

SŁOŃCE PRACUJE

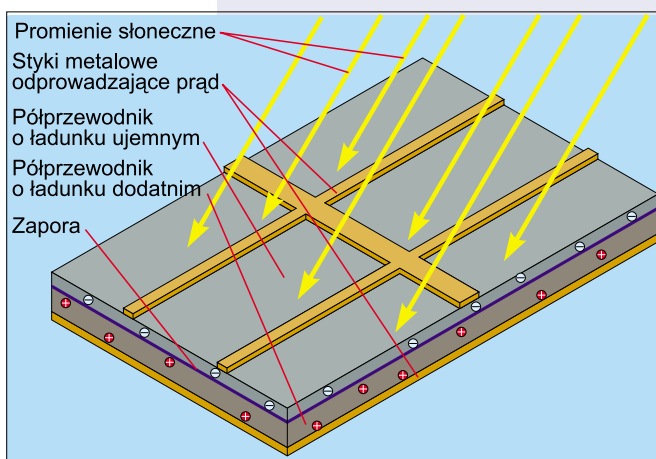
Energia słoneczna stanowi podstawę wszystkich powszechnie używanych źródeł ciepła. Przeważnie trafia do nas pośrednio, przetworzona w tkance roślinnej w wyniku fotosyntezy. Taką zawierają paliwa: drewno, słoma, ale także węgiel, ropa, gaz. Napędza masy powietrza (energetyka wiatrowa). Powoduje powstanie i przemieszczanie się pary, która po skropleniu zasila rzeki (elektrownie wodne). Urządzeniami, w których tę energię wykorzystuje się bezpośrednio i natychmiast, są kolektory słoneczne (inaczej: solarne). Może się to odbywać na dwa sposoby.

Opracowanie: Alina Kwapisz i Stanisław Stupkiewicz

Urządzenia fotowoltaiczne

Kolektory fotowoltaiczne 1 działają na zasadzie tzw. efektu fotoelektrycznego, zachodzącego na granicy dwóch różnych półprzewodników. Wykonane z nich fotoelementy po oświetleniu wytwarzają energię elektryczną. Można ją wykorzystać do różnych celów, np. oświetlenia czy uruchomienia grzejnika elektrycznego. Ładunek elektryczny można też zmagazyno-

1 Zasada działania kolektora fotowoltaicznego



wać w akumulatorze i wykorzystać, kiedy natężenie światła słonecznego jest mniejsze lub zanika całkiem; w dni pochmurne lub nocą.

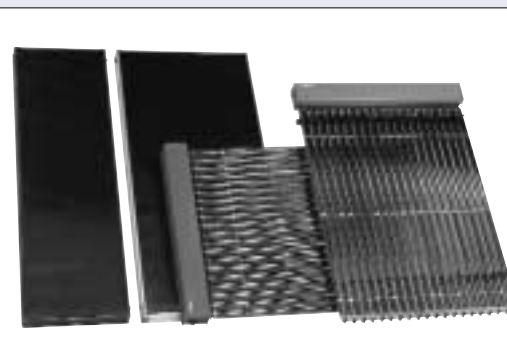
Ponieważ część urządzeń wymaga zasilania prądem zmiennym, oprócz akumulatora potrzebna jest także przetwornica (zamiana prądu stałego na zmienny).

Kolektor fotowoltaiczny ma mnóstwo zalet i jedną poważną wadę: jest bardzo drogi. Przy obecnych relacjach cenowych i w naszych warunkach klimatycznych (na 8760 godzin roku wystarczające nasłonecznienie występuje przez 1390 do 1900 godzin, czyli 16-22% czasu), jego koszt, jak się szacuje, zwróci się w niektórych przypadkach dopiero po bez mała stu latach. To zresztą czysta teoria. Nie mamy przecież żadnej pewności, że urządzenie tyle czasu przetrwa. Toteż kolektory takie rzadko wykorzystuje się jako źródło energii.

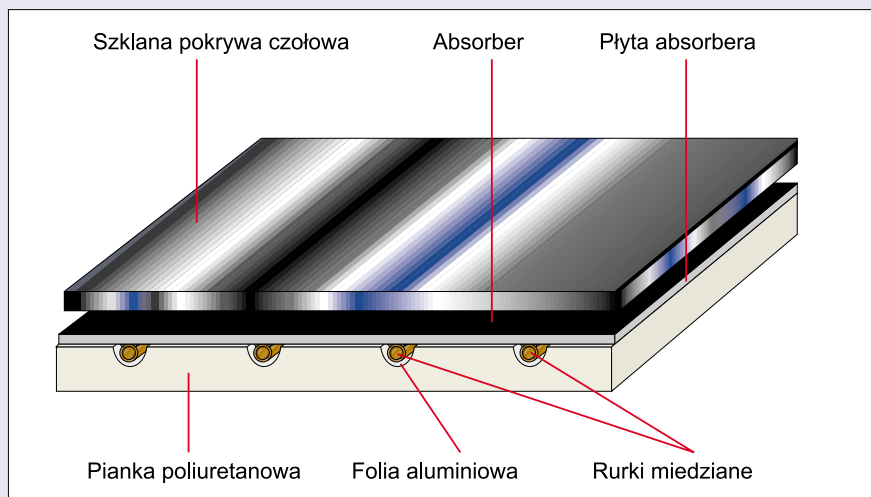
Układy cieczowe

Kolektory cieczowe energię promieniowania słonecznego przetwarzają w ciepłą w elementach zwanych absorberami, a do instalacji grzewczej przekazują ją za pośrednictwem odpowiedniego płynu (medium roboczego). Zasada działania absorbera jest bardzo prosta i dobrze nam znana z codziennej obserwacji. Tak samo w nasłonecznionym miejscu parzą asfalt czy kierownica samochodu; szary beton zaś, czy jasna tapicerka auta nagrzewają się znacznie mniej. W kolektorze tę własność czarnej powierzchni trzeba wykorzystać tak, aby ciepło możliwie w pełni przekazać do instalacji. Opracowano w tym celu dwa rodzaje konstrukcji.

Jeden to **kolektor płaski**, najczęściej używany do podgrzewania wody użytkowej 2.

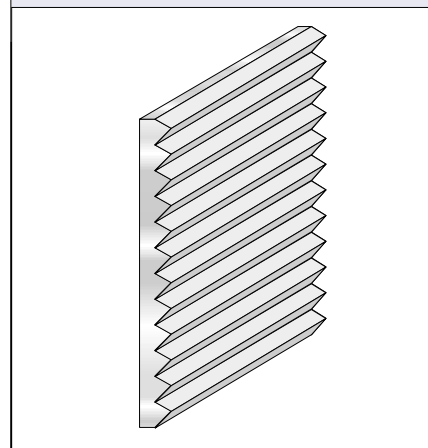


2 Płaskie i rurowe kolektory słoneczne (fot. Viessmann)

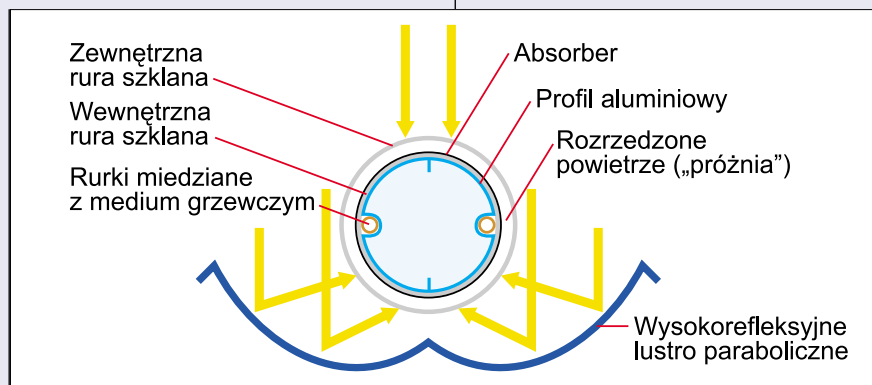


3 Budowa płaskiego kolektora cieczowego

Do przekazywania ciepła z kolektora do instalacji grzewczej stosuje się odpowiednio dobraną ciecz (medium grzewcze). Najczęściej stosuje się medium krążące w obiegu zamkniętym. Musi ono być odporne zarówno na temperatury wysokie (nie może się zagotować) jak i najniższe (nie powinno zamarzać). Dla sprawności i trwałości instalacji ważne jest też, by nie miało działania korozyjnego, oraz by nie wydzielaly się z niego żadne osady. Wymagania te spełniają płyny podobne do używanych w chłodnicach samochodowych. Mogą to być wodne roztwory glikolu.



4 Szkło pryzmatyczne



5 Budowa pojedynczego elementu kolektora rurowo-próżniowego i sposób ogniskowania promieni słonecznych (rys. Paradigma)

Kolektor płaski

Z wierzchu osłania go przezroczysta pokrywa, zwana czołową [3]. Jej jakość ma istotne znaczenie dla sprawności i żywotności urządzenia. Musi być odporna na uszkodzenia mechaniczne, bowiem zagrażają jej: grad, śnieg, wichury i unoszone nimi przedmioty. Pokrywę zazwyczaj wykonuje się ze szkła hartowanego z obniżoną zawartością tlenków żelaza. Lepsze wykorzystanie promieniowania można uzyskać przez użycie szyb pryzmatycznych, czyli z jedną powierzchnią uformowaną w wypustki o przekroju trójkątnym [4]. Pokryw nie wykonuje się z tworzyw sztucznych, bowiem względnie szybko niszczą pod wpływem silnego nagrzewania i promieniowania UV, a ponadto są podatne na zarysowania.

Strat promieniowania można uniknąć całkiem – a więc uzyskać większą wydajność cieplną – rezygnując z pokrywy czołowej. Jest to jednak możliwe tylko w instalacji niskotemperaturowej, gdy wokół nie jest zbyt zimno, a wymagana temperatura podgrzewania nie przekracza 30° C. Za przykład może posłużyć podgrzewanie wody w basenie w ciepłej porze roku.

Pod pokrywą (lub na wierzchu, jeśli jej nie ma) znajduje się absorber – zasadniczy element kolektora. Jest to arkusz metalu dobrze przewodzącego ciepło: miedzi lub tańszego aluminium. Górna jego powierzchnia jest pokryta powłoką silnie pochłaniającą promieniowanie słoneczne, czyli właściwą warstwą absorbującą, zwaną czarną. Rzeczywiście czarna, w rozumieniu potocznym, jest ona w przypadku powłok nieselektywnych, wykonanych przez naniesienie czarnego lakieru. Nie tylko dobrze pochłaniają ciepło, ale także sporo wydzielają go z powrotem. Powłoki selektywne, uzyskiwane przez galwaniczne nałożenie czarnego chromu, oddają znacznie mniej ciepła, są więc wydajniejsze.

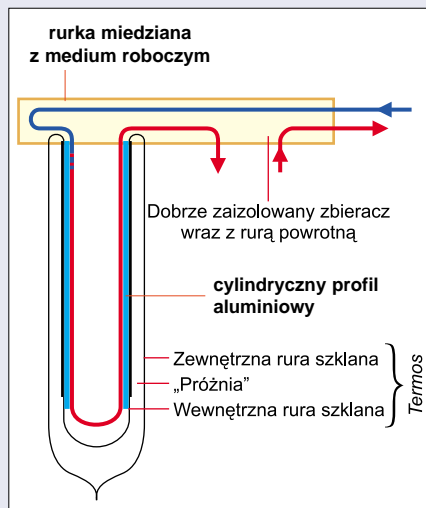
Do płyty absorbera od spodu przymocowane są przewody, w których znajduje się medium grzewcze. Ważny jest sposób mocowania rurek, by na ich styku z absorberem nie było strat ciepła. Dobry kontakt uzyskuje się przez lutowanie lub zgrzewanie tych elementów.

Znacznie prostszym i tańszym rozwiązaniem jest zastosowanie jako medium grzewczego, zwykłej wody. To jednak ogranicza stosowanie kolektora do pór roku, w których temperatura nie spada poniżej zera. Ponadto kontakt z wodą studzienną lub z sieci zewnętrznej może przyspieszać zużycie płyty absorbera.

Dla porządku należałoby tu jeszcze wspomnieć o kolektorach, w których jako medium robocze wykorzystuje się powietrze, a więc niecieczowych. Mają one zastosowanie głównie w suszarniach roślin, w tym – zbóż.

Przepływ medium roboczego może się odbywać samoczynnie, na zasadzie konwekcji. Takie instalacje, nazywane grawitacyjnymi, są proste w budowie, ale nakładają liczne ograniczenia. W zasadzie mogą tak działać tylko kolektory z układem otwartym, z wodą jako medium grzewczym.

W powszechnym użyciu są instalacje z mieszanym lub całkowicie wymuszonym obiegiem medium grzewczego. W tych pierwszych, jeśli warunki są sprzyjające, obieg medium grzewczego



6 Schemat działania kolektora rurowo-próżniowego (rys. Paradigma)

odbywa się częściowo samoczynnie. Kiedy różnica temperatur przy wylocie z kolektora i dolnej części wymiennika ciepła staje się zbyt mała, by spowodować konwekcyjne przemieszczanie się medium (zwykle 5-10° C), włącza się pompa obiegowa, wymuszająca jego przepływ. W drugim typie instalacji przepływ medium zawsze następuje wskutek działania pompy. W obu przypadkach włącza ją i wyłącza odpowiedni układ sterujący.

Od wierzchu kolektora pewne straty ciepła są nieuniknione. Ucieczkę ciepła przez dół kolektora przeciwdziała się stosując odpowiednią izolację cieplną, naj-

częściej wełnę mineralną lub piankę poliuretanową. Całość urządzenia zamyka się w obudowie. Musi być szczelna – m.in. po to, by nie dochodziło do zawilgocenia izolatora, gdyż zmniejsza to jego skuteczność.

Bardziej nowoczesny, ale też sporo droższy jest kolektor próżniowy rurowy. Cechuje go wyższa od kolektora płaskiego sprawność, ale też i wyższa cena.

Wielkość, układ

Kolektory cieczowe mają zwykle postać paneli o powierzchni 1,5-2 m². Łączy się je w baterie, wielkości odpowiedniej do

zapotrzebowania na ciepło. Przyjmuje się, że w okresie letnim system solarny ma całkowicie zaspokoić zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową o temperaturze 45° C. W polskich warunkach klimatycznych dla czteroosobowej rodziny wystarczy 3-5 m² powierzchni kolektora płaskiego.

Nieco inaczej rzecz się przedstawia, kiedy instalacja solarna ma być wykorzystana do ogrzewania budynku. Tu wiele zależy od jego zaizolowania. W naszych warunkach z 1 m² powierzchni kolektora można średnio w ciągu roku uzyskać od 450 do 600 kWh, co teoretycznie wystarczy na ogrzanie 1,5 m² nieocieplonego do



7 Kolektory umieszczone w połaci dachowej (fot. WATT)

Rurowy kolektor próżniowy

Składa się z kilku do kilkunastu zespołów rurowych, umieszczonych jeden obok drugiego. Nadaje to urządzeniu charakterystyczny wygląd, wyraźnie różniący go od tradycyjnych, mających – jak napisaliśmy – postać płaskiej tafli szklanej. Każdy zespół składa się z dwóch współśrodkowych rur szklanych (rura w rurze), zgrzanych na końcach 5. Przestrzeń między nimi wypełnia silnie rozrzedzone powietrze. Ta „próżnia” to najdoskonalsza z izolacji stosowanych w praktyce. Chroni przed stratami energii powodowanymi przez konwekcję (unoszenie z krążącym powietrzem lub płynem) i przewodzenie (przez ciało stałe). Od łacińskiego słowa vacuum, oznaczającego próżnię, kolektory te w publikacjach firmowych bywają nazywane „wakum-rurowymi”.

Zewnętrzna powierzchnia rury wewnętrznej jest pokryta wysokoselektywną warstwą absorbującą, zwykle aluminiowo-azotynową. Rura zewnętrzna pełni taką samą funkcję, jak pokrywa w kolektorze płaskim. Ciepło z absorbera odbiera cylindryczny profil aluminiowy, przylegający do wewnętrznej powierzchni rury wewnętrznej. W nim zaś są osadzone miedziane rurki z medium roboczym.

Wprost do słońca zwrócona jest tylko jedna strona absorbera. Aby wykorzystać cały jego obwód, element jest umieszczony w polu działania zwierciadła parabolicznego o wysokiej zdolności odbijania światła (czyli wysokorefleksyjnego).

Zespół rurowy nie potrzebuje izolacji. Wystarczy wysoka „próżnia” w nim wytworzona. Trzeba natomiast uchronić przed stratami ciepła zbieracz medium grzejącego. Jego komora mieści dwie rury zbiorcze, zasilającą i powrotną 6.

mu jednorodzinne, lub 4-6 m² domu ocieplonego bardzo dobrze. W praktyce jednak trudno zmagazynować słoneczną energię cieplną na czas wystarczająco długi. Potrzebne byłyby do tego np. ogromne zbiorniki z wodą. W niektórych krajach wykorzystuje się wypełnione nią groty skalne. Wodą, ogrzaną latem, ogrzewa się dom zimą. Alternatywą jest zastosowanie kolektorów wysokosprawnych (rurowych), przetwarzających energię słoneczną w ciepło także w chłodnych porach roku, kiedy zapotrzebowanie na nią jest największe. Jednak nawet wtedy, kiedy na każde 2 m² przeznaczony jest 1 m² powierzchni kolektora (to bardzo dużo), w grudniu i w styczniu energii będzie za mało. Jej niedobór dla domu średnio ocieplonego wynosi około 75 kWh/m², a dla domu bardzo dobrze zaizolowanego –



8 Kolektory przed budynkiem (fot. Aparel)

około 25 kWh/m². Trzeba to uzupełnić przy użyciu np. kotła gazowego, pompy ciepłej lub grzejników elektrycznych. Z kolei w miesiącach wiosenno-letnich energii będzie za dużo. Nadmiar ten można wykorzystywać np. do podgrzewania wody w basenie.

tor bardziej poziomo. Z kolei tam, gdzie chodzi o możliwie pełne wykorzystanie energii słonecznej w zimie, kiedy słońce świeci głównie nisko (ogrzewanie budynku), można kąt zwiększyć do 60°, czyli ustawić kolektor bardziej pionowo. Spotyka się instalacje, w których kąt nachylenia można regulować w pewnych grani-

Od maja do października 3-5 m² kolektora płaskiego zapewni czteroosobowej rodzinie c.w.u. o temperaturze 45°C.

Kolektory – czy ich baterie – można instalować na dachu **7**, przy ścianie, na ziemi **8**. W drugim i trzecim przypadku konieczne są odpowiednie wsporniki lub stojaki. W pierwszym można z nich zrezygnować i kolektor ułożyć na połąci dachowej lub wręcz może on stanowić jej część. To rozwiązanie jest najkorzystniejsze ze względów estetycznych, wymaga jednak odpowiedniego zorientowania i nachylenia dachu. Chodzi o to, by jak najlepiej wykorzystać promieniowanie słoneczne. Wyróżnia się w nim trzy składniki: promieniowanie bezpośrednie, rozproszone i odbite **9**.

Pierwsze, podstawowe, pochodzi od widocznej tarczy słonecznej. Oczywiście, że najwięcej energii z tego źródła odbiera kolektor zwrócony absorberem na południe.

Pod uwagę trzeba też wziąć nachylenie płaszczyzny kolektora. Przy maksymalnym uniesieniu tarczy słonecznej nad horyzont charakterystycznym dla naszej szerokości geograficznej, najkorzystniejszy jest kąt 30-45° do poziomu. Dla instalacji działających głównie w lecie, kiedy słońce więcej świeci z wysoka (np. ogrzewanie wody w basenie), można ten kąt zmniejszyć do 25°, czyli umieścić kolek-

tor bardziej poziomo. Dotyczy to głównie paneli mocowanych w stojakach lub na stelażach ściennych.

Promieniowanie rozproszone powstaje w wyniku wielokrotnego załamania na składnikach atmosfery. Dociera więc praktycznie zewsząd, oczywiście tylko za dnia. Z punktu widzenia wydajności kolektorów ma ono znaczenie drugorzędne. Wzrasta w chłodnej porze roku (od listo-

9 Przemiana energii w kolektorze (rys. Braas)



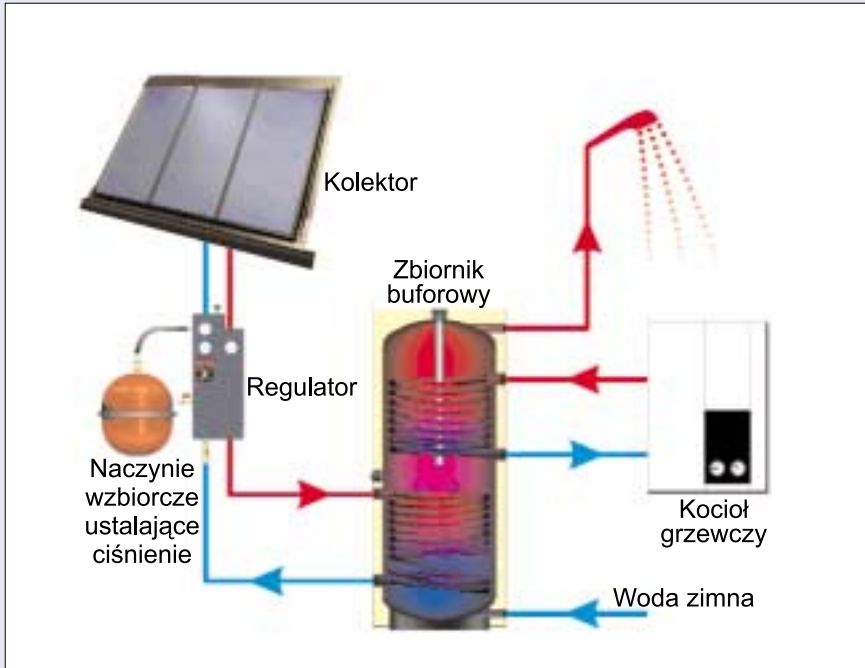
pada do marca), kiedy jego udział w promieniowaniu całkowitym wzrasta, także – ale nie tylko – wskutek zmniejszenia natężenia promieniowania bezpośredniego.

Promieniowanie odbite ma charakter przypadkowy. Zależy od najbliższego otoczenia oraz od tego, jakie występują w nim elementy krajobrazu i architektury. Niemniej, jeśli np. w pobliżu stoi budynek o dużej jasnej ścianie, jego wpływ na wydajność kolektora może być widoczny.

Instalacja wewnętrzna

Zarówno uzyskiwanie c.w.u., jak i wspomaganie c.o. wymagają odpowiedniej instalacji wodnej **10**, **11**. Musi być ona dostosowana do szczególnych cech zasilania kolektorowego. Nie można go włączać i wyłączać według potrzeb, jak to jest w przypadku gazu, oleju czy prądu elektrycznego. Energię – jak wspomnieliśmy – trzeba pobierać, kiedy jest dostępna, a to niekoniecznie pokrywa się z porami zapotrzebowania na nią. Dlatego istotnym elementem instalacji jest zbiornik buforowy. Dochodzi w nim do wymiany ciepła między medium roboczym i wodą. W przypadku ciepłej wody jego pojemność powinna być 1,5-2-krotnie większa od dziennego zapotrzebowania na nią, czyli 50-80 litrów na jedną osobę. Dla rodziny czteroosobowej zatem będzie to zbiornik 200-320-litrowy.

W nowszych konstrukcjach ładowanie i rozładowywanie zbiornika odbywa się warstwowo. Woda ciepła jest dostarczana do części górnej, schłodzona zaś – do dolnej. Nie dochodzi więc do ich wy-



10 Instalacja kolektorowa do przygotowania ciepłej wody (rys. Braas)

mieszania. Jest to na **rys. 10** zasygnalizowane kolorami: niebieskim (woda zimna) i czerwonym (ciepła). Pozwala zaś korzystać z wody cieplejszej, niż by to wynikało ze średniej temperatury całej zawartości zbiornika. Oczywiście, tylko do czasu wykorzystania całego zgromadzonego ciepła; potem trzeba czekać, aż nagrzej się kolejna porcja wody. Niemniej, przy takim rozwiązaniu wykorzystanie pojemności jest dwu-, a nawet trzykrotnie większe niż przy systemie tradycyjnym.

Ważnym elementem instalacji są układy sterujące jej pracą. W przypadku obiegu aktywnego (wymuszonego) sterowanie jest realizowane automatycznie. W najprostszej konfiguracji wystarcza różnicowy regulator temperatur, współpracujący z dwoma czujnikami temperatury, oraz termostat, regulujący pracę konwencjonalnego segmentu grzewczego. Do sterowania pracą zestawu stosuje się wielozadaniowe regulatory mikroprocesorowe z zestawami czujników. Automatyka układu może też np. sterować nachyleniem paneli odpowiednio do wysokości, z jakiej świeci słońce.

Opłacalność

Przy użyciu energii uzyskanej z promieniowania słonecznego można całkowicie pokryć zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową w porze ciepłej, od maja do października. Zimą wydajność instalacji

z zrozumiiałych przyczyn spada. Średnio całorocznie zatem, przy rozsądnej powierzchni kolektorów, można pokryć 70% tego zapotrzebowania. To sporo.

Gorzej przedstawia się rachunek korzyści w przypadku wspomaganie ogrzewania budynku, bowiem największe potrzeby w tym zakresie przypadają na czas, w którym do Polski dociera najmniej energii słonecznej. Konieczna jest więc duża powierzchnia kolektorów. Dla domu nie-

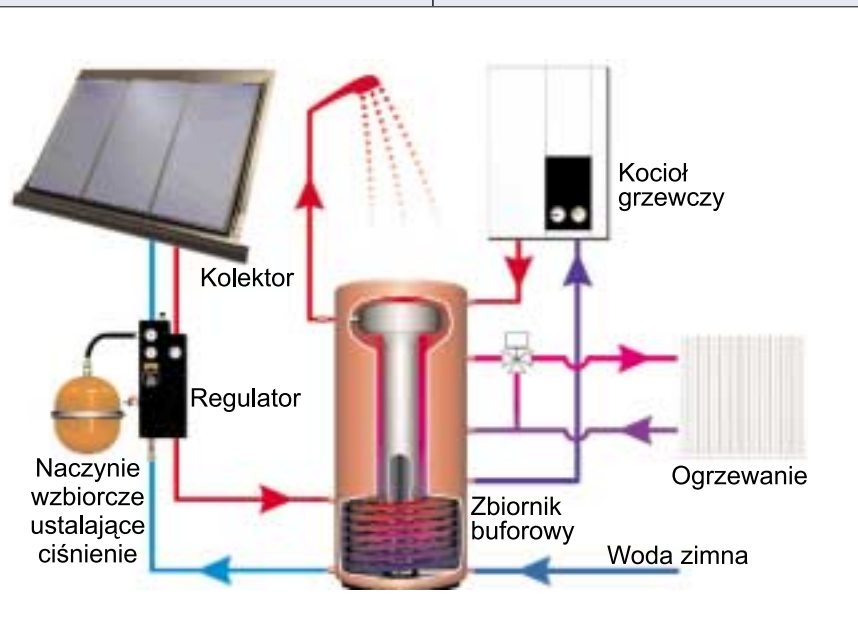
wielkiego, o powierzchni 100 m², musi być nie mniejsza niż 25 m², a pożądana jest 50 m². Dodatkowo należy zastosować ogrzewanie niskotemperaturowe (podłogowe) oraz zbiornik buforowy o pojemności co najmniej 500 l. Kocioł kondensacyjny, współpracujący z taką instalacją, jest sporo droższy od zwykłego. A jeszcze koszt rozbudowanej automatyki pogodowej...

Przy obecnych cenach koszty takiej instalacji zwróciłyby się po trzynastu latach. To stawia pod znakiem zapytania celowość takiej inwestycji. Chyba że bierze się pod uwagę jej skutek ekologiczny.

Specjaliści oceniają, że do 25% energii przeznaczonej na ogrzewanie, można zaoszczędzić przez wspomaganie centralnego ogrzewania kolektorami słonecznymi (w budynkach o niskim zapotrzebowaniu na energię – do 75 kWh/m²) oraz przez zastosowanie ogrzewania niskotemperaturowego, np. podłogowego.

Mimo tych wszystkich ograniczeń, zwłaszcza dotyczących wykorzystania energii słonecznej do wspomaganie ogrzewania budynku, układy solarne cieszą się coraz większą popularnością.

Przewiduje się, że w nieodległym czasie łączna powierzchnia grzewczych instalacji słonecznych wzrośnie o 10 tys. m². To najlepiej świadczy, że ten sposób wykorzystania energii słonecznej wart jest zalecenia. ■



11 Instalacja kolektorowa do przygotowania ciepłej wody i wspomaganie centralnego ogrzewania (rys. Braas)