



Ocena efektów ekonomicznych i ekologicznych wykorzystania energii słonecznej na przykładzie domu jednorodzinnego

*Anna Ostrowska, Wiktoria Sobczyk, Małgorzata Pawul
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza*

1. Wstęp

Większość decyzji podejmowanych przez człowieka warunkowana jest finansami. Zasadne więc jest porównanie instalacji z aktywnym systemem słonecznym z instalacją wykorzystującą konwencjonalne źródła energii pod kątem ekonomicznym. Tabela 1 zawiera wykaz składników kosztów wytwarzania energii z różnych źródeł. Decydującym składnikiem wytwarzania energii w urządzeniach konwencjonalnych jest koszt zużytego paliwa, a w kolektorach słonecznych amortyzacja i pośrednio koszty inwestycyjne (tab. 1) [6, 12].

Tabela 1. Składniki kosztów wytwarzania energii z różnych źródeł [12]

Table 1. Components of the cost of producing energy from different sources [12]

Rodzaj kosztów	Źródła konwencjonalne %	Kolektory słoneczne %
amortyzacja urządzeń (koszty inwestycyjne)	20–30	60–95
paliwa i energia dodatkowa	30–60	0–10
obsługa i remonty	20–40	5–10

Składniki kosztów inwestycyjnych instalacji z wykorzystaniem kolektorów słonecznych są następujące:

- kolektory słoneczne 30–50%,
- rury, kanały, izolacja 25–30%,
- zasobnik wodny lub kamienny magazyn energii 20–25%,
- pompy, wentylator i urządzenia sterujące 5–15%.

Opłacalność funkcjonowania instalacji słonecznej zależy od jej zastosowania, przyjętego rozwiązania technicznego kolektora słonecznego oraz od metody wykonania i montażu danej instalacji. Dla konwencjonalnych źródeł energii nawet do 60% stanowią koszty poniesione na paliwo [2, 5]. Warto więc porównać koszty uzyskania jednostki energii przy wykorzystaniu różnych źródeł (tab. 2).

Tabela 2. Koszt uzyskania ciepła z różnych nośników [13]

Table 2. The cost of obtaining heat from various media [13]

nośnik energii	cena jednostkowa	koszt uzyskania 1 kWh energii [zł]
energia elektryczna	–	0,410
gaz płynny propan	1,50 zł/m ³	0,255
gaz ziemny	1,42 zł/m ³	0,152
olej opałowy	1,40 zł/l	0,147
węgiel kamienny	0,41 zł/kg	0,091
kolektory słoneczne	–	0,008

Wykorzystanie kolektorów słonecznych powoduje obniżenie kosztów uzyskania jednostki energii. W przyszłości poniesione koszty inwestycyjne zwrócą się w postaci zaoszczędzonej energii, a w efekcie w postaci kosztu zaoszczędzonych nośników kopalnych. Warto również zauważyć, że korzystanie z energii słonecznej na własne potrzeby nie jest opodatkowane [13].

2. Opis przykładowego budynku i instalacji c.w.u.

Ocenę efektów ekonomicznych i ekologicznych wykorzystania energii słonecznej przeprowadzono na przykładzie instalacji do podgrzewania c.w.u. z zastosowaniem kolektorów słonecznych. Budynek będący przedmiotem badań to dom parterowy z poddaszem użytkowym, z garażem jednostanowiskowym, niepodpiwniczony, przeznaczony dla 4-osobowej rodziny. Zwarta bryła budynku sprzyja energooszczędności,

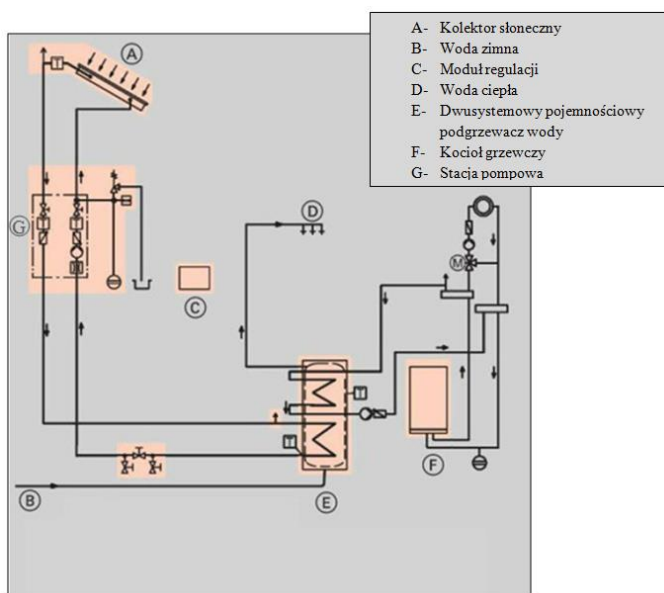
a ergonomiczny układ pomieszczeń maksymalnie wykorzystuje przestrzeń użytkową [3].

Strefa dzienna została zaprojektowana na parterze. Tworzy ją salon z kominkiem, jadalnia oraz otwarta kuchnia. Znajdują się tu również mała łazienka, kotłownia i garaż. Na poddaszu zaplanowano strefę nocną z trzema sypialniami i łazienką.



Rys. 1. Wizualizacja projektu domu i schemat przekroju [3]

Fig. 1. Visualization of house design and schematic cross-section [3]



Rys. 2. Schemat instalacji do podgrzewania c.w.u. [4]

Fig. 2. Diagram of installation to heat the hot utility water [4]

Omawiany budynek charakteryzują następujące parametry: powierzchnia użytkowa: 99,55 m², wysokość budynku: 8,4 m, kąt nachylenia dachu: 45°, powierzchnia dachu: 144,8 m². Na potrzeby niniejszego artykułu budynek ulokowany został na osiedlu domków jednorodzinnych przy ulicy Michałki w Michałowicach w województwie małopolskim, około 10 km na północ od centrum Krakowa.

Wartości nasłonecznienia są niezbędne przy doborze instalacji solarnej. Dla gminy Michałowice przyjęto wartości nasłonecznienia najbliższej położonego dużego miasta, jakim jest Kraków.

Schemat instalacji do podgrzewania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) przedstawiono na rysunku 2.

3. Podstawy teoretyczne projektowania instalacji z kolektorem słonecznym do podgrzania c.w.u.

Zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową

Zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową przyjmuje się według niemieckich wytycznych VDI 2067. Obliczenia wykonuje się przy założeniu 45°C jako temperatury ciepłej wody użytkowej, a dzienne zapotrzebowanie na jednego mieszkańca przedstawia tab. 3.

Tabela 3. Zapotrzebowanie c.w.u 2067 w budownictwie mieszkaniowym [4]

Table 3. Water demand in the housing sector in 2067 [4]

Stopień wymagań	Zapotrzebowanie c.w.u. [dm ³ /(dzień·osoba)] temperatura c.w.u. 45°C
wysokie	60–100
średnie	30–60
zwykłe	15–30

Zakładamy, że dla omawianego przypadku stopień wymagań jest średni i zapotrzebowanie na c.w.u. wynosi 50 dm³ dziennie na osobę. Dla 4-osobowej rodziny dzienne zapotrzebowanie wynosi 4·50 dm³, czyli 200 dm³.

Dobór i ustawienie kolektorów

Właściwie dobrana instalacja z kolektorem słonecznym do podgrzewania c.w.u. w klimacie umiarkowanym powinna pokrywać potrze-

by użytkownika maksymalnie w 70% ($1,5 \text{ m}^2$ powierzchni kolektora na jednego mieszkańca) [9]. Błędne jest przyjęcie założenia, że instalacja słoneczna ma pokryć w 100% zapotrzebowanie użytkownika na ciepło. Spowoduje to dobór kolektorów o zbyt dużej powierzchni, przy braku możliwości ich pełnego wykorzystania w całym okresie użytkowania, a tym samym nakłady jednostkowe wzrosną, czyniąc całą inwestycję nieopłacalną. Powierzchnia kolektorów dla omawianego budynku zamieszkanego przez 4-osobową rodzinę, przy przyjęciu $1,5 \text{ m}^2$ na jednego mieszkańca, wynosi 6 m^2 .

Przy wyborze producenta kolektorów należy kierować się doświadczeniem. Firma Viessmann od 100 lat zajmuje się techniką grzewczą. Należy zwrócić uwagę na powierzchnię czynną, czyli powierzchnię, na którą aktywnie działa promieniowanie i która jest miarodajna dla projektowania instalacji.

Do omawianej instalacji wybrano kolektor Vitosol 200-F typ SV2A, ze względu na fakt, że można go bez problemu stosować na dachach spadzistych. Vitosol 200-F to kolektor płaski o wysokiej sprawności i atrakcyjnej relacji ceny do efektywności. Spełnia on wymagania jakościowe rygorystycznej normy europejskiej EN 12975 [1] oraz posiada certyfikat Solar Keymark. Powierzchnia absorbera ($2,3 \text{ m}^2$) pozwala na optymalnie dopasowanie wielkości pola kolektorów do zapotrzebowania na energię [4].

W celu uzyskania jak najlepszej sprawności kolektorów słonecznych należy zadbać o ich odpowiednie ustawienie. Ustawienie to kąt nachylenia i kąt azymutu kolektora (kąt odchyleniem płaszczyzny kolektora od kierunku południowego, przy płaszczyźnie kolektorów ustawionych w kierunku południowym kąt azymutu wynosi 0°) [9]. Dach omawianego budynku nachylony jest pod kątem 45° , czyli dokładnie zgadzającym się z najbardziej efektywnym kątem nachylenia kolektorów dla instalacji całorocznej. Kolektory umieszczone zostaną na dachu od strony skierowanej na południe, więc kąt azymutu wynosi 0.

4. Dobór elementów systemu solarnego

4.1. Wybór zbiornika solarnego c.w.u. i obliczenie pojemności

Instalacja solarna przygotowuje ciepłą wodę użytkową dzięki promieniowaniu słonecznemu. Dlatego zachodzi konieczność zmagazy-

nowania nagrzanej wody, aby wykorzystać ją w miarę potrzeb nocą lub w pochmurne i chłodne dni [7]. Optymalnym akumulatorem dla instalacji solarnej jest pionowy, biwalentny zbiornik ciepłej wody użytkowej: zajmuje małą powierzchnię, ma dobre uwarstwienie temperaturowe oraz może być zasilany z co najmniej dwóch źródeł. Oprócz wymiennika spiralnego, do którego podłącza się system solarny, zbiornik taki ma w górnej części drugi wymiennik z podłączanym źródłem ciepła, zapewniającym ciepłą wodę użytkową w okresie słabego nasłonecznienia [12].

Całkowitą pojemność podgrzewacza obliczono według wzoru:

$$V_{\text{PDGmin}} = \frac{2 \cdot V_p \cdot P \cdot (t_w - t_z)}{t_{\text{PDG}} - t_z}$$

gdzie:

V_{PDGmin} – minimalna pojemność podgrzewacza, dm^3 ,

V_p – zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową, $\text{dm}^3/(\text{dzień} \cdot \text{osoba})$,

P – liczba mieszkańców,

t_w – temperatura ciepłej wody użytkowej w punkcie poboru, $^{\circ}\text{C}$,

t_z – temperatura zimnej wody, $^{\circ}\text{C}$,

t_{PDG} – temperatura ciepłej wody w podgrzewaczu (50 do 60°C), $^{\circ}\text{C}$ [3].

Dla omawianego przykładu wartości parametrów są następujące: $V_p = 50 \text{ dm}^3/(\text{dzień} \cdot \text{osoba})$, $P = 4$ osoby, $t_w = 45^{\circ}\text{C}$, $t_z = 10^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{PDG}} = 60^{\circ}\text{C}$, więc

$$\begin{aligned} V_{\text{PDGmin}} &= \frac{2 \cdot V_p \cdot P \cdot (t_w - t_z)}{t_{\text{PDG}} - t_z} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 4 \cdot (45 - 10)}{60 - 10} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 35}{50} \\ &= 280 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

Należy zatem wybrać zbiornik o pojemności nieco większej, czyli 300 dm^3 . Wybrano zbiornik firmy Viessmann, model Vitocell 100-B o pojemności 300 dm^3 ze stali, z powłoką emaliowaną Ceraprotect oraz z dwiema węzownicami grzewczymi. Dolny wymiennik ciepła ogrzewany jest przez kolektory słoneczne za pomocą górnego wymiennika ciepła. Zaletami tego podgrzewacza są: zabezpieczona przed korozją komora podgrzewacza ze stali z emaliowaną powłoką Ceraprotect, węzownica sięgająca dna podgrzewacza, podgrzewająca jego całą pojemność wodną, wysoki komfort ciepłej wody użytkowej dzięki szybkiemu, równomiernemu podgrzewaniu za pomocą węzownic grzewczych o dużej powierzchni

wymiany, niewielkie straty ciepła dzięki wysoko wydajnej, zintegrowanej izolacji cieplnej. Koszt podgrzewacza wynosi około 4660 zł.

Zespół pompowy

Większość systemów solarnych to zamknięte układy ciśnieniowe, dlatego do prawidłowej pracy wymagają zastosowania pompy obiegowej. Do kolektorów Vistol 200-F firma Viessmann poleca zastosowanie zestawu pompowego Solar-Divicon, typ PS10. Jest to stacja pomp do obiegu kolektora, która zawiera 3-stopniową pompę obiegową, 2 termometry, manometr, przepływomierz, zawór bezpieczeństwa oraz zawór regulacyjny [4]. Koszt stacji pompowej Solar-Divicon to 1785 zł.

Układ sterujący instalacją solarną

W omawianym budynku zastosowano regulator solarny Vitosolic 100. Regulator ten dba o efektywne wykorzystanie ciepła pozyskanego z kolektorów słonecznych. Połączenie regulatora Vitosolic z regulatorem kotła Vitotronic pozwala na automatyczne wyłączanie kotła, gdy ciepło dostarczane przez kolektory słoneczne jest wystarczające dla pokrycia potrzeb, np. do podgrzewania ciepłej wody użytkowej. Dzięki temu praca całego układu zmniejsza zużycie paliwa przez kocioł grzewczy.

Do głównych zalet Vitosolic 100 należą: atrakcyjność cenowa, prosta obsługa, ekran z komunikatami tekstowymi oraz wskazaniem temperatur roboczych i stanów pracy pomp obiegowych oraz zwarta budowa regulatora i małe gabaryty. Cena regulatora solarnego Vitosolic 100 to 1234 zł.

4.2. Dobór solarnego naczynia wzbiorczego

Naczynie wzbiorcze zabezpiecza magistralę solarną przed wzrostem ciśnienia. Pojemność naczynia oblicza się według wzoru:

$$V_N = \frac{(a \cdot V_{inst} + b \cdot V_{kol} + \beta \cdot V_{inst}) \cdot (p_n + 1)}{p_n - p_{wn}}$$

gdzie:

- V_N – znamionowa pojemność naczynia przeponowego, dm^3 ,
- a – wskaźnik początkowej pojemności naczynia przeponowego, $a = 0,01-0,02$,
- V_{inst} – całkowita pojemność instalacji solarnej, dm^3 ,
- b – liczba kolektorów,

V_{kol} – pojemność kolektora, dm^3 ,

B – współczynnik rozszerzalności cieplnej czynnika roboczego,

p_n – dopuszczalne nadciśnienie końcowe w instalacji, Pa,

$$p_n = p_{zb} - 0,5 \cdot 10^5 \text{ Pa},$$

p_{zb} – ciśnienie wyrzutowe zaworu bezpieczeństwa, Pa, (zwykle $6 \cdot 10^5$ Pa),

p_{wn} – ciśnienie wstępne poduszki azotowej w naczyniu przeponowym, Pa,

$$p_{wn} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa} + h \cdot 0,1 \cdot 10^5 \text{ Pa},$$

h – wysokość statyczna instalacji, m.

Ze względu na niewystarczającą liczbę danych i niemożność obliczenia dokładnej pojemności naczynia zbiorczego przyjęto jej wartość na poziomie 18 dm^3 , czyli najmniejszą dostępną w katalogu firmy Viessmann. Koszt solarnego naczynia zbiorczego zależy od jego pojemności. Cena solarnego naczynia zbiorczego wynosi 335 zł.

4.3. Dobór kotła grzewczego

Instalacja solarna do c.w.u. powinna zawierać zabezpieczenie w postaci drugiego źródła ciepła, które w przypadku złych warunków atmosferycznych będzie dogrzewało potrzebną objętość wody. Źródło ciepła powinno być połączone do drugiego, wolnego wymiennika spiralnego w pojemnościowy podgrzewacz c.w.u.

Do instalacji wybrano gazowy kondensacyjny kocioł wiszący Vitodens 100-W typ WB1C. Sprawność znormalizowana kotła wynosi 97%. Kocioł charakteryzuje się łatwą obsługą analogową. Regulator ma możliwość ręcznego ograniczenia mocy. Kompaktowe wymiary i nowoczesny wygląd pozwalają na zamontowanie kotła w każdym pomieszczeniu oraz dają możliwość jego zabudowy. Koszt kotła gazowego Vitodens 100-W to 5–5,5 tys. zł w zależności od sklepu.

4.4. Zestawienie wszystkich elementów systemu solarnego dla omawianego przykładu

Na instalację solarną dla domu jednorodzinnego, zamieszkanego przez cztery osoby, składają się następujące elementy:

- 2 kolektory płaskie Vitosol 200-F – 5144 zł,
- rury łączące do kolektorów, zestaw przyłączeniowy oraz zestaw tuneli zanurzeniowych – 498 zł,
- zestaw mocujący kolektory – 700 zł,
- biwalentny pojemnościowy podgrzewacz c.w.u. Vitocell 100-B – 4659 zł,
- stacja pompowa Solar-Divicon – 1785 zł,
- regulator solarny Vitosolic 100 – 1234 zł,
- solarne naczynie zbiorcze, 18 dm³ – 335 zł,
- czynnik grzewczy Tyfocor, 25 dm³ – 543 zł,
- kocioł gazowy Vitodens 100-W – 5500 zł,
- pozostałe przewody instalacyjne – 2000 zł.

Koszt instalacji bez kotła: 16898 zł. Całkowity koszt instalacji to: 22398 zł.

5. Ocena ekonomiczna instalacji solarnej do podgrzewania c.w.u.

W celu ekonomicznej oceny funkcjonowania budowy kolektorów słonecznych inwestor musi porównać poniesione nakłady z przewidywalnymi zyskami z tytułu inwestycji. Istnieje kilka formuł i wskaźników obejmujących nakłady i dochody w ocenie inwestycji. Jako najprostsze proponuje się dwie:

- okres zwrotu nakładów (spłacania),
- koszt jednostki energii pozyskanej z kolektora [7, 13].

Koszt jednostkowy energii z kolektora słonecznego oblicza się z ilorazu całkowitych rocznych kosztów funkcjonowania instalacji z uwzględnieniem amortyzacji i zużycia energii przez pompę cyrkulacyjną, odniesionych do całkowitej rocznej podaży ciepła użytecznego z kolektora słonecznego. Stąd koszt jednostkowy energii K_j określa wzór:

$$K_j = \frac{I_o \cdot a + Q_p \cdot k_p + k_o}{Q} \text{ [zł/kWh]}$$

Dla wybranego przypadku wartości współczynników i innych potrzebnych danych są następujące:

- I_0 – nakłady finansowe na budowę instalacji ($I_0=16898$ zł),
- Q_p – zużycie energii z zewnątrz w ciągu roku eksploatacji ($Q_p=80$ kWh),
- k_p – koszt jednostkowy energii z zewnątrz ($k_p=0,45$ zł/kWh),
- k_0 – koszt obsługi (nie uwzględniamy, użytkownik obsługuje instalację),
- trwałość instalacji – 20 lat,
- rata rozszerzonej reprodukcji:
 - amortyzacja ($a=100/20=5\%$) + koszty remontów (2%): 7%,
 - oprocentowanie kredytu – 0% (zakładamy, że użytkownik nabył instalację ze środków własnych).

Roczna podaż energii z całej powierzchni kolektorów słonecznych:

$$Q = H \cdot \eta \cdot F_k,$$

gdzie:

H – średnia wartość energii słonecznej padającej na powierzchnię poziomą w ciągu roku, dla Krakowa, $H=1117,1$ kWh/m²,
 η – sprawność kolektora, $\eta=60\%$.

$$Q = H \cdot \eta \cdot F_k = 1117,1 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot 0,6 \cdot 5,02 \text{ m}^2 = 3364,7 \text{ kWh/rok}$$

Całkowite (zmniejszone) koszty zakupu energii ze źródła konwencjonalnego, czyli roczny przychód brutto użytkownika instalacji słonecznej, wynoszą:

$$Q_r = Q \cdot k_p = 3364,7 \text{ kWh/rok} \cdot 0,45 \text{ zł/kWh} = 1514,1 \text{ zł/rok},$$

Przychód netto z użytkowania instalacji w skali roku:

$$Q_z = Q_r - Q_p \cdot k_p = 1514,1 \text{ zł/rok} - 80 \text{ kWh} \cdot 0,45 \text{ zł/kWh} = 1478,1 \text{ zł},$$

więc:

$$K_j = \frac{I_0 \cdot a + Q_p \cdot k_p + k_0}{Q} = \frac{16898 \cdot 0,07 + 80 \cdot 0,45}{3364,7} = \frac{1182,86 + 36}{3364,7} = 0,36 \text{ zł/kWh}.$$

Okres (w latach) zwrotu nakładów (pp – *payback period*) poniesionych na budowę całej instalacji obliczono z ilorazu całkowitych nakładów inwestycyjnych i kosztów wyprodukowanego ciepła w kolektorze

rze słonecznym (ewentualnie kosztu zaoszczędzonej energii na produkcję ciepła w źródle konwencjonalnym). Wynosi on 11,4 roku:

$$pp = \frac{\text{koszt instalacji (nakłady inwestycyjne)}}{\text{koszt zaoszczędzonej energii konwencjonalnej w ciągu roku}}$$
$$pp = \frac{16898 \text{ zł}}{1478,1 \text{ zł}} = 11,4$$

W sensie ekonomicznym inwestycja budowy kolektora będzie opłacalna, jeżeli:

- okres zwrotu nakładu będzie krótszy od całego okresu użytkowania urządzenia (trwałości),
- koszt jednostki energii uzyskanej z kolektora będzie niższy od kosztu tej samej jednostki uzyskanej z tradycyjnego źródła.

Według powyższych wskaźników inwestycja jest opłacalna, ponieważ okres użytkowania urządzenia wynosi 20 lat, a czas zwrotu kosztów inwestycyjnych to 11,4 roku. Podobnie koszt jednostki energii przy użyciu instalacji solarnej wynosi 0,36 zł/kWh, czyli jest niższy od kosztu pozyskiwania jednostki energii ze źródła konwencjonalnego (0,45 zł/kWh).

Instalację solarną do podgrzewania c.w.u. porównano z gotową tradycyjną instalacją. Tradycyjna instalacja będzie wykorzystywać ten sam kocioł gazowy co instalacja solarna. Łączny koszt wszystkich elementów to 11574 zł.

6. Porównanie kosztów i korzyści tradycyjnej instalacji do podgrzewania c.w.u. z instalacją z kolektorami słonecznymi

Pierwszym parametrem, jaki został porównany w obu systemach, są koszty inwestycyjne. W tradycyjnej instalacji do podgrzewania c.w.u. koszty wynoszą 11574 zł, natomiast w instalacji z kolektorami słonecznymi 22068 zł. Zdecydowanie, prawie dwukrotnie większymi nakładami finansowymi, obciąża inwestora instalacja z kolektorami słonecznymi. Należy jednak zwrócić uwagę na okres zwrotu nakładów inwestycyjnych instalacji z kolektorami słonecznymi, który wynosi 11,4 roku. Ponadto przy zakupie instalacji wykorzystującej alternatywne źródła energii moż-

na się starać o dotacje, które zmniejszą koszty inwestycyjne, lub skorzystać z kredytu przeznaczonego specjalnie dla takich inwestycji.

Kolejnym elementem, który należy porównać, jest koszt uzyskania jednostki energii. Do porównania służy cena jednostki energii: w tradycyjnej instalacji do podgrzewania c.w.u. 0,45 zł/kWh, w instalacji z kolektorami słonecznymi 0,36 zł/kWh. Należy podkreślić, że w dzisiejszych czasach koszt tradycyjnej energii wzrasta, a dla zaprojektowanej instalacji koszt ten jest stały. Warto też zwrócić uwagę na znikome koszty utrzymania instalacji solarnej oraz fakt, że instalacja ta jest praktycznie bezobsługowa, co przyczynia się do oszczędzania czasu inwestora.

Efekty ekologiczne, jakie można uzyskać, zastępując instalacją z kolektorami słonecznymi instalację tradycyjną, są duże, chociaż nie sposób ich zmierzyć. Przede wszystkim podczas produkcji ciepła kolektory słoneczne nie emitują szkodliwych substancji ani w inny sposób nie zanieczyszczają środowiska. Fakt ten jest uwzględniany w programie dotacji do kolektorów NFOŚiGW [12]. Fundusz zakłada, że dzięki kolektorom montowanym z dotacji emisja CO₂ zmniejszy się o ponad 35 tys. ton rocznie, a takie liczby zdecydowanie robią wrażenie. Ponadto korzystając ze źródeł innych niż tradycyjne, przyczyniamy się do ochrony nośników kopalnych i oszczędzania ich zasobów.

7. Podsumowanie

Wykorzystanie alternatywnych źródeł energii daje szansę na finansowe oszczędności i zachowanie dobrego stanu środowiska [10, 11]. Ceny konwencjonalnych źródeł energii rosną i będą rosły [5, 8, 9] Zasoby niekonwencjonalnych źródeł energii są nieograniczone. Nie bez powodu te źródła energii nazywane są zielonymi, gdyż mają znikomy negatywny wpływ na środowisko naturalne.

Przeprowadzone badanie wykazało, że system solarny mimo wysokich nakładów inwestycyjnych przynosi finalne oszczędności kosztów energii. Ze względu na długi czas zwrotu inwestycji użytkownik nie odczuwa od razu zmniejszenia kosztów, ale są one znaczące. W Polsce istnieje obecnie wiele możliwości rozłożenia kosztów inwestycyjnych w czasie. Wiele instytucji proponuje dotacje lub kredyty preferencyjne.

Efekty ekologiczne pokazują, że warto inwestować w instalację solarną ze względu na korzyści środowiskowe, które są bardziej wartościowe od oszczędności finansowych. Ograniczenie zanieczyszczenia

środowiska oraz zmniejszenie zużycia nośników kopalnych przyczyni do lepszego życia przyszłych pokoleń, o których zawsze powinniśmy pamiętać. Wachlarz możliwości wykorzystania alternatywnych źródeł energii jest ogromny i będzie się ciągle powiększał.

*Zrealizowano w ramach pracy statutowej w KISPS AGH
(umowa nr 11.11.100.482)*

Literatura

1. **Bibulski S.:** *Znakowane kolektory*. Magazyn Instalatora, nr 6–7, 44–45 (2011).
2. **Gawłowski S., Listowska-Gawłowska R., Piecuch T.:** *Uwarunkowania i prognoza bezpieczeństwa energetycznego Polski na lata 2010–2110*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set of Environment Protection), 14, 127–176 (2012).
3. <http://www.archipelag.pl>
4. <http://www.viessmann.pl>
5. **Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A.:** *Gospodarka pierwotnymi nośnikami energii w Polsce a ochrona środowiska przyrodniczego*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set of Environment Protection), 11, 103–131 (2009).
6. *Program Priorytetowy dla przedsięwzięć w zakresie odnawialnych źródeł energii i obiektów wysoko sprawnej kogeneracji*. 11.07.2012.pdf
7. **Różycka E.:** *Analiza opłacalności zastosowania niekonwencjonalnych źródeł energii w projektowanym budynku jednorodzinym. Kolektory słoneczne, pompy ciepła*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set of Environment Protection), 11, 1353–1371 (2009).
8. **Sobczyk E.J.:** *Gospodarka zasobami złóż węgla kamiennego jako funkcja uciążliwości warunków geologiczno-górnictwowych*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t. 24, z. 4/4, 395–417 (2008).
9. **Sobczyk E.J.:** *Zasoby węgla kamiennego w Polsce a możliwość zaspokojenia potrzeb krajowej energetyki*. Polityka Energetyczna, t. 11, z. 1, 431–449 (2008).
10. **Sobczyk W.:** *Evaluation of harvest of energetic basket willow*. TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture PAN, vol. XI, 343–352 (2011).
11. **Sobczyk W., Kowalska A.:** *The techniques of producing energy from biomass*. TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture PAN, vol. 12, 257–261 (2012).

12. **Wiśniewski G., Gołębiowski S., Gryciuk M., Kurowski K.:** *Kolektory słoneczne. Poradnik wykorzystania energii słonecznej.* Centralny Ośrodek informacji Budownictwa PP, Warszawa, 2006.
13. **Zawadzki M.:** *Instalacje solarne do produkcji ciepłej wody użytkowej w budowie jedno- i wielorodzinnym.* Ogrzewanie energią słoneczną – materiały konferencyjne. Polski Klub Ekologiczny, Okręg Dolnośląski, Wrocław, 2005.

Evaluation of Economic and Ecological Effects of Solar Energy on the Example of a Single-family House

Abstract

The purpose of this article is to demonstrate the profitability of energy production from alternative energy source, which is the Sun. The article compares the installation of active solar system with installation that uses the traditional source of energy. The study contains a summary of the two energy installations operating in a single family home with a fixed surface area and number of inhabitants. We compared the costs of installation, operating costs, payback period, environmental impact for these two installations.

Performed calculations showed the differences in the investment costs and the operating costs of traditional and solar installations for hot water heating. For installation of solar panels, the investor bears almost twice the financial outlay.

It should be noted, however, that the payback period is more than 11 years, while the lifetime of the device is up to 20 years. When you buy an installation that uses alternative energy sources, you can apply for grants, which reduce investment costs, or take advantage of the credit specifically designed for such investments. Ecological effects, although unmeasurable, are significant and definitely testify in favor of the solar system.