17. Energetyka niekonwencjonalna

17.1. Zakres energetyki niekonwencjonalnej

Pojęciem **energetyka konwencjonalna** określa się zazwyczaj te rodzaje konwersji energii i związaną z nimi technikę, które odgrywają znaczącą ilościowo rolę w światowej konsumpcji energii. Łańcuchy konwersji (rys. 17.1) są dość dobrze poznane, zarówno teoria procesów, budowa urządzeń, jak i ich zastosowanie i eksploatacja. Inne rodzaje konwersji są spotykane rzadziej, ze względu na to, że:

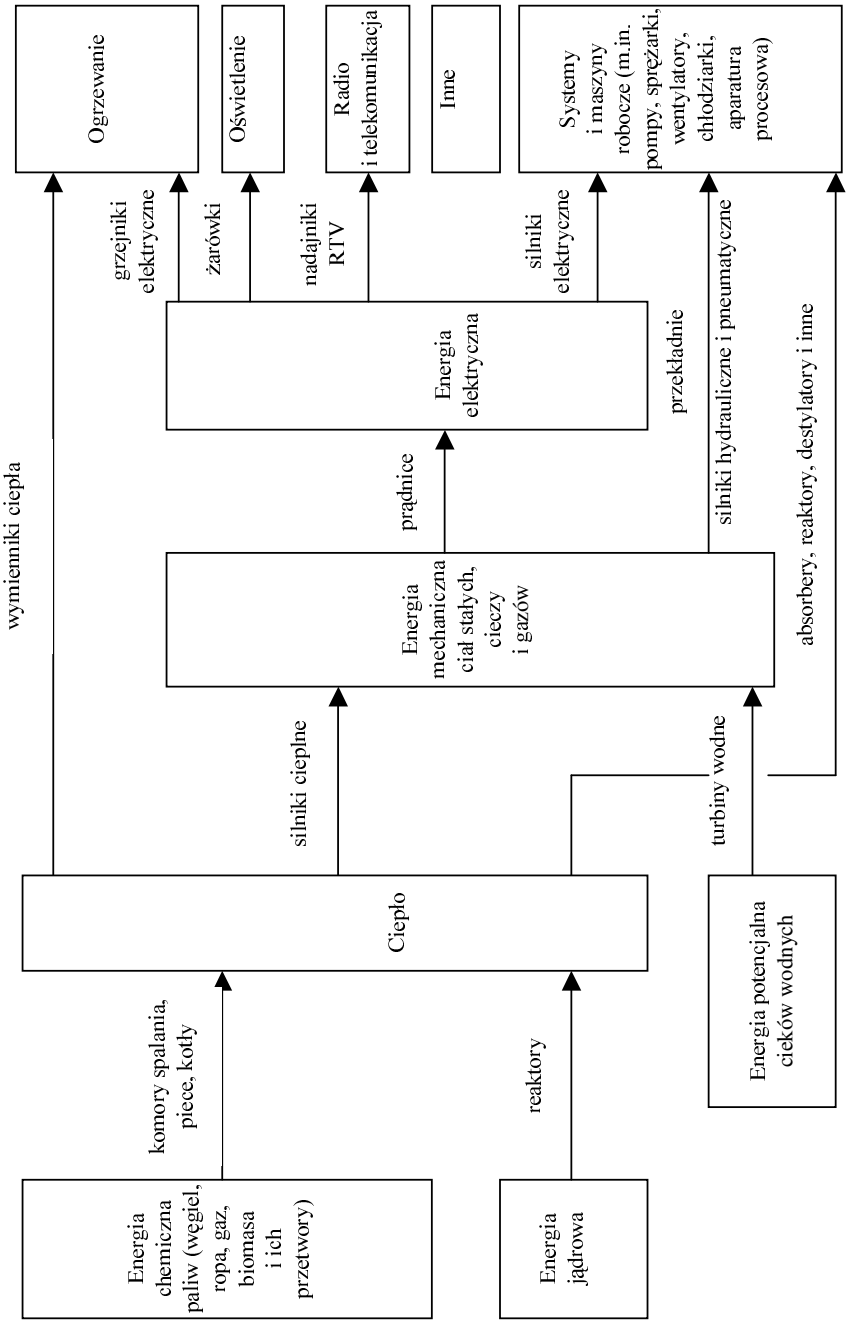
- tradycyjne źródła energii są łatwo dostępne i tanie,
- źródła niekonwencjonalne są mało znane, a efektywność procesu konwersji energii jest niewielka,
- wiele surowców jest niskoenergetycznych,
- energia jest złej jakości, tzn. wydajność źródła jest nieciągła i zmienna w czasie, a jego lokalizacja odległa, różne jest zapotrzebowanie na energię oraz jej dostępność.

Wyczerpywanie się światowych zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego, a także coraz trudniejsze warunki wydobycia węgla kamiennego zmuszają społeczeństwa do oszczędności energii i poszukiwania nowych jej źródeł. Wiąże się to też z propozycjami realizacji nowych łańcuchów konwersji, które:

- zmniejszają ekologiczną uciążliwość procesu pozyskiwania ciepła lub pracy,
- poprawiają swoją efektywność,
- zmniejszają liczbę ogniw pośrednich,
- prowadzą do opracowania technologii akumulacji różnych postaci energii.

Oprócz badań nad wykorzystaniem źródeł o niestabilnych charakterystykach i małej wydajności, współczesną energetykę cechują:

- działania zmierzające do odzysku energii odpadowej oraz poprawy sprawności zaopatrzenia i użytkowania odbiorników energii,
- pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych,
- działania zmierzające do wyeliminowania termicznych ogniw w procesie produkcji energii elektrycznej,
- prace nad kontrolowaną reakcją termojądrową.



Rys. 17.1. Najpopularniejsze konwencjonalne ogniwa konwersji energii

Wszystkie te problemy wchodzą w zakres energetyki niekonwencjonalnej. Stosowane maszyny i urządzenia są często rozwiązaniami badawczymi lub prototypami, choć nie brak jednak również urządzeń znanych i od lat doskonalonych.

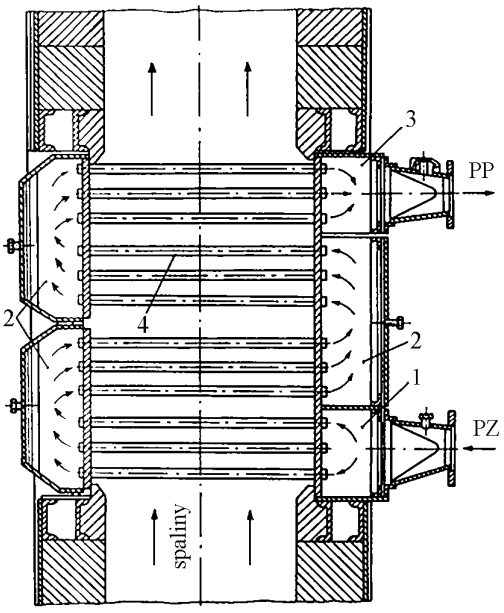
17.2. Systemy odzysku energii odpadowej [20]

Jeżeli w procesach energetycznych, oprócz efektów zamierzonych, pojawiają się zbędne ilości energii, to mówi się o energii odpadowej.

Energię odpadową dzieli się na fizyczną i chemiczną. Z energią fizyczną mamy do czynienia, gdy odpadowy nośnik energii ma temperaturę lub ciśnienie różne od temperatury lub ciśnienia otoczenia. Energia odpadowa chemiczna występuje wówczas, gdy skład chemiczny odpadowego nośnika jest różny od powszechnie występujących składników w otoczeniu. Nośnikami odpadowej energii fizycznej są np. spaliny o temperaturze wyższej od temperatury punktu rosy, gorąca woda z chłodzenia stacji sprężarek, usunięte z pieca obrobione termicznie elementy, a także spaliny z silnika Diesla o ciś- nieniu wyższym niż ciśnienie otoczenia. Źródłem odpadowej energii chemicznej są m.in. spaliny zawierające tlenek węgla lub śmieci o dużej zawartości substancji palnych.

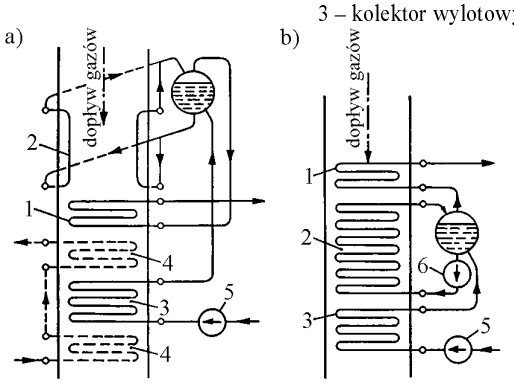
17.2.1. Urządzenia do odzysku energii gorących gazów (spalin)

Najlepiej – ze względów energetycznych – jest wykorzystać energię odpadową w tym samym procesie, w którym powstała, dzięki temu zmniejsza się energochłonność tego procesu. Jednym ze sposobów takiego odzysku jest podgrzewanie substratów spalania (głównie powietrza) wypływającymi z pieca spalinami. Odbywa się to zazwyczaj w wysokiej temperaturze (kilkaset stopni Celsjusza) w urządzeniach zwanych rekuperatorami (rys. 17.2).



Rys. 17.2. Czterosekcyjny rekuperator konwekcyjny [20]: PP – powietrze podgrzane, PZ – powietrze zimne, 1 –

kolektor dolotowy, 2 – kolektor nawrotny,
3 – kolektor wylotowy, 4 – układ rur

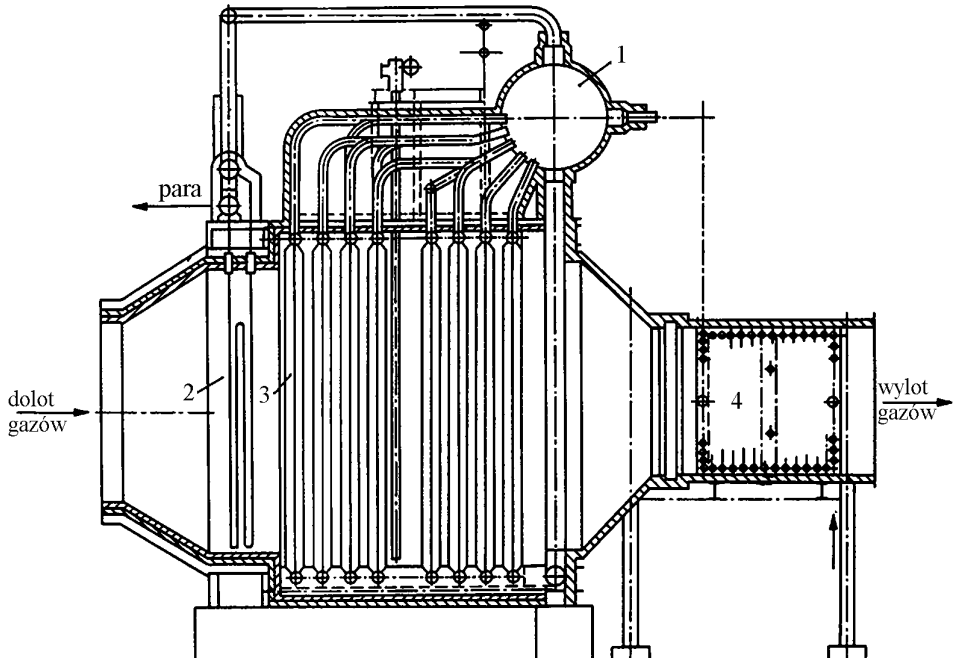


Rys. 17.3. Typowe kotły odzyskowe zasilane spalinami [20]: a) o wysokiej temperaturze, b) o umiarkowanej temperaturze: 1 – przegrzewacz pary, 2 – parowacz, 3 – podgrzewacz wody, 4 – podgrzewacz powietrza, 5 – pompa zasilająca, 6 – pompa obiegowa

Niekiedy podgrzewanie substratów nie jest potrzebne lub nie wystarcza do pełnego wykorzystania źródła odpadowego, a temperatura spalin umożliwia uzyskanie pary wodnej o wysokich parametrach. Para ta, wytwarzana w kotłach odzyskowych (rys. 17.3), może być użyta do napędu turbiny lub maszyny parowej albo w innych procesach technologicznych.

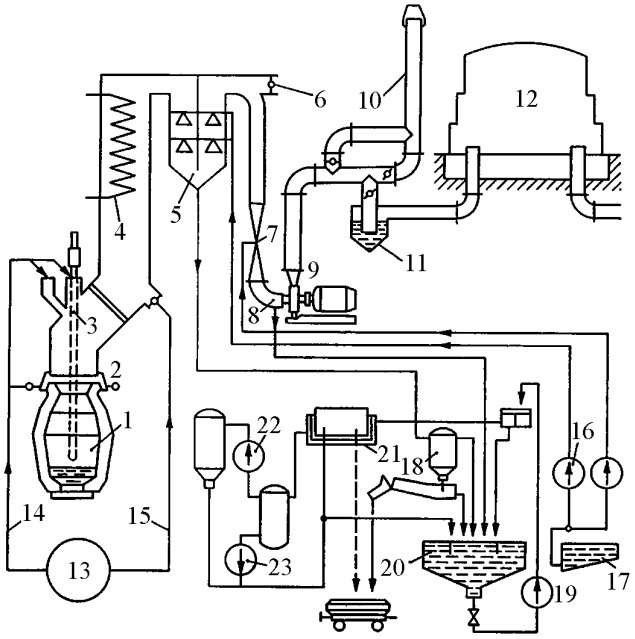
Jak widać ze schematu na rysunku 17.3, w kotle odzyskowym zasilanym spalinami brak jest komory spalania.

Na rysunku 17.4 przedstawiono konstrukcję kotła, w którym wykorzystuje się spaliny wstępnie ochłodzone w rekuperatorach pieców grzejnych.



Rys. 17.4. Konstrukcja kotła odzyskowego [20]: 1 – walczak, 2 – przegrzewacz pary, 3 – parowacz, 4 – podgrzewacz wody

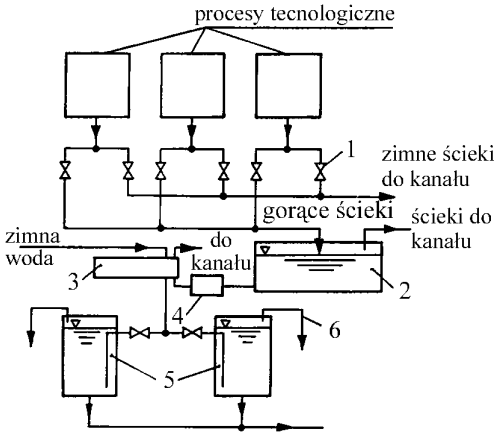
Gdy gaz będący nośnikiem energii odpadowej zawiera składniki palne, to – oprócz odzysku zawartego w nim ciepła, związanego z wysoką temperaturą – można spalić te składniki i uzyskać dodatkową ilość ciepła. Takim gazem może być np. gaz konwertorowy, którego temperatura na wylocie z gardzieli konwertora wynosi około 1200–1600 °C, a zawiera on tlenek węgla CO, a także niewielkie ilości H_2. Gaz konwertorowy zawiera duże ilości pyłu, dlatego często jest chłodzony i odpylany, a dopiero później spalany. Na rysunku 17.5 przedstawiono instalację do oczyszczania, chłodzenia i magazynowania tego gazu.



Rys. 17.5. Instalacja chłodzenia, odpylania i gromadzenia gazu konwertorowego [20]: 1 – konwertor, 2 – pierścień okapu, 3 – lanca, 4 – kocioł odzyskowy, 5 – skruber, 6 – klapa przeciwwybuchowa, 7 – płuczka Venturiego, 8 – odwadniacz kolanowy, 9 – wentylator (ssawa), 10 – pochodnia, 11 – zamknięcie wodne, 12 – zbiornik gazu, 13 – zbiornik azotu, 14 – przewód gazu odcinającego, 15 – przewód gazu przedmuchującego, 16 – pompy wody, 17 – zbiornik wody, 18 – hydrocyklon, 19 – pompa szlamu, 20 – zbiornik – osadnik, 21 – filtr bębnowy, 22 – pompa próżniowa, 23 – pompa filtratu

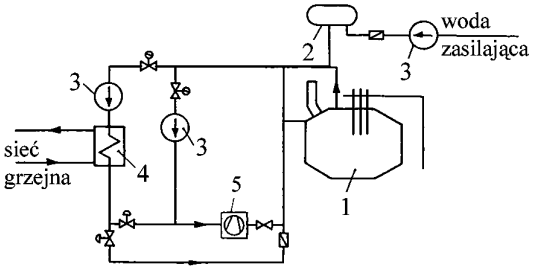
17.2.2. Odzysk energii z gorących cieczy odpadowych i ciał stałych

Nośnikami odpadowych energii są nie tylko gazy, ale także ciecze i ciała stałe, dla których buduje się układy odzysku ciepła. Na rysunku 17.6 przedstawiono układ do wykorzystania entalpii ścieków.

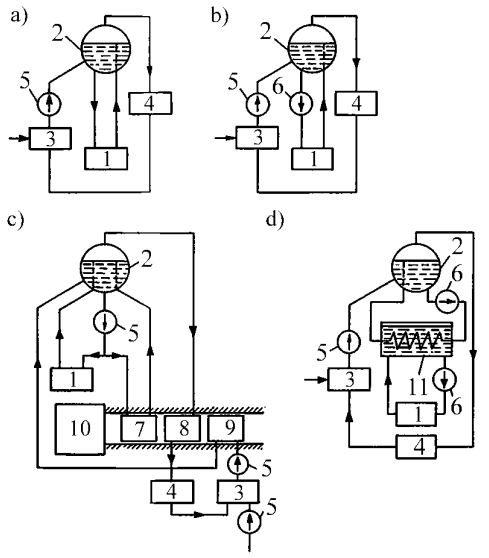


Rys. 17.6. Odzysk ciepła z gorących ścieków [20]: 1 – zawory sterowane termicznie, 2 – zasobnik gorących ścieków, 3 – wymiennik ciepła, 4 – filtr, 5 – zasobnik wody, 6 – kanał przelewowy

Odzysk ciepła z ciał stałych wiąże się często z chłodzeniem pośrednim. Na rysunkach 17.7 i 17.8 przedstawiono takie układy, w których ciała stałe są chłodzone gorącą wodą lub wodą w układach wyparkowych (przez



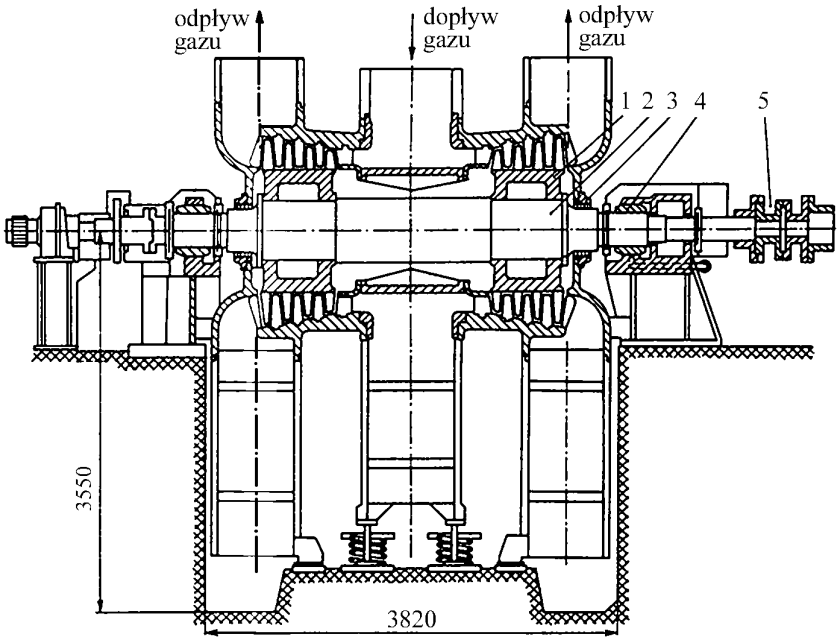
Rys. 17.7. Wykorzystanie gorącej wody chłodzącej do celów grzejnych [20]: 1 – piec, 2 – zbiornik wyrównawczy, 3 – pompa, 4 – wymiennik ciepła, 5 – chłodnia



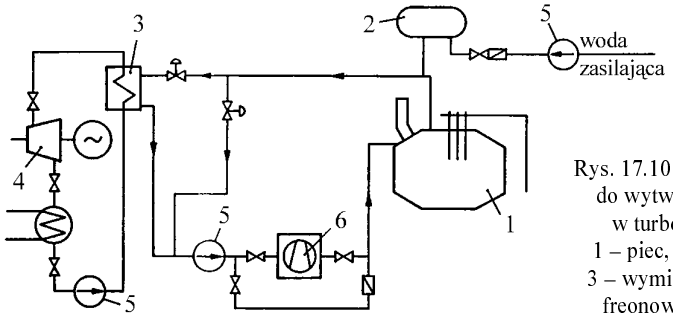
Rys. 17.8. Przykładowe systemy chłodzenia wypadkowego [20]: a) z obiegiem naturalnym, b) z obiegiem wymuszonym, c) współpracujący z kotłem odzyskowym, d) z czynnikiem pośrednim: 1 – elementy chłodzone, 2 – walczak, 3 – chemiczne uzdatnianie wody, 4 – użytkownik pary, 5 – pompa zasilająca, 6 – pompa obiegowa, 7 – parowacz, 8 – przegrzewacz pary, 9 – podgrzewacz wody, 10 – piec, 11 – wymiennik pośredni

17.2.3. Inne układy odzysku energii odpadowej

Gdy nośnik energii, będąc w stanie lotnym, ma ciśnienie wyższe od ciśnienia otoczenia, wówczas po rozprężeniu go otrzymuje się energię mechaniczną (rys. 17.9), która może służyć do napędu prądnicy lub innych maszyn roboczych. Do napędu prądnicy można też zużyć energię odpadową uzyskiwaną przy chłodzeniu pieców gorącą wodą (rys. 17.10).



Rys. 17.9. Osiowa turbina odzyskowa na gaz wielkopiecowy [20]:
1 – wirnik, 2 – wał, 3 – uszczelnienie, 4 – łożysko, 5 – sprzęgło

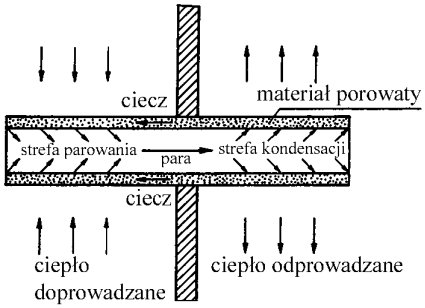


Rys. 17.10. Wykorzystanie gorącej wody do wytwarzania energii elektrycznej w turbozespole freonowym [20]:
1 – piec, 2 – zbiornik wyrównawczy, 3 – wymiennik ciepła, 4 – turbozespół freonowy, 5 – pompa, 6 – chłodnia

Pary freonów można również wytwarzać, wykorzystując energię z innych źródeł ciepła odpadowego. Układ taki przedstawiono w rozdziale 9., przy okazji omawiania maszyn parowych.

Dużą ilość odpadowych źródeł ciepła stanowią takie, których temperatura nie jest zbyt wysoka. Można je użyć jako dolne źródła ciepła pomp ciepła. W razie potrzeby podgrzewania ciał do niezbyt wysokiej temperatury (np. nawiewanego powietrza wentylacyjnego) potrzebne są wymienniki ciepła o niewielkiej różnicy temperatury pomiędzy strumieniami gazu. Do takiej wymiany ciepła można użyć aparatów zwanych rurami ciepła (rys. 17.11)

Ciecz niskowrząca (np. eter) w jednym końcu rury (zamkniętym) ma kontakt z obszarem grzanym. Wytworzone w wyniku parowania cieczy pary przepływają do drugiego końca rury (również zamkniętego), gdzie następuje ich kondensacja i przekazanie ciepła skraplania na zewnątrz. Kondensat powraca zaś do obszaru parowania. Rury ciepła znajdują się ciągle w fazie badań.



Rys. 17.11. Rura ciepła [20]

17.3. Magazynowanie energii

Racjonalne wykorzystanie energii jest uwarunkowane zapewnieniem jej odbioru od dostawców, często bowiem potencjalne zasoby energetyczne nie znajdują odbiorców w tym samym czasie, gdy są dostępne lub nie tam, gdzie są potrzebne, dlatego konieczne jest akumulowanie energii w różnych jej postaciach.

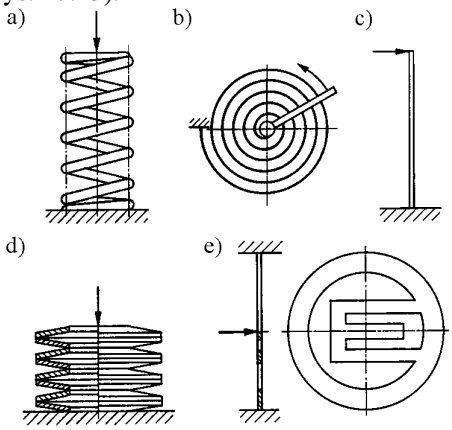
Okres, w którym akumulator pobiera energię z zewnątrz nazywa się ładowaniem, a gdy przekazuje ją na zewnątrz – rozładowaniem.

17.3.1. Akumulowanie energii mechanicznej

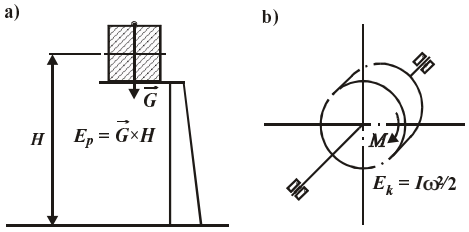
Od lat energia jest akumulowana w sprężynach lub innych elementach konstrukcyjnych poddanych odkształceniu sprężystemu (rys. 17.12). Są to jednak niewielkie ilości, zużywane przede wszystkim w napędach drobnych mechanizmów.

Magazynem energii potencjalnej jest też ciało o ciężarze G wzniesione nad poziom odniesienia na wysokość H. Energię kinetyczną ciała akumuluje natomiast

wirujący element w postaci walca lub tarczy, który magazynuje energię przez długi czas, gdy straty w łożyskach są nieznaczne (rys. 17.13).



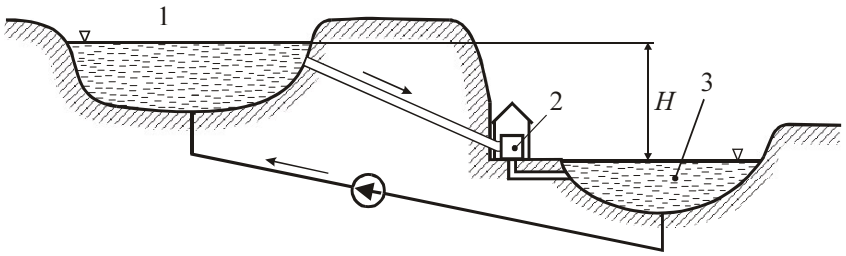
Rys. 17.12. Akumulacja energii w sprężynach [6]: a) sprężyna śrubowa, b) sprężyna spiralna, c) sprężyna płytkowa, d) sprężyna talerzowa, e) sprężyna membranowa



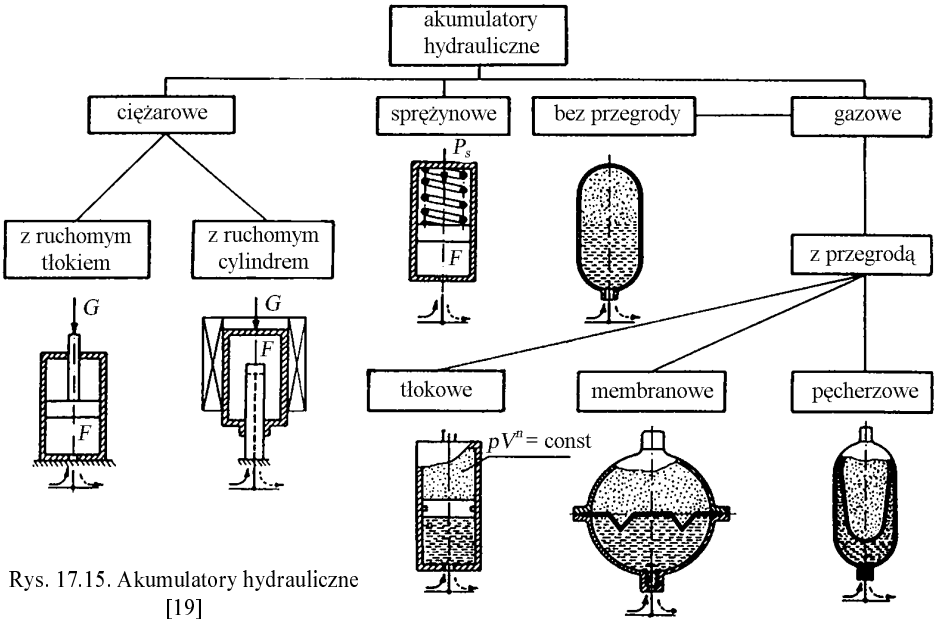
Rys. 17.13. Akumulatory energii potencjalnej i kinetycznej

Akumulatorem wykorzystującym grawitację jest też układ dwóch zbiorników cieczy (rys. 17.14). Właściwym magazynem energii potencjalnej jest zbiornik górny, z którego woda jest doprowadzana do turbiny wówczas, gdy istnieje zapotrzebowanie na energię zakumulowaną. Ponieważ w ciągu doby występują okresy zmniejszonego zapotrzebowania na energię elektryczną, możliwe jest więc pompowanie wody ze zbiornika dolnego do górnego. Taki układ nosi nazwę elektrowni szczytowo-pompowej.

W systemach hydraulicznych, zwłaszcza hydrauliki siłowej, stosowane są akumulatory hydrauliczne (rys. 17.15). Elementem naciskającym na ciecz i wywołującym
w niej ciśnienie może być sprężyna, gaz lub tłok obciążony odpowiednią siłą.



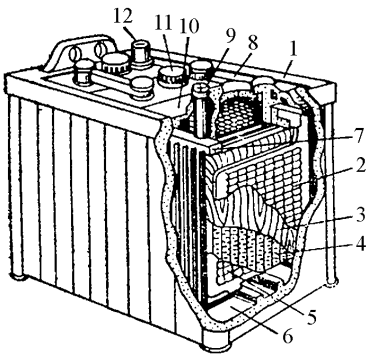
Rys. 17.14. Akumulator w postaci dwóch zbiorników: 1 – zbiornik górny, 2 – turbina, 3 – zbiornik dolny



Rys. 17.15. Akumulatory hydrauliczne [19]

17.3.2. Akumulatory elektryczne

Energię elektryczną magazynuje się w odwracalnych ogniwach galwanicznych. Doprowadzona z zewnątrz energia elektryczna wywołuje reakcję chemiczną, podczas której następuje konwersja energii elektrycznej w energię chemiczną. Energię tę można odzyskać podczas rozładowywania akumulatora w miejscu i czasie dogodnym dla użytkownika. Proces ładowania i rozładowania akumulatorów elektrycznych może zachodzić wielokrotnie. Najczęściej stosuje się akumulatory ołowiowe (kwasowe) i żelazoniklowe (zasadowe). Ponieważ napięcie znamionowe jednego ogniwa nie jest zbyt wysokie (1,2–2 V), łączy się je więc szeregowo w baterie, które dają wyższe napięcie niezbędne do napędu maszyn elektrycznych. Akumulatory są stosowane w

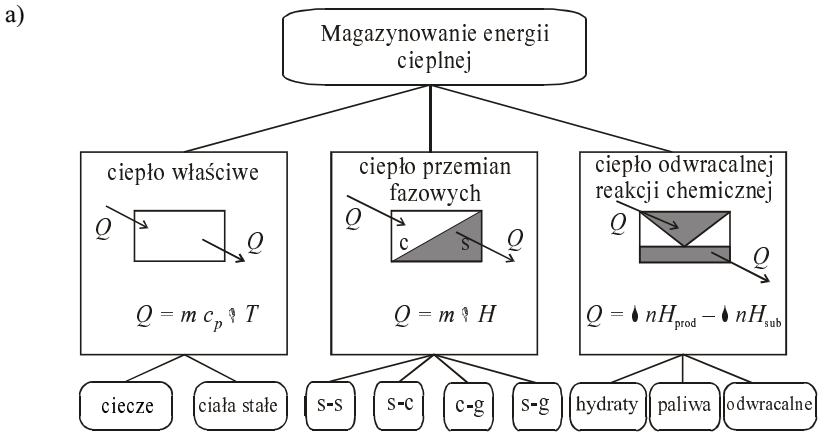


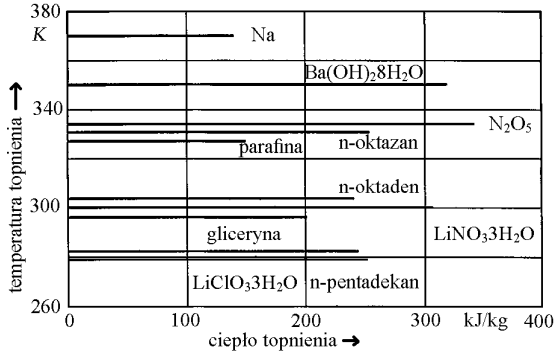
układach zapłonowych silników spalinowych, do napędu np. wózków akumulatorowych oraz do zasilania różnych przenośnych urządzeń elektrycznych (rys. 17.16).

Rys. 17.16. Akumulator elektryczny [15]: 1 – skrzynia, 2 – płyta ujemna, 3 – drewniana płyta izolacyjna, 4 – płyta izolacyjna z masy plastycznej, 5 – płyta dodatnia, 6 – zagłębienie na osady, 7 – mostek łączący jednakowe płyty, 8 – mostek zewnętrzny łączący poszczególne ogniwa, 9 – biegun dodatni, 10 – pokrywa ogniowa, 11 – korek wlewowy, 12 – biegun ujemny

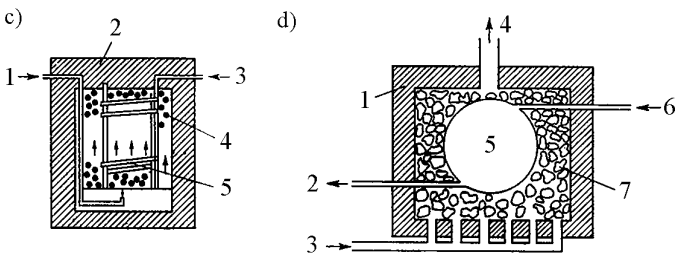
17.3.3. Akumulacja ciepła

Magazynowanie ciepła polega na podgrzaniu ciała, które pełni rolę akumulatora i zaizolowane cieplnie może zachować swój stan dość długo.





Rys. 17.17. Akumulowanie energii cieplnej [3, 10]: a) sposoby magazynowania energii cieplnej; b) ciepła topnienia związków niskotemperaturowych; c) schemat układu magazynującego ze sztucznym złożem z kulek korundowych i dwoma różnymi czynnikami pracującymi:



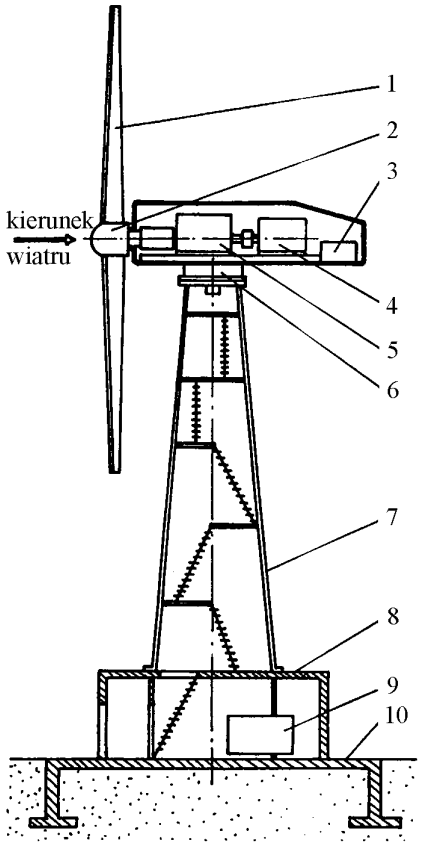
1 – powietrze, 2 – izolacja,
3 – woda, 4 – kulki korundowe, 5 – wymiennik ciepła; d) układ do magazynowania ciepła w złożu kamiennym
i zbiorniku wodnym:
1 – izolacja betonowa,
2 – wyjście do kolektora,
3 – zimne powietrze,
4 – gorące powietrze,
5 – woda, 6 – wyjście
z kolektora,
7 – złoże kamienne

Akumulacja odbywa się w tym przypadku przez podniesienie energii wewnętrznej ciał. Ciałami roboczymi są zarówno ciała stałe (kamienie, skały, żwir, mury budynków itp.), jak i ciecze (woda, wodne roztwory soli i inne). Akumulatory ciepła (rys. 17.17) mają dużą objętość, aby więc zmniejszyć ich rozmiary, poszukuje się ciał mających duże ciepło właściwe lub przechodzących w temperaturze zbliżonej do temperatury akumulacji przemianę fazową (np. topnienie ciała stałego). Dobre właściwości akumulacyjne mają woski, które są przechłodzonymi cieczami.

17.4. Odnawialne źródła energii

17.4.1. Urządzenia energetyki wiatrowej

Energia wiatru do napędu maszyn roboczych jest stosowana w Europie już od blisko tysiąca lat. W XVII wieku w Polsce było około 20 000 wiatraków. Rozwój elektroenergetyki i silników spalinowych przyhamował nieco rozwój silników wiatrowych, pod koniec jednak lat pięćdziesiątych XX wieku w Danii opracowano nowoczesną konstrukcję wiatraka, która – wciąż udoskonalana – uznawana jest dziś za rozwiązanie zbliżone do doskonałego.



Rys. 17.18. Przekrój elektrowni wiatrowej:
1 – łopaty wirnika, 2 – piasta, 3 – zespół urządzeń pomocniczych, 4 – prądnica, 5 – przekładnia mechaniczna, 6 – mechanizm ustawiania turbiny pod wiatr, 7 – wieża, 8 – konstrukcja mocująca wieżę, 9 – urządzenia regulacyjne, 10 – fundament

Wiatraki to silniki przepływowe, przetwarzające energię kinetyczną poruszających się mas powietrza w pracę mechaniczną. Silnik taki może być stosowany bezpośrednio do napędu maszyn roboczych (pompy, młyny, tartaki, maszyny robocze itp.) lub służyć do napędu generatora prądu elektrycznego.

Nowoczesny, szybkobieżny wiatrak napędzający prądnicę przedstawiono na rysunku 17.18.

Do podstawowych elementów wiatraka zalicza się:

- wirnik złożony z łopat, osadzonych promieniowo w piaście, umocowany na poziomym wale,
- zespół wałów połączonych przekładniami służących do przenoszenia mocy do prądnicy,
- prądnicę z hamulcem mechanicznym,
- mechanizm obrotu turbiny wiatrowej w kierunku wiatru,
- urządzenie do regulacji i sterowania,
- wieżę stalową umocowaną na żelbetowym fundamencie.

Współcześnie budowane wiatraki mają moc 5÷2000 kW, projektowane są natomiast siłownie o mocy kilkunastu megawatów [21]. Ich podział wiąże się z tzw. współczynnikiem szybkobieżności Z, określonym wzorem

$$Z = \frac{u_z}{v}, \tag{17.1}$$

w którym:
u_z – prędkość obwodowa końca łopat,
v – prędkość wiatru.

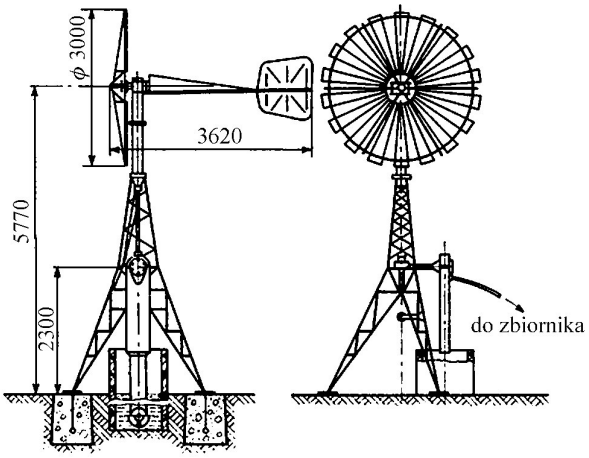
Silniki wiatrowe wolnobieżne mają $Z < 1{,}5$ i charakteryzuje je duży moment obrotowy podczas rozruchu, liczba łopat wynosi 12÷40.

W przypadku, gdy $1{,}5 < Z < 3{,}5$, wiatrak jest średniobieżny i ma zazwyczaj 4÷7 łopat.

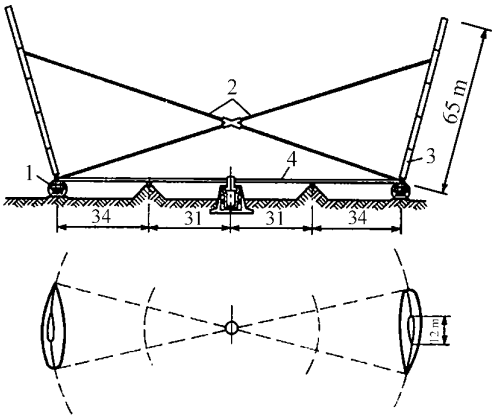
Silniki szybkobieżne charakteryzuje znaczna wartość współczynnika szybkobieżności Z (dochodząca dla wirnika śmigłowego do 12). Mają one też najlepszą sprawność, choć ich moment obrotowy podczas rozruchu jest niewielki.

Przykłady konstrukcji silników wiatrowych przedstawiono na rysunku 17.19:
a) wolnoobrotowej turbiny wiatrowej służącej do pompowania wody,
b) projekt dużej instalacji wiatrowej o osi pionowej,
c) typy turbiny Darrieusa,
d) turbiny o osi pionowej i przestawialnych skrzydłach,
e) turbiny z osią poziomą i osią pionową.

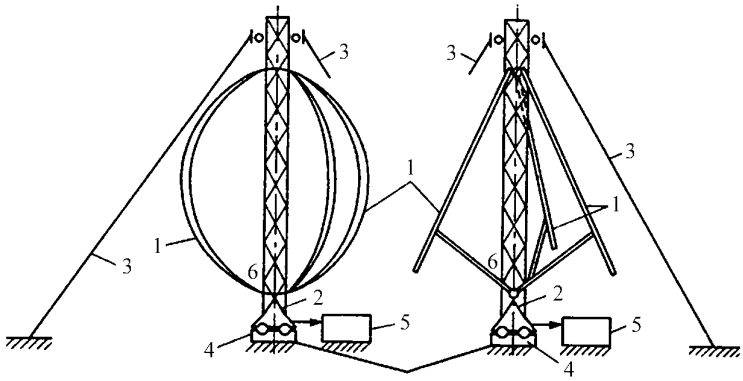
a)



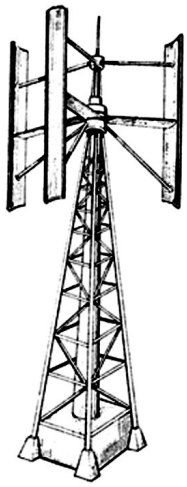
b)

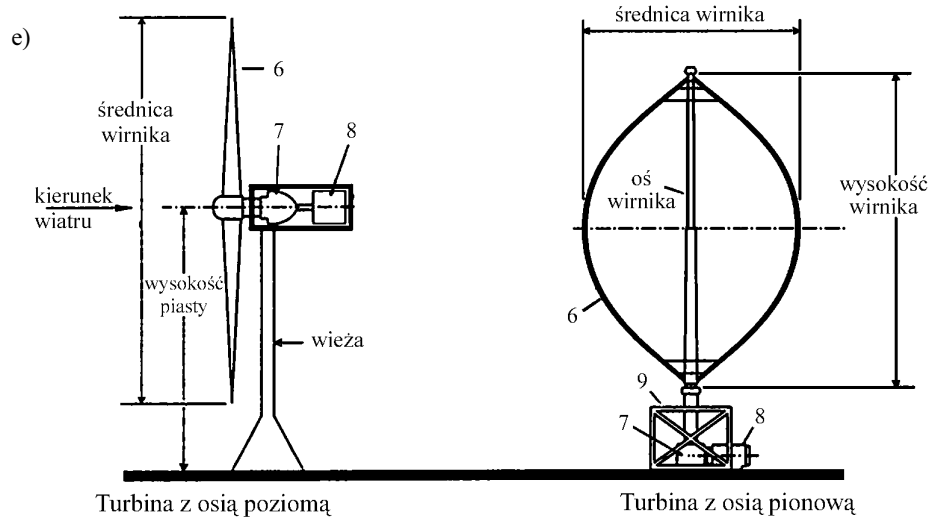


c)



d)





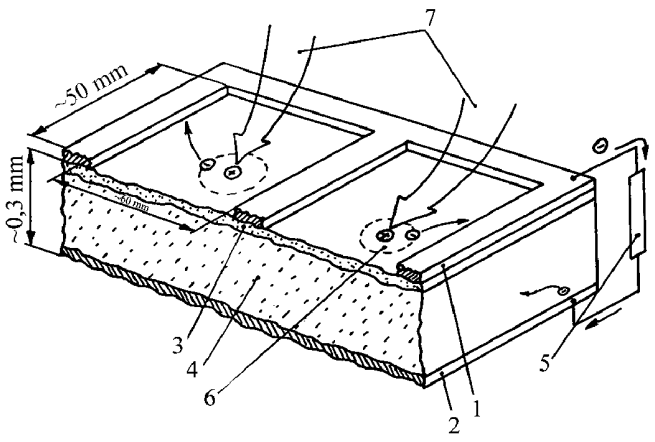
Rys. 17.19. Przykłady konstrukcji wiatraków [1, 18]:
a) wolnoobrotowa turbina wiatrowa do pompowania wody; b) projekt dużej instalacji wiatrowej o osi pionowej: 1 – wózki, 3 – pochylone łopaty, 2, 4 – elementy łączące; c) typy turbiny Darrieusa: 1 – łopaty, 2 – wał, 3 – odciągi, 4 – podstawa, 5 – generator; d) turbina o osi pionowej i przestawialnych skrzydłach; e) wielkości opisujące turbinę z osią poziomą i osią pionową: 6 – łopatka wirnika, 7 – przekładnia, 8 – generator, 9 – podstawa wirnika

17.4.2. Urządzenia helioenergetyczne

Wykorzystanie promieniowania słonecznego na potrzeby energetyczne może mieć kilka aspektów, można bowiem:

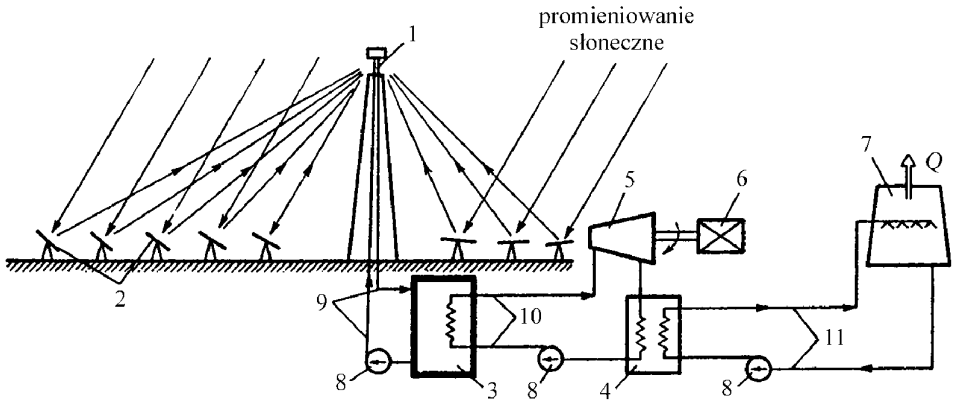
- przekształcać je bezpośrednio w energię elektryczną w fotoogniwach,
- ogrzać dowolne ciało (nawet do bardzo wysokiej temperatury) i wykorzystywać je na wiele możliwych sposobów (w tym również do produkcji energii elektrycznej),
- wykorzystać promieniowanie w procesie fotosyntezy do produkcji biomasy, z przeznaczeniem jej do spalania lub do produkcji paliw.

Fotoogniwo ma kształt prostokątny, o optymalnych wymiarach kilka na kilka centymetrów i grubości około 0,3 mm (rys. 17.20). Fotoogniwa nie mogą mieć większych rozmiarów, gdyż krzem lub inny materiał, z którego są one zbudowane, jest kruchy. Do uzyskania prądu o odpowiednim napięciu i natężeniu tworzy się baterie fotoogniw łączonych równolegle i szeregowo. Działająca elektrownia tego typu (w USA) osiąga moc 6,5 MW [21]. Cechą ujemną omawianych elektrowni jest duża powierzchnia zajmowana przez fotoogniwa oraz mała sprawność (10÷23%). Ten rodzaj konwersji jest chętnie stosowany w przestrzeni kosmicznej.



Rys. 17.20. Budowa fotoogniwa [21]: 1 – elektroda ujemna, 2 – elektroda dodatnia, 3 – krzem typu n, 4 – krzem typu p, 5 – obciążenie zewnętrzne, 6 – atom krzemu, 7 – kwant promieniowania świetlnego

Energetyka heliotermiczna jest między innymi stosowana w dwóch dalej omówionych grupach urządzeń. Na rysunku 17.21 przedstawiono schemat elektrowni słonecznej z centralnym odbiorem ciepła. Promieniowanie słoneczne odbija się od dużej liczby heliostatów (zwierciadeł) i jest kierowane w jeden centralny – na odpowiednio umieszczonej wieży – punkt, w którym znajduje się tzw. absorber. Skoncentrowane na absorberze promieniowanie ogrzewa go, a tym samym ogrzewa przepływającą przezeń ciecz (np. ciekły sód lub lit), która krąży w obiegu zamkniętym, oddając ciepło w tzw. magazynie ciepła. Przez magazyn ten przepływa również woda lub inny czynnik zamieniany na parę. Para jest kierowana do turbiny, a po wykonaniu w niej pracy ulega skropleniu. Pompa tłoczy kondensat ponownie do obiegu. Pracująca na tej zasadzie działania elektrownia (Kalifornia) ma moc 10 MW [9]. Istnieją projekty elektrowni słonecznych o mocy 250 MW. Ich wadą, podobnie jak w fotoogniwach, jest duży obszar zajmowany przez heliostaty.

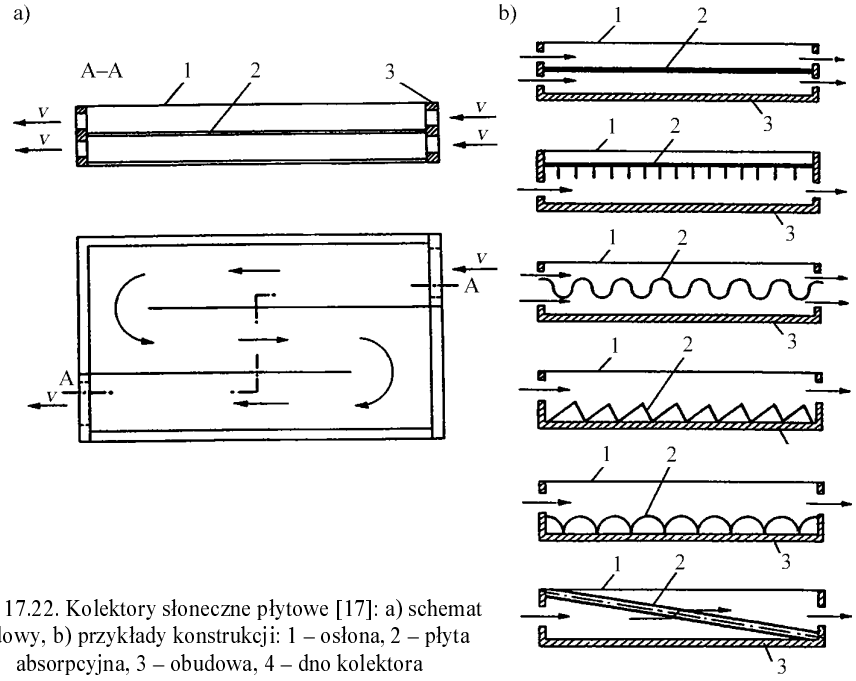


Rys. 17.21. Układ elektrowni słonecznej z centralnym odbiorem ciepła [3]:
1 – odbiornik na wieży, 2 – heliostaty, 3 – magazyn energii cieplnej, 4 – skraplacz, 5 – turbina, 6 – generator, 7 – chłodnia kominowa, 8 – pompy, 9 – rurociąg z czynnikiem roboczym, 10 – rurociąg pary wodnej, 11 – rurociąg wody chłodzącej

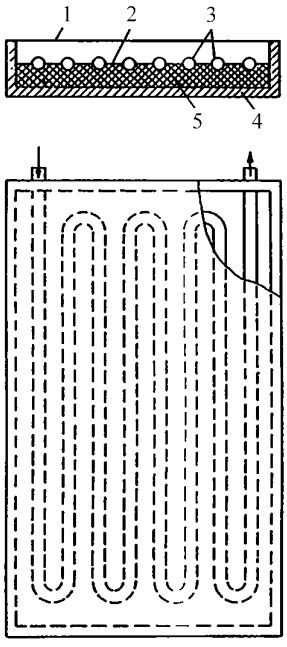
Dużym zainteresowaniem cieszy się ostatnio proces wykorzystania promieniowania słonecznego do ogrzewania wody lub powietrza na cele grzewcze, socjalno-byto- we, do suszenia i innych celów. Do konwersji energii promieniowania w ciepło służą kolektory słoneczne. Najpopularniejsze z nich to kolektory płaskie. Na rysunku 17.22a [17] przedstawiono budowę takiego kolektora i sposób przepływu przezeń czynnika ogrzewanego. Najważniejszym jego elementem jest płyta absorpcyjna, która może być uformowana na kilka sposobów (rys. 17.22b). Pochłania ona promieniowanie, w wyniku czego podgrzewa się do temperatury 60–150 °C. Czynnik obiegowy (woda, powietrze) odbiera od niej ciepło i jest kierowany do odbiorników.

Na rysunku 17.23 przedstawiono płaski kolektor rurkowy, a na rysunku 17.24 – sposoby wykorzystania podgrzanej wody i powietrza.

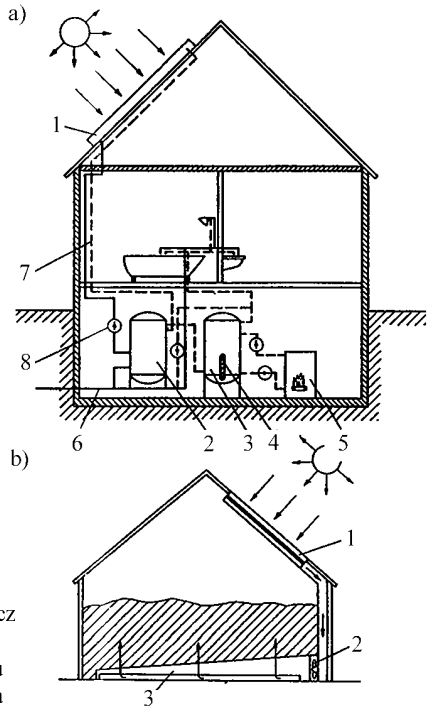
Helioenergetyka ciągle jest rozwijana, można się więc spodziewać, że w przyszłości uda się usunąć wady tego sposobu konwersji (okresowość, wrażliwość na zachmurzenie i zanieczyszczenie środowiska, mała efektywność) i będzie to ważny składnik wielu systemów energetycznych.



Rys. 17.22. Kolektory słoneczne płytowe [17]: a) schemat budowy, b) przykłady konstrukcji: 1 – osłona, 2 – płyta absorpcyjna, 3 – obudowa, 4 – dno kolektora



Rys. 17.23. Kolektor rurowy [17]: 1 – osłona, 2 – płyta absorbera, 3 – rurki, 4 – obudowa, 5 – izolacja



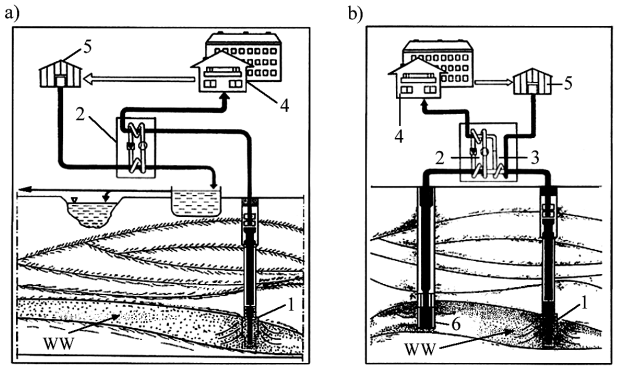
Rys. 17.24. Zastosowanie kolektorów [17]:
a) do podgrzewania wody w budynku mieszkalnym:
1 – kolektor, 2, 3 – zbiorniki, 4 – grzałka, 5 – podgrzewacz wody, 6 – obieg wody zimnej, 7 – obieg wody ciepłej, 8 – pompa; b) do podgrzewania powietrza w urządzeniu suszarniczym: 1 – kolektor, 2 – wentylator, 3 – suszarka

17.4.3. Urządzenia i systemy energetyki geotermalnej i maretermalnej [16]

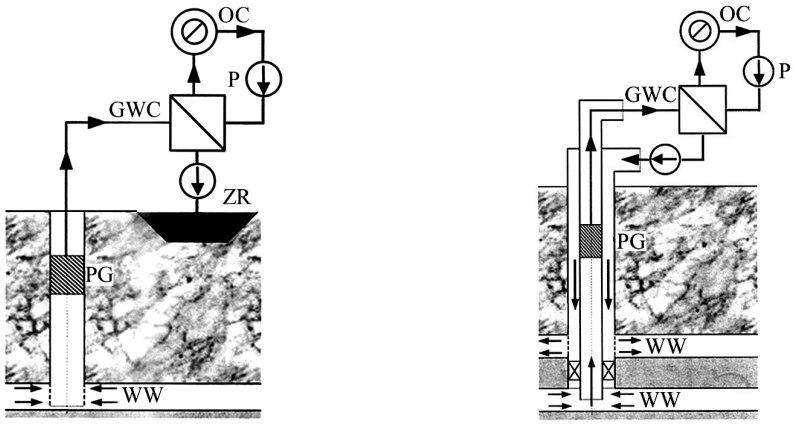
We wnętrzu Ziemi temperatura osiąga około 6000 °C. Na długości promienia kuli ziemskiej temperatura ta spada, by na jej powierzchni wahać się w rytm pór roku i dnia (a także miejsca położenia) w przedziale od –50 °C do około +50 °C. Badania geologiczne górnych warstw skorupy ziemskiej (do głębokości kilku kilometrów), a także doświadczenia górników i obserwacja gorących źródeł (np. na Islandii) dają jednak podstawy do przypuszczeń, że istnieją zasoby energii geotermalnej, których wykorzystanie może poprawić bilans energetyczny wielu regionów.

Energetyka wykorzystująca ciepło wnętrza Ziemi rozwija się ostatnio bardzo intensywnie. W wielu państwach, w tym również i w Polsce powstały obiekty takiej energetyki. Na rysunku 17.25 przedstawiono ideę korzystania z ciepłych wód głębinowych do celów grzewczych. Z warstwy wodonośnej (WW) ciepła woda wydostaje się przez otwór wydobywczy na zewnątrz i po oddaniu ciepła do ogrzewania budynku lub w pompie ciepła zostaje skierowana do powierzchniowych zbiorników wodnych (technika jednootworowa) lub do otworu zatłaczającego (technika dwuotworowa).

Systemy jednootworowe, w których woda gorąca wypływa ze złoża samoczynnie albo na skutek pracy pomp głębinowych, cechują się tym, że medium to, po oddaniu ciepła, pozostaje na powierzchni ziemi. Przy dwuotworowym systemie natomiast woda, po wykorzystaniu jej energii, jest wtłaczana z powrotem do złoża. Dzieje się tak wówczas, gdy woda jest mocno zmineralizowana i pozostawienie jej na powierzchni byłoby szkodliwe dla otoczenia (rys. 17.26 i 17.27).



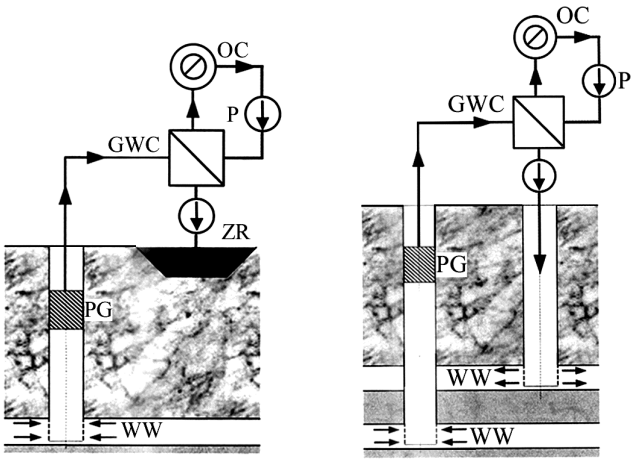
Rys. 17.25. Idea wykorzystania ciepłych wód głębinowych do celów grzewczych [16]: a) jednootworowa, b) dwuotworowa 1 – otwór wydobywczy, 2 – pompa ciepła, 3 – wymiennik ciepła, 4 – domy mieszkalne, 5 – szklarnia, 6 – otwór zatłaczający, WW – warstwa wodonośna



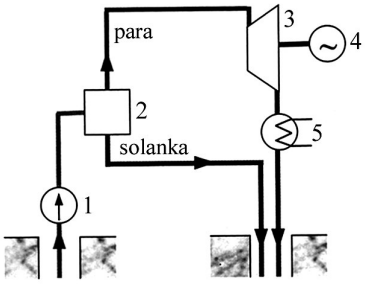
Rys. 17.26. Jednootworowe systemy eksploatacji złóż ciepłych wód do celów grzewczych [16]: GWC – geotermalny wymiennik ciepła, OC – odbiornik ciepła, P – pompa, PG – pompa głębinowa, WW – warstwa wodonośna, ZR – zbiornik retencyjny

Na rysunku 17.28 przedstawiono przykład elektrowni geotermalnej, a na rysunku 17.29 – schemat ideowy ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach, która ma dostarczyć odbiorcom około 63 000 GJ ciepła, z czego około 35% pochodzi ze źródeł geotermalnych.

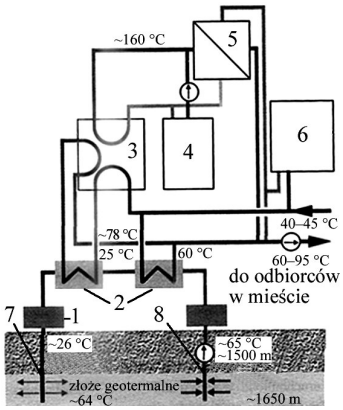
Ciepłownia ta (rys. 17.29) wykorzystuje ciepłą wodę, o temperaturze ≈64 °C, pobieraną przez otwór wydobywczy (eksploatacyjny) z głębokości ≈1650 m. Ciepła woda w pierwszej kolejności trafia do wymiennika 2, w którym woda obiegowa jest podgrzewana do ≈60 °C. Do wyższej temperatury (np. 95 °C) wodę podgrzewa się w pomocniczym wymienniku 5, zasilanym przez gazowy kocioł szczytowy 6. Niewykorzystane ciepło wody ze złoża geotermalnego (woda po opuszczeniu wymiennika 2 ma temperaturę ≈45°C) przekazywane jest absorpcyjnej pompie ciepła 3 (grzejnej) w wymienniku 2′. Po wyjściu z niego woda trafia do otworu zatłaczającego. Pompa jest napędzana ciepłem uzyskanym w kotle gazowym 4.



Rys. 17.27. Dwuotworowe systemy eksploatacji złóż ciepłych wód do celów grzewczych [16]: GWC – geotermalny wymiennik ciepła, OC – odbiornik ciepła, P – pompa, PG – pompa głębinowa, WW – warstwa wodonośna



Rys. 17.28. Elektrownia geotermalna [16]: 1 – pompa, 2 – separator, 3 – turbina, 4 – generator, 5 – skraplacz



Rys. 17.29. Ciepłownia geotermalna w Pyrzycach [16]:
1 – filtr, 2 – wymienniki ciepła, 3 – absorpcyjna pompa grzejna, 4 – kocioł gazowy, 5 – pomocniczy wymiennik ciepła, 6 – kocioł szczytowy gazowy, 7 – otwór zatłaczający, 8 – otwór eksploatacyjny