

**Bernadeta Rajchel**

**Mariola Dyląg**

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigonia w Krośnie

## **KOLEKTOR SŁONECZNY W DOMU JEDNORODZINNYM - ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA**

### **Streszczenie**

Systemy pozyskiwania energii odnawialnej, w tym energii słonecznej, z punktu widzenia ochrony środowiska, mają wiele zalet. Energia słoneczna nie emituje szkodliwych substancji, jej zasoby są nieograniczone, a bilans energetyczny Ziemi pozostaje bez zmian. Oszacowano, że podczas dwudziestoletniego użytkowania instalacji solarnej o powierzchni od 6–8 m<sup>2</sup>, która wspomaga ogrzewanie elektryczne, efektem będzie powstrzymanie emisji 500 kg SO<sub>2</sub> oraz 60 ton CO<sub>2</sub>.

Kolektory słoneczne to jedna z racjonalnych metod wykorzystujących energię promieniowania słonecznego, dlatego w obecnych czasach wysiłek społeczny powinien dążyć w kierunku jej doskonalenia, chroniąc tym samym nieodnawialne surowce energetyczne. Dzisiejsza, wysoko rozwinięta technika pozwala na szerokie możliwości wykorzystania energii słonecznej, jednak urządzenia umożliwiające jej pozyskiwanie, czyli kolektory słoneczne, są na ogół bardzo drogie i nie każdy potencjalny użytkownik może pozwolić sobie na takie rozwiązanie. Konstrukcja kolektora słonecznego we własnym zakresie jest o wiele tańsza niż zakup instalacji fabrycznej.

W artykule zostanie wykazane, że amatorski kolektor słoneczny, jego budowa, testowanie i autentyczne osiągnięcia są dowodem na to, że takie urządzenie może przynosić korzyści ekonomiczne, a przy tym nie oddziaływać negatywnie na środowisko.

**Słowa kluczowe:** kolektory słoneczne, budowa amatorska, ochrona środowiska

## **SOLAR COLLECTOR IN A SINGLE FAMILY HOUSE - TECHNICAL-ECONOMIC ANALYSIS**

### **Summary**

From the environmental point of view, renewable energy systems, including solar energy systems, boast a number of advantages. Solar energy does not emit harmful substances, its resources are unlimited and the Earth's energy balance remains unchanged. It is estimated that a 20-year use of a solar system with a surface area in the range of 6–8 m<sup>2</sup> in order to support electric heating will prevent emission of 500 kg SO<sub>2</sub> and 60 tonnes of CO<sub>2</sub>.

Since solar collectors represent one of rational methods using solar energy, social efforts should be focused on their improvement, thus protecting non-renewable energy resources. Although today's highly developed technology offers wide possibilities of using solar energy, devices enabling its acquisition, i.e. solar collectors, are usually very expensive, and some of potential users simply cannot afford such a solution. Constructing one's own solar panels is much less expensive than purchasing a manufactured solar panel installation.

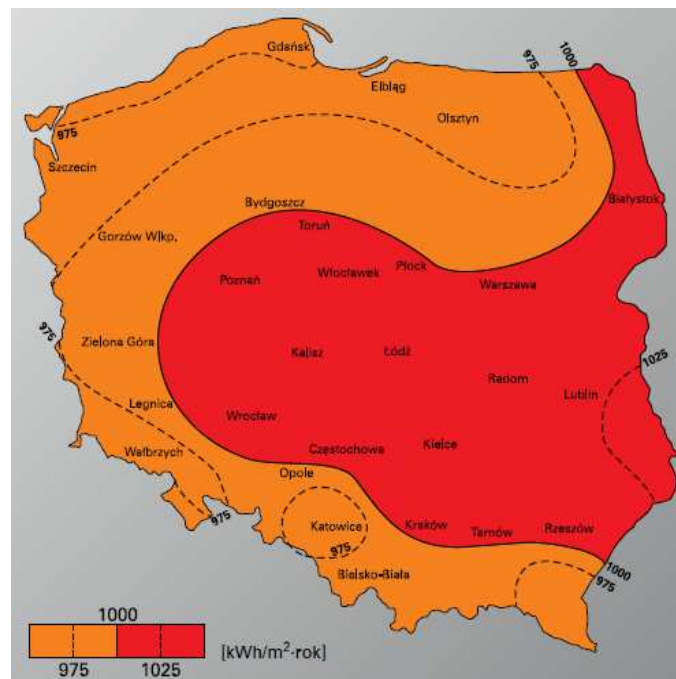
The present paper shows that an amateur solar panel installation, its construction, testing and actual performance provide evidence that such a device may offer economical benefits without adverse effects on the environment.

**Keywords:** solar collectors, amateur construction

## 1. Wprowadzenie

Energia użyteczna możliwa do uzyskania przez kolektor słoneczny jest bardzo zmienna, jednak zależnie od rodzaju i wykonania kolektora raczej mało zróżnicowana. Pozyskiwanie tej energii przez kolektor jest zależne od wielu elementów. Ogromny wpływ ma między innymi: zapotrzebowanie na ciepło uzależnione od konkretnego celu, przeznaczenie i budowa instalacji solarnej, sposób użytkowania układu oraz dysponowanej ilości energii promieniowania słonecznego możliwej do uzyskania na danym terenie. W Polsce napromieniowanie (ryc. 1) stanowi zależnie od miejsca około 1000 kWh/m<sup>2</sup> w przekroju rocznym<sup>1</sup>. Polska znajduje się w rejonie, w którym warunki klimatyczne i naturalne pozwalają na znacznie szersze niż obecne wykorzystanie energii Słońca. W okresie od kwietnia do września można wykorzystać około 80% energii, jaka dociera do Ziemi<sup>2</sup>.

Ryc. 1. Globalne napromieniowanie roczne



Źródło: [www.viessmann.pl/content/dam/internet.pl/pdf\\_documents/zeszyty\\_fachowe/zeszytfachowysolar200907.pdf](http://www.viessmann.pl/content/dam/internet.pl/pdf_documents/zeszyty_fachowe/zeszytfachowysolar200907.pdf)

<sup>1</sup> [www.viessmann.pl/content/dam/internet.pl/pdf\\_documents/zeszyty\\_fachowe/zeszytfachowysolar200907.pdf](http://www.viessmann.pl/content/dam/internet.pl/pdf_documents/zeszyty_fachowe/zeszytfachowysolar200907.pdf) (dostęp: 7.01.2014).

<sup>2</sup> G. Jastrzębska, *Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007, s. 18–26.

Celem artykułu jest opracowanie koncepcji projektu i wykonanie amatorskiego kolektora słonecznego dla domu jednorodzinnego, uwzględniającego możliwie jak najniższy wkład finansowy, jak najwyższy stopień sprawności całej instalacji, możliwość realizacji w praktyce projektu przez osoby trzecie, szybki czas wykonania i stosunkowo łatwą możliwość pozyskania materiałów, a co najważniejsze możliwie jak najszybszy zwrot zainwestowanych pieniędzy w postaci zysku energetycznego.

## 2. Założenia do projektu

Wykonanie instalacji kolektora słonecznego dla budynku mieszkalnego jednorodzinnego miało na celu zaspokojenie częściowych lub całkowitych potrzeb mieszkańców na ciepłą wodę użytkową w okresie letnim, która wcześniej była pozyskiwana za pomocą instalacji centralnego ogrzewania. Budynek jest mieszkalny, jednorodzinny, podpiwniczony, dwukondygnacyjny. Zimna woda doprowadzana jest do budynku grawitacyjnie przy pomocy wodociągu wiejskiego z ujęć wodnych.

Prawidłowo zaprojektowany układ ze zharmonizowanymi elementami docelowo miał za zadanie pokryć zapotrzebowanie na ciepłą wodę do celów bytowych w okresie letnim, a dokładnie od kwietnia do września. Przyjęto, że gdy instalacja solarna nie byłaby w stanie przygotować ciepłej wody użytkowej według określonych parametrów w okresach niskiego nasłonecznienia, układ będzie wspomagany przez instalację centralnego ogrzewania, która zapewnia przygotowanie ciepłej wody użytkowej nieprzerwanie przez cały rok.

Ważną kwestią, jaką należy zaznaczyć na tym etapie, jest fakt, że kolektor słoneczny jest domowej roboty. Budowa i eksploatacja takiego kolektora ma uzasadnienie w sezonie letnim, natomiast zupełnie nie nadaje się do przygotowania ciepłej wody użytkowej przez okres całego roku. Podstawowe parametry i dane do opracowania instalacji solarnej przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Podstawowe parametry i dane do opracowania instalacji solarnej

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Lokalizacja	Duląbka, woj. podkarpackie
2.	Szerokość geograficzna	49° 66' 0"
3.	Przeznaczenie	przygotowanie ciepłej wody
4.	Ilość docierającego promieniowania dziennie na m <sup>2</sup>	5 kWh/m <sup>2</sup>
5.	Napromieniowanie roczne	1000 kWh/m <sup>2</sup>
6.	Temperatura zimnej wody	od 10–20°C
7.	Temperatura ciepłej wody w punkcie poboru	55°C
8.	Liczba osób w rodzinie	5
9.	Okres eksploatacji	IV–IX
10.	Podstawowy nośnik energii	energia elektryczna

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Wiśniewski i in., 2008

## 2.1. Rodzaj kolektora słonecznego

Przy wykorzystaniu kolektora do wytwarzania ciepłej wody użytkowej w budynku jednorodzinnym w okresie letnim – dobrym wyborem będą kolektory płaskie, które w okresie letnim są w stanie pokryć zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową do celów bytowych nawet do 100%.

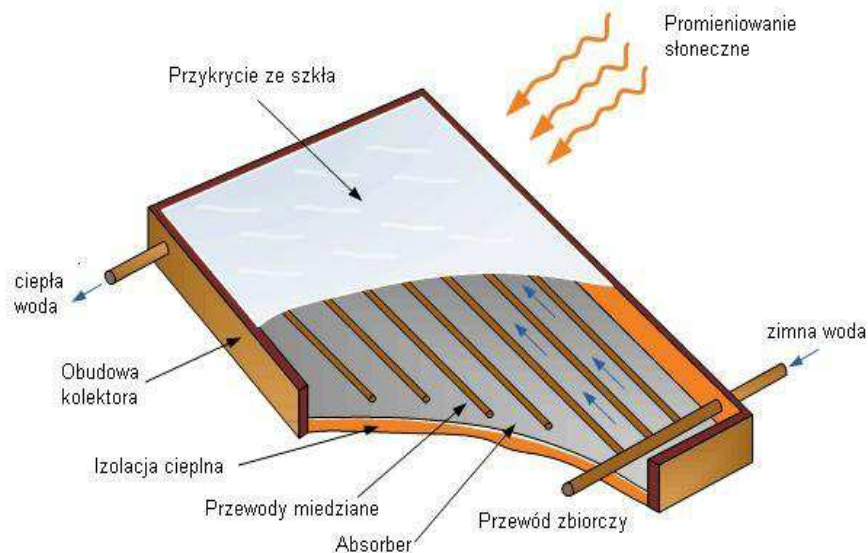
Kolektor cieczowy płaski to najprostszy rodzaj kolektora słonecznego. Budowa takiego typu kolektora jest łatwa, nie powoduje większych trudności, dlatego ten rodzaj został wybrany do projektu. Na wybór kolektora słonecznego ma również wpływ możliwość jego montażu – trzeba się tutaj liczyć z utrudnieniami architektonicznymi czy wielkością terenu.

Elementy składowe kolektora płaskiego:

- ♦ płaski absorber – serce kolektora, płyta wykonana najczęściej z pochłaniających promieniowanie słoneczne ciemnych tlenków metali,
- ♦ zewnętrzne pokrycie szklane pełniące funkcję ochronną, posiadające wysoką przepuszczalność promieniowania słonecznego,
- ♦ układ przewodów rurowych połączonych z płytą absorbera, którymi transportowane jest wytworzone ciepło, czynnik grzewczy,
- ♦ izolacja cieplna, materiał izolacyjny – najczęściej styropian lub wełna mineralna, zmniejsza straty ciepła,
- ♦ obudowa kolektora – chroni przed wpływem czynników zewnętrznych.

Nazwa kolektora nawiązuje do kształtu jego absorbera, czyli powierzchni pochłaniającej energię oraz licznie występującymi w nim powierzchniami płaskimi. Konstrukcja kolektorów płaskich (ryc. 2) jest na ogół stosunkowo prosta.

Ryc. 2. Budowa płaskiego kolektora słonecznego



Źródło: [www.poradnik.sunage.pl/kolektory-plaskie/](http://www.poradnik.sunage.pl/kolektory-plaskie/)

Padające na kolektor płaski promienie słoneczne nagrzewają go do wysokich temperatur, wykonany z metalu, pokryty ciemną warstwą tlenków, absorber bardzo dobrze przewodzi ciepło i jego zadaniem jest pochłanianie promieniowania słonecznego. Z absorberem połączony jest układ przewodów rurowych, przez który przepływa czynnik roboczy (woda, glikol), który odbiera ciepło od absorbera. Następnie czynnik grzewczy transportowany jest do dalszej części instalacji solarnej przy pomocy systemu rurek połączonych ze sobą harfowo bądź meandrowo<sup>3</sup>. Tak działa kolektor płaski, a właściwie cała instalacja solarna. Zasada działania jest prosta i efektywna, należy jednak pamiętać o odpowiednim zaprojektowaniu instalacji, aby nie wymagała ona częstych przeglądów i napraw.

## 2.2. Zapotrzebowanie na ciepło

Punktem wyjścia dla oszacowania zapotrzebowania na ciepło do produkcji ciepłej wody użytkowej jest liczba mieszkańców domu, w projekcie przyjęto pięć osób. Inną, równie istotną rzeczą, jest codzienne zużycie ciepłej wody przez domowników, ich przyzwyczajenia czy upodobań, liczba urządzeń, które wykorzystują ciepłą wodę i innych podobnych czynników wpływających na zużycie.

Rejestrowanie ilości zużywanej wody jest proste, gdy w budynku mieszkalnym zainstalowany jest wodomierz, jednak w wielu przypadkach posiadacze własnych studni nie instalują wodomierzy, wówczas trudniej jest określić ilość zużytej wody.

W jednorodzinnych domach przyjmuje się zużycie w ilości 35 l ciepłej wody użytkowej o temperaturze 55°C, a woda zimna ma temperaturę na poziomie 10°C. W ten sposób czteroosobowa rodzina zużywa 140 l ciepłej wody użytkowej w ciągu dnia. Takie są założenia metodyki obliczeń świadectw charakterystyki energetycznej. Celem obliczenia zapotrzebowania na ciepło wykorzystuje się poniższe wzory<sup>4</sup>.

$$Q_w = 6583,5 \cdot n \text{ [kJ]}$$

$$Q_w = 1,827 \cdot n \text{ [kWh]}$$

gdzie:

$Q_w$  - zapotrzebowanie na ciepło do produkcji ciepłej wody użytkowej

$n$  - liczba mieszkańców

W opracowaniu przyjęto zużycie ciepłej wody użytkowej rzędu 35 l na osobę, co stanowi 175 l na rodzinę pięcioosobową w ciągu doby.

$$Q_w = 6583,5 \cdot 5 = 32917,5 \text{ [kJ]} = 32,9 \text{ [MJ]}$$

$$Q_w = 1,827 \cdot 5 = 9,135 \text{ [kWh]}$$

Po dokonaniu szczegółowej analizy i przeprowadzeniu odpowiednich obliczeń, zapotrzebowanie na ciepło do produkcji ciepłej wody użytkowej w domu jednorodzinym zamieszkałym przez pięcioosobową rodzinę zużywającą 175 l wody na dobę wyniosło 32 MJ (9,135kWh).

<sup>3</sup> [www.poradnik.sunage.pl/kolektory-plaskie](http://www.poradnik.sunage.pl/kolektory-plaskie) (dostęp: 7.01.2014).

<sup>4</sup> K. Lis, *Jak tanio zbudować kolektor słoneczny?*, Energia słoneczna dla każdego, Wydawnictwo Escape Magazine, Toruń 2010, s. 1-20.

### 2.3. Wymiary kolektora

Zapotrzebowanie na ciepło odnosi się do ilości energii, jaka dociera do 1 m<sup>2</sup> kolektora słonecznego. W związku z tym, im więcej energii promieniowania słonecznego ma pozyskać kolektor, tym większa musi być jego powierzchnia.

Trudno jest jednoznacznie i odpowiednio dobrać powierzchnię absorbera, aby jego praca była efektywna. Aspekt ten mogą ułatwić niżej zapisane wzory<sup>5</sup>. Są one przybliżone i uproszczone, jednak dla takiego typu kolektora zupełnie wystarczają.

$$A = \frac{Q_w}{a \cdot \eta}$$

gdzie:

A – powierzchnia absorbera [m<sup>2</sup>]

Q<sub>w</sub> – ilość zużywanego dziennie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej, wyrażona w [kWh]

a – ilość docierającego dziennie promieniowania słonecznego do powierzchni kolektora ustawionego pod odpowiednim kątem, wyrażona w [kWh/m<sup>2</sup>]

η – sprawność kolektora słonecznego, 0,4 – wiosna i jesień, 0,6 – sezon letni

$$A = \frac{9,135}{5 \cdot 0,6} = 3,045 \text{ m}^2$$

Z obliczeń wynika, że powierzchnia absorbera powinna wynosić minimum 3,045 m<sup>2</sup>. Składowa Q<sub>w</sub> została obliczona wcześniej, pod uwagę wzięto miesiąc czerwiec i kąt nachylenia 45°. Sprawność przyjęto 0,6, gdyż jest to sprawność zalecana dla instalacji sezonu letniego, w którym instalacja będzie używana. Zaprojektowano cztery kolektory słoneczne połączone szeregowo, o wymiarach absorbera 1,05/0,75 m, o łącznej powierzchni 3,15 m<sup>2</sup>, po 0,7875 m<sup>2</sup> każdy.

### 2.4. Wymiennik ciepła i absorber w jednym, z przepływem harfowym

Zdecydowanie najważniejszym etapem budowy kolektora słonecznego jest wymiennik ciepła i absorber. Płyta pochłaniająca, czyli absorber, jest podstawowym elementem każdego kolektora słonecznego. Promieniowanie jest absorbowane na jego powierzchni, dzięki czemu następuje termiczna konwersja energii tego promieniowania<sup>6</sup>. Absorber to element odpowiedzialny za pochłanianie energii i wytwarzanie ciepła, które następnie przekazuje do czynnika grzewczego.

Absorber powinien być wykonany z materiału, który dobrze przewodzi ciepło. Popularnym i łatwo dostępnym materiałem jest stalowa blacha. Aby blacha nie traciła ciepła na drodze promieniowania i była w stanie go pochłaniać, należy pomalować ją czarną farbą. Odpowiednio dobrana duża grubość blachy będzie ułatwiać przekazywanie do wymiennika ciepła oraz jego przepływ przez absorber.

<sup>5</sup> K. Lis, *Jak tanio zbudować kolektor słoneczny...*, op. cit., s. 1-20.

<sup>6</sup> K. Neupauer, J. Magiera, *Analiza sprawności kolektorów słonecznych różnych typów*, Czasopismo Techniczne Chemia, z. 4, r. 106, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2009, s. 57-65.

Równie ważnym elementem kolektora słonecznego jak absorber jest wymiennik ciepła. Jego zadaniem jest przekazanie ciepła do czynnika roboczego, które to ciepło uprzednio odbiera od absorbera. Konieczne jest, aby wymiennik był dobrze przytwierdzony do absorbera i zapewniał jak największą powierzchnię do wymiany ciepła. Istnieje wiele rodzajów łączy wymiennika z absorberem. Metody te są jednak pracochłonne, dlatego w tym przypadku zdecydowano się na absorber i wymiennik w jednym. Dobrym rozwiązaniem będzie zastosowanie starego typu stalowego grzejnika panelowego (fot. 1).



Fot. 1. Grzejniki panelowe używane do budowy kolektora słonecznego

Źródło: fot. M. Dyląg

Grzejniki panelowe zbudowane są z równoległych kanalików, strukturą przypominające fakturę falistą lub poliwęglanowe płyty kanalikowe. Przez kanaliki w takim grzejniku panelowym przepuszcza się czynnik roboczy, w tym przypadku wodę (gdyż jest to instalacja na sezon letni) i wówczas otrzymuje się wymiennik ciepła z przepływem równoległym. Jednocześnie oświetlona przez Słońce strona panelu grzejnika stanowić będzie absorber. Wykonanie obydwu części kolektora słonecznego, zarówno absorbera, jak i wymiennika ciepła, w formie jednego, będącego całością, elementu ułatwi zadanie, umożliwi przepływ czynnika grzewczego oraz pozwoli na dobry odbiór ciepła z nagrzanej powierzchni panelu<sup>7</sup>.

Absorber i wymiennik odgrywają dużą rolę również ze względu na przepływ czynnika roboczego. Istnieją dwa główne rozwiązania: przepływ harfowy lub węzownicowy (meandrowy). W omawianym przypadku problem zostaje rozwiązany, ponieważ budowa grzejnika sama narzuca przepływ harfowy.

<sup>7</sup> K. Lis, *Jak tanio zbudować kolektor słoneczny...*, op. cit., s. 1–20.

## 2.5. Czynniki grzewczy

Czynnik grzewczy (roboczy) jest kolejnym elementem, bez którego instalacja solarna nie mogłaby działać. Jego status można porównać do absorbera. Zadaniem czynnika jest odbieranie ciepła z płyty absorbera. Ogrzana ciecz spływa do zasobnika, a następnie za pomocą wymiennika ciepła oddaje ciepło, najczęściej wodzie użytkowej, po czym wraca z powrotem do kolektora już ochłodzona. Czynniki grzewcze płyną w układzie zintegrowanym z absorberem w rurociągu, którym najczęściej są rurki ułożone w określony sposób. Podczas jednego obiegu temperatura czynnika roboczego wzrasta średnio o kilka, kilkanaście stopni Celsjusza. Przyrost ten zależy od prędkości przepływu czynnika przez kanały w absorberze oraz od natężenia promieni Słońca, jakie dociera do absorbera. Rola czynnika roboczego jest bardzo ważna, dlatego powinien się on odznaczać wysoką temperaturą parowania oraz jak najmniejszą lepkością, najlepiej zbliżoną do wody. Większa lepkość zwiększa opory dla pompy i utrudnia grawitacyjne działanie kolektora. Niezależnie od tego, w jakim typie kolektora pracuje, czynnik grzewczy jest zazwyczaj taki sam.

Istnieją dwa główne rodzaje czynników, jakie stosuje się do wypełnienia instalacji solarnych. Jest to zwykła woda oraz niezamarzające płyny, m.in.: wodny roztwór glikolu etylenowego, wodny roztwór glikolu propylenowego. Według badań SPF Rapperswil, Szwajcarskiego Instytutu prowadzącego badania w zakresie energii słonecznej, zastosowanie wody jako czynnika roboczego może zwiększyć o 2% sprawność kolektora słonecznego, a natężenie przepływu o 1%<sup>8</sup>.

Analizując wszystkie wady i zalety możliwych do zastosowania rozwiązań, jako czynnik roboczy do wypełnienia projektowanej instalacji solarnej wybrano wodę. Brak możliwości stosowania wody jako czynnika w okresie zimowym i konieczność jej usuwania z instalacji przed wystąpieniem przymrozków nie stanowi w tym przypadku żadnego utrudnienia, gdyż od samego początku ustalono przeznaczenie instalacji kolektorów słonecznych. Wodę wybrano również ze względu na to, że jest cieczą łatwo dostępną i tanią, nie zagraża uszkodzeniu istniejącej już instalacji ciepłej wody użytkowej, a co ważniejsze ułatwi połączenie z nią kolektora. Podgrzewaną wodę można naturalnie przepuścić przez kolektor słoneczny, a następnie skierować ją do zasobnika ciepłej wody. Zastosowany w instalacji czynnik roboczy powinien być biodegradowalny i spełniać wszystkie polskie wytyczne i normy bezpieczeństwa. Woda spełnia obydwa te warunki.

## 2.6. Zabezpieczenie przed przegrzaniem

Stan przegrzania występuje często w sytuacjach, gdy zapotrzebowanie na wodę jest mniejsze niż ilość wody, jaką można podgrzać kolektorem słonecznym. W omawianym przypadku, jeśli zaistnieje taka sytuacja, dobrym wyjściem będzie odłączenie jednego z kolektorów z układu szeregowego, co zmniejszy powierzchnię

---

<sup>8</sup> I. Jeleń, *Sprawność kolektora słonecznego w badaniach i praktyce*, Czasopismo Techniczne Instal Reporter, nr 03, 2013, s. 50–53.



absorbowania promieni słonecznych albo zmniejszenie ilości produkowanej energii przez przysłonięcie części kolektorów.

### 3. Opis techniczny instalacji

#### 3.1. Obudowa, oszklenie i izolacja cieplna

Wytrzymałość to główna cecha prawidłowo wykonanej obudowy. Obudowę przytwierdza się do ściany, montuje na dachu lub ustawia na gruncie jako wolno stojący kolektor. W związku z tym cała konstrukcja powinna być solidna i sztywna, a jednocześnie lekka i poręczna, odporna na działanie wiatru, deszczu czy gradu. Opady nie mogą doprowadzić do zamakania i rozklejania obudowy, a w konsekwencji do uszkodzeń, które wpływają na pracę kolektora. Konstrukcja obudowy kolektorów płaskich jest wszędzie taka sama, różni się jedynie wymiarami i materiałami, z jakich została wykonana.

Materiałem wykorzystanym do konstrukcji obudowy jest drewno, głównie dlatego, że jest łatwo dostępne, stosunkowo wytrzymałe, tanie, a jego obróbka nie stanowi większych problemów. W tym celu, aby zredukować czas i nakład finansowy, skorzystano z już nieużywanego okna drewnianego (fot. 2). Wybór ten pozwolił zaoszczędzić czas, który byłby potrzebny na budowę ramy z osobnych elementów oraz pieniądze, ponieważ niezdatne do użytku stare okna można zakupić za bardzo przystępną cenę.



Fot. 2. Rama z okna drewnianego

Źródło: fot. M. Dyląg

Fabrycznie zrobione okno spełnia warunki odporności na czynniki atmosferyczne. Wilgoć jest niebezpieczna dla kolektora, obudowa musi zapobiegać wnikaniu jej do środka, z tego względu powinna być dobrze wentylowana, aby wilgoć absorbowaną przez izolację cieplną można było bezpośrednio usunąć poza obudowę. Aby kolektor mógł osiągnąć zamierzoną moc, wymiary obudowy powinny być dopasowane do absorbera i wymiennika, dlatego zazwyczaj montaż obudowy jest ostatnim z elementów budowy samego kolektora. Do obudowy montowane są bardzo często różnego rodzaju uchwyty i stojaki. Jest to kolejny element, na który należy zwrócić uwagę podczas montażu obudowy.

Szkoło, jakie wykorzystuje się w kolektorach słonecznych, powinno być wytrzymałe i odporne na czynniki atmosferyczne. Szkoło powinno powstrzymywać wymianę ciepła z rozgrzanej powierzchni absorbera na drodze konwersji. Przez szkło powinno również przenikać jak najwięcej energii do wnętrza kolektora, aby mogła zostać zaabsorbowana. Możliwe jest zastosowanie jednej lub dwóch warstw szkła. Jedna warstwa wystarczy, dlatego że warunki klimatyczne w Polsce są zdecydowanie łagodniejsze niż w innych częściach świata. Z uwagi na to, że w projekcie wykorzystane zostało używane okno do wykonania obudowy, w którym znajduje się już szyba, to nie ma potrzeby zmiany oszklenia. Istnieje jednak zawsze możliwość wymiany szyby czy montażu dodatkowej tafli.

Izolacja cieplna powinna być odporna na wysokie temperatury, ponieważ temperatura nagrzanego przez promieniowanie słoneczne kolektora może być bardzo wysoka. Grubość warstwy izolacyjnej zależy głównie od tego, jaką ilością miejsca dysponuje obudowa, jednak im grubsza warstwa izolacyjna, tym lepiej dla kolektora. Im grubsza będzie izolacja, tym więcej ciepła pozwoli ona zatrzymać we wnętrzu kolektora (mniejsze straty ciepłe). Powszechnie stosowanym materiałem izolacyjnym jest wełna mineralna. To materiał o stabilnym kształcie, niepalny i paroprzepuszczalny. Do izolacji stosuje się też styropian – jest sztywny i wodoodporny. Projektowany kolektor słoneczny zaizolowano wełną mineralną, wyłożono nią tył i boki obudowy, w środku umieszczono absorber i wymiennik w postaci grzejnika panelowego. Grubość warstwy izolacyjnej została dopasowana do ilości dostępnego miejsca w obudowie. Elementy zostały ułożone tak, aby z każdej strony wolna przestrzeń została wypełniona materiałem izolacyjnym, co pozwoli na jak największe zmniejszenie ryzyka występowania dużych strat ciepła. Wykonując poszczególne etapy, autorzy mają jednak przez cały czas świadomość, że jest to kolektor robiony sposobem gospodarczym i mimo największych starań jego wydajność nigdy nie dorówna standardom kolektorów fabrycznych.

### **3.2. Lokalizacja i system solar track**

W kontekście prawidłowej i efektywnej pracy całej instalacji solarnej umiejscowienie kolektora słonecznego jest bardzo istotne, ponieważ to ile wyprodukuje on energii, zależy będzie od tego, jaka ilość promieniowania do niego dotrze. Na etapie konstrukcji obudowy należy dostosować jej budowę tak, aby istniała możliwość montażu całego kolektora w wybranym miejscu. Kolektor powinien być tak usytu-

owany, aby mógł korzystać z jak największej ilości energii słonecznej, zatem miejsce montażu nie powinno być zacienione przez sąsiadujące budynki, drzewa, okoliczne wzniesienia, czy inne elementy krajobrazu naturalnego przez cały dzień oraz przez okres użytkowania instalacji.

Rozpatrując usytuowanie kolektora, do wyboru jest kilka opcji: montaż na dachu budynku, na budynku sąsiadującym z budynkiem zasilanym, bezpośrednio na gruncie, tarasie lub ścianie. W przypadku lokalizacji na gruncie, a taka opcja została wybrana do projektu, zasobnik może znajdować się wyżej niż kolektor, co pozwala na budowę pasywnej instalacji wodnej. Problemu nie stanowi w tym przypadku również miejsce na działce, gdyż ma ona dużą nieużytkowaną powierzchnię. Miejsce ustawienia znajduje się z dala od zabudowań, wzniesień i dużych drzew. Kolektor ustawiony jest na bezpośrednie działanie promieni słonecznych. Do ustawienia służy metalowy stojak (fot. 3) – element ten jest niezbędny do stabilnego ustawienia kolektora na gruncie.



Fot. 3. Metalowy stojak na kolektor słoneczny  
Źródło: fot. M. Dyląg

Przyłącza do kolektorów są krótkie z uwagi na to, że kolektory znajdują się w odległości 1,5 m od pomieszczenia piwnicznego, gdzie zamontowano pozostałą część instalacji, tak więc ewentualne straty na przesyle również będą niewielkie.

W warunkach klimatycznych Polski, według obserwacji prowadzonych przez IMGW, optymalny kąt nachylenia kolektora powinien wynosić  $40^\circ$ , przy czym może on być różny w poszczególnych okresach wykorzystania, w zakresach od  $<30^\circ$  do  $45^\circ$ .

Kąt nachylenia projektowanego kolektora wynosi  $43^\circ$  i jest on zmieniany w różnych okresach: w kwietniu – kiedy Słońce jest jeszcze nisko na niebie, kąt jest zwiększany, w lipcu i sierpniu – Słońce jest bardzo wysoko, więc kąt jest zmniejszany, we wrześniu, podobnie jak w kwietniu, kąt ulega zwiększeniu.

Projektowana instalacja solarna została wzbogacona o system solar track (fot. 4). W języku polskim nie ma odpowiednika dla systemu solar track, czyli urządzenia, które podąża za Słońcem, a dokładniej – śledzi jego położenie na nieboskłonie i ukierunkowuje kolektor tak, aby promienie słoneczne padały bezpośrednio na niego. Sieć składa się tylko z jednego wzmacniacza operacyjnego, dlatego jej działanie jest proste. Dwie fotokomórki przekazują sygnał do wzmacniacza, w zależności od oświetlenia zmienia się ich oporność. System obraca się w kierunku źródła światła. Sygnały docierające do wzmacniacza równoważą się, gdy na obydwie fotokomórki światło pada jednakowo. Równowagę tą zaburza ruch Słońca. Sygnał z jednej fotokomórki jest silniejszy niż sygnał przekazywany przez drugą fotokomórkę, wtedy wzmacniacz uruchamia silnik, którego zadaniem jest przywrócenie właściwego położenia obu fotokomórek<sup>9</sup>. Układ śledzi ruch Słońca, a jego zadaniem jest utrzymanie jednakowego oświetlenia obydwu fotokomórek, zacinienie powoduje obrót.

Kolektor za pomocą urządzenia obraca się pod kątem 180°. Kąt jego pochylenia jest uzasadniony tym, że jest to instalacja służąca tylko do podgrzewania ciepłej wody użytkowej w okresie letnim. Kąty pochylenia kolektora dla tych warunków zawierają się w przedziale 30°–45°.



Fot. 4. System solar track zamontowany na stojaku do kolektora słonecznego  
Źródło: fot. M. Dyląg

### 3.3. Materiały i elementy użyte do budowy kolektora słonecznego

W kolektorach słonecznych służących do podgrzewania ciepłej wody użytkowej, w których powierzchnia styku czynnika roboczego z powierzchnią absorbera

<sup>9</sup> [www.darmowa-energia.eko.org.pl/pliki/prad/elektr/neuron.html](http://www.darmowa-energia.eko.org.pl/pliki/prad/elektr/neuron.html) (dostęp: 9.01.2014).

jest mniejsza niż powierzchnia samego absorbera, szczególne znaczenie ma dobre przewodnictwo cieplne materiału absorbera. Z tego powodu absorbery kolektorów słonecznych cieczowych wykonywane są bardzo często z różnego rodzaju metali, które bardzo dobrze przewodzą ciepło, natomiast rzadko stosowane są tworzywa sztuczne. W projektowanym kolektorze zastosowano stal z uwagi na łatwą dostępność. Pod uwagę wzięte zostały również koszty, zastosowanie miedzi wiązałoby się z większym nakładem finansowym. Gdy jako czynnik roboczy używana jest zwykła woda, duże znaczenie ma również odporność materiału na korozję, którą powoduje kontakt materiału z przepływającą wodą. Materiał, z którego zrobiony jest absorber, powinien być również odporny na działanie wysokich temperatur. Powinien być stosunkowo łatwy w obróbce mechanicznej oraz mieć możliwie małą gęstość.

Dużą rolę w kolektorach odgrywają także powłoki absorberów. Ich przyczepność do absorbera powinna być bardzo duża. Powinny charakteryzować się wysokim współczynnikiem absorpcji  $\alpha$  oraz małym współczynnikiem emisji  $\epsilon$ <sup>10</sup>. W projektowanym modelu zastosowano czarną farbę – nie jest to najnowsza technologia, ale z powodzeniem sprawdza się w kolektorach gospodarczych.

Elementy, które zostały użyte do budowy kolektora, to: grzejnik panelowy, rama z używanego okna domowego, gumowe węże ogrodowe trzywarstwowe odporne na promieniowanie UV (odporne na pracę w temperaturze od -10°C do +60°C, ciśnienie robocze 4 bary, rozrywające 8 bar, średnica ½ cala) oraz panele podłogowe (fot. 5) mocowane na wkrętach stanowiące zabezpieczenie tylnej części kolektora.



Fot. 5. Zabezpieczenia tylnej części kolektora słonecznego

Źródło: fot. M. Dyląg

<sup>10</sup> G. Wiśniewski, S. Gołębiowski, M. Gryciuk, K. Kurowski, A. Więcka, *Kolektory słoneczne. Energia słoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle*, Dom Wydawniczy Medium, Warszawa 2008, s. 31.

## 4. Analiza techniczna

### 4.1. Metoda połączenia kolektora z układem cwu

Zbudowany i ustawiony w odpowiednim miejscu kolektor słoneczny, aby spełniał swoje zadanie, musi zostać podłączony do istniejącej już w budynku mieszkalnym instalacji ciepłej wody użytkowej.

Kolektor ustawiony został na gruncie powyżej zasobnika ciepłej wody użytkowej w niewielkiej odległości od pomieszczenia piwnicznego, gdzie znajduje się domowa instalacja ciepłej wody użytkowej, w celu zmniejszenia strat ciepła na drodze kolektor – zasobnik. Zaprojektowany kolektor słoneczny pracuje w układzie otwartym, ale przy obiegu wymuszonym z uwagi na umieszczenie zasobnika ciepłej wody użytkowej w miejscu wyższym niż miejsce ustawienia kolektora słonecznego. Przepływ wody przez kolektor słoneczny w takiego rodzaju otwartym układzie jest wymuszany przez pracę zainstalowanej do układu pompy obiegowej, która uruchamiana jest przez układ sterowania.

Układ otwarty o obiegu wymuszonym składa się z dwóch termometrów i kilku prostych elementów elektronicznych w układzie sterowania. Zadaniem termometrów jest pomiar temperatury wody, jaka wychodzi z kolektora słonecznego oraz temperatury wody, jaka znajduje się na dnie zasobnika. W przypadku, gdy temperatura wody na dnie zasobnika jest niższa od temperatury wody, jaka wychodzi z kolektora, wówczas kolektor produkuje ciepłą wodę użytkową. Natomiast jeżeli temperatura wody na dnie zasobnika jest wyższa niż ta na wyjściu z kolektora – jest to wtedy chłodnica wody, a nie zamierzony kolektor słoneczny.

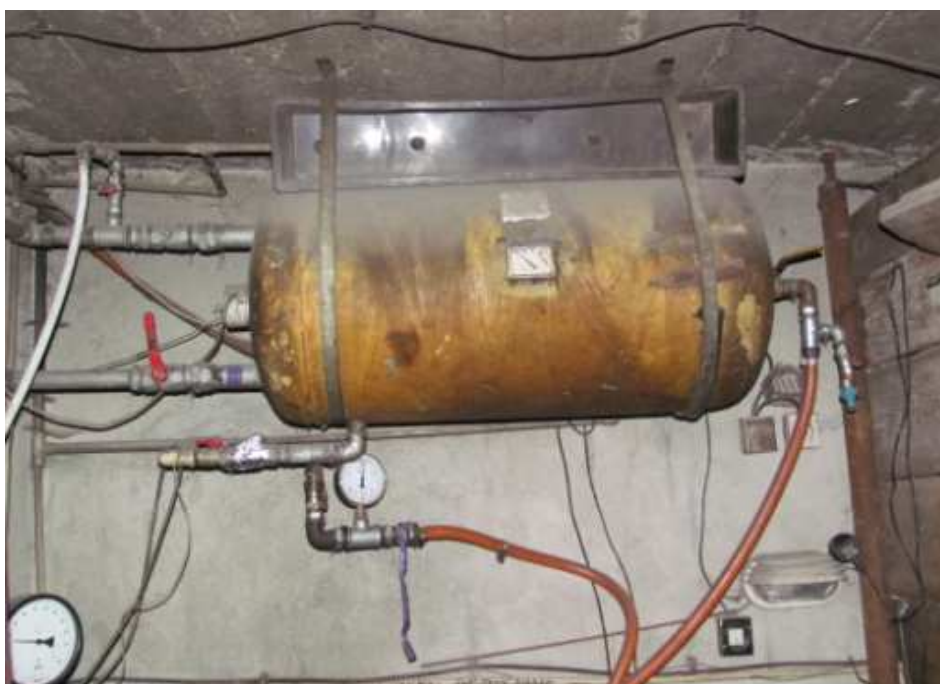
W tego typu sytuacjach, gdy woda w zasobniku ciepłej wody użytkowej jest cieplejsza niż woda w kolektorze słonecznym, zainstalowana w instalacji pompa obiegowa jest wyłączana z pracy. Z takimi okolicznościami bardzo często można się spotkać w nocy. Układ ten jest podobny do układu otwartego grawitacyjnego.

Kolektor słoneczny z zasobnikiem i całością instalacji do przygotowania ciepłej wody użytkowej został połączony węzłem ogrodowym (fot. 6), który pełnił rolę przewodów przesyłowych. Przewód poprowadzony został przez okno pomieszczenia piwnicznego i podłączony do zasobnika. Pozostała część instalacji, jak wspomniano powyżej, znajduje się w pomieszczeniu piwnicznym (fot. 7) w odległości około 5 m od miejsca ustawienia kolektora.

Cała instalacja solarna jest zabezpieczona przed nadmiernym i niepożądanym wzrostem ciśnienia za pomocą zaworu ciśnieniowego ustawionego na zakres 5 barów.



Fot. 6. Przewody przesyłowe łączące kolektor z całością instalacji  
*Źródło: fot. M. Dyląg*



Fot. 7. Fragment instalacji usytuowanej w pomieszczeniu piwnicznym  
*Źródło: fot. M. Dyląg*

## **4.2. Test sprawności kolektora**

Po skompletowaniu wszystkich elementów kolektora słonecznego i przygotowaniu reszty instalacji solarnej tak, aby możliwe było jej wykorzystywanie do produkcji ciepłej wody użytkowej, dla potwierdzenia sprawnie działającej instalacji oraz poszczególnych szeregowo połączonych kolektorów słonecznych przeprowadzono prosty test sprawności. Test ten przeprowadzono z użyciem pompki od używanej pralki automatycznej i zwężki zmniejszającej przepływ wody.

Oprócz pompki potrzebna była również miska wypełniona wodą. Wąż ogrodowy zasilający został zanurzony w misce z wodą, wyjście z pompki zostało przyłączone na dolne wejście do kolektora, natomiast górne wyjście z kolektora zanurzono z powrotem w misce z wodą. Jeśli kolektor działa prawidłowo po upływie około godziny powinno się zaobserwować znaczny wzrost temperatury, pod warunkiem że test przeprowadzany był gdy świeciło Słońce, ponieważ kolektory robione sposobem gospodarczym mają mniejszą sprawność w dni pochmurne.

Wyniki przeprowadzonego testu potwierdziły poprawne wykonanie i prawidłowe działanie każdego kolektora. Taki prosty test pozwala na sprawdzenie urządzenia przed podłączeniem go do reszty instalacji, wychwycenie ewentualnych mankamentów i dokonanie poprawek.

## **5. Wyniki obserwacji pracy kolektora**

### **5.1. Odczyty z czujników i średnie temperatury**

Wszystkie wyniki i odczyty z zainstalowanych czujników były prowadzone i zapisywane w notatniku oraz programie komputerowym Lämpömittari Copyright I. Sara-aho 2001–2003, wersja 1.16.9.112. Program wykorzystuje notatnik, w którym zapisywane są wyniki z wszystkich czujników, z każdego dnia oraz każdego miesiąca działania kolektora słonecznego. Wyniki pomiarów temperatur z zainstalowanych czujników zapisywane były numerycznie (fot. 8) oraz za pomocą wykresów (fot. 9).

Obserwacje prowadzone były przez okres sześciu miesięcy: od kwietnia do września. Przez ten okres zapisywano również wyniki z czujników, każdego dnia o określonych godzinach.





Fot. 8. Zapisy numeryczne temperatury z czujników

Źródło: fot. M. Dyląg



Fot. 9. Wykres temperatury ciepłej wody

Źródło: fot. M. Dyląg

Tabela 2 przedstawia wybrane odczyty z czujników temperatury ciepłej wody użytkowej oraz temperatury powietrza. Czujnik temperatury wody znajduje się w zasobniku ciepłej wody użytkowej wyprodukowanej w wyniku prawidłowego funkcjonowania instalacji solarnej, co wcześniej zostało udowodnione przez przeprowadzenie testu sprawności kolektora słonecznego oraz wynik pomiaru temperatury powietrza atmosferycznego, którego czujnik został umieszczony przy kolektorze słonecznym.

Tab. 2. Wybrane odczyty z czujników temperatury

Miesiąc	Data	Godzina	Czujnik temperatury ciepłej wody w zasobniku [°C]	Czujnik temperatury powietrza przy kolektorze [°C]
Kwiecień	20.04.2013 r.	13:53:20	33,81	18,16
		13:58:50	34,52	18,21
		14:03:14	35,16	18,20
		14:08:35	36,49	17,63

Miesiąc	Data	Godzina	Czujnik temperatury ciepłej wody w zasobniku [°C]	Czujnik temperatury powietrza przy kolektorze [°C]
Maj	18.05.2013 r.	15:03:03	47,01	33,64
		15:06:26	48,09	34,13
		15:09:49	48,71	34,59
		15:13:01	47,15	31,76
Czerwiec	17.06.2013 r.	14:57:54	34,60	35,50
		15:01:48	42,33	36,84
		15:05:24	50,39	37,05
		15:08:34	58,35	36,04
Lipiec	03.07.2013 r.	14:58:13	57,75	35,69
		15:01:16	57,46	36,52
		15:04:19	56,44	36,11
		15:07:23	54,17	35,92
Sierpień	25.08.2013 r.	15:37:12	47,39	31,74
		15:40:06	47,15	32,04
		15:42:59	46,84	32,11
		15:45:53	45,83	32,21
Wrzesień	15.09.2013 r.	14:24:40	39,06	21,14
		14:27:32	39,84	22,50
		14:30:25	40,67	22,92
		14:33:18	41,41	23,11

Źródło: Opracowanie własne

Zebrane dane z całego okresu eksploatacji zaprojektowanej instalacji solarnej są bardzo obszerne. Temperatury były zapisywane średnio co trzy minuty, co pozwoliło na dość dokładne obliczenie wszystkich średnich miesięcznych temperatur (tab. 3). Na uzyskanie takich wyników duży wpływ miało urządzenie samodzielnie ukierunkujące kolektor w stronę Słońca.

Tab. 3. Skrócone zestawienie miesięczne pomiarów temperatur wody użytkowej w zasobniku kolektora

Lp.	Miesiąc	Temperatura ciepłej wody w zasobniku [°C]		
		Minimalna	Maksymalna	Średnia
1.	Kwiecień	33,08	36,51	35,02
2.	Maj	46,27	48,75	47,16
3.	Czerwiec	34,60	49,95	48,19
4.	Lipiec	54,17	57,25	56,47
5.	Sierpień	45,69	47,65	46,82
6.	Wrzesień	39,01	41,63	40,22

Źródło: Opracowanie własne

Zapisy temperatur powietrza atmosferycznego z czujnika zamieszczonego przy kolektorze słonecznym były porównywane z pomiarami temperatur powietrza ze stacji pogodowej zlokalizowanej w Jaśle na ulicy Sikorskiego, gdyż stacja ta znajduje się najbliżej budynku, w którym zainstalowany jest omawiany kolektor.

## 5.2. Stopień pokrycia zapotrzebowania

Jeden m<sup>2</sup> powierzchni kolektora słonecznego może nagrzać 60 l wody użytkowej w zakresie od 10°C do 60°C każdego dnia użytkowania, co odpowiada 3,5 kWh ilości produkowanej energii<sup>11</sup>. Zapotrzebowanie na ciepło do produkcji ciepłej wody użytkowej wyniosło 9,135 kWh.

W myśl powyższej zasady:

1 m<sup>2</sup> kolektora ogrzewa 60 l wody do 60°C, produkując energię w ilości 3,5 kWh

Aby ogrzać 60 l wody do 55°C potrzeba:

$3500 \text{ W} : 60 = 58,3 \text{ W}$  – ilość produkowanej energii potrzebnej do ogrzania wody o 1°C

$58,3 \text{ W} \cdot 5 = 291,5 \text{ W}$

$3500 \text{ W} - 291,5 \text{ W} = 3208,5 \text{ W} = 3,2 \text{ kWh}$

1 m<sup>2</sup> kolektora ogrzewa 60 l wody do 55°C, produkując energię w ilości 3,2 kWh

Z wcześniej przeprowadzonych obliczeń wynika, że minimalna powierzchnia absorbera powinna wynosić 3,045 m<sup>2</sup>, więc:

$3,045 \cdot 3,2 = 9,744 \text{ kWh}$

Uwzględniając wymiary rzeczywiste:

$3,15 \cdot 3,2 = 10,08 \text{ kWh}$

$3,15 \cdot 60\text{l} = 189 \text{ l}$

3,15 m<sup>2</sup> kolektora ogrzewa 189 l wody do 55°C, produkując energię w ilości 10,08 kWh

Podsumowując wyniki należy stwierdzić, że zainstalowane kolektory słoneczne o łącznej powierzchni 3,15 m<sup>2</sup> produkują energię, która wystarcza na ogrzanie 189 l wody w ciągu całego dnia, przy czym zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową w rozpatrywanym przypadku – dla pięcioosobowej rodziny – wynosiło jedyne 175 l, co jest dowodem na całkowite pokrycie zapotrzebowania.

## 6. Analiza ekonomiczna

### 6.1. Koszty budowy kolektora słonecznego

Do budowy kolektora słonecznego posłużyły różnego rodzaju elementy, materiały i narzędzia. Jednak wiele zastosowanych elementów całej konstrukcji znajdowało się na wyposażeniu domowego warsztatu, dzięki czemu koszty wykonania kolektora zostały znacząco obniżone.

---

<sup>11</sup> K. Lis, „Jak tanio zbudować kolektor słoneczny...”, *op. cit.*, s. 1–20.

Łączny koszt materiałów i części składowych potrzebnych do budowy kolektora wyniósł 277,92 zł (tab. 4). Część materiałów została zakupiona w skupach po cenie złomowej, co zdecydowanie zmniejszyło koszty. Wydatki na pozostałe elementy również nie są wysokie, ponieważ priorytetem była oszczędność, lecz nie za cenę jakości.

Tab. 4. Koszt materiałów wykorzystanych do budowy kolektora słonecznego

Lp.	Element/materiał	Cena	Suma [zł]
1	Czarna farba 0,9 l/szt.	23,40 zł/szt.	23,40
2	Drewnochron	18,20 zł/szt.	18,20
3	Wąż ogrodowy 25 m.b.	32,52 zł/25 m.b.	32,52
4	Kątownik 14 m.b.	2,00 zł/m.b./cena złomowa	28,00
5	Ceownik 4 m.b.	2,50 zł/m.b./cena złomowa	10,00
6	Rura stalowa $\varnothing$ 50 2 m.b.	1,50 zł/m.b./cena złomowa	3,00
7	Wkręty do drewna	6,50 zł/100 szt.	6,50
8	Silikon uszczelniający	7,50 zł/szt.	7,50
9	Wełna mineralna 50/100 5 m <sup>2</sup>	5,20 zł/1 m <sup>2</sup>	26,00
10	Panele podłogowe 3,5 m <sup>2</sup>	13,00 zł/m <sup>2</sup>	45,00
11	Pompka	30,00 zł/cena złomowa	30,00
12	Zawór zwrotny	5,50 zł/szt.	5,50
13	Dwa zawory kulowe	6,15 zł/szt.	12,30
14	Sześć końcówek do węża	1,50 zł/szt.	9,00
15	Sześć złączek do węża	3,50 zł/szt.	21,00
16	<b>Razem</b>		<b>277,92 zł</b>

Źródło: Opracowanie własne

## 6.2. Oszczędności wynikające z eksploatacji

Nabywca energii korzysta z usług PGE Obrót Spółka Akcyjna, grupa taryfowa G11. Podczas użytkowania kolektora słonecznego otrzymał trzy faktury za energię. Pierwszy rachunek (ryc. 3) za okres od 26.03.2013 r. do 27.05.2013 r. wyniósł 513,06 zł za zużycie 818 kWh. Następny za okres od 27.05.2013 r. do 25.07.2013 r. stanowił 411,54 zł za zużycie 656 kWh. Trzeci rachunek za okres od 25.07.2013 r. do 28.09.2013 r. wyniósł 521,07 zł za zużycie 852 kWh energii.

Ryc. 3. Faktura za energię za okres od 26.03.2013 r. do 27.05.2013 r.

FAKTURA VAT nr 0130946425										Strona 2 z		
Szczegółowe rozliczenie faktury												
Nr układu pomiarowego:					Rozliczenie za okres 26.03.2013 - 27.05.2013							
BUDYNEK MIESZKALNY DULĄBKA					Grupa taryfowa: G11			Numer licznika:				
	Data-odcz	W	Wskaźanie	Mn	Jm	Ilość	C-netto	W-netto	VAT	W-VAT	W-brutto	
<b>E: Obrót - Energia elektryczna</b>												
	26.03.2013		22149.00									
	27.05.2013	RF	22967.00	1	kWh	818.00	0.2625	231.09	23%	53.15	284.24	
<b>Razem E:</b>										231.09	53.15	284.24
<b>D: Dystrybucja</b>												
Oplata stała***	0.00 *		2.0000	Mies	kWh/m-c	2.00	5.5400	11.08	23%	2.55	13.63	
Oplata zmienna**					kWh	818.00	0.2073	169.57	23%	39.00	208.57	
Oplata abonamentowa					m-c	2.0000	2.69	5.38	23%	1.24	6.62	
<b>Razem D:</b>										186.03	42.79	228.82
<b>OGÓLEM</b>												
	Ilość kWh:	818.00	Srednia cena kWh:	0.6272				<b>417.12</b>		<b>95.94</b>	<b>513.06</b>	

Faktura uwzględnia podatek akcyzowy od 818 kWh energii elektrycznej w wysokości 16,36 zł

Źródło: M. Dylağ

Dzięki zastosowaniu kolektora słonecznego uzyskano następujące oszczędności finansowe z poszczególnych okresów:

Okres od 26.03.2013 r. do 27.05.2013 r.: 63 dni · 10,08 kWh · 0,6272 = **398,29 zł**

Okres od 27.05.2013 r. do 25.07.2013 r.: 59 dni · 10,08 kWh · 0,6273 = **373,06 zł**

Okres od 25.07.2013 r. do 28.09.2013 r.: 65 dni · 10,08 kWh · 0,6116 = **400,72 zł**

gdzie: 10,08 kWh – ilość energii wytwarzana przez kolektor (wg wcześniejszych analiz)

Przez okres, w którym korzystano z kolektora słonecznego do podgrzewania ciepłej wody użytkowej w 2013 r., czyli łącznie przez 187 dni, zaoszczędzono 1172,07 zł. W przypadku niestosowania kolektora słonecznego do podgrzewania wody rachunki za prąd za poszczególne okresy byłyby odpowiednio wyższe, to jest:

Okres 26.03.2013 r. – 27.05.2013 r.: 513,06 zł + 398,29 zł = 911,35 zł

Okres 27.05.2013 r. – 25.07.2013 r.: 411,54 zł + 373,06 zł = 784,60 zł

Okres 25.07.2013 r. – 28.09.2013 r.: 521,07 zł + 400,72 zł = 921,79 zł

Wykorzystanie instalacji solarnej pozwoliło zaoszczędzić około 400 zł przez okres użytkowania. Dla porównania na ryc. 4 przedstawiono fakturę za energię z 2012 r., gdy nie było jeszcze zainstalowanego kolektora słonecznego.

W wyniku korzystania z instalacji kolektorów słonecznych zaoszczędzono 1172,07 zł. Jest to bardzo duża kwota w porównaniu do kosztów, jakie poniesiono na jej budowę, tj. 277,92 zł. Niewielki nakład finansowy włożony w budowę kolektora zwróci się po okresie około 45 dni użytkowania:

1172,07 zł : 187 dni = 6,26 zł

277,92 zł : 6,26 zł = 44,39 dni

Ryc. 4. Faktura za energię za okres od 19.10.2011 r. do 13.08.2012 r.

Faktura VAT nr 0130655514		Rozliczenie za okres od 2011.10.19 do 2012.04.19			
za energię elektryczną i usługę dystrybucji		miesiąc sprzedaży 2012.04			
Składowe faktury	Wartość netto	% VAT	Kwota VAT	Wartość brutto	
Energia i usługa dystrybucji ( na podstawie wskazań licznika - szczegóły na następnych stronach w części A )	1681.75		386.80	2068.55	
Odliczenie należności z poprzednich faktur prognozowych					
Faktura nr 0130522902 na okres od 2011.10.19 2011.12.16	-192.14	23	-44.20	-236.34	
Faktura nr 0130522903 na okres od 2011.12.16 2012.02.13	-211.04	23	-48.54	-259.58	
<b>Razem wartość faktury</b>	<b>1278.57</b>		<b>294.06</b>	<b>1572.63</b>	
Rozliczenie VAT	1278.57	23	294.06	1572.63	
Odsetki za nieterminowe wpłaty ( szczegóły na następnych stronach w części C )				22.30	
<b>Kwota do zapłaty</b>				<b>1594.93</b>	
			Termin płatności	<b>2012.05.07</b>	
Dokonując wpłaty na blankiecie innym niż oryginalny prosimy w polu "numer rachunku odbiorcy" wpisać 94 1240 2092 9502 0210 9979 8998 oraz w polu "tytułem" wpisać IKTRI 89 033 98 99 ( Uwaga !! Treść pola "tytułem" jest inna dla każdej faktury !)					

Faktura VAT nr 0130655515		Prognoza na okres od 2012.04.19 do 2012.06.19			
za energię elektryczną i usługę dystrybucji		miesiąc sprzedaży 2012.06			
Składowe faktury	Wartość netto	% VAT	Kwota VAT	Wartość brutto	
Energia i usługa dystrybucji ( na podstawie prognozy - szczegóły na następnych stronach w części B )	662.66	23	152.41	815.07	
<b>Razem wartość faktury</b>	<b>662.66</b>		<b>152.41</b>	<b>815.07</b>	
<b>Kwota do zapłaty</b>				<b>815.07</b>	
			Termin płatności	<b>2012.06.19</b>	
Dokonując wpłaty na blankiecie innym niż oryginalny prosimy w polu "numer rachunku odbiorcy" wpisać 94 1240 2092 9502 0210 9979 8998 oraz w polu "tytułem" wpisać IKTRI 89 033 98 99 ( Uwaga !! Treść pola "tytułem" jest inna dla każdej faktury !)					

Faktura VAT nr 0130655516		Prognoza na okres od 2012.06.19 do 2012.08.13			
za energię elektryczną i usługę dystrybucji		miesiąc sprzedaży 2012.08			
Składowe faktury	Wartość netto	% VAT	Kwota VAT	Wartość brutto	
Energia i usługa dystrybucji ( na podstawie prognozy - szczegóły na następnych stronach w części B )	599.12	23	137.79	736.91	
<b>Razem wartość faktury</b>	<b>599.12</b>		<b>137.79</b>	<b>736.91</b>	
<b>Kwota do zapłaty</b>				<b>736.91</b>	
			Termin płatności	<b>2012.08.13</b>	
Dokonując wpłaty na blankiecie innym niż oryginalny prosimy w polu "numer rachunku odbiorcy" wpisać 94 1240 2092 9502 0210 9979 8998 oraz w polu "tytułem" wpisać IKTRI 71 035 98 99 ( Uwaga !! Treść pola "tytułem" jest inna dla każdej faktury !)					

Uprzejmie informujemy, że termin płatności oznacza dzień wymaganego wpływu zapłaty na nasz rachunek bankowy (wg art. 454 §1 K.C.: przy rozliczeniach bezgotówkowych momentem spełnienia świadczenia jest dzień uznania rachunku bankowego wierzyciela)

Dokument wystawił: S.A.

Źródło: M. Dyląg

## 7. Podsumowanie

1. Kolektory słoneczne to jedna z racjonalnych metod wykorzystujących energię promieniowania słonecznego, dlatego w obecnych czasach wysiłek społeczny powinien dążyć w kierunku jej doskonalenia, chroniąc tym samym nieodnawialne surowce energetyczne.
2. Dzisiejsza, wysoko rozwinięta technika pozwala na szerokie możliwości wykorzystania energii słonecznej, jednak urzędnicy umożliwiające jej pozyskiwanie, czyli kolektory słoneczne, są na ogół bardzo drogie i nie każdy potencjalny użytkownik może pozwolić sobie na takie rozwiązanie.

3. Konstrukcja kolektora słonecznego we własnym zakresie jest o wiele tańsza, kosztuje około 300 zł, podczas gdy zakup instalacji fabrycznej to koszt rzędu nawet 8000 zł, co ważniejsze, jak wykazano w niniejszej pracy, porównywalnie efektywna. Istotna jest koncepcja i odpowiednia realizacja zamierzonego celu. Większość materiałów (ramy okienne, grzejniki panelowe, kątowniki, pompki obiegowe, ceowniki) potrzebnych do budowy kolektora można pozyskać w prosty sposób – z surowców wtórnych, oszczędzając czas i pieniądze.
4. Efektywność kolektora słonecznego budowanego sposobem gospodarczym zależy jest od wielu różnych czynników, m.in. miejsce usytuowania, połączenie, odległość kolektora od reszty instalacji, przeznaczenie kolektora czy rodzaj układu, w jakim pracuje, niemniej jednak można wspomóc jego działanie dodatkowymi systemami, tj. urządzenie ukierunkowujące kolektor w stronę Słońca, alarm dźwiękowy w przypadkach zagrożenia przegrzaniem.
5. Prosty kolektor słoneczny, jak wynika z przeprowadzonych badań i obserwacji, może zaspokoić zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową w domu jednorodzinnym.
6. Dzięki wykorzystaniu kolektora słonecznego znacznemu zmniejszeniu uległy opłaty za energię. Oszczędności, w porównaniu do okresu przed użyciem kolektora, wyniosły około 1100 zł.
7. Konserwacja kolektora gospodarczego nie sprawia większych trudności. Przede wszystkim należy pamiętać o wypuszczeniu wody z zasobnika kolektora na czas zimowy, pomalowaniu obudowy farbą ochronną czy nasmarowaniu części ruchomych kolektora. Problemu nie stanowią również ewentualne awarie, gdyż obsługa i demontaż takich kolektorów jest bardzo prosta.
8. Projekt komercyjnego kolektora słonecznego, jego budowa, testowanie i autentyczne osiągnięcia są dowodem na to, że nawet tak amatorskie i mało skomplikowane urządzenie może znacznie ułatwić życie, przynosić korzyści i nie oddziaływać negatywnie na środowisko.

## Bibliografia

1. Jastrzębska G., *Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
2. Jeleń I., *Sprawność kolektora słonecznego w badaniach i praktyce*, Czasopismo Techniczne Instal Reporter, nr 03, 2013.
3. Lis K., *Jak tanio zbudować kolektor słoneczny?*, Energia słoneczna dla każdego, Wydawnictwo Escape Magazine, Toruń 2010.
4. Neupauer K., Magiera J., *Analiza sprawności kolektorów słonecznych różnych typów*, Czasopismo Techniczne Chemia, z. 4, r. 106, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2009.
5. Wiśniewski G., Gołębiowski S., Gryciuk M., Kurowski K., Więcka A., *Kolektory słoneczne. Energia słoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle*, Dom Wydawniczy Medium, Warszawa 2008.

### **Źródła internetowe**

1. [www.darmowa-energia.eko.org.pl/pliki/prad/elektr/neuron.html](http://www.darmowa-energia.eko.org.pl/pliki/prad/elektr/neuron.html)
2. [www.poradnik.sunage.pl/kolektory-plaskie](http://www.poradnik.sunage.pl/kolektory-plaskie)
3. [www.viessmann.pl/content/dam/internet.pl/pdf\\_documents/zeszyty\\_fachowe/zeszyt-fachowysolar200907.pdf](http://www.viessmann.pl/content/dam/internet.pl/pdf_documents/zeszyty_fachowe/zeszyt-fachowysolar200907.pdf)