

ANALIZA FUNKCJONOWANIA INSTALACJI KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH PRACUJĄCYCH NA POTRZEBY PODGRZEWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ, BĘDĄCEJ ELEMENTEM SYSTEMU ENERGETYCZNEGO SZPITALA (CZĘŚĆ 2)

ANALYSIS OF SOLAR HOT WATER INSTALLATION'S FUNCTIONING AS A PART OF HOSPITAL ENERGY SYSTEM (PART 2)

B. Asztemborski, R. Wnuk

Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A., Warszawa, Polska

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono, obliczone metodą *f-chart*, zyski energetyczne słonecznej instalacji przygotowania ciepłej wody użytkowej w obiekcie służby zdrowia. Oszacowano straty przesyłu i akumulacji oraz ich wpływ na wielkość energii użytkowej pozyskanej z systemu słonecznego. Zarekomendowano określone działania dla poprawy efektywności energetycznej instalacji. Wskazano typowe błędy w planowaniu instalacji słonecznych, których uniknięcie skutkowało by istotnym zwiększeniem zysków energetycznych. Artykuł stanowi kontynuację części 1 pod tym samym tytułem, gdzie przedstawiono przede wszystkim ocenę techniczną instalacji oraz oszacowano wpływ zacienienia na jej zyski energetyczne.

ABSTRACT

The energy gains of Solar Domestic Hot Water System localised at Hospital were calculated using *f-chart* methodology. Distribution and accumulation losses were evaluated, which losses significantly affect the possessed from solar system useful energy. The measures improving efficiency of solar system are proposed. The conclusions coming out from different energy audits of solar systems, including presented in this article, are gathered. Many different errors of systems planning could be avoided that would result significant increase of system performance. The article is carrying its part 1 of the same title, where the installation and its technical condition were described and also the influence of trees' shadow on its thermal performance was estimated.

OSZACOWANIE MOŻLIWYCH DO UZYSKANIA ZYSKÓW ENERGETYCZNYCH INSTALACJI SŁONECZNEJ

Metodyka szacowania zysków energetycznych instalacji

W niniejszym punkcie oszacowano teoretyczne zyski energetyczne zastosowanej w szpitalu instalacji słonecznej.

Do projektowania systemów słonecznych mogą być wykorzystywane metody korelacyjne, które w postaci graficznej lub funkcyjnej podają zależności między

zmiennymi bezwymiarowymi, określonymi przez parametry instalacji i warunki jej pracy. Metody te opracowywane są na podstawie wyników wielu szczegółowych obliczeń symulacyjnych oraz danych eksperymentalnych. Najczęściej wykorzystywaną metodą, stosowaną do wymiarowania słonecznego systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej, jest metoda *f-chart*, która przy znajomości podstawowych charakterystyk kolektorów słonecznych i uśrednionych danych meteorologicznych pozwala ocenić efekty działania systemu słonecznego.

Metoda *f-chart* umożliwia obliczenie udziału energii promieniowania słonecznego w pokryciu całkowitych potrzeb cieplnych, tzw. wskaźnika *f*, który jest uzależniony od dwu bezwymiarowych grup parametrów: konstrukcyjnych i eksploatacyjnych instalacji, będącymi zmiennymi niezależnymi *X* i *Y*. Wzory służące do obliczenia *X* i *Y* dla słonecznych instalacji c.w.u. przyjmują następującą postać:

$$X = \Psi_x \frac{86400 \cdot A_p \cdot \bar{F}_R \cdot \bar{U}_L \cdot (11,6 + 1,18t_s + 3,86t_z - 2,23\bar{t}_a)}{m \cdot c_w \cdot (t_s - t_z)} \quad (1)$$

$$Y = \frac{A_p \cdot \bar{F}_R (\tau \alpha)_e \cdot \bar{H}_\beta}{m \cdot c_w \cdot (t_s - t_z) \cdot N} \quad (2)$$

Natomiast sama funkcja korelacyjna do obliczania wskaźnika *f* przyjmuje formę:

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3, \quad (3)$$

gdzie:

A_p - powierzchnia czynna kolektorów, (m²);

$\bar{F}_R \bar{U}_L$ - średnia dla danego miesiąca wartość iloczynu współczynnika odprowadzenia ciepła z kolektora i zastępczego współczynnika strat ciepła;

$\bar{F}_R (\tau \alpha)_e$ - średnia miesięczna wartość iloczynu współczynnika odprowadzania ciepła z kolektora i współczynnika transmisyjno-absorbpcyjnego.

Wskazane wyżej wielkości obliczane są dla okresów miesięcznych. Podstawowa korelacja *f-chart* dla aktywnych cieczowych instalacji słonecznych została sporządzona dla objętości zbiornika magazynującego przypadającego na 1 m² powierzchni absorbera równej 75 litrów. Natomiast, gdy zbiornik posiada objętość inną od podanej, przy obliczaniu

wartości X należy wprowadzić wartość ψ_x pełniącą funkcję poprawki.

Wielkość \bar{H}_β określamy ze wzoru:

$$\bar{H}_\beta = \bar{H}_b \bar{R}_b + \bar{H}_d R_d, \quad (4)$$

gdzie:

R_d - współczynnik korekcyjny dla promieniowania dyfuzyjnego; $R_d = (+ \cos \beta) / 2$

β - kąt pochylenia płaszczyzny kolektora względem poziomu;

\bar{R}_b - współczynnik korekcyjny dla promieniowania bezpośredniego – wartość średnia:

$$\bar{R}_b = \frac{\sin \omega'_{wsch} \cos(\phi - \beta) \cos \delta + (\omega'_{wsch}) \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\sin \omega_{wsch} \cos \phi \cos \delta + (\omega_{wsch}) \sin \phi \sin \delta} \quad (5)$$

gdzie:

ω_{wsch} - kąt godzinny wschodu Słońca; w południe astronomiczne (godz. 12:00) $\omega = 0^0$;

ω'_{wsch} - mniejsza wartość bezwzględnych godzinnych wschodu Słońca na płaszczyznę pochyloną lub poziomą;

$$\omega_{wsch} = \min \left[\left| \arccos(-tg\phi \cdot tg\delta) \right| \left| \arccos(-tg(\phi - \beta) \cdot tg\delta) \right| \right]$$

ϕ - szerokość geograficzna, przyjmowana jako dodatnia dla półkuli północnej i ujemna dla południowej;

δ - deklinacja słoneczna, $\delta = 23,45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{284+n}{365} \right)$;

N - kolejny dzień roku;

N - liczba dni w miesiącu;

\bar{t}_a - średnia miesięczna temperatura powietrza atmosferycznego ($^{\circ}\text{C}$);

t_s - wymagana temperatura wody ciepłej ($^{\circ}\text{C}$);

t_s - średnia w danym miesiącu temperatura wody zasilającej (wodociągowej) ($^{\circ}\text{C}$);

m - miesięczne zużycie ciepłej wody (kg);

c_w - ciepło właściwe wody (J/(kg·K)).

Przyjęte dane i wyniki obliczeń

Podstawowe dane instalacji słonecznej, przyjęte do obliczeń są następujące:

- powierzchnia absorberów kolektorów słonecznych $A_p = 212 \text{ m}^2$;

- łączna pojemność zbiorników akumulacyjnych (buforów) wynosi 8000 litrów;

- kolektory pochylone są pod kątem 45° względem poziomu;

- obliczona średnia wartość iloczynu współczynnika odprowadzenia ciepła z kolektora i zastępczego współczynnika strat ciepła wynosi $F_R \cdot U_L = 3,569 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))}$, a średnia wartość iloczynu współczynnika odprowadzania ciepła z kolektora i współczynnika transmisyjno-absorbpcyjnego $F_R \cdot (\tau\alpha)_e = 0,762$ (patrz część I niniejszego artykułu).

Obliczenia wykonano dla dwóch wielkości zużycia ciepłej wody użytkowej. Pierwsza wynosi (zgodnie z danymi projektowymi) $11,5 \text{ m}^3$ na dobę. Druga, $20,3 \text{ m}^3$ na dobę, wynika z uwzględnienia strat ciepła, przede wszystkim na cyrkulacji c.w.u., i została określona na podstawie rzeczywistego zużycia gazu w latach 2009-2012 w miesiącach czerwiec – sierpień. Założono, że w tych miesiącach nie funkcjonuje system ogrzewania pomieszczeń. Straty na cyrkulacji wynoszą ok. 80% energii użytecznej koniecznej do przygotowania ciepłej wody użytkowej (przy założeniu dobowego zużycia c.w.u. $11,5 \text{ m}^3$).

Instalacja słoneczna, w rzeczywistości pokrywa zapotrzebowanie na energię będące sumą energii użytecznej i strat (akumulacji, przesyłu i wykorzystania).

Do obliczeń zysków instalacji słonecznej przyjęto dane klimatyczne typowego roku meteorologicznego, podane przez Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, dla stacji meteorologicznej w Warszawie.

Tabela 1. Wielkości energetyczne instalacji słonecznej uzyskane metodą *f-chart*, bez uwzględnienia strat dystrybucji, akumulacji i wykorzystania c.w.u.

	T_a $^{\circ}\text{C}$	H_b [kJ/dzień/m ²]	H_d [kJ/dzień/m ²]	H_β [kJ/dzień/m ²]	H_β [MJ/miesiąc]	f [-]	Q_{st} [MJ/miesiąc]	Q_{konw} [MJ/miesiąc]	η [-]
I	-1,2	730	2464	4937	32447	0,08412	6282,311	68404	0,194
II	-0,9	1189	3286	5865	34817	0,13874	9359,016	58100	0,269
III	4,4	2114	5727	8593	56476	0,30588	22845,528	51841	0,405
IV	6,3	3255	8271	11070	70403	0,43493	31435,335	40842	0,447
V	12,2	5697	10806	14742	96886	0,61849	46192,708	28494	0,477
VI	17,1	6782	11734	15927	101296	0,68491	49503,501	22774	0,489
VII	19,2	6195	11768	15702	103193	0,68452	51124,444	23562	0,495
VIII	16,6	5117	10247	14416	94740	0,62239	46484,190	28203	0,491
IX	12,8	2488	7383	10065	64015	0,41178	29762,406	42515	0,465
X	8,2	1220	7256	6383	41947	0,20176	15068,784	59618	0,359
XI	2,9	435	2163	3326	21154	0,00217	156,708	72121	0,007
XII	0,8	238	1806	2577	16937	0	0	74687	0
Rocznie					734311	0,35049	308214,930	571161	0,420
Zysk roczny z 1 m ² absorbera kolektora: 1454 MJ/m ² powierzchni absorbera (404 kWh/m ² powierzchni absorbera)									

Wyniki obliczeń wykonanych metodą *f*-chart, dla dobowego zużycia c.w.u. 11,5 m³, przedstawiono w tabeli 1, gdzie znaczenie wielkości jest jak następuje:

f - udział energii promieniowania słonecznego w pokryciu zapotrzebowania na energię do przygotowania ciepłej wody użytkowej;

T_a - średnia miesięczna temperatura powietrza;

H_b , H_d - średnia dzienna suma promieniowania bezpośredniego oraz rozproszonego odpowiednio, docierającego do powierzchni poziomej, (kJ/m²);

H_β - średnia dzienna/miesięczna suma promieniowania docierającego do jednostki powierzchni kolektora, (kJ/m²), (MJ/m²);

Q_{st} - użyteczna energia słoneczna dostarczona przez system z kolektorami słonecznymi, (MJ/miesiąc);

Q_{konw} - miesięczna energia, która musi być dostarczona z układu konwencjonalnego, (MJ/miesiąc);

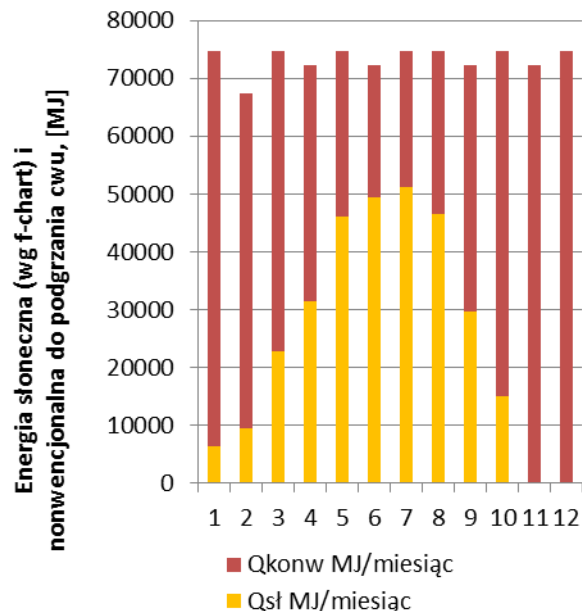
η - sprawność systemu słonecznego zdefiniowana jako iloraz pozyskanej z systemu słonecznego energii użytecznej do promieniowania padającego na płaszczyznę kolektorów.

Energię możliwą do uzyskania z kolektorów słonecznych, obliczoną wg metody *f*-chart i ze źródła konwencjonalnego, pokrywające zapotrzebowanie na energię użyteczną do przygotowania ciepłej wody użytkowej budynku, przedstawiono na rys. 1.

Teoretycznie instalacja słoneczna pokryje ok. 35% zapotrzebowania bez uwzględnienia strat akumulacji, przesyłu i wykorzystania systemu c.w.u.

Energia taka musi być dostarczona do systemu c.w.u. Szpitala, aby pokryć zapotrzebowanie na energię

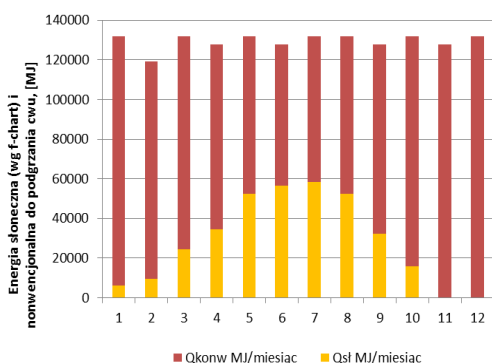
użyteczną c.w.u. (11,5 m³) oraz straty cyrkulacji, akumulacji i wykorzystania (ok. 80% wartości energii użytecznej do przygotowania c.w.u.). Wyniki obliczeń zysków energetycznych instalacji, z uwzględnieniem strat j.w. zestawiono w tabeli 2, a odniesiono do zużycia energii ze źródła konwencjonalnego na rys. 2.



Rys. 1. Energia użyteczna uzyskana z instalacji słonecznej (teoretycznie) oraz energia ze źródła konwencjonalnego do podgrzania ciepłej wody użytkowej, (MJ/miesiąc)

Tabela 2. Wielkości energetyczne instalacji słonecznej uzyskane metodą *f*-chart z uwzględnieniem strat magazynowania c.w.u., przesyłu i wykorzystania

	T_a °C	H_b [kJ/dzień/m ²]	H_d [kJ/dzień/m ²]	H_β [kJ/dzień/m ²]	H_β [MJ/miesiąc]	f [-]	Q_{st} [MJ/miesiąc]	Q_{konw} [MJ/miesiąc]	η [-]
I	-1,2	0,730	2464	4937	32447	0,04692	6186,477	32447	0,191
II	-0,9	1189	3286	5865	34817	0,08045	9580,274	34817	0,275
III	4,4	2114	5727	8593	56476	0,18600	24522,169	56476	0,434
IV	6,3	3255	8271	11070	70403	0,27090	34562,651	70403	0,491
V	12,2	5697	10806	14742	96886	0,39713	52357,029	96886	0,540
VI	17,1	6782	11734	15927	101296	0,44339	56570,038	101296	0,558
VII	19,2	6195	11768	15702	103193	0,44201	58273,664	103193	0,565
VIII	16,6	5117	10247	14416	94740	0,39809	52483,058	94740	0,554
IX	12,8	2488	7383	10065	64015	0,25421	32433,479	64015	0,507
X	8,2	1220	7256	6383	41947	0,11983	15797,637	41947	0,377
XI	2,9	435	2163	3326	21154	0	0	21154	0
XII	0,8	238	1806	2577	16937	0	0	16937	0
Rocznie					734311	0,22081	342766,476	734311	0,467
Zysk roczny z 1 m ² absorbera kolektora					1617 MJ/m ² powierzchni absorbera) (449 kWh/m ² powierzchni absorbera)				



Rys. 2. Energia uzyskana z instalacji słonecznej (teoretycznie) oraz energia ze źródła konwencjonalnego do przygotowania ciepłej wody użytkowej [MJ/miesiąc], z uwzględnieniem strat przesyłu (cyrkulacji), akumulacji i wykorzystania

Symulacje funkcjonowania instalacji wskazują, że wielkość $400 \div 450 \text{ kWh/m}^2$ (określona metodą *f-chart*) można przyjąć jako minimalną wartość zysków energetycznych instalacji słonecznej.

Teoretycznie możliwe jest uzyskanie 350 GJ rocznie z systemu słonecznego. Wyniki zastosowanej metody *f-chart* porównano z wynikami innych programów obliczeniowych (np. SOLO firmy TECSOL), które wskazały na możliwe zyski energetyczne większe o ok. 10% od obliczonych metodą *f-chart*.

Wnioski z obliczonych teoretycznych zysków energetycznych instalacji słonecznej

Zyski energetyczne słonecznych instalacji podgrzewania ciepłej wody użytkowej zależą bardzo od warunków użytkowania (wielkość odbioru ciepłej wody) oraz parametrów technicznych instalacji, jak

w szczególności wielkości zbiornika akumulacyjnego (w odniesieniu do powierzchni kolektorów słonecznych). Zestawiono w tabeli 3, przykładowe zyski energetyczne różnych instalacji, odniesione do 1 m^2 powierzchni kolektora. Podano powierzchnie kolektorów instalacji słonecznych (*A*), objętości zbiorników magazynujących (*V*). Występują duże różnice wartości zysków, a wartości największe uzyskiwane są w przypadku prawidłowego zaplanowania i doboru elementów instalacji, z uwzględnieniem rzeczywistego zużycia ciepłej wody i jego rozkładu (dobowego i rocznego).

Ze względu na brak systemu monitoringu instalacji słonecznej Szpitala nie można bezpośrednio porównać uzyskanych zysków energetycznych z innymi instalacjami. Należałoby zainstalować podstawowe urządzenie pomiarowe (ciepłomierz), aby uzyskać dane dotyczącego wielkości energii pozyskanej z systemu słonecznego.

Teoretycznie prawidłowo funkcjonująca instalacja słoneczna Szpitala pokryje tylko ok. 22% zapotrzebowania na energię końcową do podgrzewania ciepłej wody użytkowej.

Sugerowane jest więc podjęcie działań (uproszczenie schematu funkcjonalnego instalacji słonecznej, poprawa izolacji rurociągów przesyłowych) na rzecz zmniejszenia strat w celu zwiększania udziału energii z instalacji słonecznej w pokryciu zapotrzebowania na podgrzanie ciepłej wody użytkowej.

W 2013 roku, łącznie w miesiącach czerwiec – sierpień zużyto 15,5% mniej gazu niż w analogicznym okresie 2012 roku, a tylko 5,3% mniej niż średnio w tym okresie w latach 2009-2012. Jednak, wyniki te pozwalają na stwierdzenie, że rzeczywiste zyski energetyczne instalacji słonecznej są znacznie poniżej teoretycznie możliwych do uzyskania.

Tabela 3. Porównanie zysków energetycznych przykładowych instalacji słonecznych

Lokalizacja instalacji słonecznej	Rok	A	V	V/A	Zysk energetyczny	
		m ²	dm ³	[-]	MJ/m ²	kWh/m ²
Ciechocinek	-	43,2	2000	46,3	2314,8	643
Kamieniec Wrocławski	2002	5	-	-	1769,2	491
	2003	5	-	-	2012,2	559
	2004	5	-	-	1791,6	498
	2005	5	-	-	1962	545
Łódź	2003	80,4	3000	37,3	2410,7	670
UJ Bursa Kraków	2005	129,6	4800	37	1967,6	547
Busko-Zdrój	2009	570	10000	17,5	1170	325
Szpital w Łodzi	2012	406,6	12000	29,5	1087	302
DPS Jeziorany	2012	200	10000	50	1337	371
		230		43,5	1163	323

WNIOSKI I PROPOZYCJE DZIAŁAŃ NA RZECZ POPRAWY FUNKCJONOWANIA INSTALACJI SŁONECZNEJ SZPITALA

Usunięcie wad instalacyjnych systemu słonecznego szpitala

Wizytowana i oceniana instalacja funkcjonowała nieprawidłowo. Oszacowano, że rzeczywiste zyski energetyczne instalacji słonecznej są nie większe niż 50% możliwych do uzyskania.

Podstawową przyczyną są nierównomierne strumienie przepływów lub ich brak przez poszczególne rzędy kolektorów. Stwierdzono również jej zapowietrzenie oraz zbyt niskie ciśnienie czynnika roboczego.

W wyniku przeprowadzonej analizy działania i oceny wykonania instalacji słonecznej, można stwierdzić, że należy podjąć przede wszystkim działania, dla zwiększenia zysków energetycznych, jak poniżej:

- wyrównanie przepływów poprzez właściwe ustawienia regulatorów przepływów, z wymianą uszkodzonych;
- uregulowanie wszystkich przepływów do wartości projektowych, przy czym zalecane jest ich ustawienie dla uzyskania maksymalnych zysków energetycznych instalacji;
- ustawienie przepływów do wartości, dla których sporządzano charakterystykę cieplną pojedynczego kolektora w badaniach certyfikacyjnych, nawet jeśli wiązałoby się to z koniecznością wymiany wszystkich regulatorów przepływów, o ile zakres regulacji istniejących uniemożliwi takie ustawienia oraz wymianę pompy obiegu kolektorowego, o ile zajdzie taka konieczność;
- likwidacja nieszczelności oraz właściwe umocowanie kolektorów w konstrukcji nośnej dla uniknięcia nieszczelności na złączach.

W odniesieniu do badanej instalacji Szpitala należy również, w szczególności:

- wymienić rotametr znajdujący się na wlocie do kolektorów IV rzędu drugiej sekcji;
- otworzyć rotametr w III rzędzie, sekcji pierwszej. (Zamknięcie przepływu mogło nastąpić dla ukrycia nieszczelności na złączach kolektorów);
- napełnić glikolem IV rząd, sekcji drugiej.

Instalację po naprawie usterek należy sprawdzić i dokonać odbioru przy ciśnieniu napełnienia minimum 2,5 bar. Takie ciśnienie powinna zapewnić pompa (nowa o ile wymiana będzie konieczna).

Rekomendowanym rozwiązaniem usprawniającym funkcjonowanie instalacji jest usunięcie naturalnych przeszkód znajdujących się w bezpośrednim otoczeniu kolektorów. Zacienienie ogranicza o 15% dostępność promieniowania słonecznego. W szczególności sugeruje się wycięcie dwóch drzew, usytuowanych przed pierwszą sekcją kolektorów oraz zadrzewienia zacieniającego sekcję drugą i trzecią. Usunięcie zacienienia podwyższy sprawność instalacji.

Opomiarowanie instalacji słonecznej

Opomiarowanie instalacji słonecznej jest poniżej niezbędnego minimum do monitorowania parametrów pracy i określenia jej sprawności i zysków energetycznych.

Podstawowym pomiarem powinno być objęte zużycie zimnej wody (w podstawowym wariantcie wodomierzem) podawanej do podgrzania. Celowe jest jednak monitorowanie wielkości zużycia ciepłej wody użytkowej: dobowego, miesięcznego. Ciągły podgląd umożliwiłby zbadanie rozkładów zużycia ciepłej wody użytkowej: dobowych i miesięcznych. Pozwoli również ocenić wielkość strat energii wynikających z cyrkulacji ciepłej wody użytkowej.

Należy dążyć do rozszerzenia opomiarowania instalacji umożliwiającego ocenę jej funkcjonowania. W przypadku przedstawionej instalacji taką ocenę zdecydowanie utrudnia brak pomiaru temperatur w dwóch zbiornikach buforowych, gdzie bezwzględnie należy czujniki temperatur umieścić.

Uruchomienie instalacji w ogóle, w szczególności po koniecznej modernizacji, związane jest zawsze z koniecznością regulacji przepływu we wszystkich obiegach pierwotnych i wtórnych. Także podczas normalnej eksploatacji, odczyty strumieni przepływu w obiegach są oczywistymi wskaźnikami kontrolnymi poprawności pracy układów.

Do pomiaru strumieni energii przenoszonych w poszczególnych obiegach instalacji proponowany jest układ ultradźwiękowych przetworników przepływu.

Właściwe opomiarowanie i monitoring pozwoli na określenie kierunków ewentualnej przyszłej modernizacji instalacji.

Zalecenia inne

W przypadku ciepłej wody użytkowej bardzo istotne jest rozpatrzenie możliwości zwiększenia efektywności energetycznej systemu. Zmniejszenie zapotrzebowania na energię do przygotowania ciepłej wody użytkowej automatycznie podwyższy stopień pokrycia tego zapotrzebowania przez instalację słoneczną, jak i obniży koszty energii dostarczonej do systemu ze źródła konwencjonalnego (kotła gazowego). Jeszcze raz należy podkreślić znaczenie pomiaru wielkości zużycia ciepłej wody użytkowej, z określeniem jego rozkładu dobowego).

Dane z monitoringu pozwolą na określenie wskaźnika zapotrzebowania energii na podgrzanie 1 m³ wody. Umożliwi to z kolei zaplanowanie i podjęcie działań zmniejszających zużycie wody i energii, o ile są możliwe, racjonalne i ekonomiczne. Typowymi działaniami, o ile wcześniej nie podjętymi są: zastosowanie urządzeń powodujących zmniejszenie zużycia wody na wylewkach (perlatorów i ograniczników wypływu), a także modernizacja systemu przygotowania c.w.u. polegająca na zastosowaniu sterowania czasowego pracy układu cyrkulacji (o ile celowe ze względu na funkcję obiektu), uzupełnieniem i poprawą izolacji przewodów

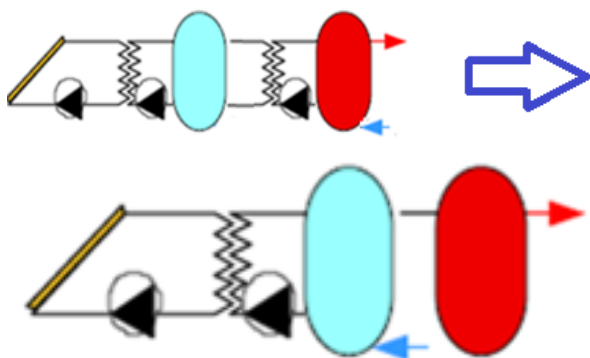
rozprowadzających. Zastosowanie urządzeń wodoszczędnych (typu perlatory) jest jednym z tych działań, które charakteryzują się szybkim zwrotem zainwestowanych środków.

Tylko analiza danych z monitoringu umożliwi podjęcie dalszych racjonalnych działań poprawiających efektywność funkcjonowania instalacji słonecznej.

Rekomendacje w zakresie zasadniczej modernizacja instalacji

Decyzja o wyborze schematu funkcjonalnego jest arbitralną decyzją projektanta, uwarunkowaną szeregiem parametrów decyzyjnych.

Zastosowany układ instalacji słonecznej stanowi tylko jeden z możliwych realizowanych schematów, nazwany w Austrii układem II generacji, a wcześniej powszechnie występował w instalacjach, np. w USA. Zyski energetyczne instalacji słonecznej można zwiększyć modernizując (upraszczając) schemat funkcjonalny słonecznej instalacji szpitala.



Rys. 3. Idea rekomendowanego uproszczenia schematu funkcjonalnego instalacji słonecznej

Proponuje się wyeliminowanie układu pośredniego z obecnych trzech obiegów istniejących (ładowania i rozładowania buforów oraz obiegu c.w.u.). Zbiorniki buforowe zostaną wykorzystane jako bezpośrednie zasobniki c.w.u. Uproszczenie schematu funkcjonalnego instalacji (rys. 3) zwiększy zyski poprzez wyeliminowanie strat obiegu pośredniego). Nowoczesne technologie w odniesieniu do urządzeń stosowanych w systemach słonecznych, jak wymienniki ciepła i inne, gwarantują ich niezawodność, a czynniki robocze obiegu kolektorowego, jak glikole propylenowe, nie są szkodliwe. Brak jest przeszkód prawnych i sanitarnych zastosowania takiego rozwiązania. Woda zimna w tym rozwiązaniu będzie zasilana bezpośrednio zbiornik buforowy.

Należy na zakończenie podkreślić, że wymienione poprzednio dane (zużycie ciepłej wody i jego rozkłady), stanowiące podstawę projektowania

instalacji słonecznej, są niezbędne do ewentualnej planowanej modernizacji i konieczne jest ich uzupełnienie przed podjęciem decyzji mających na celu podniesienie efektywności funkcjonowania instalacji słonecznej.

PODSUMOWANIE

Ocena funkcjonowania przedstawionej przykładowo instalacji, wykazała szereg nieprawidłowości w zakresie opracowania jej koncepcji i budowy. Podobne błędy występowały w odniesieniu do innych podobnych instalacji, potwierdzone przez ich audyty energetyczne przeprowadzone przez Autorów. W celu poprawy funkcjonowania, przede wszystkim konieczne jest wyeliminowanie dość częstych nieprawidłowości jak:

- brak danych do opracowania założeń;
- brak koncepcji technicznej ujmującej istotne uwarunkowania i specyfikę instalacji;
- brak wiarygodnych obliczeń zysków energetycznych instalacji;
- błędy projektowe wynikające z nieznaną specyfiką tematu, braku doświadczenia i nieuwzględnianiu nowoczesnych technologii i rozwiązań;
- niedopracowaniu dokumentów jak: Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia (SIWZ) lub Programów Funkcjonalno – użytkowych (PFU),
- niezgodne z projektem wykonanie;
- wybór przez wykonawców najtańszych (często mało efektywnych) rozwiązań;
- na ogół brak monitoringu podstawowych parametrów instalacji.

Rekomenduje się zawieranie umów pomiędzy inwestorem a wykonawcą typu umowy z gwarantowanym zyskiem. Wykonawca gwarantuje osiągnięcie minimalnych zysków energetycznych.

Właściciele, inwestorzy zaczynają przykładac należyta wagę do procesu przygotowania inwestycji ze zgromadzeniem danych, opracowaniem założeń i koncepcji technicznej. Istotne jest, aby to zrozumienie nie następowało już po wybudowaniu błędnie zaplanowanej i zaprojektowanej instalacji.

LITERATURA

- Pluta Z., 2000, *Podstawy teoretyczne fototermicznej konwersji energii słonecznej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
- Pluta Z., 2003, *Słoneczne systemy energetyczne*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej