

WYKORZYSTANIE CIECZOWYCH KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH DO PODGRZEWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W BUDOWNICTWIE MIESZKANIOWYM

Edward Hutnik, Jarosław Dąbrowski

Streszczenie. W artykule zaprezentowano możliwości pozyskiwania energii słonecznej wykorzystywanej do podgrzewania ciepłej wody użytkowej w budownictwie mieszkaniowym, w polskich warunkach klimatycznych. Przedstawiono wielkość energii, jaką można pozyskać w ciągu roku w polskich warunkach, dobór optymalnego kąta pochylenia kolektorów, zasadę działania i budowę przykładowej instalacji słonecznej. Została także przeprowadzona symulacja rocznej pracy przykładowej instalacji solarnej za pomocą programu „ESOP” firmy Viessmann.

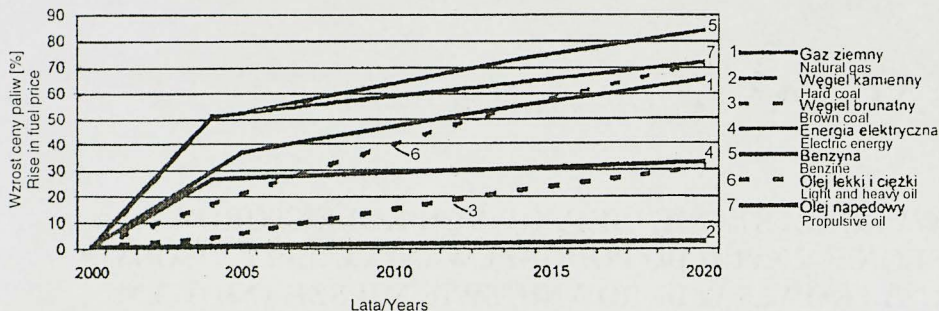
Słowa kluczowe: energia słoneczna, instalacja słoneczna, efektywność stosowania

WSTĘP

Cechą charakterystyczną rozwoju gospodarczego poszczególnych państw jest zwiększające się zużycie energii. Stały przyrost zużycia energii jest wynikiem wykładniczego przyrostu ludności oraz wykładniczego wzrostu jednostkowego zużycia energii przypadającego na głowę mieszkańca.

Nie ulega wątpliwości, iż okres taniej energii pochodzącej z surowców naturalnych, pomimo pewnych wahań cen na rynkach światowych, należy do przeszłości. Perspektywy wyczerpywania się tradycyjnych źródeł energii pierwotnej, a przede wszystkim rosnące koszty jej pozyskiwania coraz silniej oddziaływać będą na wybór technologii i opłacalność inwestycji (rys. 1).

Innym ważnym problemem jest aktualnie narastające zjawisko efektu cieplarnianego, które przyczynia się do powstawania różnego rodzaju anomalii pogodowych. Główną przyczyną wywołującą to zjawisko jest duża i ciągle wzrastająca emisja dwutlenku węgla, którego poziom w 1997 roku wynosił około 6550 mln ton. Polska jest jednym z państw emitujących znaczne ilości dwutlenku węgla (ok. 5,4% globalnej emisji). Aby zapobiec dalszemu narastaniu efektu cieplarnianego, należałoby ograniczyć emisję CO₂ aż o 60% w skali globalnej. Jednym z alternatywnych rozwiązań, które przyczyniłoby się do zmniejszenia emisji CO₂ jest zastępowanie konwencjonalnych źródeł energii niekonwencjonalnymi, odnawialnymi źródłami.



Rys. 1. Roczny realny wzrost cen paliw konwencjonalnych, nieuwzględniający poziomu inflacji [Raport, 2001]

Fig. 1. Real annual increase of conventional fuel prices, disregarding inflation level [Raport, 2001]

W związku z postępującym wzrostem cen energii konwencjonalnej, a także z ekologiczną koniecznością stosowania niekonwencjonalnych źródeł energii, coraz bardziej uzasadnione staje się wykorzystanie jednego ze źródeł czystej energii – promieniowania słonecznego. Jednym z najbardziej efektywnych sposobów pozyskania energii Słońca w polskich warunkach jest zastosowanie układu kolektorów słonecznych ze zbiornikiem akumulacyjnym do podgrzewania ciepłej wody użytkowej.

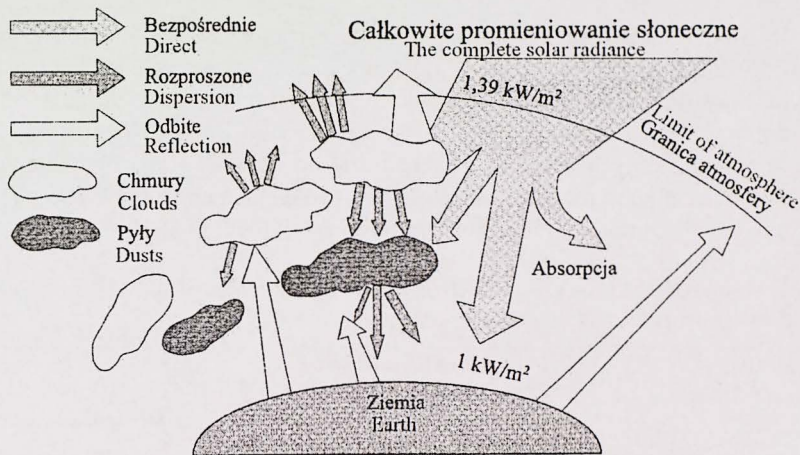
Postęp technologiczny, jaki dokonał się w ostatnich latach w technice instalacji solarnych, jest olbrzymi (począwszy od prostych kolektorów cieczowych, o prostej budowie, wykonanych z łatwo dostępnych materiałów, do wprowadzonych na rynek w ostatnich latach kolektorów cieczowych próżniowych, charakteryzujących się bardzo wysoką sprawnością, wykonanych z najbardziej zaawansowanych technologicznie materiałów).

SŁOŃCE ŹRÓDŁEM ENERGII

Najwięcej uwagi poświęca się obecnie badaniom możliwości wykorzystania energii słonecznej. Zasilana przez Słońce energią przyroda jest praktycznie niewyczerpywalnym źródłem energii. Energia słoneczna jest bezpieczna, czysta i dostępna dla całego globu ziemskiego. Słońce emituje energię w formie promieniowania elektromagnetycznego. Docierające do powierzchni Ziemi promieniowanie składa się z promieniowania bezpośredniego i rozproszonego (w zależności od stopnia zachmurzenia) – rysunek 2.

Okolo 30% promieniowania docierającego do atmosfery zostaje odbite z powrotem do przestrzeni kosmicznej, okolo 47% zaś zostaje zaabsorbowane i zamienione w ciepło przez atmosferę, ląd i wodę, z czego 23% uczestniczy w obiegu hydrologicznym. Tylko okolo 0,03% energii promieniowania słonecznego zostaje zużyte przez fotosyntezę.

Jak wielka ilość energii słonecznej dociera do powierzchni Ziemi (mimo filtracyjnego działania atmosfery), wskazuje fakt, że jest ona okolo 20 tys. razy większa od całkowitej energii produkowanej aktualnie przez ludzkość.



Rys. 2. Elementy promieniowania całkowitego [Lewandowski, 2001]

Fig. 2. Elements of total radiation [Lewandowski, 2001]

Wykorzystaniu tych ogromnych ilości energii słonecznej stały do niedawna na przeszkodzie względy techniczne, a obecnie – w coraz mniejszym stopniu – ekonomiczne.

W idealnych warunkach suma promieniowania bezpośredniego i rozproszonego docierającego do powierzchni terenu w naszej szerokości geograficznej osiąga maksymalną wartość chwilową równą $1 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Po odjęciu strat kolektora, które wahają się w granicach około 30%, otrzymuje się maksymalną moc użytkową kolektora słonecznego, która wynosi $0,7 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$.

Wartość energii dopływająca do kolektora jest różna i zależy od pory roku, warunków atmosferycznych i ustawienia płaszczyzny kolektora względem padania promieni słonecznych. Energia docierająca do kolektora przy bezchmurnym niebie w czerwcu, kiedy Słońce jest najwyżej nad horyzontem ($62,4^\circ$), jest największa. Natomiast w grudniu, kiedy Słońce znajduje się najniżej nad horyzontem ($15,5^\circ$), wartość tej energii jest najmniejsza. Różnica w ilości energii promieniowania bezpośredniego, jaka dociera do powierzchni Ziemi między tymi dwoma okresami, dochodzi do 40%. Powodem tak dużej różnicy jest to, iż w okresie, kiedy promienie słoneczne padają pod mniejszym kątem, muszą one przebyć dłuższą drogę w atmosferze, ulegając większej absorpcji.

Wpływ na ilość energii dochodzącej do kolektora ma także zachmurzenie nieba. Jak wiadomo, największa liczba godzin usłonecznienia występuje w miesiącach letnich. Przy czystym niebie, w miesiącu czerwcu, 90% energii docierającej do Ziemi to energia bezpośrednia i wynosi ona $900 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Natomiast przy całkowitym zachmurzeniu nieba, w tym samym okresie, do Ziemi dociera tylko promieniowanie rozproszone, którego wartość waha się od 50 do $150 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

ZASOBY HELIOENERGETYCZNE POLSKI

Dość istotną sprawą przy omawianiu wykorzystania kolektorów słonecznych jest znajomość ilości energii słonecznej, która dociera do powierzchni Ziemi w okresie rocznym. Spośród 8760 godzin w roku, do dyspozycji mamy od 1300 do 1650 godzin usłonecznienia, w zależności od regionu geograficznego Polski. Różnica w usłonecznieniu w poszczególnych latach może dochodzić do 12%. Tabela 1 obrazuje zróżnicowanie w usłonecznieniu poszczególnych regionów Polski, a co za tym idzie – możliwości uzysku energii z promieniowania bezpośredniego [Gogół i in., 1993].

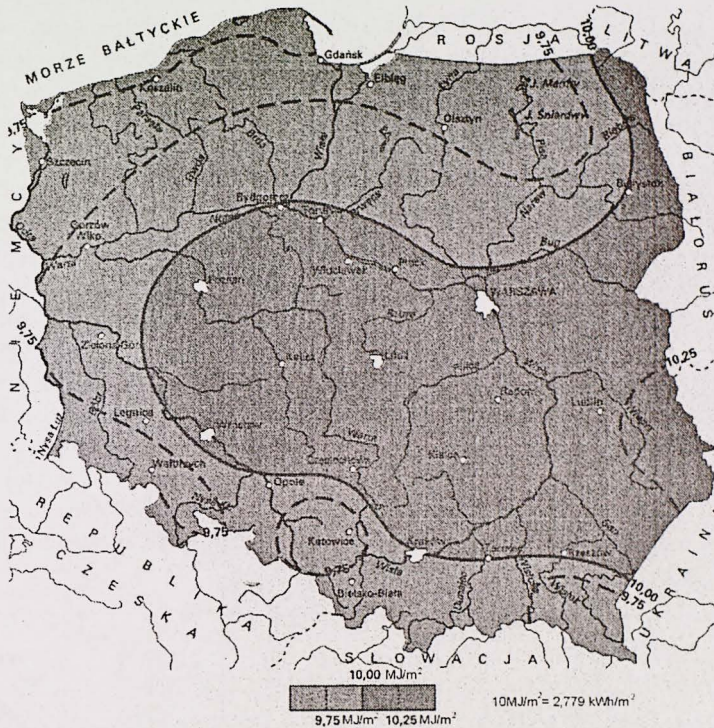
Tabela 1. Zasoby energii słonecznej w wybranych regionach Polski
Table 1. Solar energy resources in selected regions of Poland

Region Polski Region of Poland	Przeciętna roczna dawka napromienienia słonecznego [kW·h/m ²] Mean annual dose of solar radiation	Przeciętne roczne usłonecznienie [h] Mean annual sunshine
Stoleczny	967	1580
Suwalszczyzna	975	1576
Podhale	988	1467
Dolny Śląsk	1030	1529
Zamojszczyzna	1033	1572
Pas nadmorski	1064	1624

Z obserwacji wynika, że wartość usłonecznienia w ciągu roku nie rozkłada się równomiernie. Na ciepłą porę roku (kwiecień – październik) przypada od 80 do 85% energii całorocznego promieniowania słonecznego. Pozostała część energii promieniowania, czyli od 15 do 20%, przypada na okres zimnej pory roku (listopad – marzec). Dodatkowo, odbiór przez kolektory i tak niewielkiej ilości energii przypadającej na okres zimnej pory roku, zmniejszają występujące o tej porze silniejsze wiatry i niższa temperatura powietrza otoczenia. Pomimo wzrostu, w okresie listopad – marzec, udziału promieniowania rozproszonego, kolektory „płaskie” nie są w stanie praktycznie przejąć tej energii, w przeciwieństwie do kolektorów „próżniowych”. Kolektory próżniowe dzięki wysokiej sprawności potrafią wychwycić energię z promieniowania rozproszonego.

Dlatego przy zastosowaniu kolektorów płytowych zaleca się wykorzystanie instalacji do podgrzewania ciepłej wody użytkowej tylko raczej w miesiącach od kwietnia do października, ponieważ wtedy instalacja pracuje z największą wydajnością. W polskich warunkach praktycznie nie ma także mowy o wykorzystaniu instalacji słonecznych do ogrzewania budynków, co wiąże się z odwrotnością zapotrzebowania na ciepło do ogrzania pomieszczeń do ilości energii słonecznej, która jest możliwa do uzyskania.

Średnie dzienne promieniowanie całkowite w skali roku, które występuje na terenie Polski, jest zróżnicowane. Wartości, jakie można uzyskać w poszczególnych rejonach Polski, pokazano na rysunku 3.



Rys. 3. Średnie dzienne promieniowanie całkowite w skali roku występujące na terenie Polski
 Fig. 3. Mean daily total radiation on the year scale occurring in the region of Poland

DOBÓR OPTIMALNEGO POŁOŻENIA KOLEKTORÓW WZGLĘDEM SŁOŃCA

Przy projektowaniu instalacji słonecznej dość ważnym zagadnieniem wpływającym na wydajność całego układu jest optymalizacja nachylenia płaszczyzny kolektora w osi poziomej i pionowej względem Słońca. Przy założeniu, że chce się uzyskać maksymalną ilość energii słonecznej, która dociera do kolektora, należy korygować ustawienie położenia absorbera względem Słońca w taki sposób, aby promienie słoneczne padały cały czas prostopadłe do jego powierzchni.

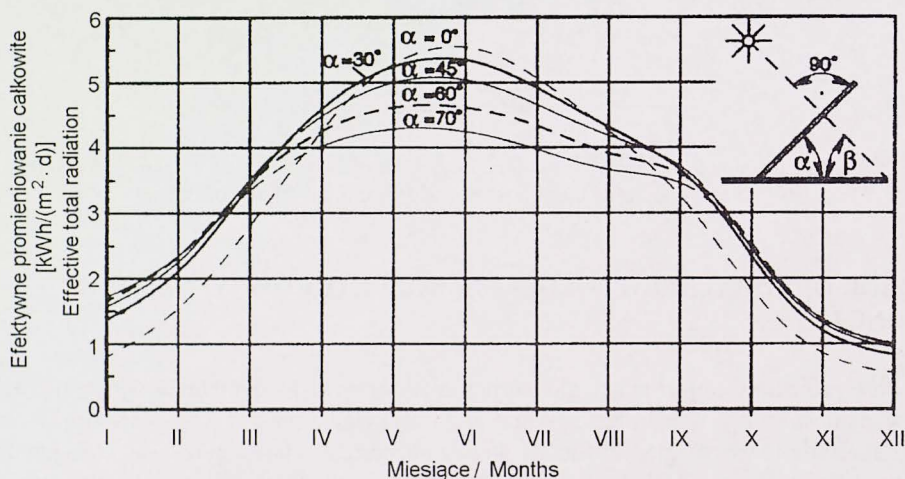
W miesiącu grudniu występują najkrótsze dni w roku, podczas których droga Słońca przebyta nad horyzontem trwa około 8 godzin. Kolektor nieruchomy, ustawiony w kierunku południowym pod optymalnym kątem, może uzyskać tylko 76% energii względem absorbera nastawialnego w osi pionowej i poziomej. Natomiast dla miesięcy letnich, kiedy występują najdłuższe dni w roku, ilość energii, którą można uzyskać z nieruchomego absorbera, jest mniejsza aż o 60% od tej, jaką można by uzyskać za pomocą kolektora nastawialnego w osi poziomej i pionowej.

W instalacjach słonecznych przydomowych nie wykorzystuje się przeważnie mechanizmów korygujących położenie kolektorów względem Słońca, ponieważ jest to nieopłacalne. Dodatkowo, konstrukcje budynków, na których projektuje się montaż kolektorów, przeważnie wykluczają możliwość zamontowania absorberów nastawialnych.

W celu wykorzystania maksymalnej mocy kolektorów, należy je ustawiać w kierunku południowym. Odchyłki od kierunku południowego do 20° nie mają praktycznie wpływu na odbiór energii promieniowania całkowitego przez kolektory w okresie letnim, a w ciągu roku powstają różnice w wysokości do 2%.

Jeżeli chodzi o ustawienie kolektorów względem płaszczyzny poziomej, to ich położenie zależy od okresu, w jakim planuje się je wykorzystywać. W przypadku czerpania energii Słońca w okresie całorocznym, optymalny kąt ustawienia kolektorów względem poziomu zawiera się w przedziale od 40° do 45° (rys. 4). Kąt ten wynika z kompromisu między maksymalną wysokością padania promieni słonecznych ($62,4^\circ$) a minimalną ($15,5^\circ$) względem poziomu (wielkości pośrednie pomiędzy tymi kątami).

Natomiast przy wykorzystywaniu układu solarnego tylko w okresie maksymalnego poboru energii, czyli od kwietnia do września, optymalny kąt ustawienia kolektorów względem płaszczyzny poziomej powinien wynosić 25° .



Rys. 4. Wpływ pochylenia kolektorów na wykorzystanie promieniowania całkowitego

Fig. 4. Influence of collectors inclination on the use of total radiation

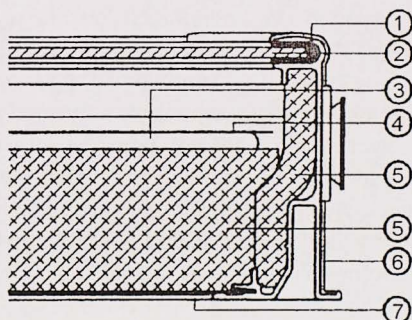
PODZIAŁY, BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH CIECZOWYCH

Kolektor jest urządzeniem energetycznym, pochłaniającym energię promieniowania słonecznego, którą zamienia na ciepło i przekazuje czynnikowi robocznemu. Czynnikiem roboczym, który transportuje energię ciepłą do odbiornika ciepła, może być woda albo powietrze.

W zależności od medium roboczego kolektory można podzielić na cieczowe i powietrzne. Kolektory słoneczne można także podzielić na niskotemperaturowe i wysokotemperaturowe, w zależności od temperatury maksymalnej, jaką chce się osiągnąć dla medium roboczego. Kolejny podział kolektorów to kolektory płaskie-tradycyjne i kolektory tubowe-próżniowe.

Budowę płaskiego kolektora cieczowego przedstawiono na rysunku 5. Kolektor taki zbudowany jest z:

- profilu uszczelniającego między pokrywą przezroczystą a obudową kolektora,
- pokrywy ze szkła solarnego, o grubości 4 mm, odpornego na gradobicie,
- węzownicy wykonanej z rurki miedzianej stykającej się z absorberem, której zadaniem jest odbiór ciepła od absorbera i przekazanie go medium roboczemu, które z kolei przetransportuje je do odbiornika ciepła,
- płyty absorbującej, wykonanej najczęściej z miedzi i pokrytej powłoką absorpcyjną wysoce selektywną,
- ocieplenia spodu i boków kolektora, którym może być wełna mineralna lub pianka poliuretanowa,
- ramy nośnej,
- płyty dennej.

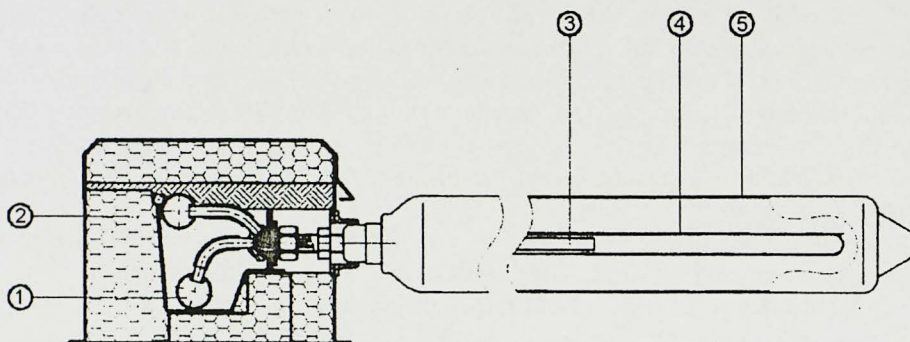


Rys. 5. Kolektor cieczowy płaski: 1 – profil uszczelniający, 2 – pokrywa przezroczysta, 3 – węzownica, 4 – płyta absorbera, 5 – ocieplenie, 6 – rama profilowa, 7 – blacha denna

Fig. 5. Fluid flat collector: 1 – tightening profile, 2 – transparent cover, 3 – coil, 4 – absorber plate, 5 – insulation, 6 – profile frame, 7 – bottom sheet

Oprócz tradycyjnych płaskich kolektorów cieczowych na rynku pojawiły się od niedawna nowe, bardziej zaawansowane technologicznie (przez co bardziej wydajne i droższe) kolektory tubowe próżniowe (rys. 6).

Kolektor próżniowy zbudowany jest z kilku, kilkunastu rur szklanych, w których została wytworzona wysoka próżnia. W każdej rurze próżniowej znajduje się płytka absorbera z zamocowaną rurką, przez którą przepływa czynnik roboczy, odbierający ciepło z energii promieniowania słonecznego. Wytworzona próżnia w rurach szklanych gwarantuje bardzo małe straty ciepła nawet przy dużych różnicach temperatury między absorberem a otoczeniem. Kolektor próżniowy nawet w okresie zimy, w dni, kiedy dopływa tylko promieniowanie rozproszone, potrafi efektywnie przejąć to promieniowanie i zamienić na energię cieplną.



Rys. 6. Kolektor cieczowy próżniowy: 1 – przewód powrotny (wejście), 2 – przewód zasilający (wyjście), 3 – wymiennik ciepła z rurkami współosiowymi, 4 – płyta absorbera. 5 – próżniowa rura szklana

Fig. 6. Fluid vacuous collector: 1 – return conductor (inlet), 2 – feeding conductor (outlet), 3 – heat exchanger with coaxial tubes, 4 – absorber plate, 5 – vacuous glass pipe

Zasada zamiany energii słonecznej w użytkową energię cieplną w obydwu typach kolektorów polega na tym samym. W kolektorach została wykorzystana właściwość cieplna czarnych powierzchni. Promienie słoneczne przechodzące przez pokrywę przezroczystą, którą może być np. szkło, akryl, poliwęglan, padają na powierzchnię absorbera. Zadaniem pokrywy kolektora jest przepuszczenie promieni słonecznych i zatrzymanie ciepła, które jest wypromieniowywane przez absorber. Promienie słoneczne padające na absorber, który może być wykonany z miedzi, aluminium, cynku, żeliwa, stali i pokryty warstwą selektywną (czarny chrom, czarny nikiel, czarna miedź), nagrzewają go. Dobry absorber wykonany z miedzi i pokryty powłoką wysoce selektywną charakteryzuje się dużą zdolnością absorpcji, rzędu 95–97%, a emisyjnością rzędu 8–14%.

Wytworzona przez absorber energia cieplna odbierana jest z jego powierzchni przez rurociąg cieczowy i transportowana do miejsca jej wykorzystania.

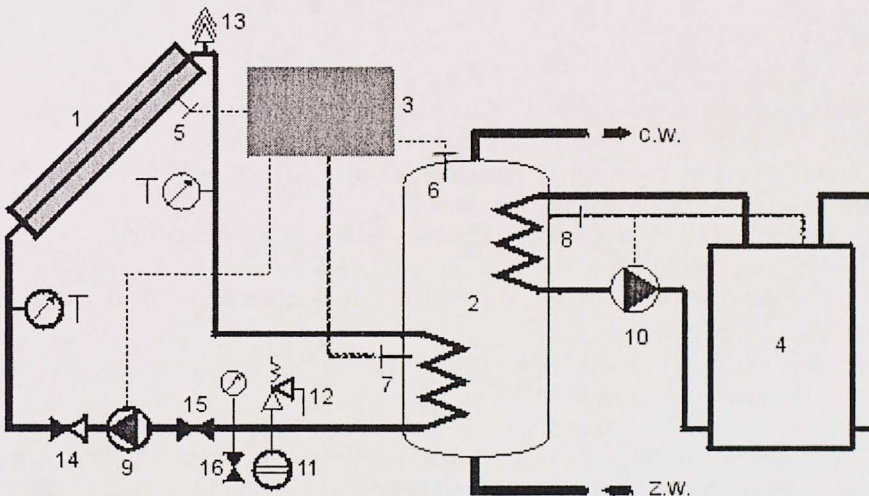
SŁONECZNE INSTALACJE DO PODGRZEWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ

W systemach podgrzewania ciepłej wody użytkowej można wyodrębnić kilka podstawowych układów, które pracują według kilku wariantów sterowania. Za najbardziej racjonalny uznaje się podział instalacji ze względu na:

- 1) sposób przekazywania ciepła wodzie użytkowej
 - obieg wody bezpośredni – ciepła woda podgrzana w kolektorze trafia bezpośrednio do punktów czerpalnych,
 - obieg wody pośredni – ciepło uzyskane z kolektora poprzez czynnik roboczy przekazywane jest do wymiennika, gdzie ciepło zostaje odebrane przez wodę użytkową; w tym przypadku tworzą się dwa oddzielne obiegi: pierwotny kolektorowy i drugi właściwy wody użytkowej,

- 2) sposób wymuszenia obiegu czynnika roboczego
 - obieg grawitacyjny – cyrkulacja czynnika roboczego między kolektorem a zasobnikiem powstaje w wyniku zmiany gęstości cieczy podczas jej podgrzewania,
 - obieg wymuszony – cyrkulacja zostaje wymuszona przez pompę,
- 3) lokalizację źródła konwencjonalnego energii, którym dostarcza się ewentualny niedobór energii otrzymanej ze źródła niekonwencjonalnego:
 - instalacja, w której w tym samym zasobniku pozyskuje się ciepło z kolektorów i ewentualny niedobór uzupełniany jest za pomocą energii konwencjonalnej,
 - instalacja, gdzie ewentualny niedobór energii dostarczany jest autonomicznie poza zasobnikiem.

Spośród wyżej wymienionych wariantów najbardziej opłacalnym i funkcjonalnym rozwiązaniem jest układ z pośrednim obiegiem wymuszonym (instalacja pracuje przez cały rok), z dogrzewem wody za pomocą energii konwencjonalnej w zbiorniku akumulacyjnym. Przykładowy schemat takiego układu pokazano na rysunku 7.



Rys. 7. Układ solarny z zasobnikiem dwuwężownicowym i dogrzewaniem ciepłej wody użytkowej z kotła centralnego ogrzewania: 1 – kolektor, 2 – podgrzewacz wody dwuwężownicowy, 3 – moduł sterujący, 4 – kocioł gazowy, 5 – czujnik temperatury czynnika w kolektorze, 6 – ogranicznik temperatury w podgrzewaczu, 7 – czujnik temperatury w dolnej części podgrzewacza, 8 – czujnik temperatury w górnej części podgrzewacza, 9 – pompa obiegu kolektor-podgrzewacz, 10 – pompa obiegu kotłowego, 11 – naczynie wzbiorcze, 12 – zawór bezpieczeństwa, 13 – odpowietrznik, 14 – zawór zwrotny, 15 – zawór zamykający, 16 – armatura do napełniania instalacji

Fig. 7. Solar system with dual-coil accumulator and reheating of warm utility water from central heating boiler: 1 – collector, 2 – dual-coil water heater, 3 – control module, 4 – gas boiler, 5 – temperature sensor of collector agent, 6 – temperature limiter in heater, 7 – temperature sensor in lower part of heater, 8 – temperature sensor in upper part of heater, 9 – collector-heater circuit pump, 10 – boiler circuit pump, 11 – cumulative vessel, 12 – safety valve, 13 – air escape, 14 – non-return valve, 15 – cut-off valve, 16 – installation filling fittings

Zasada działania tego układu polega na tym, że jeśli między czujnikiem temperatury czynnika w kolektorze (5) i dolnym czujnikiem temperatury w podgrzewaczu (7) różnica temperatury jest wyższa niż wartość ustawiona w module sterującym (3), to włączana jest pompa obiegu kolektor-podgrzewacz (9) i ciepło zostaje przekazane do podgrzewacza pojemnościowego (2). Pompa obiegu kolektor-podgrzewacz (9) pracuje aż do momentu, gdy wartość różnicy temperatury między czujnikiem (5) i (7) zmniejszy się poniżej wartości ustawionej w module sterującym (3) lub gdy wartość temperatury w podgrzewaczu zmierzona czujnikiem (6) przekroczy dopuszczalną temperaturę ustaloną w module sterującym (3).

Podczas okresu, w którym temperatura wody zmierzona czujnikiem w górnej części podgrzewacza (8) jest niższa niż ustawiona na programatorze pieca centralnego ogrzewania (4), następuje uzupełnienie niedoboru ciepła w zasobniku (2) za pomocą pieca centralnego ogrzewania (4), aż do momentu osiągnięcia zaprogramowanej maksymalnej temperatury, zmierzonej przez czujnik (8).

BADANIA WŁASNE

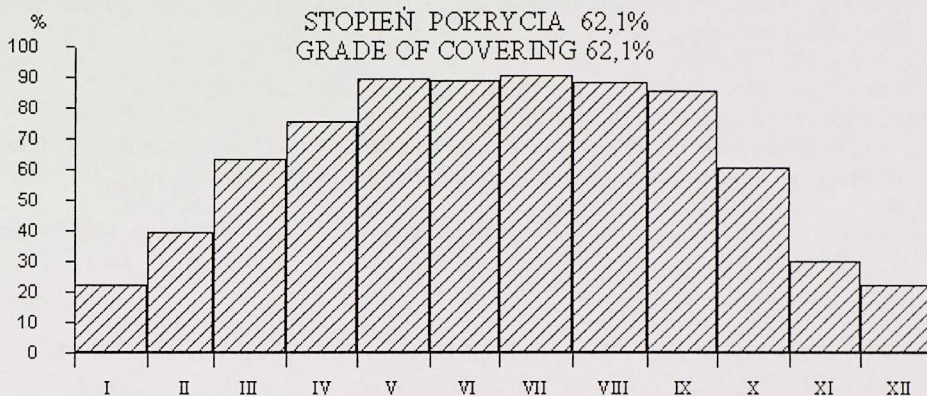
Dla układu zaprezentowanego na rysunku 7 przeprowadzono symulację, wykorzystując program „ESOP” firmy Viessmann, przy następujących parametrach:

- układ kolektorów słonecznych: 2 kolektory płytowe Vitosol 100 o powierzchni całkowitej 5 m^2 , kąt pochylenia 45° , azymut 0° ,
- podgrzewacz wody z dwiema wężownicami Vitocell-B o pojemności 300 l,
- kocioł grzewczy, typ Vitodens 200, moc od 4 do 11 kW,
- zużycie ciepłej wody użytkowej: 200 l/dziennie, temperatura 45°C , dla domu jednorodzinne (cztery osoby),
- temperatura wody wodociągowej: luty 8°C , sierpień 12°C ,
- napromieniowanie roczne $1101,1 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$,
- lokalizacja instalacji $49,8^\circ$ szer. płn.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że dzięki zastosowanej instalacji słonecznej w warunkach zbliżonych do warunków regionu dolnośląskiego można otrzymać następujące korzyści:

- stopień pokrycia zapotrzebowania energii dla podgrzewu ciepłej wody użytkowej – 62,1% (rys. 8),
- całkowita sprawność przekazania energii – 33,7%,
- energia cieplna uzyskana przez kolektory – 2067 kWh,
- napromieniowanie roczne dla powierzchni kolektorów – 6,13 MWh,
- zapotrzebowanie na ciepło dla podgrzewu wody użytkowej – 2975 kWh,
- zmniejszenie rocznej emisji CO_2 – 484 kg.

Jak widać z powyższego przykładu obliczeniowego, w ciągu roku gospodarstwo domowe, w którym mieszkają cztery osoby, może zaoszczędzić 2067 kWh energii, co stanowi aż 62,1% zapotrzebowania na energię do podgrzewania ciepłej wody użytkowej w skali roku.



Rys. 8. Procentowe miesięczne pokrycie przez instalację słoneczną zapotrzebowania na energię ciepłą służącą do podgrzania ciepłej wody użytkowej

Fig. 8. Percentage monthly covering of thermal energy demand by the solar installation, designed for heating warm utility water

Opłacalność wykorzystania instalacji słonecznych stosowanych do podgrzewania ciepłej wody użytkowej zależy od ceny energii wykorzystywanej dotychczas do podgrzewania ciepłej wody użytkowej i od zapotrzebowania na ciepłą wodę. Przy dużym zużyciu ciepłej wody i wysokiej cenie energii czas zwrotu poniesionych kosztów inwestycyjnych jest bardzo krótki.

Z zarysowanej problematyki wynika zakres podjętych badań nad efektywnością wykorzystania cieczowych kolektorów słonecznych w budownictwie.

WNIOSKI

1. Kolektory słoneczne jako alternatywne źródło energii cieplnej mogłyby być efektywnie wykorzystywane w celu uzyskania ciepłej wody użytkowej w budownictwie mieszkaniowym.
2. W Polsce w okresie od kwietnia do września występują korzystne warunki meteorologiczne do pozyskiwania energii cieplnej przez kolektory słoneczne.
3. Z przeprowadzonej symulacji wynika, że w ciągu roku, przy zastosowaniu instalacji słonecznej w domku jednorodzinny (4 osoby), można zaoszczędzić około 700 zł (bez amortyzacji) przy obecnie obowiązującej cenie energii elektrycznej.

PIŚMIENNICTWO

- Chochowski A., Czekalski D., 1999. Słoneczne instalacje grzewcze. COIB, Warszawa.
- Gogół W. i in., 1993. Konserwacja termiczna energii promieniowania słonecznego w warunkach krajowych. Ekspertyza PAN, Warszawa.
- Kaiser H., 1995. Wykorzystanie energii słonecznej. Wydawnictwa AGH, Kraków.

- Lewandowski M.W., 2001. Proekologiczne źródła energii odnawialnej. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Materiały Firmy Vieesmann.
- Materiały Ośrodka Oszczędzania Energii Dolnośląskiej Fundacji Ekorozwoju.
- Program obliczeniowy „ESOP” firmy Vieesmann.
- Raport opracowany przez EC BREC/IBMER, ESD Ltd., 2001. Wykorzystanie programu SAFIRE do opracowania scenariuszy rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce do roku 2020, Warszawa.
- Szlachta J. i in., 1999. Niekonwencjonalne źródła energii. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław.

UTILIZATION LIQUID SOLAR COLLECTORS TO HEAT WARM USEFUL WATER IN ARCHITECTURE OF BUILDING

Summary. The article presents the possibilities of gaining solar energy used for heating warm utility water in housing building, in Polish climatic conditions. The values of energy that can be gained during the year in Polish conditions, the selection of optimal angle of collectors inclination and the rule of functioning and design of exemplary solar installation are provided. A simulation of annual operation of an exemplary solar installation was conducted by means of “ESOP” program of Viessmann company.

Key words: sunny energy, sunny installation, efficiency of applying

E. Hutnik, J. Dąbrowski, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, Instytut Budownictwa i Architektury Krajobrazu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław