

## **System grzewczy z gruntowym akumulatorem energii cieplnej - wyniki eksperymentów**

**Andrzej Wita**<sup>1</sup>  
**Andrzej Balcerzak**<sup>2</sup>  
**Dorota Mirosław-Świątek**<sup>3</sup>

### **1. WSTĘP**

W ostatnich latach obserwuje się wdrażanie coraz bardziej efektywnych technologii pozyskiwania energii odnawialnej. W praktycznych zastosowaniach najpoważniejszym problemem jest sezonowy i losowy charakter tych źródeł energii. Wzajemne dopasowanie wydajności źródła energii do również zmiennego zapotrzebowania na energię to właściwie jest problem efektywnego magazynowania energii. Jednym ze sposobów taniego magazynowania energii cieplnej w ilości mającej znaczenie gospodarcze są akumulatory gruntowe. Światowe badania i wykonane instalacje demonstracyjne wskazują na możliwość odzyskania nawet do 85 % energii w cyklu rocznym. Niezależnie od możliwości zastosowania sezonowego magazynowania w systemach wykorzystujących energię odnawialną, bardzo ważnym kierunkiem zastosowań jest wykorzystywanie energii odpadowej powstającej w niektórych procesach technologicznych. W takich przypadkach możliwe jest wykorzystanie akumulatora energii w cyklach dostosowanych do charakteru procesu technologicznego.

W niniejszej publikacji przedstawia się doświadczalny system grzewczy wykorzystujący kolektory słoneczne i gruntowy akumulator energii cieplnej wykonany w Stacji Badawczej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Borowej Górze koło Serocka. Projekt ten został wykonany na zamówienie Departamentu Geologii Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa a sfinansowany przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (umowa nr 09/96/W-50/NE-PO-TX/D z 5.12.1996 r.).

### **2. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU OGRZEWANIA**

Budynek Stacji Badawczej jest budynkiem parterowym, wolnostojącym, niepodpiwniczonym. Posiada część laboratoryjną i biurową. Całkowita powierzchnia budynku wynosi 340 m<sup>2</sup> natomiast kubatura 1078 m<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Dr inż., Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, IMGW Warszawa

<sup>2</sup> Mgr inż., Zakład Geotechniki, IMGW Warszawa

<sup>3</sup> Dr, Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska, SGGW Warszawa

Akumulator gruntowy stanowią cztery sekcje z których każda składa się z 12 pionowych wymienników o średnicy 2" i długości 21 m. Wymienniki rozmieszczono w regularnej siatce kwadratowej o boku 4 m. Łączna długość wymienników wynosi 1008 m, zaś objętość akumulatora (gruntu): 16500 m<sup>3</sup>. Położenie akumulatora względem budynku oraz schemat połączeń hydraulicznych wymienników przedstawiono na rysunku 1a. Zastosowano wymienniki typu koncentrycznego składające się z dwóch rur umieszczonych jedna w drugiej. W fazie magazynowania energii cieplnej podgrzana woda (lub inny nośnik) dostarczana jest za pomocą rury wewnętrznej o średnicy 1" , wypływa w dolnej części zaślepionej rury zewnętrznej (średnica 2") i przemieszczając się do góry ogrzewa ją oraz otaczający grunt. W fazie odzyskiwania energii z gruntu czynnik krążący w akumulatorze przemieszczając się wzdłuż ścianki bocznej rury zewnętrznej ogrzewa się ciepłem zgromadzonym w gruncie otaczającym wymiennik. W ramach sekcji wymienniki połączono szeregowo. Źródłem energii zasilającym akumulator są kolektory słoneczne typu USD o powierzchni łącznej 62,92 m<sup>2</sup> (22 sztuki po 2,86 m<sup>2</sup>). Układ hydrauliczny kolektorów stanowi obieg zamknięty a energia przekazywana jest do akumulatora za pomocą wymiennika ciepła lub do pompy ciepła. Układ hydrauliczny akumulatora gruntowego stanowią dwa niezależne obiegi zamknięte zasilające po dwie sekcje akumulatora. Układ hydrauliczny ogrzewania budynku jest zasilany z pompy ciepła. Ruch nośnika energii we wszystkich układach hydraulicznych jest wymuszony.

Zapotrzebowanie na energię cieplną budynku Stacji Badawczej określono na poziomie 27,7 kW. Pompa ciepła powinna zapewniać około 70% całego zapotrzebowania na energię cieplną budynku czyli winna mieć moc około 20 kW. Projekt przebudowy uwzględnił istniejącą kotłownię gazową, możliwość przełączania zasilania systemu grzewczego na pompę ciepła i piec gazowy, a także parametry czynnika grzewczego obiegu instalacji CO 55/40 °C wymuszone zastosowaniem pompy ciepła.

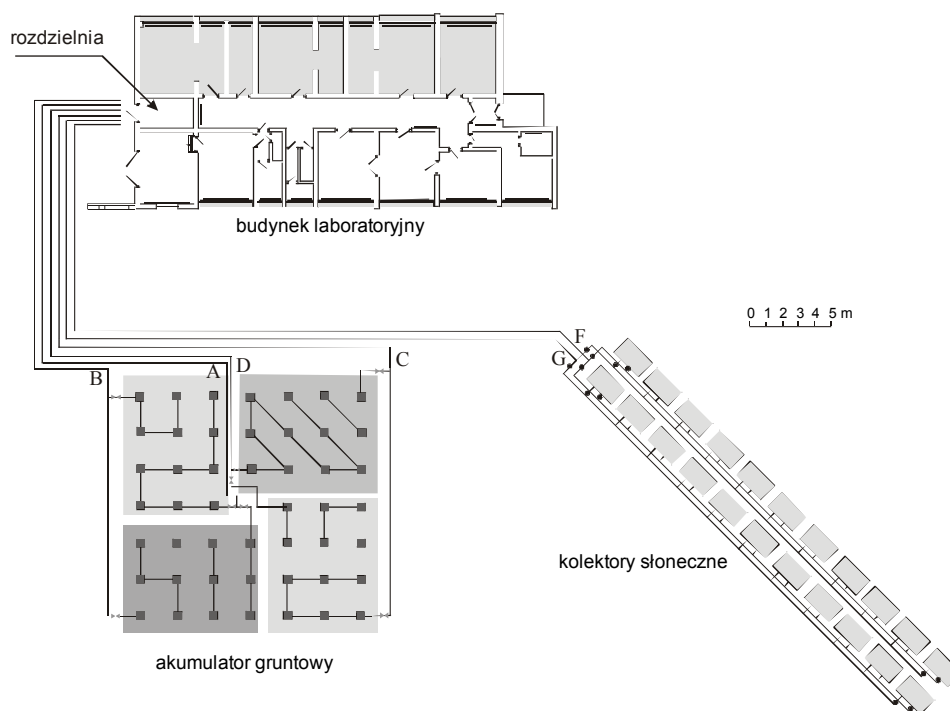
Rozdzielnia systemu grzewczego umożliwia przełączanie systemu na różne tryby pracy z zależności od okoliczności:

zasilanie akumulatora gruntowego energią uzyskaną z kolektorów słonecznych,  
odzyskiwanie energii cieplnej z akumulatora gruntowego i przekazywanie jej za pomocą pompy ciepła do systemu centralnego ogrzewania,  
dołączenie pieca gazowego jako źródła uzupełniającego w przypadku zwiększonego zapotrzebowania na energię spowodowanego niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi lub rozładowaniem akumulatora.

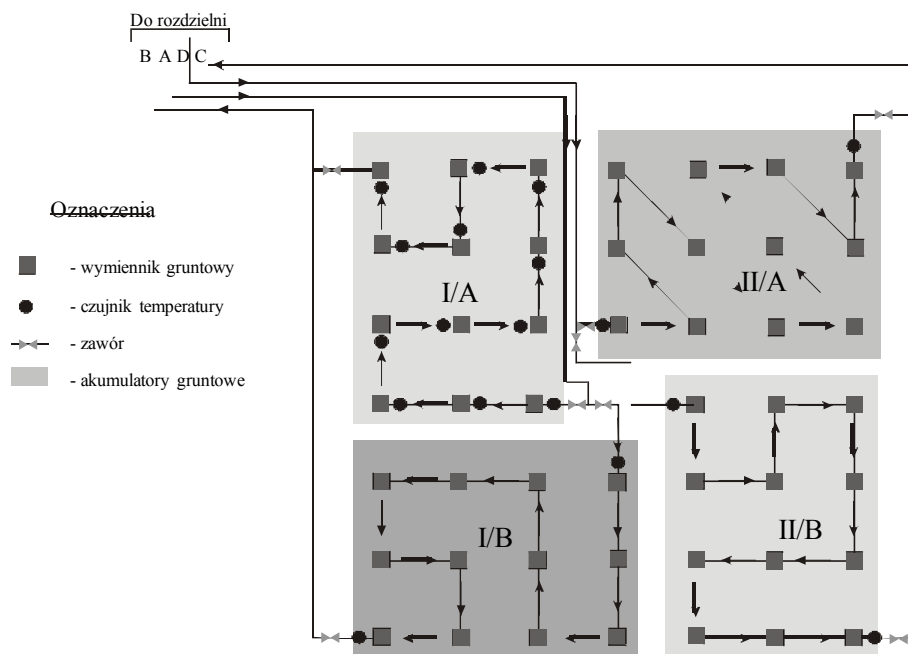
Połączenia hydrauliczne pomiędzy pionowymi wymiennikami wykonano za pomocą rur preizolowanych typu FINPOL. Na rysunkach 1a i 1b przedstawiono schematycznie połączenia hydrauliczne pomiędzy kolektorami, akumulatorem i rozdzielnią. W sekcji I występuje inny schemat przepływu czynnika transportującego energię co wynika z faktu, że połączenia wykonano przed rozpoczęciem projektu. System zaworów umożliwia sterowanie sekcjami, wyłączanie z użytku poszczególnych sekcji np. w związku z awarią, koniecznością wymiany lub montażu czujników itp. Zastosowana pompa ciepła posiada moc znamionową 4,85 kW natomiast jej moc grzewcza wynosi 20,5 - 24,3 kW.

Usytuowanie pompy w systemie umożliwia pobieranie przez nią energii cieplnej z akumulatora lub z kolektorów jako źródła dolnego. Z drugiej strony pompa ciepła zasilą instalację centralnego ogrzewania budynku laboratoryjnego. W związku z tym, że temperatura

czynnika grzewczego na wyjściu pompy ciepła nie przekracza  $55^{\circ}\text{C}$  musiał być zmodyfikowany system ogrzewania budynku.



Rys.1a. Schemat ogólny systemu ogrzewania w Borowej Górze



Rys.1b. Schemat połączeń wymienników w akumulatorze gruntowym

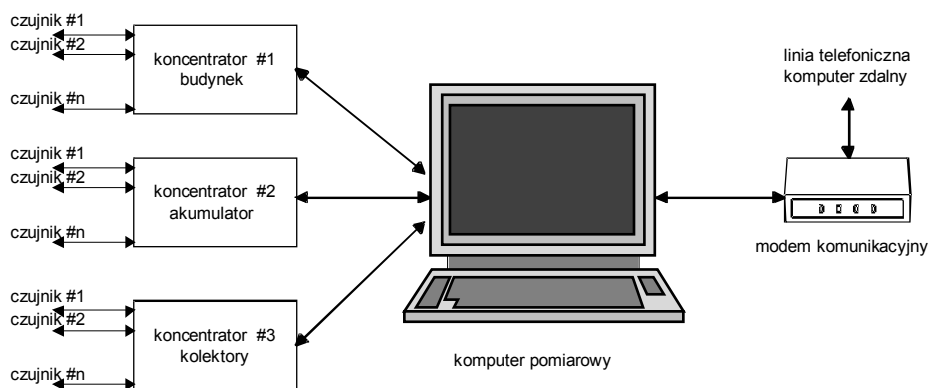
### 3. KOMPUTEROWY SYSTEM MONITOROWANIA SYSTEMU

W drugim etapie projektu wykonano komputerowy system pomiarowy, umożliwiający monitorowanie przebiegu procesu akumulowania energii w gruncie i jej odzyskiwania. Podstawowe funkcje systemu pomiarowego to:

- automatyczny pomiar temperatury i przepływu w instalacji hydraulicznej kolektorów, akumulatora, pompy ciepła i centralnego ogrzewania,
- archiwizacja wyników pomiarów,
- wizualizacja pomiarów,
- sterowanie pomiarami (ustawianie interwału czasu pomiędzy pomiarami, zapis pomiarów do plików, itp.)
- przekazywanie wyników pomiarów na odległość za pomocą modemu komunikacyjnego.

W systemie pomiarowym zastosowano czujniki platynowe typu PT-100 oraz ciepłomierze typu Supercal. Pomiary są wykonywane niezależnie dla trzech grup czujników dołączonych do oddzielnych koncentratorów, a wyniki pomiarów są gromadzone w wewnętrznej pamięci koncentratorów i pobierane na żądanie użytkownika. Koncentratory po-

siadają zasilanie własne dzięki czemu są odporne na przerwy w dostawie energii z sieci energetycznej. Na rysunku 2 przedstawiono schematycznie omawiany system pomiarowy.



Rys.2. Schemat ideowy komputerowego systemu pomiarowego

Czujniki dołączone są do koncentratorów, które wykonują pomiary niezależnie z ustalonym odstępem czasu i przechowują wyniki pomiarów w swojej własnej pamięci. Każdy koncentrator może przechować do około 12000 pojedynczych pomiarów. Koncentrator nr 1 obsługuje czujniki umieszczone w budynku, koncentrator nr 2 czujniki w instalacji hydraulicznej akumulatora gruntowego, a koncentrator nr 3 czujniki dla kolektorów słonecznych.

W systemie zainstalowano 4 standardowe ciepłomierze w celu kontrolowania przepływu energii. Po jednym ciepłomierzu w połączeniach hydraulicznych do dwóch części akumulatora, jeden na połączeniu hydraulicznym kolektorów słonecznych oraz na wyjściu z pompy ciepła i wejściu do centralnego ogrzewania. Wszystkie są zlokalizowane w budynku laboratoryjnym. Na wyświetlaczach ciepłomierzy można odczytywać ilość energii przepływającej przez przewód hydrauliczny, na którym zostały zainstalowane. Dodatkowo są one wykorzystywane w automatycznym systemie pomiarowym jako przepływomierze.

Aktualnie automatyczny system pomiarowy wykonuje standardowo następujące czynności: pomiar co 15 minut i zapis wyników w pamięci koncentratorów, codzienny odczyt zawartości pamięci koncentratorów i zapis do plików tekstowych na dysku komputera pomiarowego.

Aby wykonać dobowy odczyt zawartości pamięci koncentratorów komputer samoczynnie włącza się codziennie o ustalonym czasie (godzina 0:05). Po wykonaniu odczytu komputer wyłącza się samoczynnie. System jest tak skonfigurowany, że w każdej chwili można uruchomić zdalnie komputer za pomocą czuwającego modemu i wykonać następujące czynności:

- zmienić częstość pomiarów i inne parametry (zmiana plików konfiguracyjnych dla koncentratorów),
- kopiować pliki z wynikami pomiarów z dysku komputera pomiarowego,
- uruchomić program inicjujący odczyt zawartości pamięci koncentratorów,

- uruchomić program pomiarów bieżących umożliwiający zdalną obserwację systemu.

Eksperymentując z systemem pomiarowym opracowano oprogramowanie umożliwiające automatyczne przesyłanie plików archiwalnych pocztą elektroniczną na adres pracowników IMGW działających w projekcie. Równocześnie wysyłany był przez pewien czas eksperymentalnie komunikat o wykonanych czynnościach na telefon komórkowy. Oprogramowania sprawdzono w praktyce z zadowalającymi wynikami. Przeprowadzono również eksperymenty z wysyłaniem kilku wybranych wyników pomiarów na telefon komórkowy.

#### **4. EKSPERYMENT BADAWCZY MAGAZYNOWANIA I ODZYSKIWANIA ENERGII**

##### **1. Wyniki monitorowania magazynowania energii w 1998 r.**

W sezonie letnim 1998 roku rozpoczęto magazynowanie energii cieplnej w akumulatorze gruntowym. Ten etap eksperymentu trwał od 17 lipca do 5 października 1998 r. W okresie około 2,5 miesiąca (78 dni) kolektory słoneczne dostarczyły 30,2 GJ (8390 kWh) energii do systemu. Wartość ta została zmierzona za pomocą ciepłomierza usytuowanego przed wymiennikiem ciepła przekazującym energię do obiegu akumulatora. Średnio w trakcie eksperymentu pozyskiwano około 107,5 kWh w ciągu doby. W sumie według pomiarów za pomocą ciepłomierzy w akumulatorze zgromadzono 29,16 GJ (8100 kWh). Jest to wartość nieco mniejsza niż energia odebrana z kolektorów z uwagi na sprawność płytowego wymiennika ciepła. Zbiorcze wyniki monitorowania systemu grzewczego za pomocą ciepłomierzy z całego eksperymentu (1998-1999) zamieszczono w tabeli 1. Kolumna tabeli 1 oznaczona jako A1 zawiera dane dla pierwszej części akumulatora (sekcje I/A i I/B na rysunku 1b). Odpowiednio kolumna A2 dotyczy drugiej części akumulatora (sekcje II/A i II/B) natomiast kolumna A1+A2 zawierają dane dla całego akumulatora.

W trakcie eksperymentu prowadzonego w 1998 r. sprawdzano praktycznie komputerowy system monitorowania oraz komunikację z IMGW w Warszawie. Za pomocą modemu i linii telefonicznej system monitorowany był zdalnie, a co kilka dni, również tym samym sposobem, przesyłano dane pomiarowe zgromadzone w komputerze w Borowej Górze. W trakcie trwania eksperymentu były okresy wadliwego działania systemu pomiarowego stąd w tabeli 1 zaprezentowano tylko poprawnie zmierzony przepływ energii w systemie grzewczym. Ponadto system pomiarowy uruchomiono w lipcu a gromadzenie energii rozpoczęto w czerwcu 1998 r. Przerwy pomiarów są widoczne również na zaprezentowanych w dalszej części wykresach.

Tabela 1 Zbiorcze zestawienie transferu energii w systemie od czerwca 1998 do września 1999 r. (wyniki odczytywane z ciepłomierzy)

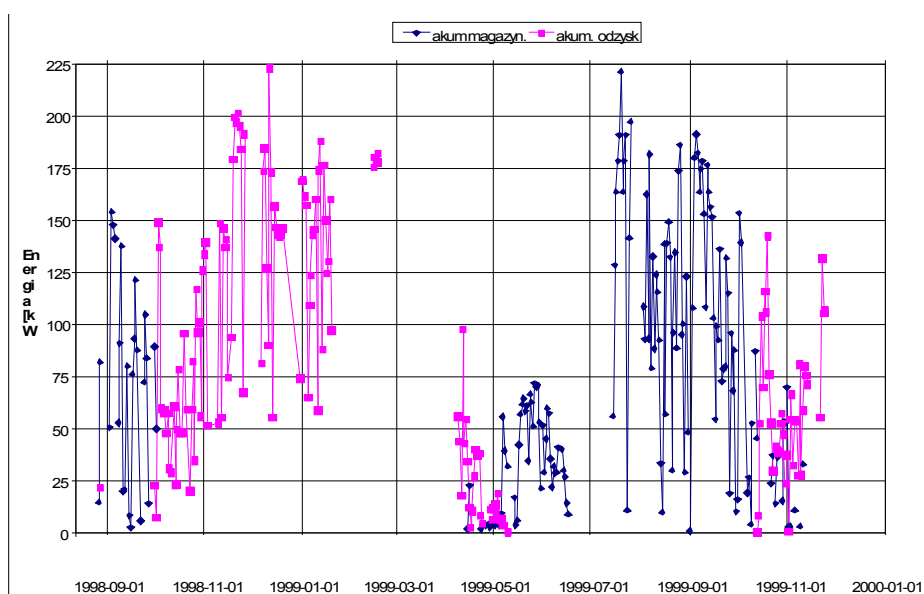
miesiąc	magazynowanie energii				odzyskiwanie energii			
	A1	A2	A1+A2	kolekt.	A1	A2	A1+A2	PC
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
magazyn. 1998	1273	4136	5409	5556				
odzysk 1998/99					4209	5832	10041	31864
magazyn. 1999	7460	10870	18330	21224				
suma	9417	17013	26430	29613	4209	5832	10041	31864

## 2. Wyniki monitorowania w sezonie zimowym 1998 i letnim 1999 r.

Druga faza eksperymentu rozpoczęła się w październiku 1998 roku na początku sezonu grzewczego 1998/1999. Odzyskiwanie energii cieplnej z akumulatora trwało do maja 1999 r. W tym miesiącu sporadycznie odzyskiwano energię z gruntu w niewielkich ilościach i równocześnie rozpoczęła się faza magazynowania. Tak więc nie było typowej fazy spoczynkowej akumulatora. W miesiącu październiku wprowadzono do układu hydraulicznego kolektorów słonecznych płyn niezamarzający zamiast wody, która dotychczas była nośnikiem energii w układzie hydraulicznym kolektorów podczas eksperymentu. Pozwoliło to na dalsze próby pozyskiwania energii cieplnej bez obawy zniszczenia kolektorów w przypadku nagłego wystąpienia ujemnych temperatur. Dzięki temu również w okresie jesiennym nie wystąpiła typowa faza spoczynku akumulatora, a energia była pozyskiwana z kolektorów również w listopadzie. Energię do celów grzewczych odzyskiwano od 14 października 1999 r. Od 22 października do 1 listopada pracowały zarówno kolektory słoneczne pozyskując energię jak i pompa ciepła odzyskując energię z akumulatora.

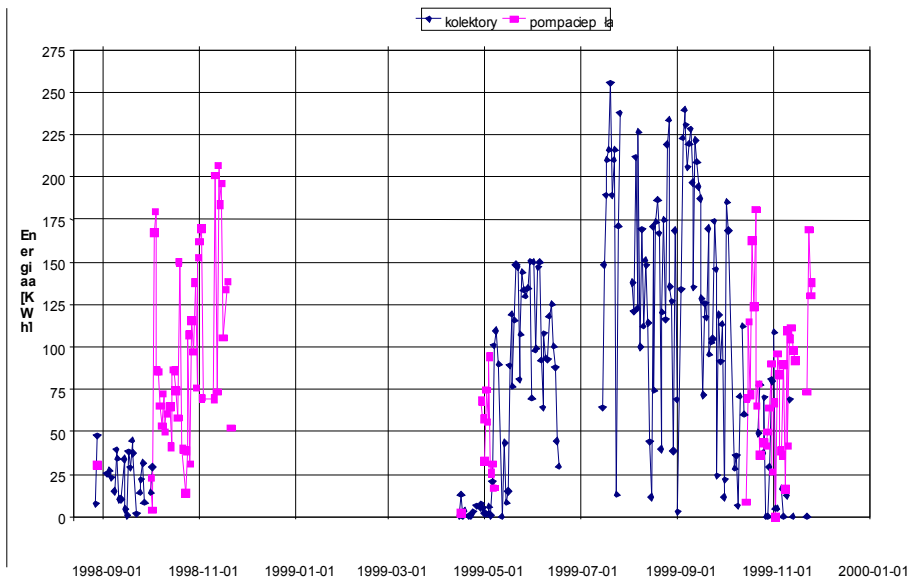
Tak jak w poprzednim roku energia cieplna przemieszczająca się w systemie była monitorowana za pomocą standardowych ciepłomierzy oraz komputerowego systemu pomiarowego. Odczyty z ciepłomierzy wykonywane były raz dziennie w dni robocze, a ich wyniki zbiorcze dla całego eksperymentu przedstawiono w tabeli 1. W okresie od 2 października 1998 do 1 października 1999 r. pozyskano 19.918 kWh z kolektorów słonecznych, w gruncie zmagazynowano 16.910 kWh i odzyskano 10.041 kWh. Równolegle działał system pomiarów automatycznych. Na podstawie wstępnie opracowanych pomiarów automatycznych sporządzono kilka wykresów charakteryzujących działanie systemu w badanym okresie. Dobowe wartości energii magazynowanej i odzyskiwanej z akumulatora przedstawiono na rysunku 3. Na wykresie tym przedstawiono wyniki z całego okresu pomiarów automatycznych. W lecie 1999 r. maksymalną wartość dobową energii magazynowanej w akumulatorze uzyskano w dniu 20 lipca (221 kWh). Wartości ponad 175 kWh uzyskano 18, 19, 22 lipca, 5, 25, 26 sierpnia oraz 4, 5, 6, 8, 9, 12 września. Maksymalny dobowy odbiór energii z akumulatora wystąpił w dniu 12 grudnia 1998 r. i wynosił około 233 kWh. Duże wartości odzysku energii (powyżej 175 kWh) miały miejsce również w okresach od 19 do 26 listopada 1998, od 12 do 15 stycznia 1999 r. i od 15 do 18 lutego 1999 r. W sezonie grzewczym 1999/2000 nie przekroczono odbioru 150 kWh na dobę.

Dobowe wartości energii uzyskanej na wyjściu z kolektorów kolektory i pompy ciepła przedstawia rysunek 4. Maksymalną ilość energii z kolektorów (255 kWh) uzyskano 20 lipca 1999r. Wartości ponad lub zbliżone do 225 kWh uzyskiwano również w ostatniej dekadzie lipca, ostatniej dekadzie sierpnia i w pierwszej dekadzie września 1999 r. Znaczące ilości energii uzyskano jeszcze podczas kilku słonecznych dni pod koniec października i na początku listopada przy czym 1 listopada był dniem wyjątkowym pod tym względem. W tym dniu dzięki słonecznej pogodzie z kolektorów pozyskano około 109 kWh z czego 70 kWh zostało przekazanych do akumulatora, a z akumulatora odzyskano 37 kWh dla celów grzewczych. Rysunek 5 przedstawia wykres mocy dwóch części akumulatora, kolektorów słonecznych i pompy ciepła w dniu 1 listopada. Podobny wykres przygotowano dla 20 lipca czyli dla dnia, w którym pozyskano najwięcej energii z kolektorów słonecznych (rysunek 6). W tym dniu energia była odbierana z kolektorów przez około 9 godzin przy stosunkowo wysokiej mocy przekraczającej 30 kW przez około 5 godzin. W dniu 1 listopada 1999 r. okres odbioru energii z kolektorów był krótszy (nieco ponad 6 godzin) przy znacznie niższym poziomie uzyskiwanej mocy (ponad 15 kW przez 5 godzin) oraz innym kształcie wykresu mocy.

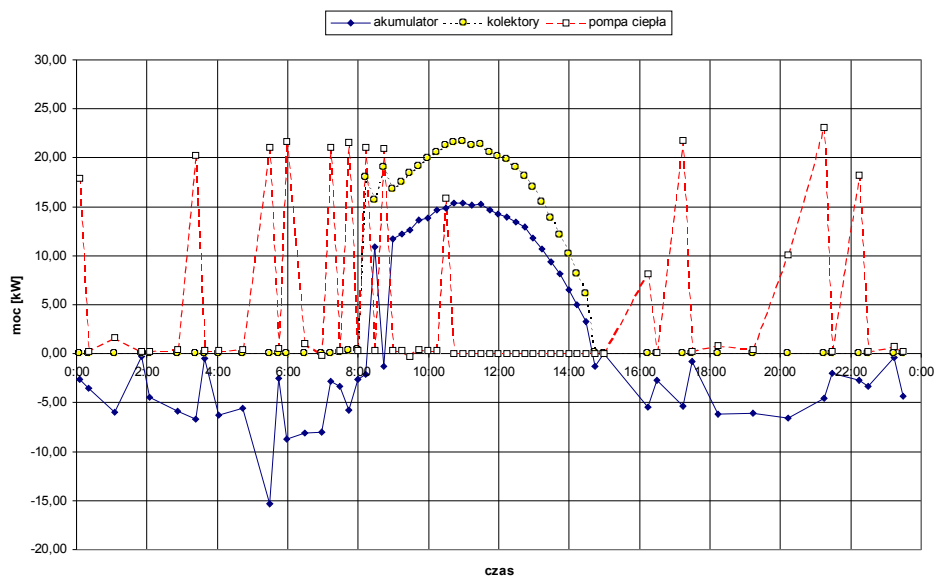


Rys.3. Dobowe wartości energii magazynowanej lub odzyskiwanej z akumulatora

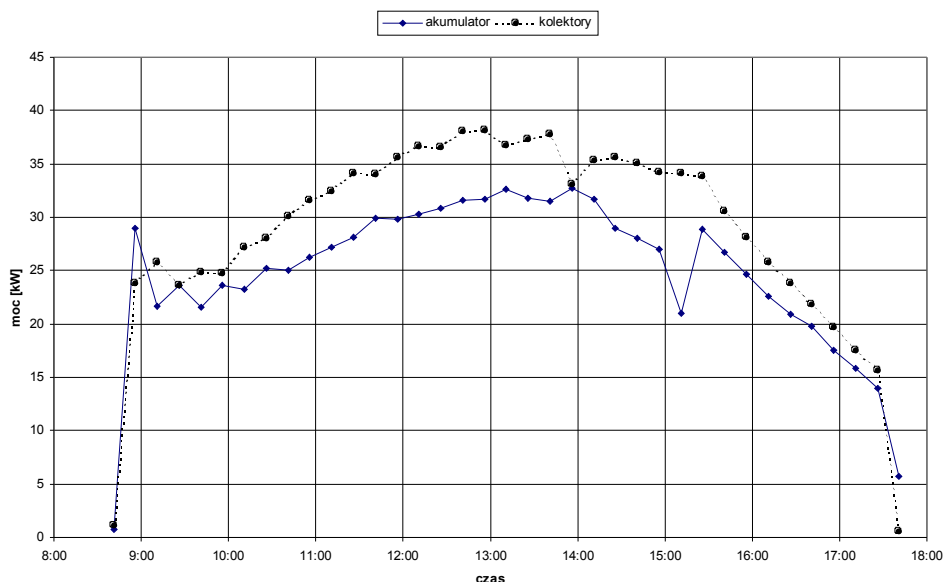




Rys.4. Dobowe wartości energii uzyskiwane na wyjściu pompy ciepła i kolektorów słonecznych

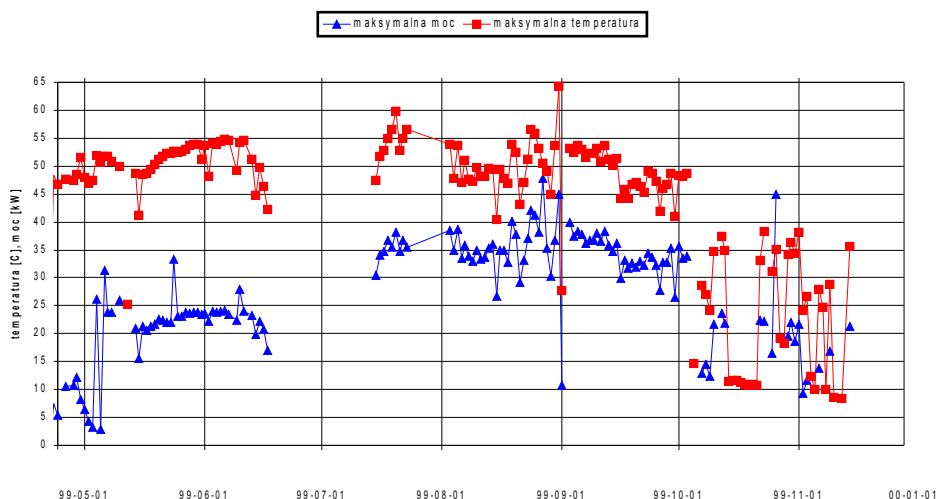


Rys.5. Moc kolektorów słonecznych, akumulatora i pompy ciepła w dniu 1 listopada 1999 r. na podstawie pomiarów automatycznych



Rys.6. Moc kolektorów słonecznych i moc przekazywana do akumulatora w dniu 20 lipca 1999 r. na podstawie pomiarów automatycznych

Automatyczny system pomiarowy umożliwia śledzenie wielu parametrów procesu magazynowania i odzyskiwania energii. Między innymi analizowano średnie dobowe temperatury zasilania i powrotu cieczy będącej nośnikiem energii w akumulatorze. W obu częściach akumulatora zmiany mają podobny charakter. W okresie magazynowania energii, temperatura nośnika płynącego do akumulatora wzrasta od około 14°C na początku tego okresu do około 20°C w końcu fazy magazynowania. Sporadycznie w dniach o dużym nasłonecznieniu osiągnęto temperaturę ponad 22°C. W tym samym czasie temperatura cieczy powracającej z akumulatora wzrasta od około 6°C do 14°C w końcowej fazie magazynowania. W okresie odzyskiwania energii z gruntu średnia temperatura nośnika powracającego z akumulatora jest wyższa niż płynącego do akumulatora. Temperatura cieczy powracającej zmieniała się od około 14°C do około 6°C na wiosnę pod koniec fazy odzysku. W pierwszym okresie (październik, listopad) spadek temperatury był znaczny, natomiast od lutego można zaobserwować stabilizację na poziomie 6°C. Świadczy to o wykorzystaniu zgromadzonych zasobów energii w pierwszym okresie i korzystaniu z energii naturalnie napływającej do akumulatora w drugim okresie fazy odzysku. Interesujące jest również zestawienie maksymalnej mocy chwilowej uzyskiwanej z kolektorów oraz maksymalnej temperatury nośnika powracającego z kolektorów. Na rysunku 7 przedstawiono je w okresie od 1 maja 1999 r. do 14 listopada 1999 r. Maksymalna temperatura jaką osiągnęła ciecz powracająca z kolektorów, wynosiła 64°C w dniu 31 sierpnia 1999 r. Również w dniu 20 lipca 1999 r. (w tym dniu uzyskano maksymalną ilość energii z kolektorów w ciągu jednej doby) nośnik powracający z kolektorów osiągnął bardzo wysoką temperaturę - około 60°C. Maksymalną moc z kolektorów uzyskano 27 sierpnia 1999 r. i wynosiła ona prawie 48 kW. Niewiele mniejszą moc, bo około 45 kW, dały kolektory 26 października 1999 r. a więc w czasie, w którym w poprzednim sezonie kolektory były wyłączone.



Rys.7. Maksymalna dobowa temperatura nośnika energii powracającego z kolektorów oraz maksymalna moc uzyskana z kolektorów podczas magazynowania w 1999

### 3. 4.3. Analiza kosztów ogrzewania

Obliczenia efektywności ogrzewania systemu zainstalowanego w Borowej Górze wykonano korzystając z ręcznych i automatycznych pomiarów energii dostarczonej i odbieranej z akumulatora gruntowego, odbieranej z kolektorów słonecznych oraz dostarczonej do centralnego ogrzewania z pompy ciepła. Pomiary były wykonywane codziennie w okresie od 2 października 1998 r. do 1 października 1999 r. Pomiędzy 08.06.98 i 2.10.98 oraz od 29.04.99 do 08.06.99 energia cieplna magazynowana była w akumulatorze gruntowym, a w okresie 01.10.98 do 05.05.99 energia cieplna była pobierana z akumulatora gruntowego.

W tabeli 2 zestawiono wskaźniki kosztów pozyskania energii z akumulatora gruntowego. Współczynnik wydajności pompy zdefiniowany jako stosunek energii uzyskanej z pompy ciepła do sumy dostarczonej do niej energii elektrycznej i energii zużytej na pracę pomp obiegowych), wyniósł 2,61. Koszt ogrzania 1 m<sup>2</sup> powierzchni budynku dla pompy ciepła wyniósł 16,12 zł natomiast koszt ogrzania 1 m<sup>2</sup> powierzchni budynku gazem wyniósł 24, zł. Całkowity koszt wytworzenia 1kWh energii cieplnej przy zastosowaniu pompy ciepła wyniósł 0,17 zł, a przy ogrzewaniu gazowym 0,09 zł.

Tabela 2 Wskaźniki kosztów pozyskania energii cieplnej z akumulatora

Stosunek energii uzyskanej z pompy ciepła do energii włożonej	2,61
Łącznie energia zużyta na ogrzanie na 1m <sup>2</sup> powierzchni (220 m <sup>2</sup> )	144 kWh
Łącznie energia zużyta na 1m <sup>3</sup> kubatury (670 m <sup>3</sup> )	47,5 kWh
Koszt energii na ogrzanie 1 m <sup>2</sup> powierzchni	16,12 zł
Koszt energii na ogrzanie 1 m <sup>3</sup> kubatury	5,29 zł
Koszt uzyskania 1kWh	0,17 zł

## 5. PODSUMOWANIE

Przedstawiony system ogrzewania z wykorzystaniem kolektorów słonecznych, pompy ciepła i gruntowego akumulatora energii cieplnej ma charakter eksperymentalny jak również demonstracyjny. Zainteresowani zastosowaniem podobnych rozwiązań mogą bezpośrednio zapoznać się z systemem oraz uzyskać dodatkowe informacje i wskazówki. Obliczone wskaźniki kosztów eksploatacyjnych dla systemu są obiecujące i należy się spodziewać, że koszty stałe będą coraz bardziej korzystne. Autorzy projektu opracowali projekt dalszej rozbudowy systemu i jego unowocześnienia. Przewiduje on zastosowanie ogniw fotowoltaicznych i małych generatorów wiatrowych w celu uniezależnienia się od zewnętrznego zasilania oraz usprawnienie systemu pomiarowego i udostępniania danych. W ramach promocji została opracowana internetowa strona WWW poświęcona projektowi, która jest zamieszczona na serwerze Ośrodka Technicznej Kontroli Zapór Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej ([http://www.otkz.pol.pl/projekt\\_nf/index.htm](http://www.otkz.pol.pl/projekt_nf/index.htm)).

## 6. LITERATURA

[1] Wita A., Balcerzak A. Mirosław-Świątek D. (2000): Określenie efektywności ekologicznego systemu ogrzewania wykorzystującego magazynowanie energii cieplnej w gruncie. Materiały Badawcze IMGW. Seria: Inżynieria wodna, nr 12

### 0.0.1 STRESZCZENIE

Główną barierą uniemożliwiającą powszechne wykorzystanie energii odnawialnych jest losowy charakter występowania energii wiatru, słonecznej itp. Rozwiązanie problemu tkwi w efektywnym magazynowaniu energii. Obiecujące wyniki eksperymentów uzyskano magazynując znaczne ilości energii cieplnej w akumulatorach gruntowych. W referacie przedstawia się zakończony w roku 2000 projekt badawczy wykorzystania gruntowego akumulatora energii cieplnej oraz kolektorów słonecznych w systemie grzewczym. System został uruchomiony na jesieni 1997 r. w budynku laboratoryjnym IMGW w Borowej Górze koło Serocka. W ramach projektu obserwowano działanie systemu przez dwa lata. Obiekt

był monitorowany za pomocą komputerowego systemu pomiarowego, a uzyskane wyniki przedstawiono w referacie w postaci tabel i wykresów.

## **Heating system with thermal energy storage in the ground - results of field experiments**

### **0.0.2 SUMMARY**

Random character of solar and other renewal energies is the main obstacle in common utilisation of renewal energy. The solution of the problem is in an effective thermal energy storage. Interesting and promising results have been obtained while storing thermal energy in the ground. A study on application of thermal energy storage in the ground and solar collectors in the heating system is presented in this report. System was implemented in autumn 1997 in laboratory building of the Institute of Meteorology and Water Management in Borowa Góra near Serock. The system was tested during two years. Special computer monitoring system was used to collect and transmit data. Results of monitoring are presented in this article as tables and graphs.