

ZASTOSOWANIE PŁASKICH KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH W BUDYNKU UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ

Paulina Sawicka

Politechnika Rzeszowska

Streszczenie: W niniejszej pracy przedstawiono elementy instalacji słonecznej, ich funkcje oraz zasoby promieniowania słonecznego w Rzeszowie. Zaprezentowano także przykład instalacji kolektorów słonecznych w budynku użyteczności publicznej na przykładzie akademika „Promień” Politechniki Rzeszowskiej oraz szacunkową opłacalność inwestycji.

Słowa kluczowe: zasoby promieniowania słonecznego w Rzeszowie, kolektor słoneczny, kolektor próżniowo-rurowy, instalacja słoneczna, budynek użyteczności publicznej, ekonomia zastosowania instalacji słonecznej

THE USE OF FLAT PLATE COLLECTORS IN A PUBLIC BUILDING

Abstract: In this paper, review of the solar system components and their functions and resources of solar radiation in Rzeszow. Presented an example installation of flat plate collectors in a public building on the example of the dorm “Radius” Technical University in Rzeszow and the estimated return on investment.

Keywords: solar radiation resources in Rzeszow, flat plate collectors, evacuated tube collectors, solar installation, public building business applications of solar installations

Wstęp

Instalacje słoneczne wykorzystują darmową energię promieniowania słonecznego aby wytworzyć energię ciepłą. Wytworzone w ten sposób ciepło może być wykorzystane na przykład do wspomagania instalacji ciepłej wody użytkowej. Energia słoneczna jest proekologiczna ponieważ nie pogłębia efektu cieplarnianego (skażenia tlenkami siarki i azotu) i nie wyczerpuje się w przeciwieństwie do konwencjonalnych źródeł.

1. Instalacja kolektorów słonecznych

Podstawowymi elementami każdej instalacji słonecznej ciepłej wody użytkowej są [5]:

- kolektor lub baterie kolektorów promieniowania słonecznego,
- zbiorniki magazynujące ciepłą wodę użytkową,
- układ kontrolno-sterujący,
- układ transportujący podgrzany czynnik z kolektora do zbiornika (system rurociągów pompowych, pompy, wymienniki ciepła),
- pomocniczy podgrzewacz wody,
- armatura instalacji.

Kolektory słoneczne są to urządzenia zaprojektowane do pochłaniania promieniowania słonecznego i przekazywania pozyskanej energii cieplnej do przepływającego przez nie płynu. Kolektor płaski cieczowy jest najczęściej stosowanym typem kolektora słonecznego. Ciecz w kolektorze przepływa przez rurki połączone trwale z płytą absorbera. Całość zamknięta jest w szczelnej obudowie, która z góry osłonięta jest przez transparentne przykrycie, najczęściej szkło o dużej wytrzymałości mechanicznej. Tylna część i boki absorbera są osłonięte materiałem izolacyjnym [6].

Gdy stosujemy energię promieniowania słonecznego do przygotowania ciepłej wody użytkowej zazwyczaj konieczne jest, aby magazynować ciepło. Okres promieniowania słonecznego z natężeniem, które jest odpowiednie do pracy kolektora słonecznego, nie pokrywa się z zapotrzebowaniem na ciepłą wodę użytkową. Aby zapewnić ciągłą dostawę ciepłej wody, przy maksymalnym wykorzystaniu kolektora słonecznego stosuje się zbiorniki z ciepłą wodą, które pełnią jednocześnie rolę akumulatorów ciepła [5].

Instalacja słoneczna najczęściej jest regulowana na podstawie różnicy temperatur przez pompę obiegową za pomocą regulatora. Porównuje on temperaturę czujnika na płycie absorbera w części króćca wylotowego oraz temperaturę zasobnika w pobliżu wylotu ze słonecznego wymiennika ciepła.

Gdy różnica temperatur jest 7÷10 K, regulator różnicy temperatur włącza pompę obiegową. Jeżeli różnica temperatur jest za mała, pompa zostaje wyłączona [3].

W skład armatury instalacji wchodzi: zawory bezpieczeństwa, naczynia wzbiorcze, odpowietrzniki oraz zawory zwrotne. Zawory bezpieczeństwa i naczynia wzbiorcze mają za zadanie chronić instalację przed przekroczeniem dopuszczalnego ciśnienia. Ciśnieniowe naczynie wzbiorcze wyrównuje zmiany objętości wody w instalacji spowodowane temperaturą [1].

Zawory odpowietrzające umożliwiają usunięcie z obiegu pęcherzy gazowych, które mogą wydzielić się w obiegu kolektorowym w trakcie jego eksploatacji lub napełniania instalacji. Zapowietrzona instalacja ma obniżoną wydajność ciepłą i jest narażona na przyspieszone zużycie (szczególnie pompy obiegowej). Zawory odpowietrzające umieszczone są zawsze w najwyższym punkcie instalacji dlatego wygodnie jest stosować zawory pracujące automatycznie [2].

Zawory zwrotne mają za zadanie uniemożliwienie grawitacyjnej cyrkulacji odwrotnej w godzinach nocnych. W nocy kolektor jest chłodny i gęstość czynnika obiegowego w jego wnętrzu jest większa od gęstości tego czynnika w elementach instalacji, znajdujących się wewnątrz budynku. Odwrotna cyrkulacja może doprowadzić do utraty części energii, która gromadzi się w zbiorniku magazynującym [5].

W skład systemu transportującego wchodzi rurociągi pompowe, pompy i wymienniki ciepła.

W instalacjach z kolektorami wodnymi, aby oddzielić obieg kolektora słonecznego od odbiorcy energii stosuje się wymienniki typu woda (mieszanka niezamarzająca)-woda lub rzadziej powietrze-woda. Wymiennik ciepła obniża sprawność ogólną instalacji, a w jakim stopniu, to decyduje o tym sprawność wymiennika ciepła. W instalacjach z kolektorami słonecznymi wykorzystuje się najczęściej wymienniki typu węzownica umieszczone w zasobnikach wodnych [4].

Do wymuszania obiegu medium w instalacji wykorzystuje się pompy napędzane elektrycznie. Są to konstrukcje bezdławicowe, czyli z elementami ruchomymi silnika, który jest omywany przez pompowaną ciecz. Smaruje ona jednocześnie łożyska ślizgowe i chroni komorę wirnika [2].

W większych instalacjach, ze względu na wymóg ciągłej pracy kolektora nawet w przypadku awarii pompy stosuje się zestawy co najmniej dwóch pomp cyrkulacyjnych. Można je połączyć w układy szeregowo-równoległe, co pozwala na regulację natężenia przepływu. Pompy powinny pracować w zakresie temperatur od 0°C do 100°C.

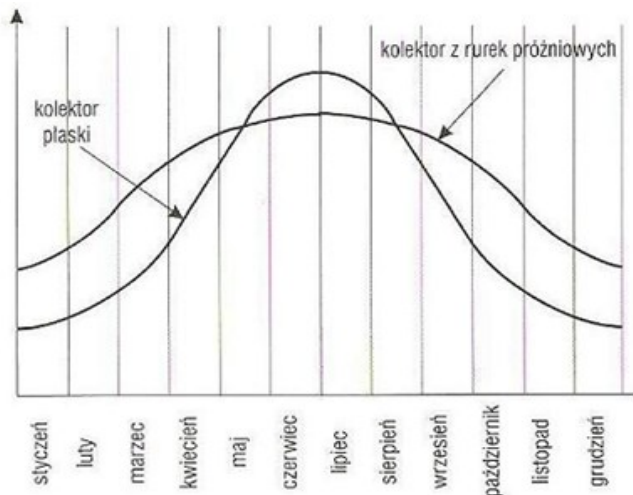
Drugim typem kolektorów słonecznych, które obecnie są najpowszechniejsze w kraju to kolektory próżniowo-rurowe [6].

Ogrzewanie płynu w rurach może odbywać się na dwa sposoby w zależności od wykonania [6]:

- poprzez kanały przepływowe z czynnikiem grzewczym, które mają postać litery U wewnątrz rury szklanej (ograniczenie płynu następuje przy jego przepływie przez rurę). Warstwa absorcyjna może być umieszczona na elementach bezpośrednio przylegających do rur przewodzących ciecz lub na zewnętrznej powierzchni wewnętrznej ścianki rury szklanej,

- poprzez zamkniętą pojedynczą rurę, nazywaną rurą ciepła (ang. *heat pipe*). Rura ciepła wypełniona jest niskowrzącą cieczą (np. freonem), który skrapla się w górnej części, oddając ciepło w kondensatorze cieczy chłodzącej.

Kolektor próżniowo-rurowy ma większą wydajność w miesiącach zimowych i wiosenno jesiennych, a jest to wynikiem lepszego odbioru promieniowania rozproszonego rys.1.

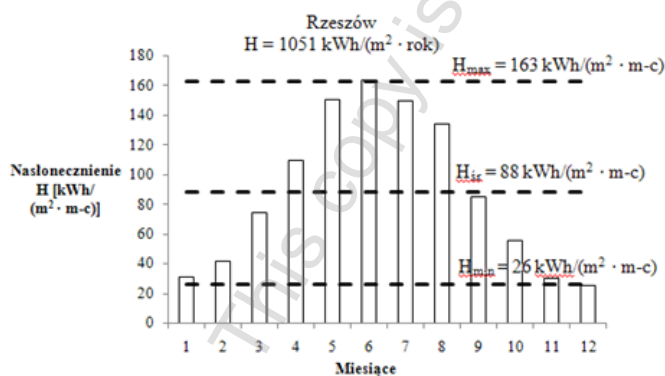


Rys. 1. Porównanie wydajności cieplnej kolektora płaskiego i próżniowo-rurowego [6]

2. Zasoby promieniowania słonecznego w Rzeszowie

Roczna suma promieniowania słonecznego w Rzeszowie na powierzchni poziomej wynosi około $1051 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{rok})$. Poszczególne miesiące bardzo różnią się pod względem ilości energii słonecznej docierającej do Ziemi. Jest to spowodowane czynnikami astronomicznymi i meteorologicznymi. Na rys. 2 przedstawiono miesięczny rozkład energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi dla Rzeszowa. Obliczono, że okres od kwietnia do września skupia aż 75% sumy całkowitego rocznego promieniowania słonecznego [$792 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{półrocze letnie})$]. Wartości nasłonecznienia w półroczu letnim są średnio 3 razy większe niż w półroczu zimowym. Udział ten dla czerwca w sumie rocznej to średnio 15%, a dla grudnia tylko 2,4%. Największa wartość dziennej sumy nasłonecznienia występuje w czerwcu – $9,11 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{d})$, a najmniejsza $0,33 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ w grudniu (tab. 1).

Usłonecznienie obejmuje w Rzeszowie tylko 17% godzin w ciągu roku co odpowiada 1542 h/rok. Najdłuższy nieprzerwany okres dopływu energii promieniowania słonecznego w ciągu doby waha się od 8 h/d w grudniu (ok. 33% doby) do 15 h/d w czerwcu (ok. 62,5% doby). Usłonecznienie w półroczu zimowym (499 h/półrocze zimowe) jest podobnie jak nasłonecznienie blisko 3 razy mniejsze niż w półroczu letnim (1542 h/półrocze letnie).

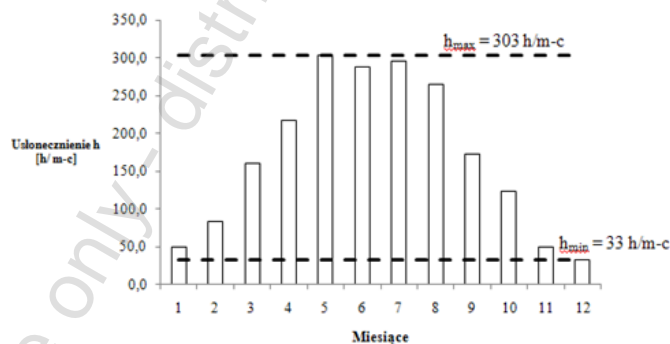


Rys. 2. Rozkład energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi dla Rzeszowa

Na rys. 3 przedstawiono rozkład usłonecznienia w ciągu roku w Rzeszowie przy natężeniu promieniowania słonecznego powyżej $200 \text{ W}/\text{m}^2$. Największe usłonecznienie występuje w maju – $303 \text{ h}/\text{m-c}$, a najmniejsze w grudniu – $33 \text{ h}/\text{m-c}$. Stanowi to odpowiednio 19% i 2,1% rocznego usłonecznienia [11].

Tabela 1. Wartości średnie, minimalne i maksymalne nasłonecznienia dobowego w poszczególnych miesiącach

Miesiące	H [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \times \text{d})$]		
	Śr.	Min.	Max.
1	1,00	0,34	2,15
2	1,49	0,46	3,62
3	2,40	0,73	5,33
4	3,66	1,20	6,91
5	4,84	1,67	8,35
6	5,44	1,87	9,11
7	4,83	1,77	7,38
8	4,33	1,22	7,79
9	2,82	1,01	6,35
10	1,86	0,53	3,31
11	1,00	0,40	2,26
12	0,82	0,33	1,95



Rys. 3. Rozkład usłonecznienia w ciągu roku w Rzeszowie, dla $J > 200 \text{ W}/\text{m}^2$

3. Opis budynku użyteczności publicznej

Przykładem budynku użyteczności publicznej, w którym zastosowano kolektory słoneczne jest Akademię „Promień” Politechniki Rzeszowskiej. Został on oddany do użytku studentów w 1972 roku [15]. Dom studencki zlokalizowany jest przy ulicy Poznańskiej w Rzeszowie. Jest on 5-cio kondygnacyjny, parter wypełnia holl z portiernią, pomieszczenia administracji oraz część wydzielona na siłownię i sklep. W piwnicy znajduje się kotłownia. Na typowym piętrze jest 26 pokoi 3-osobowych oraz pomieszczenia sanitarno-gospodarcze. Na każdym piętrze jest pralnia oraz kuchnia.

W akademiku „Promień” występuje znaczne zużycie ciepłej wody użytkowej w roku akademickim, co wynika z dużej liczby zameldowanych mieszkańców (ok. 318 osób). Rocznie jest średnio zużywane ponad $4000 \text{ m}^3 \text{ c.w.u.}$ [15]. Aby zmniejszyć duże koszty potrzebne na wytworzenie ciepła do przygotowania c.w.u. zainwestowano w instalację kolektorów słonecznych służącą do wspomaganie instalacji centralnej ciepłej wody użytkowej w istniejącym węzle c.w.u. Została ona uruchomiona w styczniu 2010 roku [15].

4. Opis instalacji kolektorów słonecznych

Na dachu akademika mieszczą się 4 zespoły baterii kolektorów słonecznych po 5 kolektorów w każdym, połączone systemem rurociągów. Są to kolektory typu Hewalex KS 2000SP [10]. Baterie ustawione są na południe i nachylone pod kątem 45° względem płaszczyzny poziomej. Aby zrównoważyć opory przepływu czynnika w poszczególnych bateriach kolektorów za rozdzielaczami znajdują się zawory regulacyjne.

Energia cieplna z kolektorów dostarczana jest do pomieszczenia węzła, gdzie znajdują się 3 pojemnościowe podgrzewacze c.w.u. Reflex typu SF 750 [12] pracujące w układzie Tichelmana.

Podgrzana w pojemnościowych podgrzewaczach woda zasila istniejący w węźle zespół 4 wymienników JAD3/18 i w zależności od temperatury dostarczonej z podgrzewaczy wody zostaje dogrzana do docelowej temperatury i następnie zakumulowana w zasobnikach, które także znajdują się w pomieszczeniu węzła.

Jeżeli nie ma rozbioru c.w.u. oraz gdy temperatura wody jest wyższa niż 60°C, a temperatura cieczy w kolektorach wzrośnie powyżej 110°C następuje przyłączenie zaworu trójdrogowego VRB – 3 DN25 z siłownikiem AMV 15 Danfoss [7] i włączony zostanie obwód przez chłodnicę glikolu. Następuje uruchomienie chłodnicy oraz schłodzenie cieczy grzewczej kolektorów.

Aby zapobiec rozwojowi bakterii Legionelli w każdym pojemnościowym podgrzewaczu c.w.u. znajduje się grzałka elektryczna o mocy 4,5 kW, która powoduje przegrzanie wody do temperatury + 75°C przez czas co najmniej 5 minut. Zgodnie z zaleceniem przeciwdziałania Legionellozie przegrzew wody w pojemnościowych podgrzewaczach c.w.u. odbywa się z częstotliwością 1 raz na 3 doby.

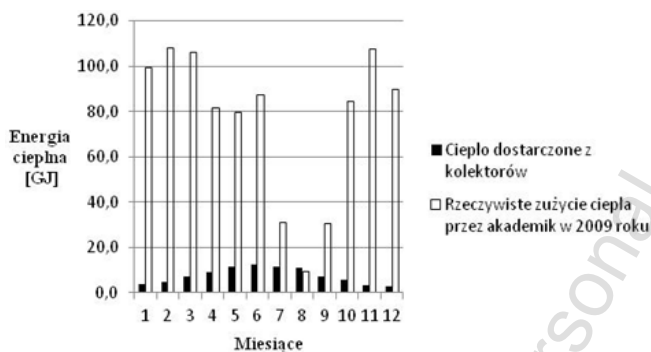
Pracą instalacji steruje sterownik RX-910 Solar WC – NG1 produkcji Frisko Wrocław. Sterownik jest zainstalowany w specjalnym cokole montażowym RX BAZA [9] do którego podłączone są wszystkie przewody czujnikowe i zasilające.

5. Energia uzyskana z kolektorów słonecznych

Na podstawie danych eksploatacyjnych zużycia ciepła z 2009 roku oraz obliczonej energii uzyskanej z kolektorów słonecznych przeprowadzono analizę ekonomiczną pracy omawianej instalacji słonecznej. W obliczeniach wzięto pod uwagę napromieniowanie miesięczne (uwzględniając położenie kolektorów), łączną powierzchnię absorberów ($A = 36,2 \text{ m}^2$) oraz ogólną sprawność systemu (przyjęto $n = 0,6$).

Energia cieplna Q_m z użytkowania instalacji słonecznej dla stycznia:

$$Q_m = 46,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{m-c}) \times 36,2 \text{ m}^2 \times 0,6 = 675,49 \text{ kWh} = 3,67$$



Rys. 4. Porównanie teoretycznej energii uzyskanej z kolektorów słonecznych z rzeczywistym zapotrzebowaniem na ciepło z 2009 roku

Tabela 2. Stopień pokrycia zapotrzebowania w poszczególnych miesiącach

Miesiąc	Liczba mieszkańców akademika z 2009 roku [9]	Energia dostarczona z kolektorów [GJ]	Rzeczywiste zużycie ciepła w akademiku z 2009 roku [GJ]	Stopień pokrycia zapotrzebowania na ciepło [%]
1	318	3,7	99,3	3,7
2	318	4,5	108,2	4,2
3	318	6,9	106,2	6,5
4	318	9,3	81,4	11,4
5	318	11,6	79,5	14,6
6	306	12,3	87,3	14,1
7	70	11,5	31,2	36,8
8	70	10,9	9,4	100
9	70	7,4	30,4	24,3
10	318	5,5	84,6	6,5
11	318	3,4	107,3	3,2
12	318	3,0	89,7	3,3

Na rys. 4 przedstawiono teoretyczną obliczoną energię uzyskaną z kolektorów słonecznych w porównaniu z rzeczywistym zapotrzebowaniem na ciepło z 2009 roku.

Obliczono stopień pokrycia zapotrzebowania dla każdego miesiąca (tab. 2). Instalacja słoneczna w akademiku „Promień” składająca się z 20 kolektorów słonecznych pokrywa średnio 9,8% zapotrzebowania na ciepło do celów przygotowania c.w.u. w ciągu roku. Z analizy danych wynika, że w sierpniu występuje całkowite pokrycie zapotrzebowania. W miesiącach letnich liczba studentów spada, z uwagi na przerwę wakacyjną, a co za tym idzie maleje zużycie ciepłej wody użytkowej. W 2009 roku teoretycznie około 1,5 GJ zostałyby utracone i dodatkowo zużyta byłaby energia elektryczna na pracę chłodnicy, aby schłodzić ciecz grzewczą kolektorów.

6. Analiza ekonomiczna

Przeprowadzono prostą analizę ekonomiczną zastosowania kolektorów słonecznych w domu studenckim „Promień”.

Roczna energia cieplna Q_r z użytkowania instalacji słonecznej:
 $Q_r = 1151 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{m-c}) \times 36,2 \text{ m}^2 \times 0,6 = 24999,72 \text{ kWh} = 90,04 \text{ GJ}$

Koszt brutto K_b zakupu ciepła z elektrociepłowni celem uzyskania tej samej ilości ciepła (cena ciepła z 2012 roku $C_{zc} = 69,48 \text{ zł}/\text{GJ}$ [8]):

$$K_b = 90,04 \times 69,48 = 6225,97 \text{ zł/rok}$$

Projekt, zakup i wykonanie instalacji słonecznej dało kwotę 126 233 zł. Koszty eksploatacji instalacji słonecznej wynoszą ok. 500 zł rocznie (energia elektryczna pracy chłodnicy glikolu i pomp oraz uzupełnienia glikolu propylenowego) [15].

Okres zwrotu instalacji:

$$Z = 126\,233 \text{ zł}/6225,97 \text{ zł} = 20,2 \text{ lat}$$

Analiza ekonomiczna wykazała stosunkowo długi czas zwrotu kosztów inwestycyjnych poniesionych na wykonanie instalacji słonecznej w akademiku „Promień”. Okres poniesionych nakładów zwróci się po ok. 20 latach.

Zywotność kolektorów słonecznych wynosi około 20 lat [13]. W obliczeniach pominięto jednak fakt, że ceny energii będą sukcesywnie rosły co przyczyni się do wzrostu opłacalności.

Dużo korzystniejszym rozwiązaniem byłoby zakupienie kolektorów próżniowo-rurowych, które mają większą wydajność w miesiącach zimowych i wiosenno jesiennych, czyli w tym okresie gdzie liczba studentów jest maksymalna.

Literatura

- [1] Albers J.: *Systemy centralnego ogrzewania i wentylacji*. Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa 2007.
- [2] Chochowski A.: *Słoneczne instalacje grzewcze. Centralny ośrodek informacji budownictwa*, Warszawa 1999.
- [3] Gogół W.: *Konwersja termiczna energii promieniowania słonecznego w warunkach krajowych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993.
- [4] Nowicki J.: *Promieniowanie słoneczne jako źródło energii*. Arkady, Warszawa 1980.
- [5] Pluta Z.: *Podstawy teoretyczne fototermicznej konwersji energii słonecznej*. Oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Warszawa 2006.
- [6] Wiśniewski G.: *Kolektory słoneczne. Energia słoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle*. Medium. Dom Wydawczy, Warszawa 2008.
- [7] www.danfoss.com
- [8] www.ecrzeszow.pgegiek.pl
- [9] www.frisko.com.pl
- [10] www.hewalex.pl
- [11] www.mi.gov.pl
- [12] www.reflex.pl
- [13] www.turbosolar.pl
- [14] Administracja akademika „Promień” Politechniki Rzeszowskiej
- [15] Zakład Techniczny – Politechnika Rzeszowska

Mgr inż. Paulina Sawicka

e-mail: sawicka61@wp.pl

Absolwentka Politechniki Rzeszowskiej, Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska (2011). Praca dyplomowa realizowana w zakładzie Ciepłownictwa i Klimatyzacji.

