

WSPOMAGANIE OGRZEWANIA TUNELU FOLIOWEGO ENERGIĄ PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO

Hubert Latała

Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

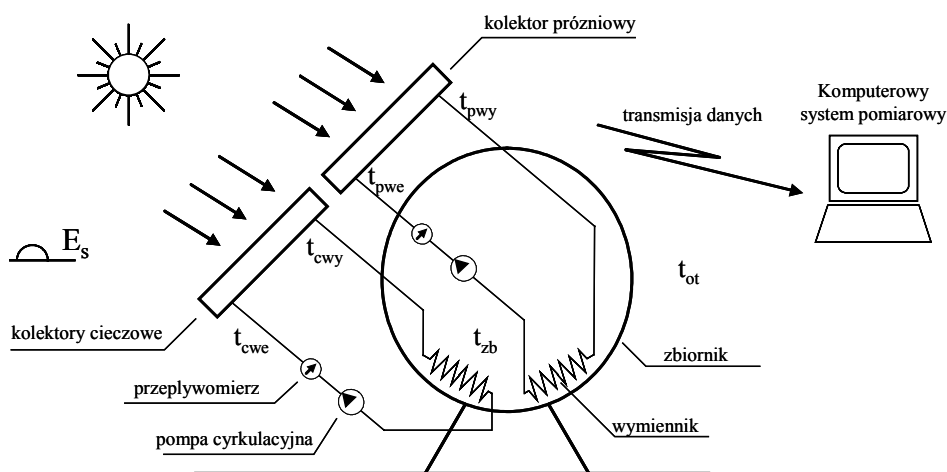
Streszczenie. W pracy przedstawiono potencjalne możliwości wspomagania tradycyjnego układu grzewczego ciepłem pozyskanym na drodze konwersji promieniowania słonecznego. Badania przeprowadzono w doświadczalnym tunelu foliowym wyposażonym w tradycyjny układ grzewczy, który zasilany był również ciepłą wodą pochodzącą ze zbiornika akumulacyjnego. Zbiornik ten podgrzewany był za pomocą zespołu kolektorów: - cieczowych o powierzchni całkowitej 8 m² i próżniowego o powierzchni 4,3 m². Na podstawie danych eksperymentalnych zebranych w miesiącach: wrzesień, październik i listopad określono w jakim stopniu energia promieniowania słonecznego może uzupełnić zapotrzebowanie na ciepło w tunelu foliowym.

Słowa kluczowe: energia słoneczna, kolektory słoneczne, układ grzewczy

Wstęp

Troska o środowisko naturalne z jednej strony oraz zaspakajanie potrzeb ludzkości z drugiej strony, stawiają wyzwania dotyczące racjonalnego wykorzystywania źródeł energii. Stymuluje to poszukiwanie rozwiązań, które były by w stanie wykorzystać energię ze źródeł odnawialnych. Jednym z nich jest energia promieniowania słonecznego, która na drodze konwersji w kolektorach słonecznych zamieniana jest na ciepło. Dobowa cykliczność tego zjawiska jak i stosunkowo proste instalacje nie wymagające stosowania drogich i zaawansowanych technologii sprzyjają wykorzystaniu tego procesu, głównie do przygotowania ciepłej wody użytkowej [Pluta 2003]. Jednak ciepło pozyskane z energii promieniowania słonecznego można z powodzeniem wykorzystać również do celów grzewczych w obiektach pod osłonami. Zagadnieniami tymi zajmowali się między innymi Hamdan i in. [1992] oraz Garcia i in. [1998] wykazując wymierne korzyści z obniżenia zużycia paliw kopalnych, a przez to ograniczenie emisji substancji szkodliwych do otoczenia.

Oszczędności energetyczne wynikające ze stosowania systemów solarnych wspomagających ogrzewanie według Tür i in. [2006] mogą zależnie od warunków klimatycznych osiągnąć nawet 39%. W związku z tym podjęto próbę określenia potencjalnych możliwości wykorzystania ciepła pochodzącego z konwersji promieniowania słonecznego do wspomaganie ogrzewania tunelu foliowego. Ciepło zgromadzone w akumulatorze wodnym było wykorzystywane do utrzymania zadanej temperatury powietrza wewnątrz obiektu. Badania eksperymentalne wykonano w okresie od września do listopada włącznie. W czasie prowadzonego eksperymentu monitorowano parametry, które przedstawiono schematycznie na (rys. 1).



Rys. 1. Schemat ideowy systemu konwersji promieniowania słonecznego
 Fig. 1. Schematic diagram of a solar radiation conversion system

Material i metoda

Badania doświadczalne przeprowadzono w obiekcie zlokalizowanym na terenie Wydziału Agrotechnologii Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. System konwersji promieniowania słonecznego stanowiły dwa niezależnie pracujące układy kolektorów słonecznych. Pierwszy składał się z kolektora próżniowego (30 rur próżniowych), a drugi składał się z zespołu 4 połączonych szeregowo płaskich kolektorów cieczowych. Powierzchnie tych kolektorów wynosiły odpowiednio 4,3 m² i 8 m². Ciepło z kolektorów przekazywane było do akumulatora wodnego przez wymienniki wykonane z rurek miedzianych w kształcie węzownic. W układzie kolektorów znajdował się płyn niezamarzający – glikol.

Aparatura kontrolno-pomiarowa wraz z Komputerowym Systemem Pomiarowym umożliwiała monitoring (w przedziałach 30 sekundowych) parametrów klimatu wewnątrz jak i na zewnątrz doświadczalnego obiektu (temperatura powietrza, natężenie promieniowania słonecznego oraz prędkość wiatru). Ponadto System Pomiarowy sterował pracą pomp obiegowych w kolektorach słonecznych i w systemie grzewczym umiejscowionym w tunelu foliowym.

Poszczególne składowe bilansu ciepła rozważanego systemu (zbiornik magazynujący, ciepło dostarczone do wnętrza obiektu, zapotrzebowanie ciepła przez obiekt) dla różniczkowego czasu $d\tau$ obliczono z następujących zależności (suma dla przedziałów pomiarowych):

- ilość ciepła (Q_u) dostarczonego z kolektorów słonecznych

$$dQ_u = \sum_{i=1}^n m_g \cdot c_g (t_{wy} - t_{we}) d\tau \quad (1)$$

- ilość ciepła zmagazynowanego w zbiorniku (Q_{zb})

$$dQ_{zb} = \sum_{i=1}^n v_w \cdot c_w \cdot \rho_w dt_{zb} \quad (2)$$

- zapotrzebowanie ciepła (Q_z) przez ogrzewany obiekt

$$dQ_z = \sum_{i=1}^n k_{ost} \cdot F_{ost} (t^* - t_{ot}) \cdot d\tau \quad (3)$$

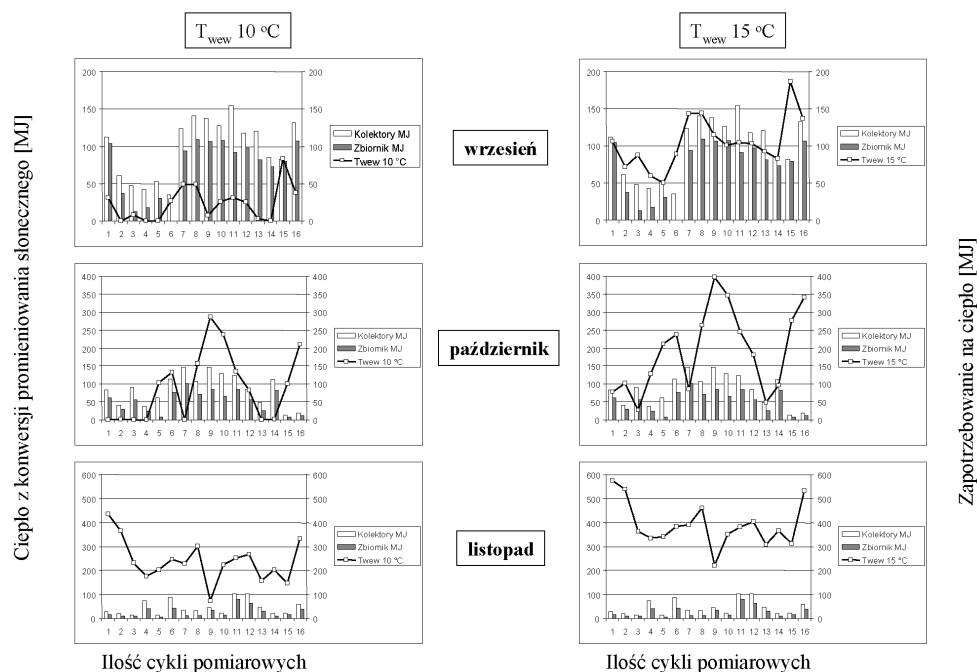
gdzie:

- n – ilość przedziałów czasowych,
- v_w – objętość wody w zbiorniku akumulacyjnym [m^3],
- c_w, c_g – ciepło właściwe wody (c_w) i glikolu (c_g) [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$],
- m_g – jednostkowe natężenie przepływu czynnika grzewczego w kolektorach [$kg \cdot s^{-1}$],
- ρ_w – gęstość wody [$kg \cdot m^{-3}$],
- $t_{zb}, t_{we}, t_{wy}, t^*, t_{ot}$ – temperatura odpowiednio: wody w zbiorniku (t_{zb}), glikolu na wejściu (t_{we}) i wyjściu z kolektora (t_{wy}), powietrza, wymagana w obiekcie (t^*), otoczenia (t_{ot}) [$^{\circ}C$],
- k_{ost} – współczynnik przenikania ciepła przez osłonę obiektu [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$],
- F_{ost} – powierzchnia osłony obiektu m^2 . Wartość współczynnika przenikania ciepła k przyjęto na podstawie pracy [Kurpaska 2004].

Wyniki i dyskusja

Badania przeprowadzono w okresie trzech jesiennych miesięcy w cyklach dobowych. Okres takiego cyklu podzielono na dwie części: pierwsza obejmowała czas, w którym pracowały kolektory słoneczne (gromadzenie ciepła w akumulatorze wodnym), natomiast druga część cyklu dotyczyła czasu, w którym zgromadzone ciepło mogło zostać wykorzystane do utrzymania ustalonej temperatury wewnątrz obiektu (rozładowanie akumulatora wodnego). Czas trwania części w cyklach pomiarowych zmieniał się w zależności od okresu pracy kolektorów słonecznych. Najdłuższy czas gromadzenia ciepła w akumulatorze wodnym wyniósł 9,9 godziny i fakt ten zanotowano we wrześniu. Najkrótszy czas gromadzenia ciepła zanotowano w listopadzie i trwał jedynie 0,4 godziny. Po wstępnym przeanalizowaniu danych wybrano po 16 cykli z każdego miesiąca. Na rysunku 2 przedstawiono dla poszczególnych cykli pomiarowych wartości ciepła użytecznego dostępnego z konwersji promieniowania słonecznego, ilość ciepła zgromadzonego w akumulatorze wodnym oraz zapotrzebowanie na ciepło przez badany obiekt doświadczalny. Potrzeby cieplne tunelu foliowego określono przy założonych arbitralnie wartościach temperatury wewnątrz obiektu (10 oraz 15 $^{\circ}C$) w funkcji temperatury zewnętrznej podczas wykonywanego ekspe-

rymentu. W miesiącu wrześniu średnia ilość ciepła dostępnego z akumulatora wodnego, zależnie od warunków solarnych i termicznych otoczenia i utrzymania temperatury



Rys. 2. Ciepło użyteczne kolektorów słonecznych, ciepło zgromadzone w akumulatorze wodnym oraz zapotrzebowanie na ciepło przez tunel foliowy dla wybranych cykli pomiarowych

Fig. 2. Usable heat of solar collectors, heat accumulated in a water accumulator, and heat demand of a foil tunnel for selected measurement cycles

wewnątrz na poziomie $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, przewyższała 3 krotnie potrzeby energetyczne obiektu doświadczalnego. Natomiast zapewnienie warunków termicznych w obiekcie badawczym na poziomie $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ przez system solarny było możliwe jedynie w 68% (tabela 1). Przeprowadzając analogiczną analizę dla miesiąca października wspomagający układ grzewczy był w stanie pokryć wymagania cieplne obiektu badawczego w około 46% dla temperatury wewnętrznej $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ i w 21% dla temperatury $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tabela 1). Obniżenie wydajności układu solarnego w październiku w porównaniu do września spowodowane było zmniejszeniem się średnio o 14% ilości ciepła użytecznego dostępnego z kolektorów. Ponadto zewnętrzne warunki klimatyczne wpłynęły również na zapotrzebowanie na ciepło i zdolność magazynowania ciepła w akumulatorze wodnym. Ilość zmagazynowanego ciepła była średnio o 25% niższa w porównaniu do września. Najmniejszą efektywność system wspomagający miał w miesiącu listopadzie. Przede wszystkim ilość ciepła użytecznego z kolektorów spadła o ponad 115% w porównaniu do września, a zdolność zgromadzenia ciepła spadła o 165%. W związku z tym udział systemu wspomagającego ogrzewanie tunelu foliowego

Wspomaganie ogrzewania tunelu...

w tym okresie kształtował się jedynie na poziomie 9 i 6% odpowiednio do przyjętych temperatur wewnątrz obiektu.

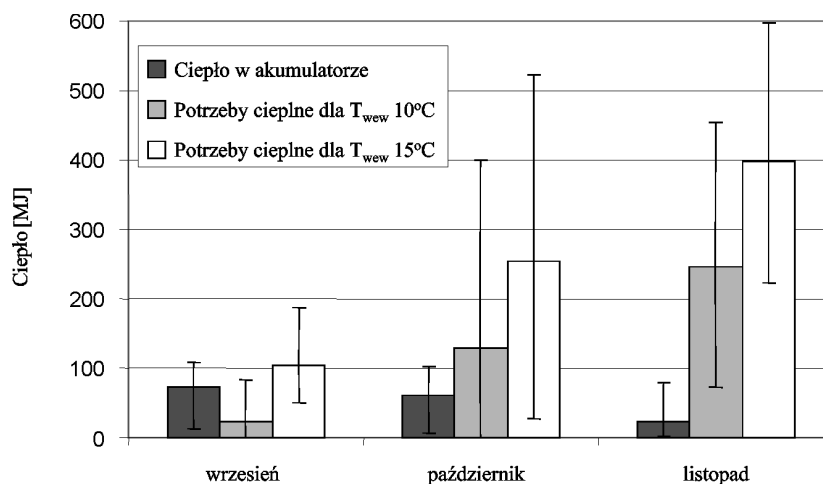
Tabela 1. Średnie wartości procentowe udziału ciepła pochodzącego z systemu solarnego w stosunku do potrzeb grzewczych tunelu foliowego [%]

Table 1. Average percent values for the share of heat originating from the solar system in relation to foil tunnel heating needs [%]

	$T_{wew} 10^{\circ}C$	$T_{wew} 15^{\circ}C$
Wrzesień	308	68
Październik	46	21
Listopad	9	6

Źródło: obliczenia własne autora

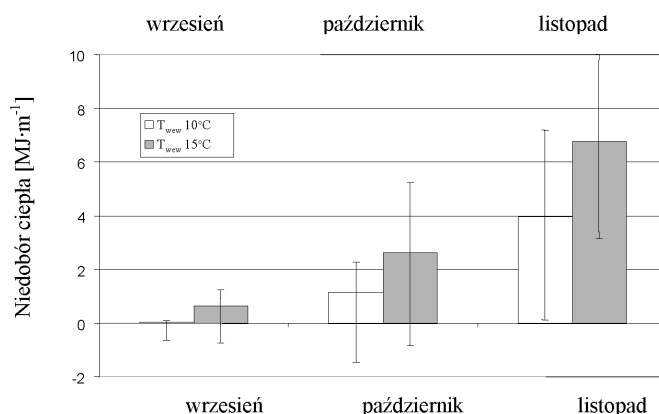
Na rysunku 3 zestawiono ilości ciepła zmagazynowane w akumulatorze wodnym z potrzebami cieplnymi tunelu foliowego, w którym temperaturę powietrza należało by utrzymać na poziomie 10 i 15°C. Zasoby ciepłe analizowanego systemu magazynowania zmieniły się w zależności od warunków klimatycznych i ulegały stałemu zmniejszaniu ze względu na krótszy czas ekspozycji i zmniejszające się natężenie promieniowania słonecznego. Rosło natomiast zapotrzebowanie na ciepło, dwukrotnie pomiędzy kolejnymi miesiącami, wynikające przede wszystkim z niższych temperatur otoczenia jak i czasu ich trwania.



Rys. 3. Zestawienie średnich wartości ciepła zgromadzonego w akumulatorze wodnym z potrzebami cieplnymi tunelu foliowego dla utrzymania wewnętrznej temperatury powietrza na poziomie 10 i 15°C w badanych miesiącach

Fig. 3. The list of average values of heat accumulated in a water accumulator compared to thermal needs of a foil tunnel to maintain inside air temperature at the level of 10 and 15°C during the months of the research

System wspomagający ogrzewanie tunelu foliowego nie był w stanie generalnie zapewnić wymaganej ilości ciepła potrzebnego do utrzymania zadanej temperatury wewnątrz obiektu (rys. 4.). Największe średnie wartości niedoborów ciepła, ze względu na wydajność systemu solarnego, zanotowano w listopadzie. Kształtowały się one, w zależności od temperatury wewnątrz obiektu, na średnim poziomie w zakresie od 3,9 do 6,8 MJ·m⁻². Mniejsze wartości braków ciepła były w październiku i wynosiły odpowiednio 1,1 i 2,6 MJ·m⁻². Jedynie we wrześniu analizowany system, dla utrzymania temperatury wewnątrz obiektu na poziomie 10°C, mógł zapewnić potrzebną ilość ciepła. We wrześniu jak i październiku zaobserwowano okresy, w których układ wspomagający mógł z zapasem zapewnić potrzeby cieplne tunelu foliowego. Dla całkowitego pokrycia strat ciepłych obiektu doświadczalnego, przez system wspomagający, należałoby zwiększyć powierzchnię absorpcyjną kolektorów około 9-krotnie w miesiącu październiku i 15-krotnie w miesiącu listopadzie.



Rys. 4. Średnie, jednostkowe wartości niedoborów ciepła wynikające z utrzymania zadanych wartości temperatury wewnątrz tunelu

Fig.4. Average unit values of heat deficiency due to the need to maintain preset temperature values inside the tunnel

Wnioski

1. System wspomagający ogrzewanie tunelu foliowego nie był w stanie generalnie zapewnić wymaganej ilości ciepła potrzebnego do utrzymania zadanej temperatury wewnątrz obiektu. Jedynie we wrześniu analizowany system, dla utrzymania temperatury wewnątrz obiektu na poziomie 10°C, mógł zapewnić potrzebną ilość ciepła.
2. Największe niedobory ciepła, ze względu na wydajność systemu solarnego, zanotowano w listopadzie. Wartości te kształtowały się na średnim poziomie w zakresie od 3,9 do 6,8 MJ·m⁻².
3. System kolektorów słonecznych, dla utrzymania zadanych temperatur powietrza wewnątrz obiektu, jako uzupełniające źródło ciepła może w sposób zadowalający pracować we wrześniu i październiku. W listopadzie udział systemu uzupełniającego nie przekroczył 9%.

4. Pokrycie potrzeb cieplnych tunelu foliowego w miesiącu październiku wymagałoby 9-krotnego zwiększenia powierzchni kolektorów, a w listopadzie odpowiednio 15-krotnego zwiększenia.

Pracę wykonano w ramach realizacji projektu badawczego Nr 2 P06R 098 29.

Bibliografia

- Garcia J.L., De la Plaza S., Navas L.M., Benavente R.M., Luna L.** 1998. Evaluation of the Feasibility of Alternative Energy Sources for Greenhouse Heating. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 69(2). s. 107-114.
- Hamdan M.A., Al-Sayeh A.I., Jubran B.A.** 1992. Solar hybrid heating systems for greenhouses. *Applied Energy*. 41(4). s. 251-264.
- Kurpaska S. (red.)** 2004. Funkcjonalność zintegrowanego systemu grzewczego w ogrzewanych tunelach foliowych. Kraków. PTIR. ISBN 83-917053-1-5.
- Pluta Z.** 2003. Słoneczne instalacje energetyczne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa. ISBN 83-7207-229-9.
- Tür A., Furbo S., Shah L.J.** 2006. Energy savings for solar heating systems. *Solar Energy*. 80. s. 1463-1474.

SUPPORTING FOIL TUNNEL HEATING WITH SOLAR RADIATION ENERGY

Abstract. The paper presents potential ways to support conventional heating systems with heat acquired through solar radiation conversion. The tests were performed in an experimental foil tunnel equipped with conventional heating system, also supplied with hot water from an accumulation tank. The tank was heated up by a set of collectors: - liquid ones with total area of 8 m² and a vacuum one with the area of 4.3 m². Experimental data collected in September, October and November gave grounds to determine the degree, in which solar radiation energy may make up heat demanded by a foil tunnel.

Key words: solar energy, solar collectors, heating system

Adres korespondencyjny:

Hubert Latała; e-mail: rllatała@cyf-kr.edu.pl
Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków