



**FIRMA INNOWACYJNO
-WDROŻENIOWA**

Koszyce Małe, ul. Źródłana 8

33-111 Koszyce Wielkie

tel.: 0146210029, 0146360117, 608465631

faks: 0146210029, 0146360117

mail: biuro@elbit.edu.pl

www.elbit.edu.pl

**STANOWISKO DO BADANIA URZĄDZEŃ DO
KONWERSJI PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO
NA ENERGIĘ CIEPLNĄ
Projekt: 298.0.0.0000 v2**





STANOWISKO DO BADANIA URZĄDZEŃ DO KONWERSJI PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO NA ENERGIĘ CIEPLNĄ DOKUMENTACJA TECHNICZNA

Spis treści

Spis treści	2
Opis techniczny	3
Działanie urządzenia	4
Sterowanie	9
Oprogramowanie	10
Okno główne	10
Panel pomiarów i obliczeń	12
Przyciski sterujące	12
Zakładka Wykres	13
Zakładka Schemat	15
Dokumentacja towarzysząca	16

Opis techniczny

Podstawowe dane stanowiska:

Ciśnienie w instalacji wodnej	0 bar – instalacja otwarta
Czas cyklu pracy	ciągły
Pojemność maksymalna zbiornika	80l
Medium instalacji	Woda lub glikol
Waga stanowiska nienapełnionego wodą	ok. 50kg
Waga stanowiska napełnionego wodą	ok. 130kg.
Wymiary (szer. X głęb. X wys.)	143 x 185 x 160 cm
Ilość rur solarnych	12
Powierzchnia absorpcji kolektora	3.19m ²
Długość rur	1800mm
Temperatura stagnacji	270°C

Instalacja elektryczna

Napięcie robocze	230 VAC
Zasilanie	jednofazowe
Długość kabla zasilającego	ok. 8m
Moc układu	3100W
Moc źródeł światła	3000W

Pomiary

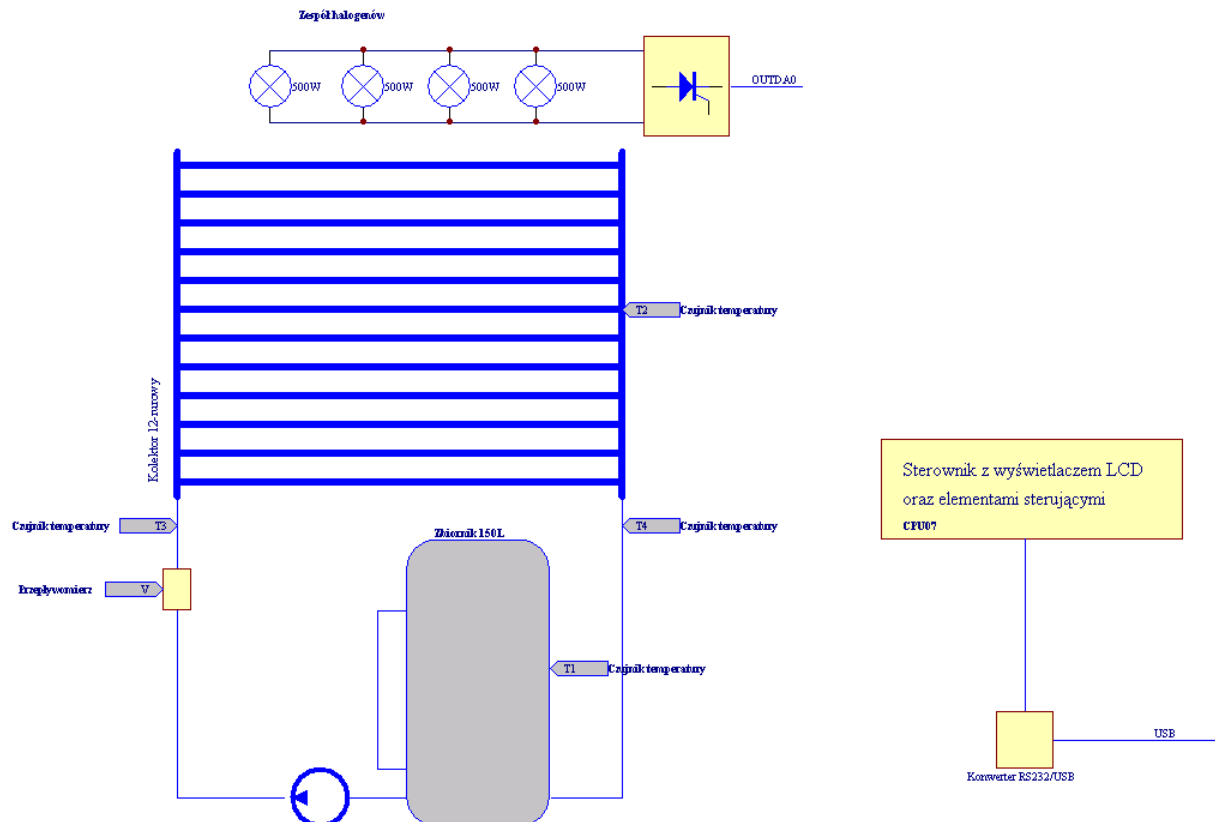
Dokładność pomiaru temperatury	0.5
Maksymalna temperatura pracy czujników	100°C
Maksymalna temperatura wody w układzie	90°C
Zewnętrzna temperatura pracy:	0÷40°C
Wilgotność:	do 50%

W urządzeniu występują wysokie napięcia, a niektóre elementy mogą nagrzewać się do 100°C . Podczas pracy należy zachować szczególną ostrożność, a każdy przypadek niewłaściwego działania należy zgłaszać do producenta.

Działanie urządzenia

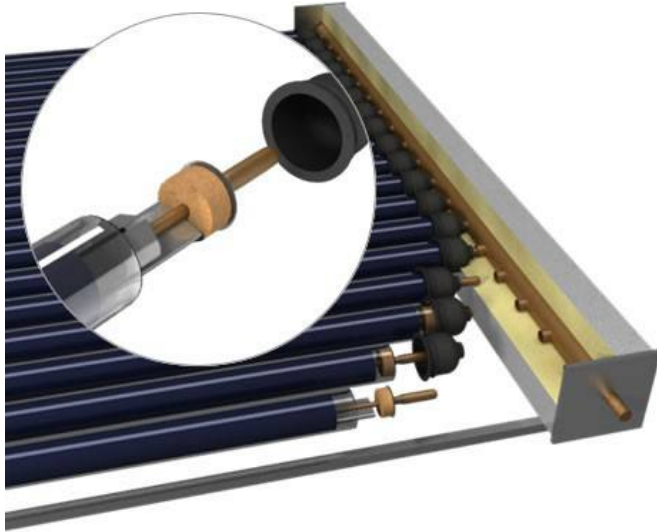
Stanowisko służy do przeprowadzania doświadczeń związanych z przetwarzaniem promieniowania słonecznego na energię cieplną.

Zgodnie z poniższym schematem blokowym stanowisko składa się z panelu słonecznego zbudowanego z dwunastu rur próżniowych typu heat pipe, hydraulicznej instalacji do odbioru przetworzonego ciepła oraz układu symulującego promienie słoneczne.



Kolektory próżniowe typu heat pipe to zaawansowany produkt techniki solarnej. Kolektory próżniowe budową przypominają termos. Taka budowa rur kolektora eliminuje straty ciepła przez ścianę zewnętrzną rur. Dzięki temu rurki charakteryzują się długą żywotnością. Obecnie jest to jedna z najnowocześniejszych technologii solarnych. Konstrukcja ma kształt rury o podwójnych ściankach, pomiędzy którymi panuje próżnia. Wewnętrzna rura szklana pokryta jest od środka powłoką selektywną (absorberem). Dzięki próżni absorber jest bardzo dobrze izolowany i może efektywnie odbierać ciepło nawet zimą. Wewnętrzna rura styka się z paskiem aluminiowym odbierającym ciepło i przekazującym je dalej do rurki miedzianej (Heat Pipe), w której znajduje się ciecz o niskiej temperaturze wrzenia. Ciecz ta pod wpływem ciepła paruje i unosi się do kondensatora, gdzie się rozpręża i skrapla. Kondensator umieszczony jest w doskonale izolowanym kolektorze zbiorczym. Kolektor odbiera ciepło i przekazuje je do glikolu (w tym przypadku do wody, gdyż nie przewiduje się eksploatacji urządzenia w temperaturach ujemnych), a ten dalej przekazuje ciepło do zasobnika c.w.u. Konstrukcja rurowa kolektora pozwala na wysoką wydajność zestawu niezależnie od kierunku padania promieni słonecznych. Dodatkowo absorber pochłania również promieniowanie rozproszone, które występuje w pochmurne dni.

Rura heat pipe została również wyposażona w wbudowany termostat, który w momencie stagnacji systemu odcina kondensator od pozostałej części rurki i tym samym chroni go przed rozerwaniem pod wpływem wysokiego ciśnienia.



Zastosowanie rur typu heat pipe umożliwia prostą wymianę uszkodzonych rur. Czynność ta nie wymaga unieruchamiania systemu i spuszczenia czynnika chłodzącego.

Kolektory mogą być łączone przy użyciu elastycznych złączy w układy kolektorowe, które mogą być zastosowane w większych obiektach inwestycyjnych (hotele, pensjonaty i inne). Kolektory, dzięki konstrukcji nośnej, mogą być instalowane zarówno na pochyłych, jak i na płaskich dachach.

Jako zbiornik odbiorczy zastosowano typowy zbiornik CWU o pojemności 80l bez wężownicy. Dla uproszczenia instalacja wodna stanowiska została zaprojektowana jako otwarta, tj. w zbiorniku nie występuje ciśnienie. Zbiornik jest izolowany termicznie grubą warstwą pianki polietylenowej.



W dolnej części zbiornika umieszczony jest zawór kulowy do spuszczenia wody, natomiast w górnej części króciec do wyrównywania ciśnienia.

Zawór spustowy pokazano są na zdjęciu obok. Zakończony jest on króćcem przyłączeniowym do węży 13mm.

Na zbiorniku zamontowano wodowskaz rurkowy. Minimalny poziom jak może wskazać to 18 litrów, maksymalny 52 litry.

W zbiorniku, w połowie jego wysokości, umieszczony jest też czujnik temperatury wody. Na wyświetlaczu nosi on nazwę T1.

Instalacja hydrauliczna wykonana jest z rurek miedzianych $\varnothing 22$. Rurki obłożono izolacją poliuretanową dla zmniejszenia strat ciepła. Składa się z następujących elementów:

- pompa wodnej odśrodkowej do instalacji solarnych;
- przepływomierza turbinowego $\frac{1}{2}$ ";
- przyłącza pomiaru temperatury wody wlotowej (T3)
- wymiennika do rur heat pipe;
- przyłącza pomiaru temperatury wody wylotowej (T4)
- zbiornika buforowego 80 litrów.

Instalację należy napełnić przynajmniej do poziomu dolnej kreski wodowskazu (ok. 18 litrów) lub do górnej kreski (52 litry) w zależności od wymaganej pojemności cieplnej potrzebnej do ćwiczenia.

Instalacja nie wymaga odpowietrzania. W instalacji umieszczone są czujniki temperatury: jeden na części zimniej, drugi na części cieplej. Wskazania obu czujników wyświetlane są na wyświetlaczu. Na wyświetlaczu tym pokazana jest też wartość przepływu wody w litrach na minutę oraz aktualna wartość przepływającego ciepła.

Ciepło liczone jest wewnątrz sterownika według wzoru:

$$Q = C_w V (T_3 - T_4)$$

gdzie:

Q – ciepło w kJ;

C_w – ciepło właściwe wody (4200 J/kg*K);

V – objętość przepływającej cieczy w l;

T₃ – temperatura wody zimnej w °C

T₄ – temperatura wody cieplej w °C;

Dodatkowo dla kontroli nagrzewania rur zainstalowano czujnik temperatury w obudowie przyłgowej. Na wyświetlaczu jest to temperatura T₂.

Pomiędzy środkowymi rurami solarnymi zainstalowano czujnik nasłonecznienia. Czujnik ten mierzy nasłonecznienie w zakresie światła widzialnego. Pomiar odczytane z tego czujnika prezentowane są na wyświetlaczu.

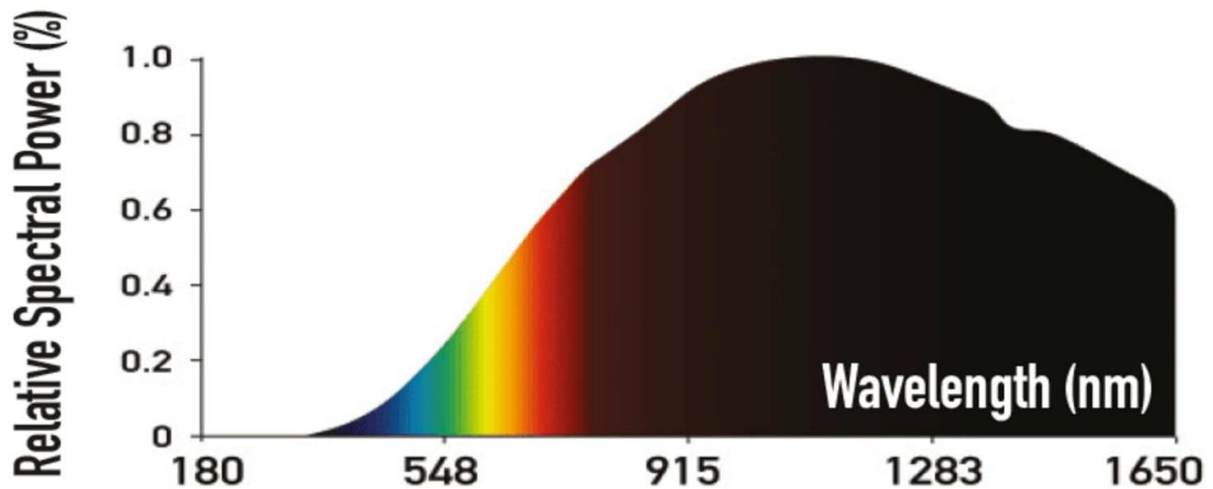
Całość stanowiska zaprojektowano jako urządzenie stacjonarne.

Jako symulację słońca wykorzystano zespół halogenów.

Rozkład widmowy lampy halogenowej jest zbliżony do widma promieniowania ciała doskonale czarnego i przypomina widmo światła słonecznego, charakteryzując się ciągłością w zakresie światła widzialnego oraz dużą emisją w podczerwieni.

Wydajność (efektywność) halogenu to przedział 13-24 lm/W

Jak widać część podczerwona (ciepło) jest sześciokrotnie większa niż całe spektrum widzialne.

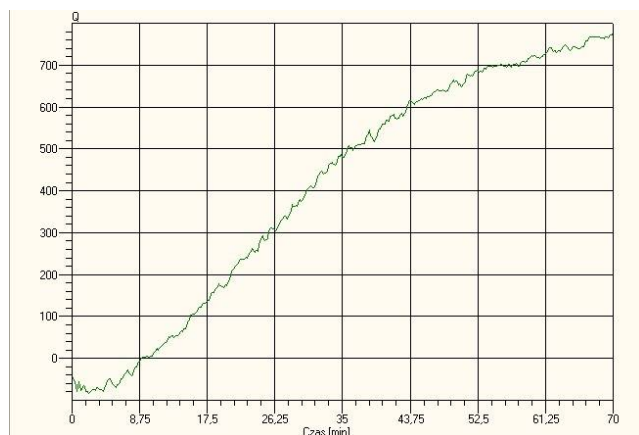


Bilans mocy.

Dla stanu ustalonego, po około 70 minutach pracy zestawu, ilość ciepła transportowanego przez kolektor ustala się na wartości 760J.

Przez cały czas na kolektor świeciły wszystkie halogeny wysterowane na 100%.

Każdy z halogenów ma moc znamionową 500W ale producent trochę na wyrost podał tę wartość (lub napięcie w sieci było niższe niż 230V). Rzeczywiste pomiary mocy elektrycznej podczas badania pokazały wartość 2910W.



W żarówkach halogenowych na światło przetwarzane jest zazwyczaj tylko około 5–10% zużywanej energii elektrycznej. Pozostałe 90–95% energii jest marnowane i zamieniane w ciepło. Jak widać na powyższym rozkładzie spektralnym sześć razy większa część energii jest wypromieniowywana w postaci podczerwieni, zaś reszta grzeje sam halogen i obudowę.

Założmy, że nasz zespół halogenów wypromieniowuje w postaci światła widzialnego 7% dostarczonej energii elektrycznej. Czyli cała bateria zamienia na światło $0.07 \cdot 2910W$, tj. 204W. Stosunek światła widzialnego do podczerwonego wynosi 1/6, czyli w postaci ciepła wypromieniowywane jest $6 \cdot 204W$, tj. 1222W.

Zakładamy, że całość tego promieniowania trafia do kolektorów.

Kolektory słoneczne próżniowe typu **heat pipe** (rurki cieplne) charakteryzują się wysoką skutecznością, która w warunkach roboczych wynosi zazwyczaj od 60% do 85%. Dla obliczeń przyjmujemy, że skuteczność wynosi 70%. Czyli do kolektora trafia w każdej sekundzie $0.7 \cdot 1222W$, tj. 855W energii, czyli 855 dżuli ciepła.



STANOWISKO DO BADANIA URZĄDZEŃ DO KONWERSJI PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO NA ENERGIĘ CIEPLNĄ DOKUMENTACJA TECHNICZNA

Pomiary w stanie ustalonym wykazują, że do przepływającej wody trafia 760 dzuli ciepła. Różnica 855-760, tj. 95 dzuli jest zużywana na podgrzanie górnego kolektora i jest wypromieniowywana w postaci ciepła.

Jak widać z wykresu rurka heat pipe potrzebuje czasu na rozpoczęcie procesów transportu ciepła. Stała czasowa odczytana z wykresu wynosi ok. 35min.

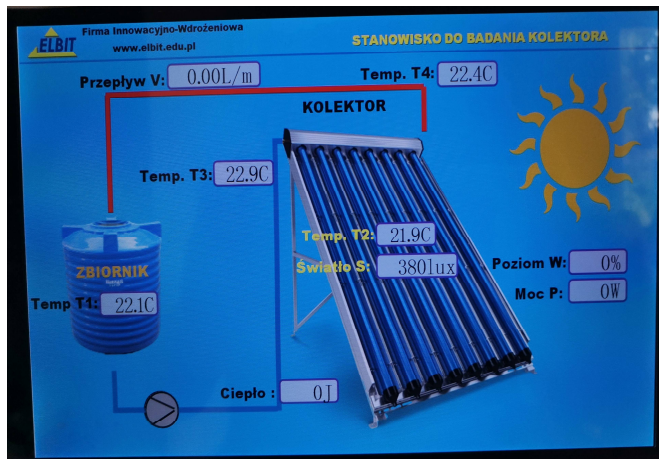
Sterowanie

Na rysunku obok przedstawiona jest płyta czołowa rozdzielniczy służącej do sterowania przebiegiem eksperymentu.

Po włączeniu zasilania przełącznikiem krzywkowym, umieszczonym z prawej strony rozdzielniczy, uaktywnia się wyświetlacz ze wszystkimi mierzonymi wartościami oraz zapala się lampka z napisem „ZASILANIE”.

Z lewej strony rozdzielniczy znajduje się gniazdo USB do połączenia stanowiska z komputerem nadrzędnym.

Sterowanie oświetleniem halogenowym odbywa się poprzez regulator wraz z potencjometrem zamieszczonym na rozdzielniczy i podpisany „WYSTEROWANIE”. Za pomocą tego regulatora możnaysterowaćreflektoryw granicach od 0 do 100%.



Odpowiednie pola wyświetlacza LCD oznaczają:

- T1 temperatura zbiornika 80l w °C;
- T2 temperatura rur w °C;
- T3 temperatura wody wlotowej w °C;
- T4 temperatura wody wylotowej w °C;
- S nasłonecznienie w luxach;
- V przepływ w l/min;
- Q ciepło w J;
- P moc elektryczna w W;
- W poziomysterowania halogenów w %.

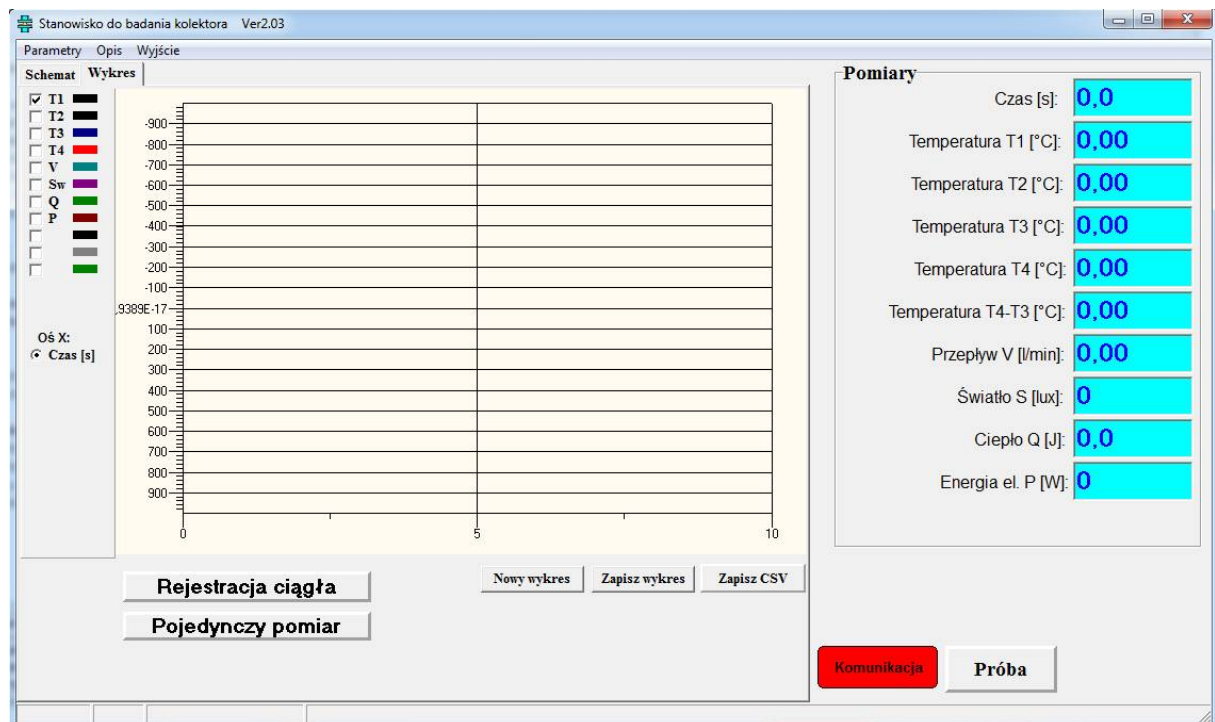
Dotykając ikony pompy wodnej można sterować jej stanem z poziomu ekranu dotykowego.

Oprogramowanie

Okno główne

Po włączeniu urządzenia i podłączonego doń komputera należy uruchomić program ST3.EXE.

Okno widoczne na ekranie wygląda jak na rysunku poniżej:



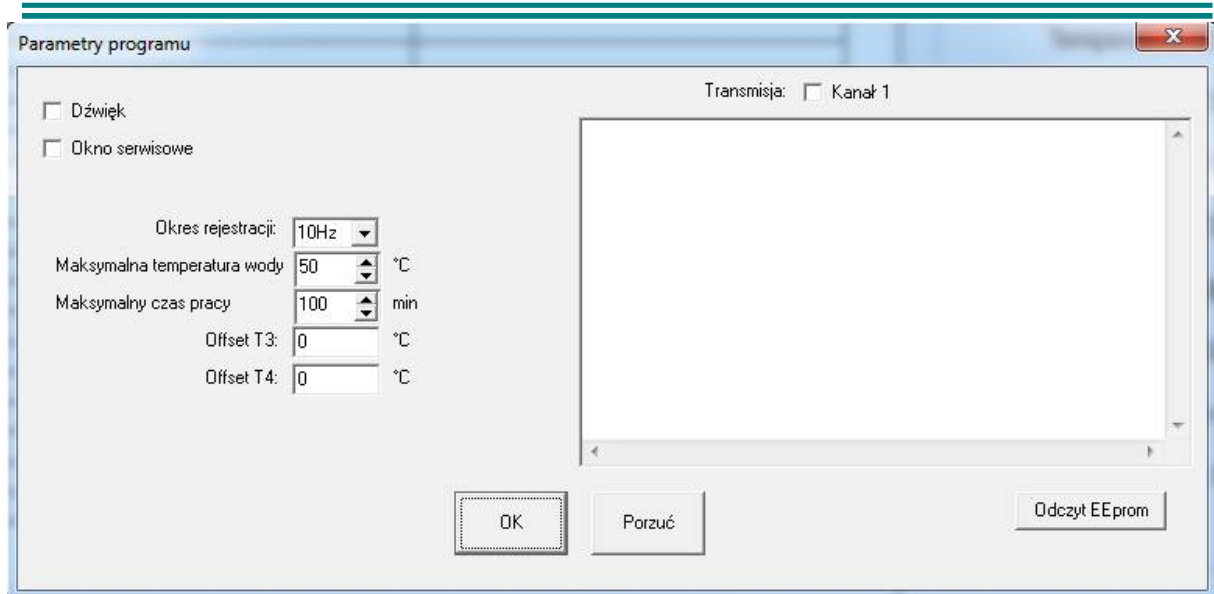
Na lewej części monitora zamieszczono dwie zakładki: „Schemat” i „Wykres”.
Na prawej umieszczono panel pomiarów, obliczeń i część sterującą.

W górnym pasku dostępne są funkcje: ustawienia parametrów programu, opis i zamknięcie programu.

Parametry programu

W oknie tym zgrupowano większość ważniejszych parametrów procesowych i ustawień urządzenia.

Okno parametrów wygląda jak na rysunku poniżej:



W parametrach ogólnych zgrupowano funkcje przełączające:

Dźwięk – włącza lub wyłącza sygnał dźwiękowy przy naciśnięciu przycisków w oknie głównym;

Okno serwisowe – włącza w programie głównym panel na którym wyświetlane są szczegółowe stany urządzenia i umożliwia sterowanie funkcjami stanowiska przeznaczone dla obsługi serwisowej.

Okres rejestracji – parametr ten określa interwał czasowy rejestracji danych.

Maksymalna temperatura wody – określa maksymalną temperaturę wody w instalacji. Powyżej tej temperatury zespół halogenów zostaje automatycznie wyłączony.

Maksymalny czas pracy – parametr określa po jakim czasie próba zostanie automatycznie wyłączona.

Offset – dla wartości pomiarowych T3 i T4 jest to stała wartość doliczania do wskazań. Za pomocą offsetu można w prosty sposób wyzerować wskazania przetworników pomiarowych.

W polu „transmisja” można włączyć podgląd danych z komunikacji z komputerem.

Ikona O programie

Funkcja pokazuje okno z podstawowymi informacjami o programie i stanowisku.

Ikona Wyjście

Funkcja zamyka trwające procesy i ew. próbę i bezpiecznie zamyka program.

Panel pomiarów i obliczeń

Z prawej strony ekranu umiejscowiono część związaną z wartościami mierzonymi i wyliczanymi przez urządzenie.

Pomiary	
Czas [s]:	0,0
Temperatura T1 [°C]:	0,00
Temperatura T2 [°C]:	0,00
Temperatura T3 [°C]:	0,00
Temperatura T4 [°C]:	0,00
Temperatura T4-T3 [°C]:	0,00
Przepływ V [l/min]:	0,00
Światło S [lux]:	0
Ciepło Q [J]:	0
Energia el. P [W]:	0

Czas [s] – Po włączeniu próby startuje licznik czasu widoczny w tej części programu.

Temperatura T1 [°C] – temperatura wody w zbiorniku buforowym.

Temperatura T2 [°C] – temperatura powierzchni rur solarnych.

Temperatura T3 [°C] – temperatura wody na wlocie do kolektora słonecznego.

Temperatura T4 [°C] – temperatura wody na wylocie z kolektora słonecznego.

Temperatura T4-T3 [°C] – różnica temperatur wody w kolektorze. Wartość dodatnia oznacza, że ciepło jest oddawane do zbiornika, wartość ujemna, że ciepło jest pobierane.

Przepływ V [l/min] – strumień objętości czynnika (wody lub glikolu)

Światło S [luks] – natężenie oświetlenia mierzone na powierzchni rur kolektora.

Ciepło Q [J] – obliczona wartość ciepła dostarczanego lub pobieranego przez kolektor.

Energia el. P [W] – stanowisko mierzy ilość energii elektrycznej pobieranej przez halogeny. Ilość ta może się zmieniać ze względu na wahania napięcia sieciowego jak i na nagrzewanie się halogenów.

Przyciski sterujące

Z prawej strony ekranu umieszczono pola służące do kontroli poprawności połączenia z komputerem i uruchamiania próby.



Przycisk PRÓBA

Przycisk ten włącza automatyczną próbę. Wraz z włączeniem próby startuje również rejestracja danych. Próba wyłącza się automatycznie po czasie ustawianym w oknie

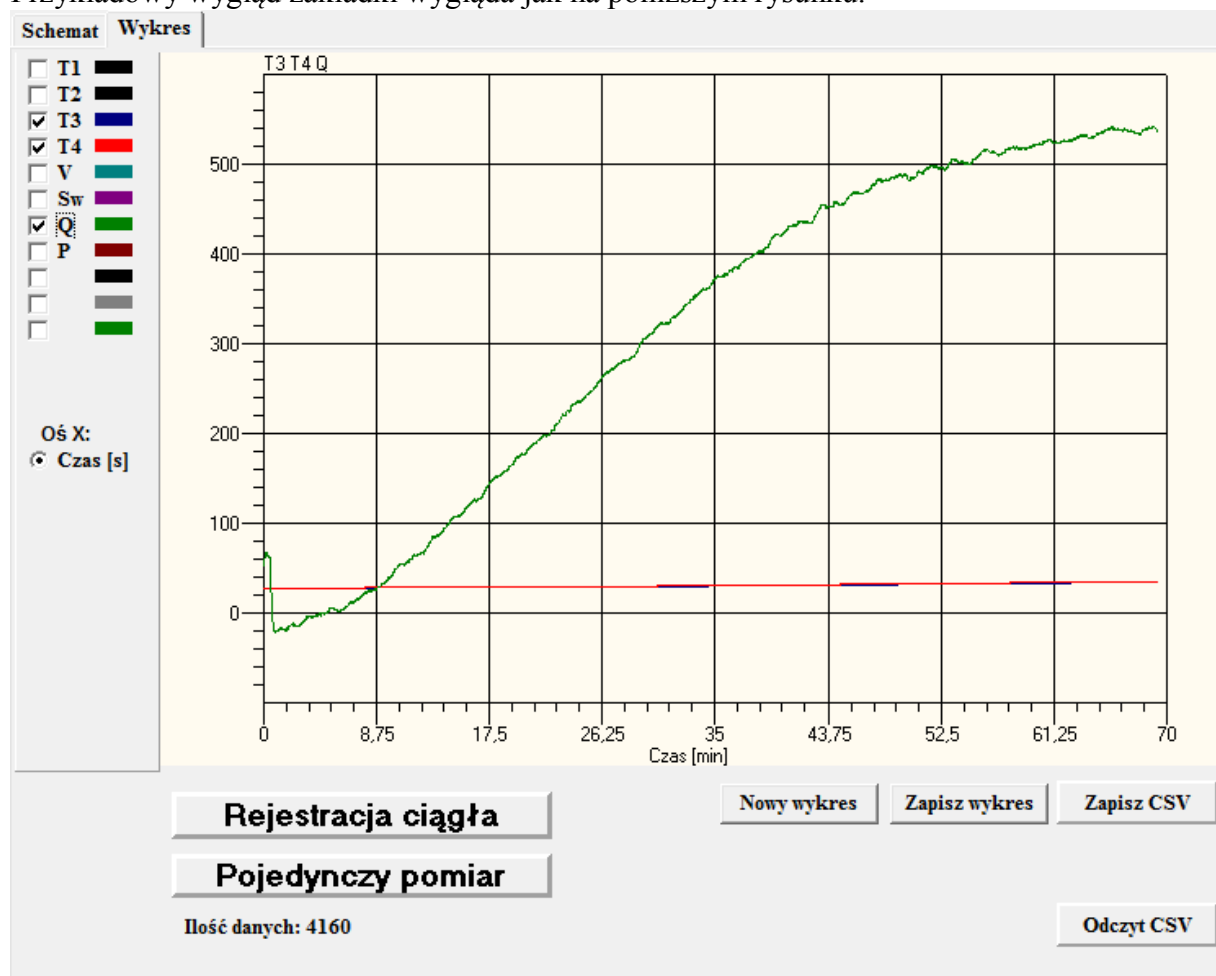
parametrów. W każdej chwili można przerwać wykonywanie próby przez powtórne naciśnięcie przycisku.

Kontrolka KOMUNIKACJA

Kontrolka ta informuje o prawidłowym połączeniu między komputerem a sterownikiem nadzorującym stan stanowiska.

Zakładka Wykres

W zakładce tej prezentowane są w formacie graficznym zarejestrowane dane. Przykładowy wygląd zakładki wygląda jak na poniższym rysunku.



Lewy panel (legenda) służy do włączania rysowania poszczególnych parametrów oraz do wyboru rodzaju wykresu..

Jeśli włączymy dwa lub więcej różnych parametrów do wyświetlenia, na wykresie pojawi się odpowiednia ilość przebiegów.

Wykresy wyświetlane są z automatycznym skalowaniem, zaś ich kolory są zapisane w programie na stałe.

Dwa przyciski: „Rejestracja ciągła” i „Zapisz pomiar” służą do rejestracji danych pomiarowych. Pierwszy z nich włącza zapisywanie danych z częstotliwością określona w oknie parametrów (typowo 1Hz), zaś drugi zapisuje tylko aktualny stan pomiarów.

Poniżej przycisków wyświetlana jest ilość zarejestrowanych danych. Podczas wprowadzania danych wykres jest aktualizowany na bieżąco.

W dolnej części zakładki zgrupowano przyciski i funkcje operujące na danych pomiarowych.

Nowy wykres – kasuje wszystkie zmierzone rekordy danych.

Zapisz wykres – zapisuje aktualny wykres w postaci graficznej (jpg).

Zapisz CSV – zapisuje zarejestrowane rekordy danych w pliku typu csv (Excel).

Nazwa pliku kodowana jest następująco: „Daneymmddhhnn.txt”, gdzie:

yy: rok rejestracji;

mm: miesiąc rejestracji;

dd: dzień rejestracji;

hh: godzina rejestracji;

nn: minuta rejestracji;

Przykładowo dane zapisane w dniu 13.11.2009 o godzinie 10.30 będą w pliku o nazwie: „Dane0911131030.txt”.

Przykładowa rejestracja przedstawiona jest poniżej:

Index	T	T1	T2	T3	T4	V1	Sw	Q	P	W
	s	°C	°C	°C	°C	l/min	luks	J	W	%
1	0,6	27,788	22,267	27,623	27,69	8,9	43,75	52,645	0	0
2	1,5	27,798	22,273	27,617	27,69	9,4	31,6	55,276	0	0
3	2,6	27,805	22,28	27,611	27,69	10,1	16,15	58,312	0	0
4	3,5	27,807	22,283	27,606	27,69	10,6	10,45	60,372	0	0
5	4,6	27,816	22,289	27,6	27,69	10,8	10,45	62,587	0	0
6	5,5	27,827	22,3	27,595	27,69	10,8	10,45	64,282	0	0
7	6,6	27,838	22,307	27,59	27,69	10,9	59,9	65,499	382,5	0
8	7,5	27,842	22,311	27,587	27,69	11	1014	66,114	1071	0
9	8,6	27,848	22,315	27,583	27,69	11,2	2494,05	66,622	1811,75	0
10	9,5	27,852	22,324	27,581	27,69	11,2	3576,4	66,614	2263	0
11	10,6	27,858	22,339	27,58	27,69	11,3	5065,9	66,567	2658,9	0
12	11,5	27,857	22,35	27,579	27,69	11,4	6285,55	66,669	2659,35	0
13	12,6	27,864	22,372	27,579	27,69	11,4	7778,15	66,604	2659	0
14	13,5	27,865	22,393	27,577	27,69	11,4	8998,45	66,113	2658,85	0
15	14,6	27,868	22,425	27,572	27,69	11,5	10488,05	65,129	2658,1	0
16	15,5	27,868	22,455	27,57	27,69	11,5	11702,8	64,49	2656,75	0
17	16,6	27,869	22,507	27,571	27,69	11,5	13186,75	63,892	2654	0
18	17,5	27,873	22,558	27,575	27,69	11,5	14401,3	63,629	2652,35	0

Pierwszy i drugi wiersz zawierają opisy poszczególnych pól danych i ich jednostki. Są to:

- index kolejny numer rekordy;
- T[s] czas;
- T1[°C] temperatury;
- T2[°C];

- $T3[^\circ\text{C}]$;
- $T4[^\circ\text{C}]$;
- $V[\text{l}/\text{min}]$ przepływ;
- S_w [luks] natężenie oświetlenia;
- $Q[\text{J}]$ ciepło;
- $P[\text{W}]$ moc;
- $W[\%]$ ysterowanie.

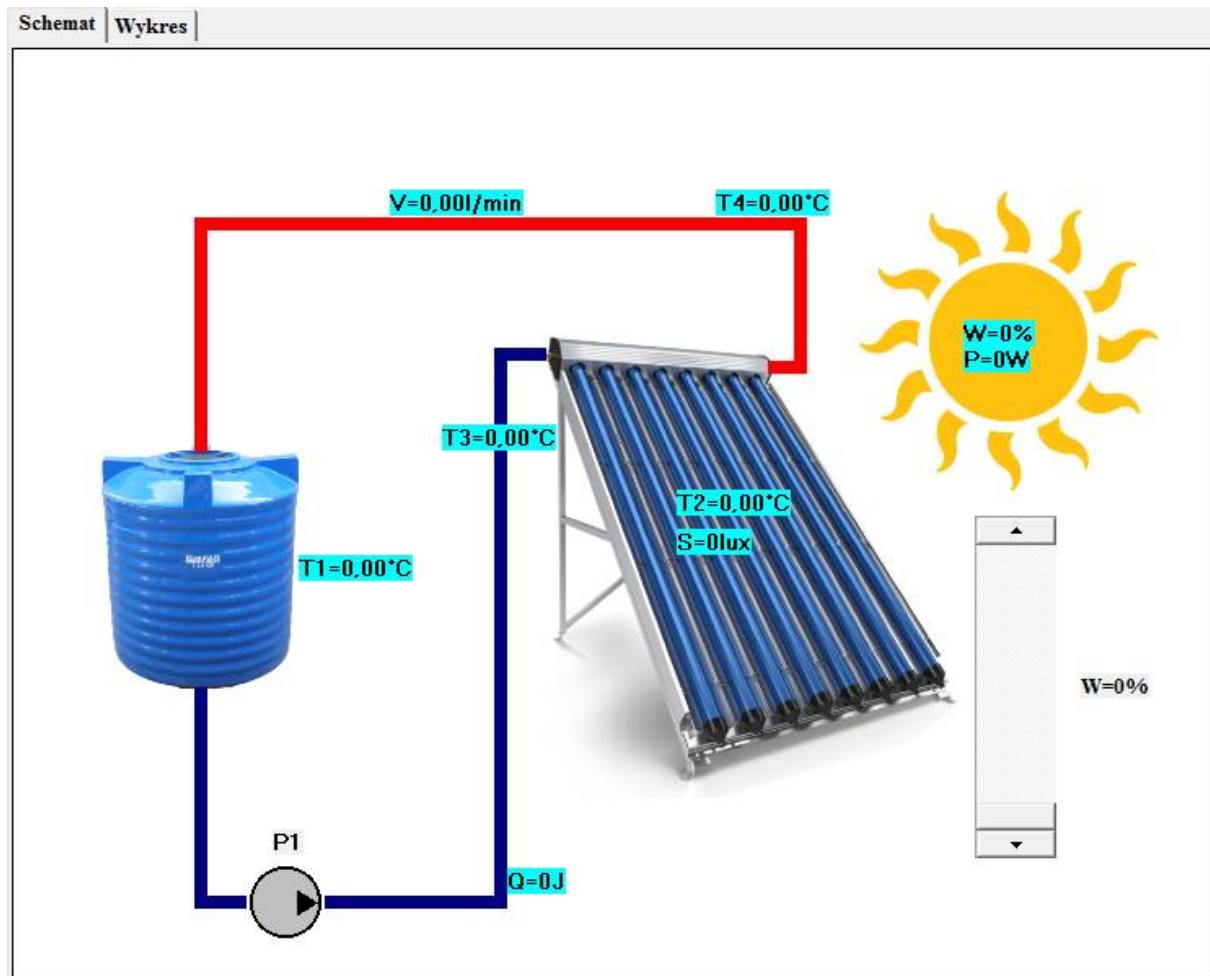
Odczyt CSV – odczytuje zarejestrowane rekordy danych wyświetlając je jednocześnie na wykresie.

Zakładka Schemat

W zakładce tej zamieszczono schemat stanowiska w formie graficznej z zaznaczonymi punktami pomiarowymi i stanem pompy.

Klikając na pompę można zmieniać jej stan (włączać) w trybie ręcznym.

Na schemacie zamieszczono suwak służący do ręcznej zmiany otwarciaysterowania halogenów. Zakres wyskalowano w procentach.





Dokumentacja towarzysząca

Spis załączonych rysunków:

0298.0.3.0002	SCHEMAT BLOKOWY
0298.0.3.0001	INSTALACJA ELEKTRYCZNA

Gwarancje i dokumentacje ruchowe ważniejszych zainstalowanych w stanowisku podzespołów.