

STANOWISKO DO ANALIZY PRACY POMP CIEPŁA WYKORZYSTYWANYCH DO OGRZEWANIA TUNELI FOLIOWYCH

Sławomir Kurpaska, Maciej Sporysz

Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki, Akademia Rolnicza w Krakowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyposażenie stanowiska, które będzie służyło do przeanalizowania pracy pomp ciepła wykorzystywanych do ogrzewania tuneli foliowych. Obiekt ten jest zlokalizowany na terenie Wydziału Agrotechnologii Akademii Rolniczej w Krakowie. Obiekt wyposażony jest w zarówno w wymienniki poziome jak i pionowe (dolne źródło ciepła) oraz sprężarkową pompę ciepła.

Słowa kluczowe: tunel foliowy, ogrzewanie, pompa ciepła, pionowy, poziomy wymiennik ciepła

Wstęp

Obecnie na świecie głównym źródłem energii cieplnej są procesy spalania paliw. Najczęściej stosowanymi paliwami w produkcji ciepła są paliwa stałe (węgiel kamienny i brunatny) oraz płynne (olej opałowy i gaz). Jednak ekspansywny rozwój naszej cywilizacji w końcu XX i na początku obecnego wieku spowodował realną groźbę wyczerpania się konwencjonalnych źródeł energii. Zakładając stałe zużycie surowców naturalnych na obecnym poziomie, określa się iż okres eksploatacji złóż nie przekroczy odpowiednio: 200 lat dla węgla, 150 dla gazu, 100 dla ropy naftowej [Lewandowski 2001]. Jeszcze większym zagrożeniem dla ludzkości jest skażenie środowiska produktami spalania takimi jak tlenki siarki, węgla i azotu itp. Szkodliwe bardzo drobne pyły są przyczyną schorzeń dróg oddechowych ludzi i zwierząt, wpływają negatywnie na roślinność, kwaśne deszcze zaś wyniszczają glebę i zasoby leśne. Stale rosnące ceny tradycyjnych paliw sprawiają, iż niekonwencjonalne źródła energii stają się korzystniejszą opcją nie tylko ze względu na wartości ekologiczne, ale także są uzasadnione ekonomicznie. Otrzymanie energii ze źródeł odnawialnych zdecydowanie staje się więc koniecznością uzasadnioną zarówno ze względów energetycznych jak i ekologicznych. Jak na razie największym problem w powszechnym zastosowaniu naturalnych źródeł ciepła są koszty instalacji. Pomimo, że potencjał odnawialnych źródeł energii w Polsce szacowano na 60-90% zapotrzebowania na energię w 1997 roku [Wójcik, 2001], to jednak energia odnawialna, jak na razie, wykorzystywana jest w niewielkim stopniu. Jej udział w zużyciu energii pierwotnej w naszym kraju wynosi około 2,5%, podczas gdy w krajach Unii Europejskiej – 6% [Karpińska, 2000]. Sytuacja może ulec zmianie dzięki powstaniu nowych rozwiązań technicznych poprawiających efektywność urządzeń, a także obniżające ich cenę. Obecnie wiele światowych ośrodków

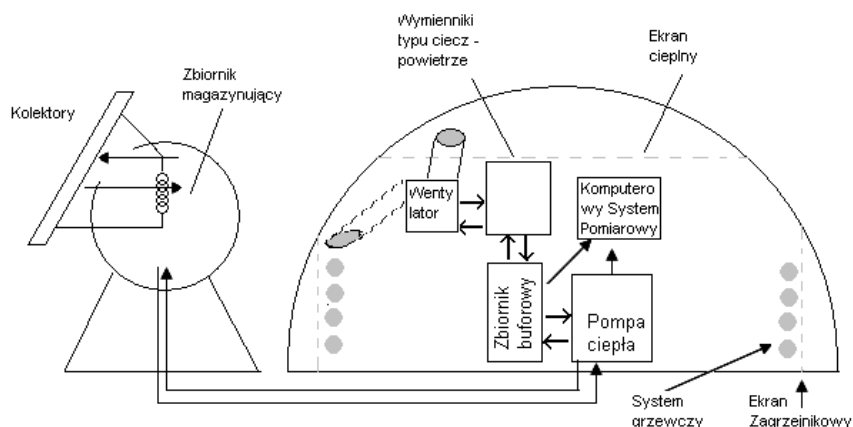
badawczych prowadzi prace nad wykorzystaniem „zielonej energii”. Badania te idą w różnych kierunkach. Można tutaj wyróżnić prace związane z wykorzystaniem energii wiatru [Joselin Herbert i in. 2006] energią pozyskiwaną z biomasy [Smeets i in. 2006], czy też wykorzystaniem energii geotermalnej (dla warunków Polski południowej [Bujakowski i Barbacki 2003]). Znaczącą rolę odgrywają prace związane z wykorzystaniem pomp ciepła. Pompy te umożliwiają wykorzystanie niskotemperaturowych źródeł energii zawartych w powietrzu, wodzie czy gruncie. Przyczyniają się zarówno do oszczędności energii, ale również nie stanowią zagrożenia dla środowiska naturalnego. Ponadto nie wymagają obsługi, eliminują zagrożenie pożarowe i są niezawodne w działaniu. Szacuje się, że w 2003 roku na świecie zainstalowane było 60 milionów pomp ciepła, z czego 7,5% uzyskanej energii wykorzystywane było do ogrzewania obiektów szklarniowych [Fic i in. 2003, Lund i in. 2005]. Tak wysoki odsetek spowodowany jest wysokimi nakładami na ogrzewanie w produkcji szklarniowej. Szacuje się, że zapewnienie odpowiedniej temperatury w uprawach pod osłonami pochłania 50-80% ogólnych nakładów produkcyjnych [Rutkowski i Borec 2001]. W literaturze można znaleźć szereg prac na temat wykorzystania pomp ciepła w szklarniach; między innymi analizę związaną z doborem sprężarkowej pompy ciepła do ogrzewania tunelu foliowego przedstawiono w pracy [Kurpaska 2006]. Część prac poddaje analizie zastosowanie gruntowych wymienników ciepła - teoretyczne wydajności poziomego gruntowego wymiennika ciepła współpracującego ze sprężarkową pompą ciepła analizowali [Kurpaska i in. 2006]. Porównanie wydajności cieplnej pionowych i poziomych wymienników ciepła dla warunków Republiki Południowej Afryki przedstawili [Petit i Meyer 1998]. Analizę zintegrowanego systemu wykorzystania energii odnawialnej (pompa ciepła skojarzona z kolektorami słonecznymi) przedstawiono w pracy [Ozgener i Hepbasli 2005]. Problematyka stosowania pomp ciepła w systemach grzewczych jest obecnie intensywnym zagadnieniem badawczym. Jednak wiele prac dotyczy odmiennych stref klimatycznych niż warunki Polski. Stąd, otrzymane więc wyniki nie można bezkrytycznie przenosić na krajowe warunki.

Materiał i metoda

W celu zanalizowania pracy pomp ciepła wykorzystywanych do ogrzewania tuneli foliowych wykorzystano obiekt doświadczalny znajdujący się na terenie Wydziału Agrotechnologii Akademii Rolniczej w Krakowie. Tunel pokryty jest folią polietylenową, zaś jego część (ściany czołowe) wykonano z płyt poliwęglanowych. Łączna powierzchnia przewodów grzewczych to około 18,5 m². Do podgrzewania wody wykorzystano grzałkę o mocy 9 kW. Obiekt posiada pompę ciepła o mocy grzewczej 9,7 kW oraz jest wyposażony w system automatycznego zbierania i archiwizacji danych. Z jego pomocą możliwy jest dyskretny pomiar i archiwizacja następujących parametrów: temperatury otoczenia, temperatury wody grzejnej, stanu pracy grzałki, prędkości wiatru, natężenia promieniowania słonecznego itp. Częstotliwość pomiarów ustalona była na poziomie 30 sekund [Kurpaska i in. 2004].

Górnym źródłem ciepła (rys. 1) w systemie odbioru ciepła są dwa wymienniki typu ciecz – powietrze. W wymiennikach krąży ciepła woda podgrzana wcześniej w zbiorniku buforowym. Na skutek wymuszonego przepływu podgrzane powietrze jest doprowadzane poprzez wymiennik do wnętrza obiektu za pomocą perforowanych przewodów. Jako dolne źródło ciepła wykorzystywany był grunt. Ciepło pobierane było za pomocą wymienników

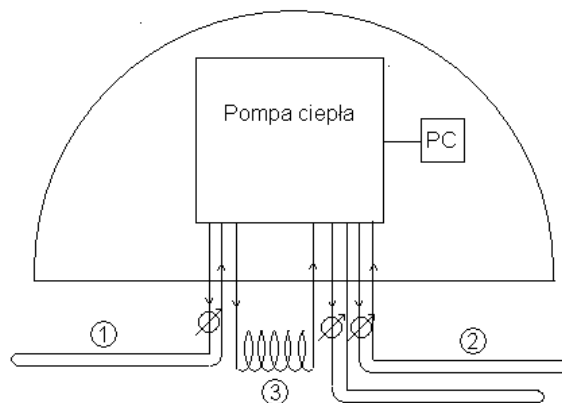
(poziomych i pionowych) i przekazywane do parownika pompy ciepła za pośrednictwem wodnego roztworu glikolu. Jako dodatkowe źródło energii zastosowano kolektory słoneczne. Energia zgmagazynowana w zbiorniku magazynującym dostarczana jest poprzez wymiennik do parownika, który stanowi układ bivalentny dolnego źródła ciepła.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego
 Fig. 1. Measurement setup diagram

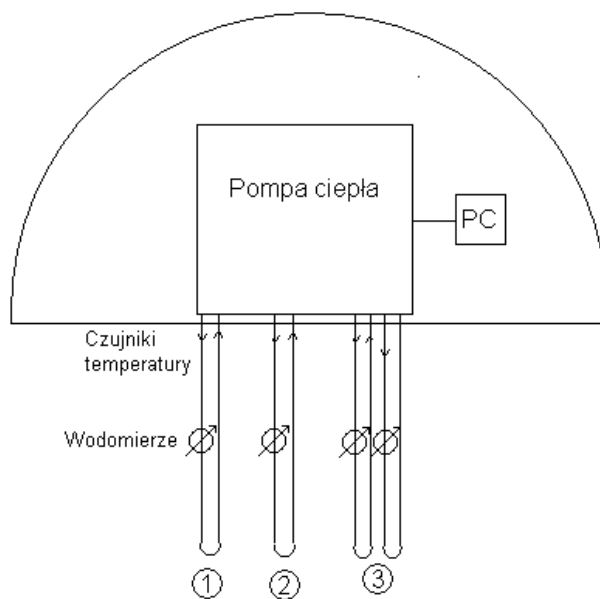
Poziome wymienniki ciepła (rys. 2) zainstalowane zostały w trzech konfiguracjach, pojedynczej szeregowej ($h=1,75$ m), podwójnej równoległej ($h=1,5$ m oraz $h=2,3$ m) oraz spiralnej ($h=1,7$ m). Na tych głębokościach akumulowana jest w sposób naturalny energia cieplna pochodząca z energii słonecznej i wymiany ciepła z atmosferą. Temperatura gruntu zmienia się sinusoidalnie zgodnie z przebiegiem wahań temperatury powietrza. Zauważalne przesunięcie przebiegu zmian temperatury gruntu w stosunku do temperatury powietrza jest korzystne, ponieważ w okresie letnim następuje pełna rekompensata odbioru ciepła z gruntu. Nie powoduje to zakłócenia wegetacji roślin powyżej wymiennika ciepła [Rubik 2006]. W każdej z trzech wyżej wymienionych konfiguracji system monitorowania mierzył temperaturę gruntu, temperaturę czynnika grzewczego (zarówno na wejściu jak i wyjściu) oraz ilość przepływającego w przewodach glikolu.

Pionowe wymienniki ciepła (rys. 3) zbudowane są w dwóch różnych konfiguracjach konstrukcyjnych, a mianowicie: dwa pojedyncze kolektory typu U (na głębokości $h=19$ m), oraz jeden podwójny kolektor ($h=20$ m). Bezpośrednio wokół wymienników umieszczono sondę do pomiaru temperatury gruntu na głębokości $h=10,7$ m. Wybór tej głębokości został podyktowany stałością temperatury gruntu wywołanej zmianami temperatury otoczenia w ciągu roku. Temperatura ta jest stała, równa średniorocznej temperaturze powietrza zewnętrznego. W umiarkowanej strefie klimatycznej wynosi ona około $10-11^{\circ}\text{C}$ [Zalewski 2001]. Tutaj, podobnie jak dla wymienników poziomych system monitorował i archiwizował temperaturę gruntu, temperaturę czynnika grzewczego oraz ilość przepływającego w przewodach glikolu.



Rys. 2. Gruntowy poziomy wymiennik ciepła: 1 – pojedyncza wymiennik; 2 – podwójny (równoległe); 3 – spiralny

Fig. 2. Horizontal ground heat exchanger: 1 – single exchanger; 2 – double exchanger (parallel); 3 – spiral exchanger



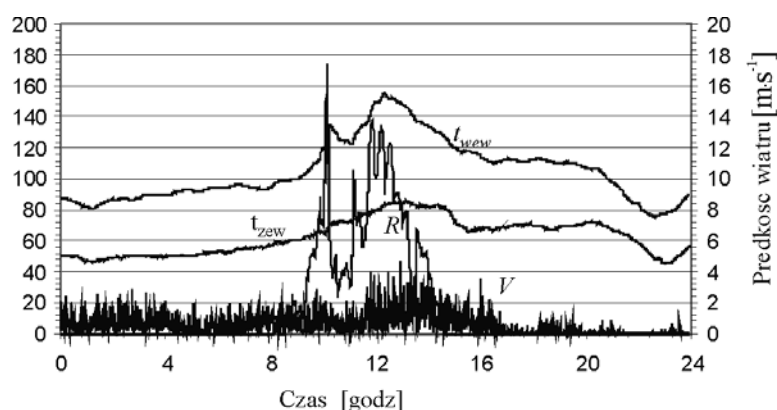
Rys. 3. Pionowe gruntowe wymienniki ciepła: 1, 2 – pojedyncze pionowe kolektory, 3 – podwójny kolektor typu U

Fig. 3. Vertical ground heat exchangers: 1, 2 – single vertical collectors, 3 – double U-type collector

Dzięki zaworom regulującym w obiekcie doświadczalnym można w dowolnym momencie włączać lub wyłączać poszczególne wymienniki ciepła.

Wyniki i dyskusja

Prezentowane stanowisko badawcze, dzięki zintegrowaniu z Komputerowym Systemem Pomiarowym pozwala na kompleksowy monitoring takich parametrów jak: temperatura i wilgotność powietrza wewnątrz i na zewnątrz badanego obiektu, prędkość wiatru oraz natężenie promieniowania słonecznego, temperaturę i strumień objętości przepływającego czynnika grzewczego pompy ciepła. Na rys. 4 przedstawiono przykładowy przebieg niektórych wielkości związanych z klimatem wewnątrz i na zewnątrz obiektu. Zaznaczonymi wielkościami są: temperatura wewnątrz obiektu (t_{zew}), temperatura otoczenia (t_{zew}), natężenie promieniowania słonecznego (R) oraz prędkość wiatru (V).

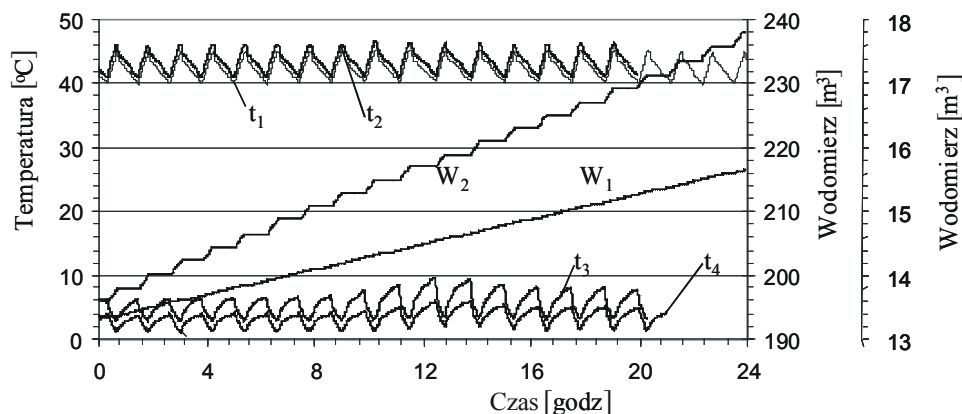


Rys. 4. Czasowy przebieg wybranych parametrów klimatu

Fig. 4. Time trajectory of selected climate parameters

Z kolei na rys. 5 przedstawiono czasowy przebieg zmian przykładowych wielkości, a mianowicie: temperatury zasilania powrotu cieczy w górnym źródle ciepła (t_1 , t_2), wskazania wodomierza w tym źródle (W_1). Z kolei symbole t_3 , t_4 i W_2 dotyczą parametrów dolnego źródła ciepła (temperatury zasilania i powrotu oraz wskazań wodomierza).

Mierzone parametry posłużą do określenia takich wskaźników jak: wydajność cieplna wymiennika gruntowego stanowiącego dolne źródło pompy ciepła, określenie efektów energetycznych oraz efektywności działania pompy. Analiza teoretyczna wyżej wymienionych parametrów jest obciążona trudnym do oszacowania błędem, stąd też wynika zasadność ich eksperymentalnej weryfikacji.



Rys. 5. Czasowy przebieg wybranych parametrów systemu grzejnego

Fig. 5. Time trajectory of selected heating system parameters

Bibliografia

- Bujakowski W., Barbacki A.** 2003. Potential for geothermal development in Southern Poland, *Geothermics*, 3/33.
- Fic A., Hanuszkiewicz-Drapała M., Składzień J.** 2003. Układy z pompami grzejnymi wykorzystujące zakumulowaną w gruncie energię promieniowania słonecznego. *Zesz. Nauk. Polit. Śląsk., S. Energetyka*, Z. 139. s. 277-288.
- Herbert J., Iniyar S., Sreevalsan E., Rajapandian S.** 2006. A review of wind energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 6/11. s. 1117-1145.
- Kurpaska S.** 2006. Analiza niektórych zagadnień związanych z doborem pompy ciepła do ogrzewanego obiektu ogrodniczego, *Inżynieria Rolnicza* 11(86). s. 241-249.
- Kurpaska S., Latała H., Michalek R., Rutkowski K.** 2004. Funkcjonalność zintegrowanego systemu grzewczego w ogrzewanych tunelach foliowych. *Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej*, Kraków. ISBN 83-917053-1-5.
- Kurpaska S., Latała H., Rutkowski K.** 2006. Analiza wydajności cieplnej gruntowego wymiennika ciepła w instalacji wykorzystującej pompę ciepła, *Inżynieria Rolnicza*. 11(86). s. 251-259.
- Karpińska K.** 2000. Strategia rozwoju energetyki odnawialnej. *EKO Finanse*. 9.
- Lewandowski W.** 2001. *Proekologiczne źródła energii odnawialnej*. Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa.
- Lund J. W., Freeston D. H., Boyd T. L.** 2005. Direct application of geothermal energy: Worldwide review, *Geothermics*. 6/34. s. 691-727.
- Petit P. J., Meyer J. P.** 1998. Techno-economic analysis between the performances of heat source air conditioners in South Africa, *Energy Conversion and Management*. 7/39. s. 661-669.
- Rubik M.** 2006. *Pompy ciepła poradnik*. Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”, Warszawa. s. 83-88695-19-3.
- Rutkowski K., Borcz J.** 2001. Analiza energetyczno-ekonomiczna w produkcji rozsąd warzyw szklarniowych. PAU, PKNR, 2. Maszynopis.
- Smeets E., Faaij A., Lewandowski I., Turkenburg W.** 2006. A bottom-up assessment and review of global bio-energy potentials to 2050, *Progress in Energy and Combustion Science* 1. s. 56-106.

Stanowisko do analizy pracy...

Wójcik S. 2001. Aktualny stan regulacji prawnych w zakresie wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce, Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna, 2. s. 50-56.

Zalewski W. 2001. Pompy ciepła. Sprężarkowe, sorpcyjne i termoelektryczne. Podstawy teoretyczne. Przykłady obliczeniowe. IPPU Masta, Gdańsk. ISBN 83-91895-4-5.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2005-2008 jako projekt badawczy

SETUP FOR ANALYSING OPERATION OF HEAT PUMPS USED TO HEAT PLASTIC TUNNELS

Abstract. The paper presents equipment of the stand, which will be used to analyse operation of heat pumps used to heat plastic tunnels. This facility is located at the Faculty of Agricultural Engineering, Agricultural University in Krakow. The system is equipped with horizontal and vertical exchangers (lower heat source), and compressor-type heat pump.

Key words: plastic tunnel, heating, heat pump, vertical heat exchanger, horizontal heat exchanger

Adres do korespondencji:

Sławomir Kurpaska; e-mail: rtkurpas@cyf-kr.edu.pl
Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Akademia Rolnicza w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków