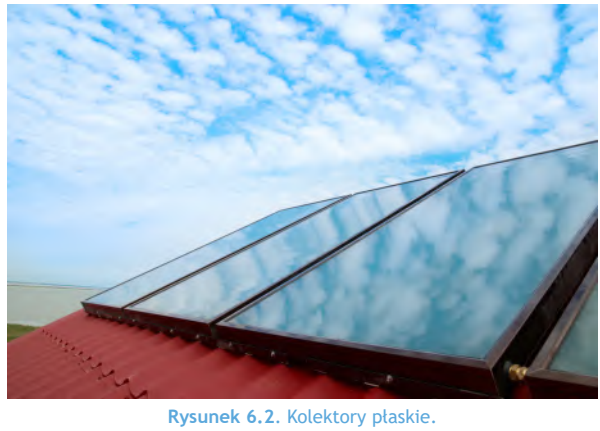
Rysunek 6.1. Kolektor słoneczny płaski i próżniowo-rurowy.

Rodzaje kolektorów słonecznych

Najważniejszym elementem kolektora słonecznego jest absorber. To tutaj padające promienie słoneczne są zamieniane w ciepło. Absorber, czyli cienka miedziana lub aluminiowa blacha pokryta specjalnym materiałem, który ma za zadanie pochłonąć jak najwięcej padającego promieniowania słonecznego, a jak najmniej go odbić. Wychwycone ciepło przez absorber przekazywane jest do medium roboczego.

- **Kolektory płaskie**

Kolektory składają się z absorbera, tylnej płyty z blachy stalowej, aluminium lub stali szlachetnej oraz ramy ze szkłem solarnym i izolacją cieplną. Wszystkie te elementy długotrwale chronią kolektor przed niesprzyjającymi warunkami atmosferycznymi. Płaskie kolektory słoneczne można łatwo i bezpiecznie montować na połaci dachu. Kolektory płaskie są tańsze niż kolektory próżniowe, znajdują zastosowanie jako urządzenia podgrzewające ciepłą wodę użytkową, baseny lub urządzenia wspomagające ogrzewanie pomieszczeń. Wśród kolektorów płaskich najpopularniejsze są kolektory o powierzchni absorbera 2-2,5 m^2.



Rysunek 6.2. Kolektory płaskie.

- **Kolektory próżniowe**

Przemiana energii słonecznej w ciepło na absorberze jest identyczna w kolektorach płaskich jak i w próżniowych. Zasadniczą różnicę stanowi izolacja cieplna – w przypadku kolektorów próżniowych absorber otoczony jest rurą szklaną, której znajduje się próżnia. Próżnia zapewnia skuteczną izolację cieplną, dzięki czemu występują mniejsze straty ciepła do otoczenia. Aby kolektor próżniowy służył jak najdłużej, niezbędne jest utrzymanie wewnątrz próżni poprzez zastosowanie odpowiedniego uszczelnienia.

Wśród kolektorów próżniowo-rurowych wyróżniamy:

- kolektory z bezpośrednim przepływem;
- holektory typu Heatpipe.

W kolektorze z bezpośrednim przepływem płyn solarny przepływa rurką stale połączoną z absorberem.

W kolektorze wykonanym w technologii heatpipe czynnik solarny nie przepływa bezpośrednio przez rury. Zamiast tego w absorberze cyrkuluje nośnik ciepła, który odparowuje przy nagrzaniu przez padające promienie słoneczne i skrapla się w skraplaczu, oddając ciepło czynnikowi solarnemu. Proces ten wymaga określonego kąta nachylenia kolektora, tak aby transport ciepła z rur dochodził do skraplacza.

Rysunek 6.3. Kolektory próżniowo-rurowe.

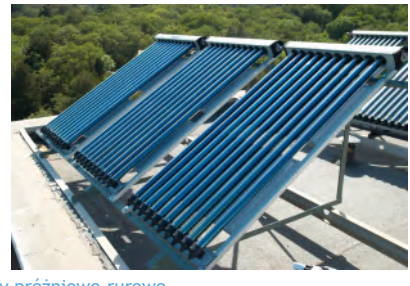
Jak zamontować kolektor słoneczny?

Kolektory słoneczne są urządzeniami przetwarzającymi ciepło, które mogą działać nieprzerwanie nawet do 20 lat, zakładając poprawny montaż oraz właściwe warunki eksploatacji. Kolektory narażone są na szkodliwe działanie czynników atmosferycznych, dlatego też konieczne jest, aby spełniały warunek poprawnego montażu, czyli przede wszystkim musi być ono zabezpieczone przed korozją i statyczne konstrukcyjnie. Istotna jest także ochrona przeciw wyładowaniami atmosferycznym. W związku z tym, iż kolektory słoneczne najczęściej zintegrowane są z budynkiem odgrywają istotną rolę architektoniczną. Ze względu na znaczne zróżnicowanie typów, kolektory słoneczne można wykorzystać zarówno w budynkach nowo budowanych jak i modernizowanych. Można je montować tak na dachach skośnych jak i płaskich, na fasadzie budynku oraz na konstrukcji wolno stojącej.

- **dach skośny**. W budownictwie jednorodzinnym najczęściej stosowanym typem montażu jest montaż na dachu skośnym. W tym przypadku kolektor może być zamontowany w połaci dachu lub na jego powierzchni. Duży wpływ ma tutaj poziom zacieniania: w kolektorze ustawionym ku południu, obszar pomiędzy południowym wschodem, a zachodem powinien być niezacieniony, a kąt pochylenia większy niż 20 stopni. Należy również wziąć pod uwagę krzewy

i drzewa, które urosną w ciągu 20 lat. Ponadto, montaż kolektora nie może pogarszać funkcji ochronnej dachu (szczelność).

- **dach płaski**. Przy dużych projektach w domach piętrowych czy w zastosowaniach przemysłowych montuje się często kolektory na dachach płaskich. Korzyścią jest to, że urządzenie może być ustawione ku południu wraz z wymaganym kątem nachylenia.



Rysunek 6.4. Kolektory próżniowo-rurowe.

Instalacje

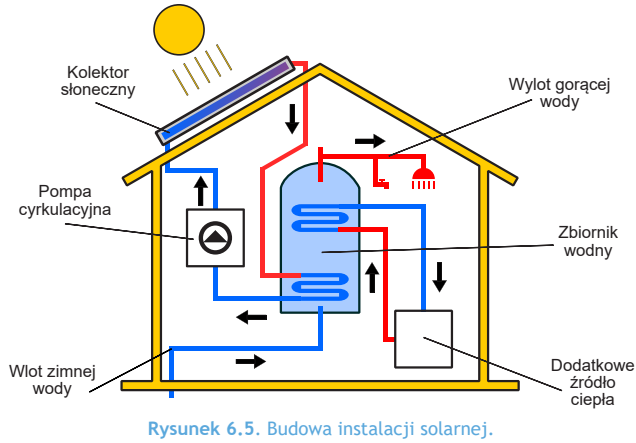
Stosując systemy solarne przeciętne gospodarstwo domowe może znacznie zmniejszyć ponoszone koszty na ogrzewanie pomieszczeń oraz przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Dzięki właściwemu wykorzystaniu kolektora słonecznego ciepło można uzyskać zarówno z promieni padających bezpośrednio w jego kierunku jak i z tzw. wiązek światła rozporoszonego. W polskich warunkach ma to duże znaczenie, ponieważ zdarzają się liczne dni pochmurne, podczas których światło słoneczne nie pada bezpośrednio na powierzchnię kolektora. W takich przypadkach promieniowanie rozproszone uzupełnia ten niedobór, dzięki czemu system solarny może działać efektywnie.

Instalacja solarna zaczyna pracować w momencie, gdy promienie słoneczne docierają do powierzchni absorbera. Nagrzewają jego powierzchnię i znajdującą się w nim wodę zmieszaną ze specjalnym płynem uniemożliwiającym jej zamarzanie (tzw. płyn solarny). Ogrzany płyn zostaje następnie przetłoczony za pomocą pompy do umieszczonego w zasobniku wymiennika ciepła. Tu ciepło zostaje przekazane wodzie użytkowej. Odpowiednio funkcjonujący system regulacji temperatury dba o to, by jedynie odpowiednio podgrzany w kolektorze płyn był przekazywany dalej.

Jeżeli z powodu zachmurzenia instalacja kolektorów nie działa, wtedy zasobnik solarny można dogrzać przy pomocy tradycyjnych systemów grzewczych. W takiej sytuacji, aby jak najbardziej ograniczyć poziom zużycia droższej energii, dogrzewana jest jedynie górna część zasobnika.

Elementy instalacji solarnej:

- **kolektory słoneczne**.
- **zbiornik na wodę**. Może to być dowolny, typowy z wymiennikiem ciepła, przez który ogrzany czynnik grzewczy z kolektora przepływając będzie oddawał energię. Jeżeli kolektor będzie podłączony do zbiornika, który zasadniczo podgrzewany jest przez kocioł CO to oczywiście należy zaopatrzyć się w zbiornik z dwoma wymiennikami ciepła. Jeśli dodatkowo ciepłą wodę użytkową będziemy podgrzewać pompą ciepła, to potrzebujemy zbiornik z trzema wymiennikami.
- **wymiennik ciepła w zbiorniku** - spiralna żebrowana rura - najczęściej miedziana, umieszczona w zbiorniku wody. Czynnik grzewczy przepływający przez wymiennik ogrzewa wodę w zbiorniku.
- **pompa cyrkulacyjna** - pompa wymusza obieg płynu solarnego przez wymiennik do kolektora. Jest to element niezbędny do prawidłowego funkcjonowania systemu w przypadku, gdy zdecydujemy się na instalację z wymuszonym obiegiem płynu solarnego.
- **automatyka sterująca** - zestaw mikroprocesorów steruje całością instalacji, otrzymuje sygnały z czujników temperatury i odpowiednio steruje pompą cyrkulacyjną.
- **płyn solarny** - medium. Medium przepływające przez obieg kolektor-wymiennik ciepła w zbiorniku. Może nim być woda, ale ze względu na niebezpieczeństwo jej zamarznięcia w układzie, np. podczas mroźnej zimowej nocy, częściej stosowany jest płyn niezamarzający - mieszanina wody i glikolu.
- **naczynie wzbiorcze** - zbiornik kompensujący wzrost ciśnienia w układzie.



Rysunek 6.5. Budowa instalacji solarnej.

Typowa instalacja kolektorowa jest układem bardzo podobnym do systemu centralnego ogrzewania, przy czym rolę podgrzewacza spełnia w naszym układzie właśnie kolektor. Czynnik grzewczy jest przepompowywany za pomocą pompy cyrkulacyjnej z kolektora do zbiornika, gdzie ciepło jest oddawane w dolnej jego części. Pracą pompy steruje układ mikroprocesorowy, który czuwa nad prawidłowym działaniem całej instalacji solarnej. Czujniki temperatury umieszczone w kolektorze i zbiorniku dostarczają informację o wartościach temperatury. Układ elektroniczny zapobiega oddawaniu ciepła do otoczenia, gdy po zajściu słońca ciepło ze zbiornika przekazywane byłoby do zimnego już kolektora. Zawór bezpieczeństwa zabezpiecza układ przed zbyt dużym ciśnieniem spowodowanym np. chwilowym zanikiem prądu.

Podsumowanie

Wykorzystanie kolektorów słonecznych do przygotowania ciepłej wody użytkowej pozwala zaoszczędzić znaczne ilości pieniędzy, tym bardziej że taka instalacja niemal bezobsługowo może pracować nawet 20 lat. W przypadku kolektorów słonecznych wykorzystujemy darmową energię jaką jest energia słoneczna czym przyczyniamy się do ochrony środowiska naturalnego.

Wykaz ilustracji

Poniżej wymienione ilustracje pochodzą z serwisu **Shutterstock.com**. Autorzy poszczególnych ilustracji:

str. 9 – Sandy Storm,
str. 10 – Elegant Solution,
str. 11 – Macrovector,
str. 12 – Zdenek Sasek,
str. 13 – Love You Stock,
str. 19 – SLKi,
str. 21 – avian,
str. 22 – Slavo Valigursky,
str. 23 – graphixmania,
str. 24 – elenabsl,
str. 25 – elenabsl,
str. 26 – jamesteohart,
str. 27 – Panacea Doll,
str. 29 – Diyana Dimitrova (ilustracja u góry), Alejo Miranda (ilustracja u dołu),
str. 30 – Studio BKK,
str. 31 – oNabby,
str. 32 – Keepsmiling4u (ilustracja u góry), khak (ilustracja u dołu),
str. 33 – Colorcocktail,
str. 34 – francesco de marco,
str. 35 – Sergey Granev (ilutracja po lewej), Peteri (ilustracja po prawej),
str. 36 – Masha Basova (ilustracja u góry), Olena Mykhaylova (ilustracja u dołu po lewej), AntonioKalini (ilustracja u dołu po prawej),
str. 37 – guteksk7,
str. 38 – Macrovector,
str. 39 – Morphart Creation,
str. 41 – Chesky,
str. 42 – Mike Flippo,
str. 43 – V_E (ilustracja u góry po lewej), Qocreative (ilustracja u góry po prawej), B-1972 (ilustracja u dołu po lewej), Svetushkanchik (ilustracja u dołu po prawej),
str. 44 – ANDREY-SHA74,
str. 46 – Slavun (ilustracja u góry), seo byeong gon (ilustracja pośrodku), Kirill Kodochigov (ilustracja u dołu),
str. 48 - Pan_Da (ilustracja po lewej), vvvita (ilustracja po prawej),
str. 49 – Inna Bigun,

str. 50 – Pavel K (ilustracja po lewej), Fouad A. Saad (ilustracja po prawej),
str. 51 – Mile Atanasov,
str. 52 – Alhim,
str. 53 – Braslavets Denys (ilustracja po lewej), Vladimir Trynkalo (ilustracja po prawej),
str. 55 – V J Matthew (ilustracja u góry po lewej), U.J. Alexander (ilustracja u góry po prawej), sivVector (ilustracja u dołu),
str. 56 – contr4,
str. 59 – Kunal Mehta,
str. 60 – Beautiful landscape,
str. 61 – Alex_Po,
str. 62 – Beautiful landscape (ilustracja po lewej), Beautiful landscape (ilustracja po prawej),
str. 63 – Slave SPB.

Pozostałe źródła ilustracji:

str. 20 – zdjęcie autora (ilustracja po lewej), M. Jurkowska (ilustracja po prawej),
str. 47 – M. Talar - KSAF (ilustracja u góry), D. Grzegorczyk - KSAF (ilustracja u dołu),

ISBN: 978-83-954975-4-4