

Mirosław JANOWSKI
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: janowski@agh.edu.pl
Piotr KOLASA
Laboratory of Innovation in Bio and Renewable Energy –
LIBRE Foundation
ul. Kościuszki 35, 44-100 Gliwice
e-mail: pkolasa@librefoundation.org

Technika Poszukiwań Geologicznych
Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 2/2016

GEOTERMALNY SYSTEM WSPOMAGANIA ZASILANIA W CIEPŁO OBIEKTU SOLPARKU W MIEJSCOWOŚCI KLESZCZÓW

STRESZCZENIE

W miejscowości Kleszczów wykonano dwa odwierty geotermalne Kleszczów GT-1 oraz Kleszczów GT-2. Pierwszy pracuje jako otwór produkcyjny, drugi jako chłonny. Osiągają poziom jury środkowej oraz jury dolnej. Zaprojektowane zostało przyłącze energetyczne w postaci układu kaskadowego do już istniejącego systemu ciepłowniczego wybranych obiektów. Ze względu na wysokie koszty inwestycji geotermalnych, bardzo ważnym jest maksymalne wykorzystanie ciepła zawartego w wodach termalnych. Systemy kaskadowe są jednym ze sposobów na „głębokie schłodzenia” wody termalnej przed zatłoczeniem do otworu chłonnego. Praca systemu kaskadowego w Kleszczowie wymaga dostosowania jego ustawień i sposobu zasilania poszczególnych stopni kaskady do parametrów pracy odbiorców ciepła i ich charakterystyki zapotrzebowania na ciepło, a także do wydajności i temperatury zasilania systemu geotermalnego. W związku z czym systemy kaskadowe są na ogół układami szeregowo równoległymi, sterowanymi w zależności od chwilowego zapotrzebowania na ciepło u odbiorców poszczególnych stopni kaskady.

SŁOWA KLUCZOWE

Geotermia, energia odnawialna, ogrzewanie geotermalne, kaskadowy odbiór ciepła

* * *

WPROWADZENIE

Pozyskanie energii geotermalnej wiąże się z bardzo dużymi nakładami inwestycyjnymi. Wobec wysokich nakładów i relatywnie niskiej entalpii wód złożowych w systemach geotermalnych w Polsce, bardzo ważnym dla ekonomicznej zasadności inwestycji geotermalnej

jest uzyskanie maksymalnego uzysku ciepła poprzez jak najgłębsze schłodzenie obiegowego czynnika geotermalnego. Wiąże się to z potrzebą uzyskania jak największego stopnia schłodzenia wód geotermalnych przed zatłoczeniem do górotworu.

Można to uzyskać poprzez stopniowy odbiór ciepła od wód termalnych za pomocą kolejno ułożonych odbiorników o coraz niższym zapotrzebowaniu na temperaturę czynnika ogrzewającego. Odbiorniki powinny być połączone w systemie szeregowym, inaczej *kaskadowym systemem geotermalnym*. W praktyce wykonanie, i co najważniejsze, sterowanie całością systemu kaskadowego odbioru ciepła nie jest takie proste. Jest ono zależne od reżimu oraz parametrów pracy poszczególnych stopni oraz od wydajności i temperatury dubletu geotermalnego zasilającego kaskadę.

W miejscowości Kleszczów wykonano przyłącze energetyczne do już istniejącego układu ciepłowniczego, gdzie odbiorcami ciepła są obiekt sportowo rekreacyjny SOLPARK oraz budynek hotelu. W Kleszczowie, w roku 2009 wywiercono otwór geotermalny Kleszczów GT-1 o wstępnie określonych parametrach (Jasnos i in. 2012):

— poziom	jura środkowa i jura dolna
— głębokość	1620 m p.p.t.
— temperatura złoża	53,2°C
— miąższość warstwy wodonośnej	1502–1553 m p.p.t.
— zakres poboru	1489–1620 m p.p.t.
— średnica	217 mm

Na początku roku 2011 wywiercony został otwór chłonny – Kleszczów GT-2 o parametrach (Biernat i in. 2011):

— poziom	jura środkowa i jura dolna
— głębokość	1725 m p.p.t.
— średnica	217 mm

1. SYSTEM KASKADY GEOTERMALNEJ W KLESZCZOWIE

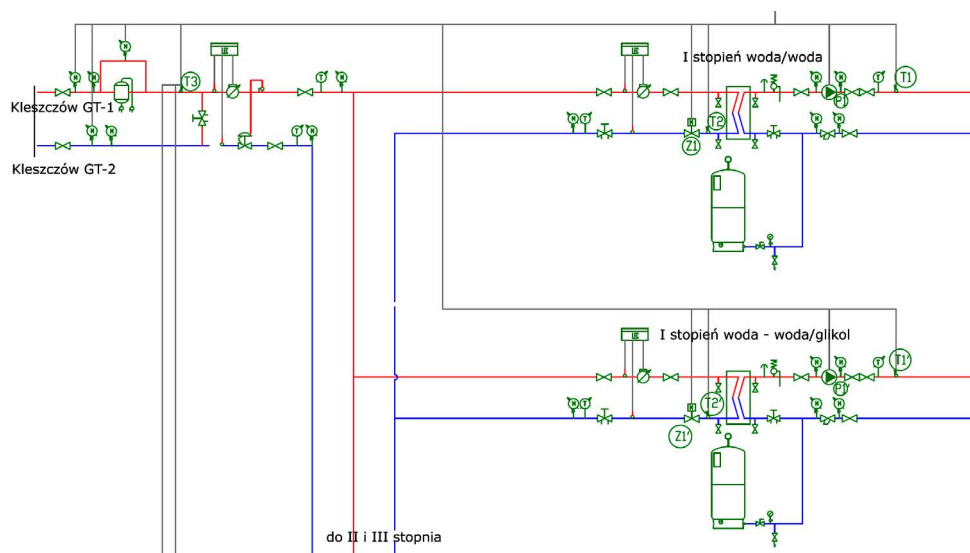
Ze względu na technologicznie trudny do realizacji projekt spełniający wstępne założenia inwestora, do realizacji przewidziany został system nieco zmodyfikowany w stosunku do klasycznej i niestety, teoretycznej kaskady geotermalnej. System geotermalny został dostosowany do zastanych rozwiązań i charakterystyki istniejącego systemu zasilania obiektów w ciepło, tak do c.o. (centralnego ogrzewania) jaki i wytwarzania c.w.u. (cieplej wody użytkowej) oraz c.t. (ciepła technologicznego – nagrzewnice), a także podgrzewu basenu oraz płyty boiska.

Ze względu na relatywnie niską temperaturę wód geotermalnych, ciepło geotermalne jest niewystarczające do samodzielnego zasilania istniejącego systemu grzewczego wymagającego relatywnie wysokiej temperatury zasilania systemu c.o. i c.t. w okresie niskich temperatur zewnętrznych. W związku z czym wymienniki zasilane z poszczególnych stopni kaskady geotermalnej pracują jako układ wspomagający i są wpięte szeregowo, na powro-

cie wody z systemów grzewczych, a przed właściwymi konwencjonalnymi źródłami ciepła poszczególnych obiektów. Układ kaskady został podzielony na trzy stopnie:

- I c.o., c.w.u. i c.t. wszystkich obiektów,
- II ciepło do podgrzewu wody basenowej,
- II ciepło do podgrzewu murawy boiska.

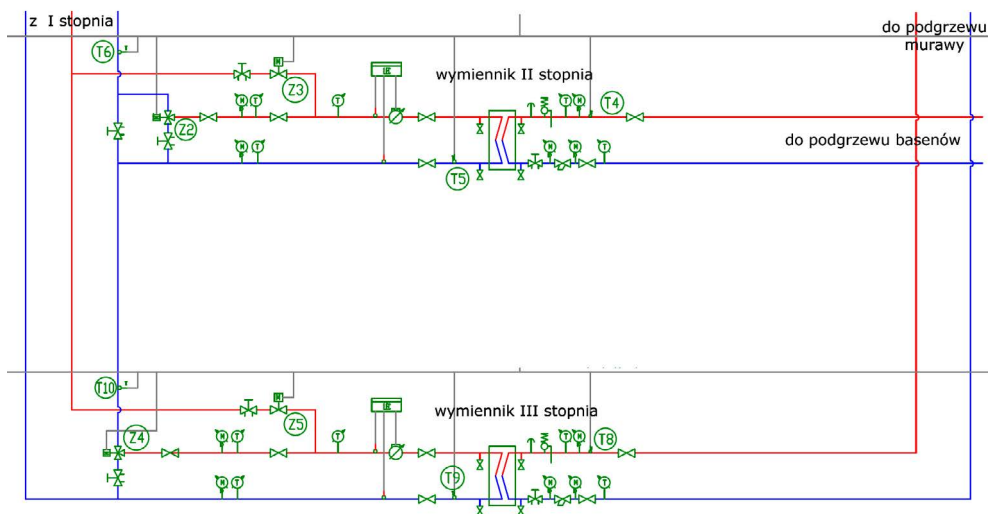
W pierwszym stopniu kaskady (c.o., c.w.u. i c.t.) zastosowano dwa równoległe obiegi. Jeden pracuje na wodzie kotłowej jako czynnika obiegowym, zasilając obiegi c.o., c.w.u. i c.t. w węzłach W1 – W5 SOLPARKU oraz w hotelu. W drugim, mniejszym obiegu, czynnikiem obiegowym jest mieszanina wody z glikolem. Wynika to z faktu, że istniały już wcześniej systemy c.t. ciepła technologicznego, które ze względów technicznych pracowały wykorzystując jako czynnik obiegowy niskozamarzającą mieszaninę woda/glikol. Po szeregowym podłączeniu do układu geotermalnego obiegi te nadal muszą pracować na 35% mieszaninie wody i glikolu. W związku z czym zrezygnowano z montażu wymienników pośredniczących woda–woda/glikol i pozostano przy ww. rozwiązaniu, czyli wykonaniu dla pierwszego stopnia kaskady dodatkowego obiegu woda–woda/glikol (Radecki i in. 2012) (rys. 1).



Rys. 1. I stopień kaskady c.o., c.w.u. i c.t. – obieg wodny oraz c.t. – obieg woda/glikol (Radecki i in. 2012)

Fig. 1. The first level of the cascade supporting CO, CWU and CT – water circuit, and circuit supporting CT – circulation of water/glycol fluid (Radecki et al. 2012)

Następnie wody geotermalne są kierowane na dwa pozostałe stopnie schłodzenia w kaskadzie. Pierwszym z nich, a w kolejności kaskady drugim, jest system podgrzewania wody basenowej, natomiast ostatnim – a w kolejności kaskady trzecim – jest układ podgrzewania sztucznej murawy na płycie boiska. *De facto* nie są to układy *stricte* szeregowo-kaskadowe. Istnieje możliwość przełączenia obu układów na pracę równoległą z pierwszym stopniem kaskady, a nawet, na pracę niezależną przy wyłączonym pierwszym stopniu (rys. 2).



Rys. 2. Podłączenie do systemu geotermalnego II (podgrzew wody basenowej) i III stopnia (podgrzew boiska) odbioru ciepła w kaskadzie (Radecki i in. 2012)

Fig. 2. The 2nd level (heating of swimming pool water) and the 3rd level (heating of the football pitch) of the heat connection of a geothermal cascade system (Radecki et al. 2012)

Takie rozwiązanie zostało podyktowane wspomnianą już charakterystyką szczytowego zapotrzebowania na temperaturę medium grzewczego w poszczególnych odbiornikach pierwszego stopnia kaskady. Temperatura ta ($70/50^{\circ}\text{C}$ dla c.o. i $80/60^{\circ}\text{C}$ dla c.t.) przekracza możliwości otworu produkcyjnego (52°C , nie uwzględniając strat przesyłu, z ich uwzględnieniem 48°C) oraz nieciągły charakter pracy niektórych odbiorników ciepła (np. c.w.u. w ciągu doby, c.t. i c.o. w okresie rocznym). Zatem nie występuje wtedy przepływ wód termalnych przez pierwszy stopień kaskady.

W związku z możliwością odrębnego sterowania każdym z urządzeń odbioru i produkcji ciepła w instalacji, istnieje możliwość – a nawet konieczność – takiego wysterowania całego układu, by osiągać założone korzyści. Może to być np.: minimalizacja całociowych kosztów ogrzewania lub też uzyskanie jak najniższej temperatury wody powrotnej zatłaczanej do otworu GT-2 dla poprawy rentowności systemu geotermalnego. Należy zwrócić uwagę, że oba powyższe reżimy pracy na ogół nie pokrywają się ze sobą. Tym bardziej, że wymaganiem inwestora jest maksymalizacja odzysku ciepła z chłodzenia płyty boiska i przekazywanie ciepła do wody basenowej z wykorzystaniem pompy ciepła. Układ ten pracuje w „konkurencji” do systemu geotermalnego.

W celu rozwiązania problemu optymalizacyjnego (liniowy, nieliniowy z możliwą aproksymacją liniową, nieliniowy lub najbardziej prawdopodobny metaheurystyczny) oraz wyznaczenia funkcji celu konieczna jest dogłębna długoterminowa analiza problemu pozwalająca na korektę oprogramowania.

Poniżej przedstawiono uproszczone algorytmy sterowania poszczególnymi elementami kaskadowego odbioru ciepła od wód geotermalnych w Kleszczowie.

2. STEROWANIE WĘZŁÓW WC-1 DO WC-5 SOLPARK ORAZ KOTŁOWNI HOTELU

Kaskadowy system geotermalnego wspomaganie systemu ciepłowniczego w Kleszczowie składa się z następujących elementów:

- wymiennika WG1 (rys. 1) woda geotermalna – woda kotłowa
- wymiennika WG2 (rys. 1) woda geotermalna – woda/glikol
- wymiennika hotelu WGH woda geotermalna – woda kotłowa
- wymiennika wspomaganie podgrzewu basenu WGB (rys. 2) woda geotermalna – woda kotłowa
- wymiennika wspomaganie podgrzewu murawy WGM (rys. 2) woda geotermalna – woda kotłowa

Regulator węzła geotermalnego oparty jest na krzywych grzewczych tożsamy z krzywymi grzewczymi węzła, do którego jest wpinana geotermia. Ustawiona jest temperatura podgrzewu ciepłej wody użytkowej wymagana za wymiennikiem. Automatyka części geotermalnej jest skomunikowana z istniejącą automatyką węzłów. Zainstalowany w obiegu geotermalnym filtr świecowy wyposażony jest w manometry kontaktowe mierzące występujący na nim spadek ciśnienia, w celu określenia konieczności czyszczenia filtra lub wymiany wkładu. W celu kontroli zysków energetycznych z systemu geotermalnego, na wszystkich węzłach zainstalowano ciepłomierze mierzące temperatury na zasilaniu oraz na powrocie (Radecki i in. 2012).

2.1. Układ wspomaganie w kotłowni SOLPARK dla węzłów WC-1–WC-5 (rys. 2)

Aby zapewnić normalną pracę wspomaganie I stopnia kaskady w SOLPARKU, gdy temperatura na czujniku T1/T1' jest mniejsza od 48°C zawór Z1/Z1' otwierany jest na przelot i mierzona jest temperatura T1/T1'. Ponadto automatyka kontroluje, czy temperatura mierzona na czujniku T2/T2' nie jest mniejsza od temperatury na czujniku T3 i ewentualnie przymyka zawór Z1/Z1' (rys. 1).

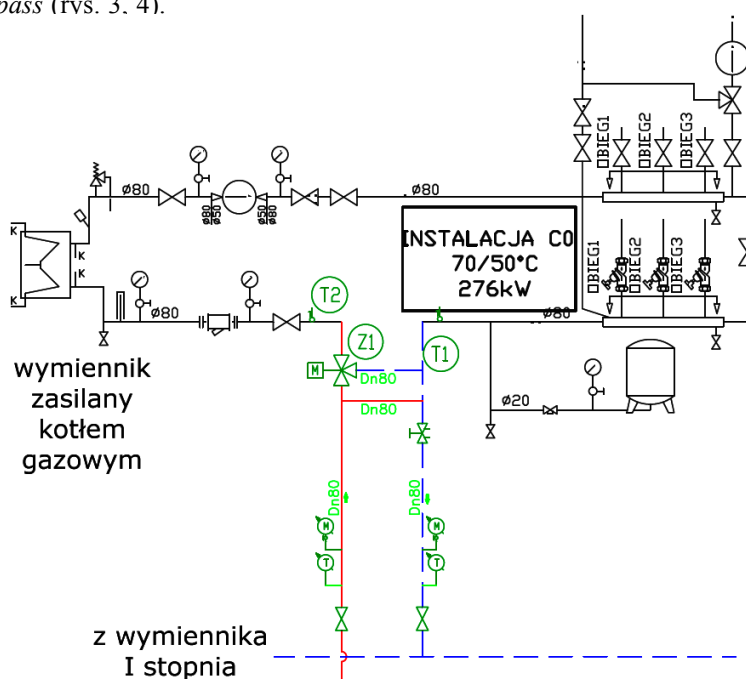
2.1.1. Wspomaganie instalacji c.o. oraz c.t. SOLPARK

Założenia przyjęte do sterownia i bezpiecznej pracy I stopnia kaskady w postaci wspomaganie układów c.o., c.w.u. i c.t. wyglądają następująco:

1. W sposób ciągły jest mierzona temperatura geotermalnej wody zasilającej z otworu GT-1, która jest odniesieniem do pozostałych pomiarów temperatury systemu geotermalnego.
2. W systemie geotermalnym musi być zapewniony minimalny przepływ pompy w otworze GT-1, aby nie następowało wychłodzenie wody w otworze Kleszczów GT-1. W związku z tym pompa pracuje w sposób ciągły. Pozwala to na zapewnienie stałej dostępności ciepła do podgrzewu c.w.u. oraz zwiększa szybkość reakcji układu. Minimalny przepływ jest rozdzielany proporcjonalnie na podłączone do systemu obiekty SOLPARKU oraz kotłownię hotelu.

2.1.1.1. Ustawienia automatyki c.o., c.t. (rys. 3, 4)

Zawór regulowany płynnie Z1 jest normalnie otwarty na *by-pass*. W sytuacji kiedy jest zapotrzebowanie na grzanie (krzywa grzewcza lub sygnał od istniejącej automatyki węzła) i temperatura na czujniku T1 jest mniejsza o 1K lub więcej od wyliczonej według krzywej grzewczej temperatury na czujniku T2, to następuje otwieranie zaworu Z1 oraz ciągły pomiar T2. Jeżeli temperatura na czujniku T1 zaczyna być równa temperaturze na czujniku T4 (woda zasilająca z wymiennika geotermalnego pierwszego stopnia) lub T5 (roztwór glikolu z wymiennika pierwszego stopnia kaskady) zostaje zamykany zawór Z1 na *by-pass* (rys. 3, 4).



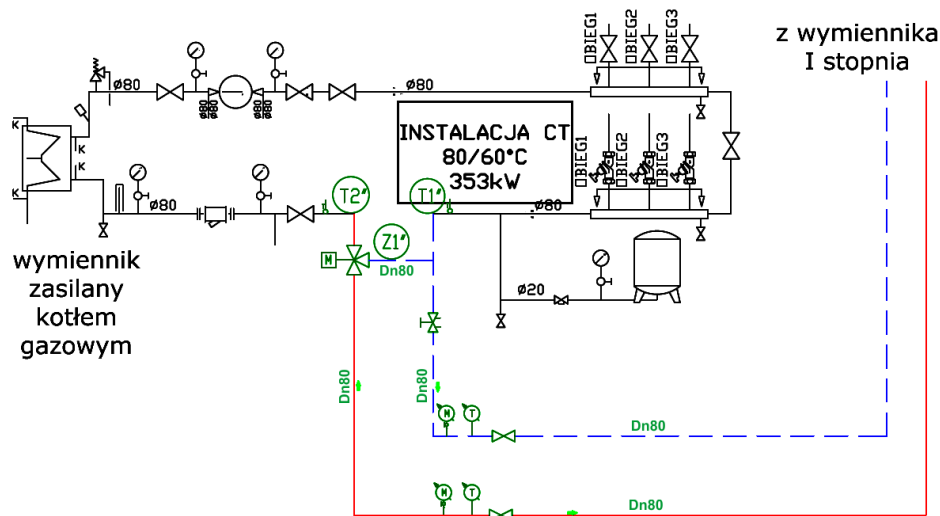
Rys. 3. Przykładowy węzeł c.o. ze wspomaganie geotermalnym (Radecki i in. 2012)

Fig. 3. Example of CO substation with geothermal support (Radecki et al. 2012)

2.1.1.2. Ustawienie automatyki – zapotrzebowanie na c.w.u. (rys. 5)

Regulowany płynnie zawór Z2 jest normalnie otwarty na *by-pass*. Jeżeli temperatura na czujniku T3 jest mniejsza od 46°C, zawór Z2 jest otwierany na przelot i mierzona jest temperatura T3.

Ponadto automatyka kontroluje, czy temperatura mierzona na czujniku T3 jest mniejsza od temperatury na czujniku T4 (woda zasilająca z wymiennika geotermalnego pierwszego stopnia) i ewentualnie przymyka zawór Z2 (rys. 5).



Rys. 4. Przykładowy węzeł do wytwarzania ciepła technologicznego (Radecki i in. 2012)

Fig. 4. Example of CT substation with geothermal support (Radecki et al. 2012)

Ważnym w instalacji c.w.u. jest, aby okresowo wykonywać przegrzew antybakteryjny. Parametry wody geotermalnej nie są wystarczające aby go wykonać. Zatem wykonuje się go wykorzystując istniejące kotły gazowe. Podczas przegrzewu antybakteryjnego zawór Z2 musi zostać zamknięty na *by-pass* (brak przepływu przez wymiennik) oraz musi zostać otwarty zawór Z3 (normalnie zamknięty). Po wykonaniu przegrzewu należy zamknąć zawór Z3 oraz wrócić do podgrzewu c.w.u. przez system geotermalny.

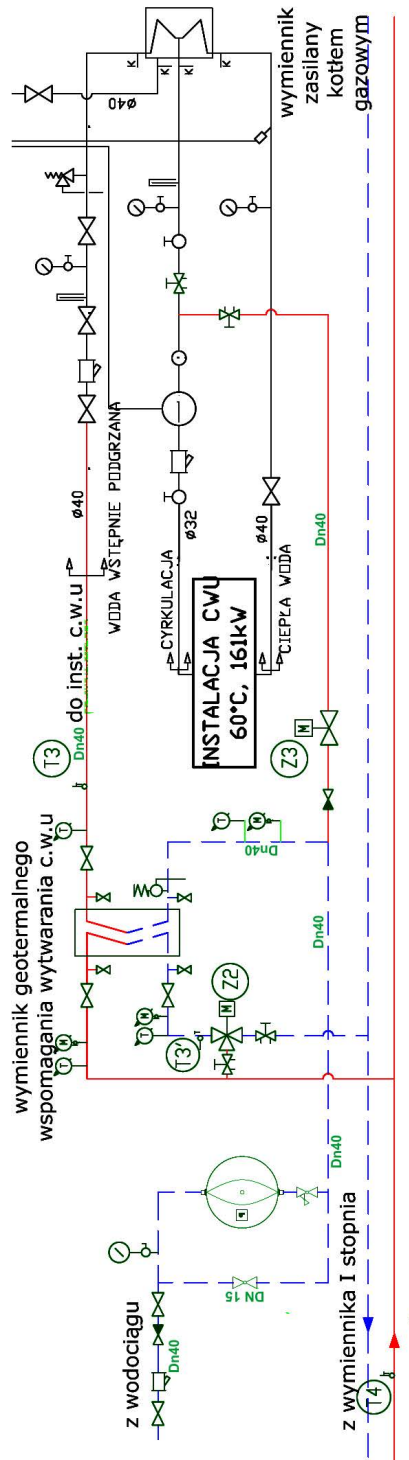
Ze względu na podgrzew c.w.u. układ wspomaganie węzłów pracuje przez cały rok.

Dla budynku hotelu zasady sterowania wymiennikami c.o., c.t. i c.w.u. są analogiczne jak dla SOLPARKU, z pewnymi różnicami w zakresie stosowanych temperatur.

2.1.2. Układ wspomaganie podgrzewu basenu – ustawienia automatyki (rys. 2, 6)

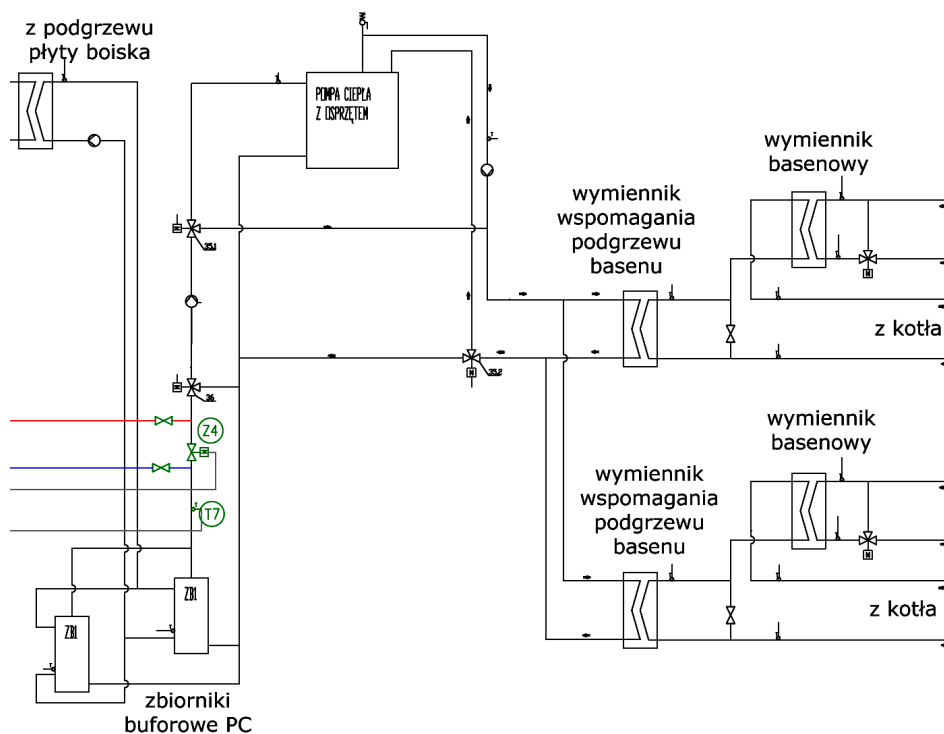
Zawór Z4 jest normalnie w pozycji otwartej (regulacja on/off). Regulowany płynnie zawór Z2 jest normalnie otwarty w kierunku na *by-pass*. Natomiast płynnie regulowany zawór Z3 jest normalnie zamknięty. Jeżeli istniejąca automatyka węzła daje sygnał, że jest zapotrzebowanie na grzanie oraz temperatura na czujniku T7 jest mniejsza o 1K lub więcej od wyliczonej temperatury na czujniku T4 to następuje zamykanie zaworu Z4 i otwieranie zaworu Z2 w kierunku na *by-pass*. Równocześnie kontrolowana jest temperatura na T4 (w zależności od wymaganej T4 odpowiednio otwierany jest zawór Z2). Dodatkowo monitorowana jest temperatura na czujniku T5, czy nie osiąga wartości zbliżonej z czujnikiem T6, jeżeli tak, to przamykany jest zawór Z2.

W okresie letnim lub w czasie niższych temperatur zewnętrznych, tj. kiedy temperatura w węzłach ciepłych WC-1–WC-5 na czujnikach T1, T1' i T1'' jest równa lub większa od



Rys. 5. Przykładowy węzeł do wytwarzania c.w.u. (Radecki i in. 2012)

Fig. 5. Example of CWU substation with geothermal support (Radecki et al. 2012)



Rys. 6. Podłączenie wspomaganie geotermalnego do układu ogrzewania wody basenowej za pomocą pompy ciepła oraz kotłów (Radecki i in. 2012)

Fig. 6. Connection of geothermal supporting system for a pool water heating system using heat pumps and boilers (Radecki et al. 2012)

temperatury na czujnikach T4 i T5 w węzłach oraz gdy zawory Z1, Z1' oraz Z1'' są zamknięte do regulacji przepływu wody grzewczej jest wykorzystywany zawór Z3.

Jeżeli występuje wspomniany przypadek, że zawory Z1, Z1' oraz Z1'' są zamknięte i jest zapotrzebowanie na grzanie od istniejącej automatyki węzła, a także temperatura na czujniku T7 jest mniejsza o 1K lub więcej od wyliczonej temperatury na czujniku T4 to zamykany jest zawór Z4 i otwierany zawór Z3 przy kontroli temperatury na czujniku T4. Inaczej mówiąc, w zależności od wymaganej temperatury T4 odpowiednio otwierany jest zawór Z3.

Ponadto automatyka monitoruje, czy temperatura na czujniku T5 nie osiąga wartości zbliżonej z czujnikiem T3; jeżeli tak, to przymyka zawór Z3.

2.2. Układ wspomaganie podgrzewu murawy – ustawienia automatyki (rys. 2, 7)

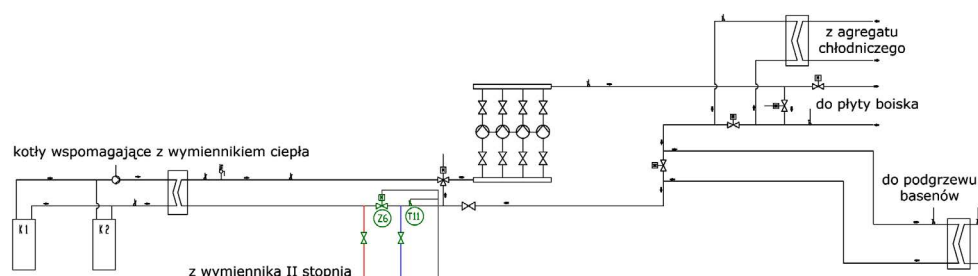
Zawór Z6 pozostaje normalnie w pozycji otwartej. Tryb regulacji Z6 on/off. Zawór Z7 o regulacji płynnej jest normalnie otwarty w kierunku na *by-pass*. Płynnie regulowany zawór Z5 normalnie jest w pozycji zamkniętej. Jeżeli występuje zapotrzebowanie na ciepło do

ogrzewu murawy poprzez podanie sygnału od istniejącej automatyki węzła ogrzewu murawy, a temperatura na czujniku T11 jest mniejsza o 1K lub więcej od wyliczonej temperatury na czujniku T8 następuje zamknięcie zaworu Z6 oraz otwieranie zaworu Z7 w kierunku na *by-pass*, przy ciągłym pomiarze temperatury na czujniku T8. Inaczej, w zależności od wymaganej T8 otwierany jest zawór Z7.

Ponadto jest monitorowane, czy temperatura na czujniku T9 nie osiąga wartości zbliżonej do temperatury na czujniku T10; jeżeli tak, przamykany jest zawór Z4 (T9 zawsze musi być mniejsze od T10).

W czasie niższych temperatur zewnętrznych, kiedy temperatura wody geotermalnej jest zbyt niska do zasilania węzłów cieplnych WC-1–WC-5, tj. kiedy temperatura w węzłach WC-1–WC-5 na czujnikach T1, T1' i T1'' jest równa lub większa od temperatury na czujnikach T4 i T5 w poszczególnych węzłach oraz gdy zawory Z1, Z1' oraz Z1'' w węzłach są zamknięte, do regulacji przepływu wody grzewczej wykorzystywany jest zawór Z5 układu wspomaganie podgrzewu murawy boiska. W sytuacji, gdy występuje zapotrzebowanie na grzanie murawy, a temperatura na czujniku T11 jest mniejsza o 1K lub więcej od wyliczonej temperatury na czujniku T8 to zamknięty zostaje zawór Z6 i otwierany zawór Z5. Zawór Z5 jest otwierany w zależności od ustawienia wartości wymaganej temperatury na czujniku T8.

Równocześnie monitorowana jest temperatura na czujniku T9, czy nie osiąga wartości zbliżonej z czujnikiem T3, jeżeli tak, to przamykany jest zawór Z5. Temperatura w punkcie T9 zawsze musi być mniejsza od temperatury T3.



Rys. 7. Podłączenie układu geotermalnego do systemu podgrzewania płyty boiska (Radecki i in. 2012)

Fig. 7. Connection of the geothermal system for heating the football pitch (Radecki et al. 2012)

PODSUMOWANIE

Zaprezentowany system geotermalny jest układem, który może pracować w bardzo wielu konfiguracjach. Jego połączenia umożliwiają również pracę w kaskadowym połączeniu odbiorników. Jednak niemożliwa jest praca w układzie kaskadowym *non stop*, co dotyczy większości, jeśli nie wszystkich geotermalnych systemów kaskadowych. Praca w pełnej trzystopniowej kaskadzie jest ograniczana przez zmniejszone zapotrzebowanie na ciepło w sezonie letnim oraz na temperaturę czynnika grzewczego w szczytowym (zimowym)

okresie pracy I stopnia kaskady. Spotykamy się z tym w sytuacji, kiedy nie ma zapotrzebowania na ciepło do zasilania układów c.o., c.t. i c.w.u. pierwszego stopnia kaskady (występuje w okresie letnim, przy równoczesnym braku zapotrzebowania na c.w.u.). Również przy dużym zapotrzebowaniu na moc cieplną, kiedy temperatura wody powracającej z instalacji ciepłowniczej na wymiennik geotermalny jest wyższa niż temperatura wód geotermalnych, następuje odcięcie pierwszego stopnia. Wtedy układy podgrzewu basenu (WGB) oraz podgrzewu murawy (WGM) mogą pracować jako kaskada dwustopniowa lub jako układy równoległe, w zależności od charakterystyki wymaganego zapotrzebowania na ciepło obu systemów. Może to być realizowane poprzez dwa niezależne *by-pasy* I stopnia kaskady. Jeden dla podgrzewu wody basenowej, drugi dla podgrzewu murawy.

Ta zmniejszająca efektywność wykorzystania ciepła wód geotermalnych niedogodność, wynika z faktu, że system geotermalny został zaprojektowany do istniejącego obiektu, nie w pełni dostosowanego do wykorzystania wód geotermalnych o niskiej entalpii. Zjawisko to jest podstawową bolączką niskotemperaturowych systemów geotermalnych podłączanych do istniejących sieci ciepłowniczych.

Również bardzo ważne w układach kaskadowych jest ułożenie poszczególnych stopni we właściwej kolejności, tak pod względem ich zapotrzebowania na temperaturę czynnika geotermalnego, jak i czasowego rozłożenia zapotrzebowania na energię cieplną. Właśnie z tego względu konieczne jest stosowanie w układach kaskadowych możliwości pracy poszczególnych stopni w układzie równoległym lub szeregowo-równoległym, jak ma to miejsce w przedstawionym obiekcie.

Artykuł opracowano w ramach prac statutowych nr 11.11.140.321. KSE, WGGiOŚ, AGH w Krakowie.

LITERATURA

- JASNOS K., KOŁBA P., BIERNAT H., NOGA B., 2012 — Wyniki badań hydrogeologicznych prowadzących do rozpoznania i udostępnienia zasobów wód termalnych na terenie gminy Kleszczów. Modelowanie inżynierskie vol. 5, t. 14, 65–69, ISBN 1896-771X.
- BIERNAT H., NOGA B., KOSMA Z., 2011 — Przegląd obecnie realizowanych projektów wykorzystania wód termalnych i energii geotermalnej na Niżu Polskim. Logistyka i nauka No. 7, 3069–3078.
- RADECKI P., KURZBAUER P., MIGAL K., KOLASA P., 2012 — Projekt Wykonawczy – obiekt: Przyłącza cieplne wraz z adaptacją istniejących kotłowni dla wykorzystania istniejącego źródła geotermalnego do obiektów Solpark i Hotelu Solpark. CEGROUP Sp. z O. O. Sp. k, B-Angel s.c., Gliwice.

GEOHERMAL SYSTEM OF HEAT SUPPORT OF THE SOLPARK FACILITY IN KLESZCZÓW

ABSTRACT

Due to the high investment costs of geothermal systems, the maximum utilization of the heat contained in the thermal waters is very important. Cascade systems are the one way to “deep cooling” the thermal water prior to injection into the injection well. The operation of the series system (cascade) requires the adjustment of the settings of the power supply of the various stages of the cascade to the operating parameters of the heat and the heat demand characteristics, and the capacity and the temperature of geothermal water. Accordingly, the cascade systems are generally parallel- serial circuits, controlled depending on the instantaneous heat requirement of the recipients of the individual steps of the cascade.

KEYWORDS

Geothermic, renewable energy, geothermal heating, geothermal cascade