

## PILOTOWA INSTALACJA ODSALANIA WÓD GEOTERMALNYCH W POLSCE

### The pilot of geothermal water desalination installation in Poland

Barbara TOMASZEWSKA & Grażyna HOŁOJUCH

*Institut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk  
w Krakowie; ul. Wybickiego 7, 31-261 Kraków;  
e-mail: b.tomaszewska@meeri.pl, w.bujakowski@meeri.pl, g.holojuch@meeri.pl*

**Abstract:** The pilot geothermal water desalination installation in Poland was commissioned at the Geothermal Laboratory of the Mineral and Energy Economy Research Institute of the Polish Academy of Sciences (PAS MEERI). Laboratory is localised in Podhale region, in south-eastern Poland. Geothermal waters are extracted from carbonate formations of the Middle Eocene and from Middle Triassic limestones and dolomites. These exhibit relatively low mineralisation – 3 g/dm<sup>3</sup>. Their temperature at the well outlet ranges 90°C. Installation is supplied with water at a temperature of about 35°C. The capacity has been set at 1 m<sup>3</sup>/hour of desalinated water. The objective of geothermal water desalination will be to obtain water that meets the requirements stipulated in the regulation of the Minister of Health of 29 March 2007 (Journal of Laws of 2007, No. 61, item 417) concerning the quality of water intended for human consumption. The preliminary results from the geothermal water desalination study conducted at the PAS MEERI are optimistic. In order to validate the assumptions made in the context of industrial applications, further studies have to be conducted in accordance with the project plans.

It is certain, however, that the utilization of geothermal water for drinking purposes on an industrial scale will require, first of all, better and more efficient water cooling. Optimum utilization of the thermal waters obtained is an important issue for most geothermal plant both in Poland and abroad. Efficient geothermal water management has one main goal: optimizing system operation and improving the economics of geothermal plant operation. Additionally, the use of cooled water for drinking purposes, particularly for open drain installations (without injecting cooled water into the formation) will contribute to the comprehensive utilization of geothermal water and the decentralization of drinking water production. Therefore the present study concerns two significant research areas: geothermics (cooled water utilization methods) and hydrogeology (water management).

**Key words:** geothermal waters, water desalination, water balance

## WSTĘP

Udostępnione i eksploatowane obecnie złoża wód geotermalnych na terenie Polski mają zróżnicowane właściwości fizyczne i skład chemiczny. Wydobywane są zarówno wody słodkie, niskozmineralizowane (Mszczonów, Podhale-Zakopane Antałówka, Zakopane-

-Szymborska, Bukowina Tatrzańska, Cieplice, Łądek-Zdrój), jak i solanki o mineralizacji przekraczającej  $100 \text{ g/dm}^3$  (Pyrzyce, Stargard Szczeciński, Ustroń) (Kepińska 2006, Bujakowski & Tomaszewska 2007). W przypadku tych pierwszych, eksploatacja w układzie otwartym (bez zatłaczania schłodzonych wód do górotworu) istotnie poprawiła ekonomiczny aspekt przedsięwzięcia. Zagospodarowanie eksploatowanych wód na cele pitne, dodatkowo sprzyja poprawie systemu gospodarki wodami zwykłymi. Jednym z poważnych problemów towarzyszących eksploatacji wód słonawych i słonych jest korozja i kolmatacja instalacji obiegu wody geotermalnej, mająca istotny wpływ na koszty eksploatacji energii geotermalnej. Wytrącanie minerałów wtórnych z wód prowadzi do zmniejszania produktywności i chłonności odwiertów przeznaczonych do zatłaczania wód schłodzonych, ograniczenia wielkości przepływu płynów geotermalnych w instalacji, a ostatecznie skrócenia jej żywotności.

Te przesłanki były podstawą opracowania programu badań mającego na celu rozpoznanie możliwości kompleksowego wykorzystania i zagospodarowania schłodzonych wód geotermalnych i zoptymalizowania pracy systemów istniejących. Jednym z elementów programu jest ocena możliwości odsalania wód geotermalnych, nośnika energii cieplnej, które po schłodzeniu na wymiennikach ciepła mogłyby się przyczynić do poprawy bilansu wodami pitnymi. Ocenie poddana zostanie również koncepcja wykorzystania technologii odsalania wód w celu ograniczenia procesów korozji i wytrącania minerałów w instalacjach geotermalnych. Próba zmieszania, w odpowiednich proporcjach, wód surowych schłodzonych na wymiennikach ciepła z „wodami odsolonymi” może się przyczynić do usprawnienia pracy instalacji przy wysokim zasoleniu wód złożowych (Pyrzyce, Stargard Szczeciński). Sól otrzymana w procesach oczyszczania wód geotermalnych może stanowić cenny produkt o znaczeniu balneologicznym i gospodarczym (Bujakowski & Tomaszewska 2007, Bujakowski *et al.* 2010). Kierunek badań ma charakter użyteczny, dotyczy dwóch istotnych obszarów badawczych: geotermii (metodyka użycia schłodzonych wód) i hydrogeologii (gospodarka wodna).

Koszty odsalania wód obniżyły się w ostatnich latach dzięki technicznym modyfikacjom oraz zwiększeniu możliwości wykorzystania energii odnawialnej. W zależności od specyfiki wód, a w szczególności ich zasolenia mogą być rozpatrywane różne koncepcje systemów odsalania, metody termiczne, membranowe lub hybrydowe łączące różne procesy odsalania w celu osiągnięcia efektu synergetycznego. Możliwość bezpośredniego lub pośredniego wykorzystania wód geotermalnych do produkcji wód pitnych jest ściśle uzależniona od właściwości fizycznych i składu chemicznego wody.

Głównym celem odsalania solankowych wód termalnych, z ekonomicznego punktu widzenia, jest wyeliminowanie z nich soli, najkorzystniej w postaci produktów handlowych. Osiągnąć to można jedynie przez ich zateżnienie, z równoczesnym odzyskiem wody odsolonej, a następnie krystalizację koncentratu. W przypadku wód średnio i nisko zasolonych najkorzystniejszym rozwiązaniem są systemy membranowe i hybrydowe.

Pilotowe badania odsalania wód geotermalnych prowadzone są obecnie w Laboratorium Geotermalnym Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. Odsalaniu poddane zostały wody podhalańskiego systemu geotermalnego wydobywane otworem Bańska IG-1 (głębokość poziomu eksploatowanych wód geotermal-

nych wynosi 2565 m). O lokalizacji badań pilotażowych zdecydowała stosunkowo niska mineralizacja wód geotermalnych eksploatowanych otworem Bańska IG-1 (2.7–2.9 mg/dm<sup>3</sup>), duże zasoby eksploatacyjne ujęcia (120 m<sup>3</sup>/h) oraz deficyt wód zwykłych w okolicy odwiertu (miejscowości Bańska Niżna, Szaflary). Wydajność ujęć wód zwykłych pozwala tutaj dostarczyć wodę do zaledwie 20% obiektów, to jest około 500 budynków (Tomaszewska 2009). Dobór odpowiedniej technologii uzdatniania wód poprzedzono szczegółową analizą światowych metod odsalania wód morskich.

## CHARAKTERYSTYKA WÓD PODHALAŃSKIEGO SYSTEMU GEOTERMALNEGO

Zbiornik geotermalny niecki podhalańskiej buduje kilka skrasowiałych i spękanych poziomów wodonośnych występujących w wapieniach i dolomitach triasu, piaskowcach i skałach węglanowych jury oraz utworach eocenu węglanowego (Sokołowski 1973, Małecka 1981, Chowaniec 2003, Kępińska 2006). Warstwy wodonośne występują bezpośrednio poniżej izolującej pokrywy fliszu podhalańskiego (eocen górnym-oligocen). Miąższość skał zbiornikowych wynosi 100–700 m. Maksymalne natężenia samowypływu wód z odwiertów mieści się w przedziale 90–550 m<sup>3</sup>/h, a temperatura wydobywanych wód od 20 do 90°C.

Do podstawowych czynników kształtujących własności fizyczne i skład chemiczny wód termalnych niecki podhalańskiej należą przede wszystkim warunki krążenia oraz litologia środowiska skalnego. Wody pochodzenia meteorycznego infiltrujące na terenie masywu tatrzańskiego zgodnie z kierunkiem zapadania serii wodonośnych migrują ku północy, a następnie na skutek szczelnej bariery, jaką stanowią utwory pienińskiego pasa skałkowego, rozplywają się wachlarzowo ku wschodowi i zachodowi poza granice państwa (Chowaniec 2007). Infiltracyjny system zasilania głębokich poziomów wodonośnych decyduje, iż zasoby złoża mają charakter odnawialny (Chowaniec 2003, Bujakowski & Barbacki 2004, Bujakowski *et al.* 2006, Kępińska 2006, Tomaszewska 2009, Bujakowski 2010). Chemizm ujmowanych tutaj wód termalnych różnicuje czas kontaktu wody ze skałami zbiornikowymi. Ich mineralizacja waha się w przedziale od poniżej 200 mg/dm<sup>3</sup> w masywie tatrzańskim do 3000 mg/dm<sup>3</sup> w północnej części zbiornika. Wody cechuje typ hydrochemiczny: HCO<sub>3</sub>-Na-Ca, SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Cl-Na-Ca, SO<sub>4</sub>-Cl-Na-Ca, SO<sub>4</sub>-Cl-Ca-Na, SO<sub>4</sub>-Ca-Na, SO<sub>4</sub>-Ca-Mg (Chowaniec 2007).

Eksploatowane wody geotermalne wykorzystywane są głównie do celów grzewczych (PEC Geotermia Podhalańska SA) i rekreacyjnych (Zakopane-Antałówka, Zakopane-Szymoszkowa, Bukowina Tatrzańska, Szaflary). Odwiert Bańska IG-1 wchodzi w skład obiegu ciepłowniczego, obsługiwanego przez głównego operatora systemu geotermalnego na Podhalu – firmę PEC Geotermia Podhalańska SA. Geotermalna sieć ciepłownicza zaopatruje w ciepło, do centralnego ogrzewania i produkcji ciepłej wody użytkowej indywidualne budynki mieszkalne, bloki mieszkalne i obiekty użyteczności publicznej. W niewielkim stopniu wody zagospodarowywane są w kąpielisku geotermalnym Termy Podhalańskie, które uruchomione zostały w 2008 r.

Wykorzystywane są tu najwyższe temperatury wody złożowej, tj. 86–65°C (Bujakowski 2010). Po schłodzeniu na wymiennikach ciepła, zwykle do temperatury ok. 50°C, część wód geotermalnych (ok. 50%) jest zatłaczana z powrotem do górotworu otworem chłonnym, a część zrzucana do pobliskiej rzeki. Efektywne wykorzystanie energii cieplnej zakumulowanej w wydobywanych wodach i kompleksowe wykorzystanie schłodzonych wód m.in. do celów pitnych pozwoliłoby na zoptymalizowanie gospodarki wodami geotermalnymi i poprawę bilansu wodami zwykłymi w analizowanym regionie.

W rejonie Białego Dunajca występują dwa zasadnicze, użytkowe poziomy wodonośne z wodami zwykłymi: plejstoceniński, w osadach aluwialnych i fluwioglacjalnych dolin Białego Dunajca i Białki, oraz paleogeński, związany z utworami fliszowymi niecki podhalańskiej. Niewielkie rozprzestrzenienie zbiornika plejstocenińskiego w połączeniu z brakiem właściwości retencyjnych (warstwa wodonośna o miąższości średnio 3 m i poziom wód ściśle uzależniony od stanu wód w rzece), oraz słabe właściwości kolektorskich osadów fliszowych decydują o niewielkich zasobach wód zwykłych w analizowanym regionie.

## PILOTOWA INSTALACJA ODSALANIA

Istnieje wiele rozwiązań ideowych odsalania, jednakże głównym czynnikiem determinującym zastosowanie konkretnej technologii jest zawsze koszt odsalania. Zależy on od szeregu czynników, jakości wody surowej, rodzaju technologii i wielkości instalacji oraz kosztów energii.

Wody termalne eksploatowane otworem Bańska IG-1 zalicza się do typu SO<sub>4</sub>-Cl-Na-Ca. Mineralizacja wody ulega wahaniom i wynosi 2.7–2.9 g/dm<sup>3</sup>. Występuje w nich podwyższona zawartość:

- krzemionki (62.5 mg/dm<sup>3</sup>),
- siarkowodoru i siarczków (0.085 mg/dm<sup>3</sup>),
- boru (9.95 mg/dm<sup>3</sup>),
- baru (0.142 mg/dm<sup>3</sup>),
- strontu (7.19 mg/dm<sup>3</sup>),
- jonu amonowego (1.3 mg/dm<sup>3</sup>),
- fluorków (1.3 mg/dm<sup>3</sup>),
- bromków (1.75 mg/dm<sup>3</sup>),
- siarczanów (872 mg/dm<sup>3</sup>).

Uwzględniając stopień zasolenia wody, w szczególności ograniczenia wynikające z występowania w wodzie podwyższonej zawartości krzemionki, siarkowodoru i siarczków, boru, baru, strontu, jonu amonowego, fluorków bromków i siarczanów, przeanalizowano kilka wariantów wstępnego uzdatniania i odsalania, w tym koagulację, odkrzemianie termiczne, filtrację, ultrafiltrację, odsalanie za pomocą procesów fizykochemicznych: wymianę jonową, odwróconą osmozę RO, elektrodializę ED i elektrodializę odwracalną EDR oraz inne.

Ostatecznie za najwłaściwszy do badań pilotowych uznano membranowy system odsalania (dwuhybrydowy) łączący ultrafiltrację i podwójną odwróconą osmozę. Instalacja zabudowana została w kontenerze. Schemat instalacji przedstawiono na figurze 1.

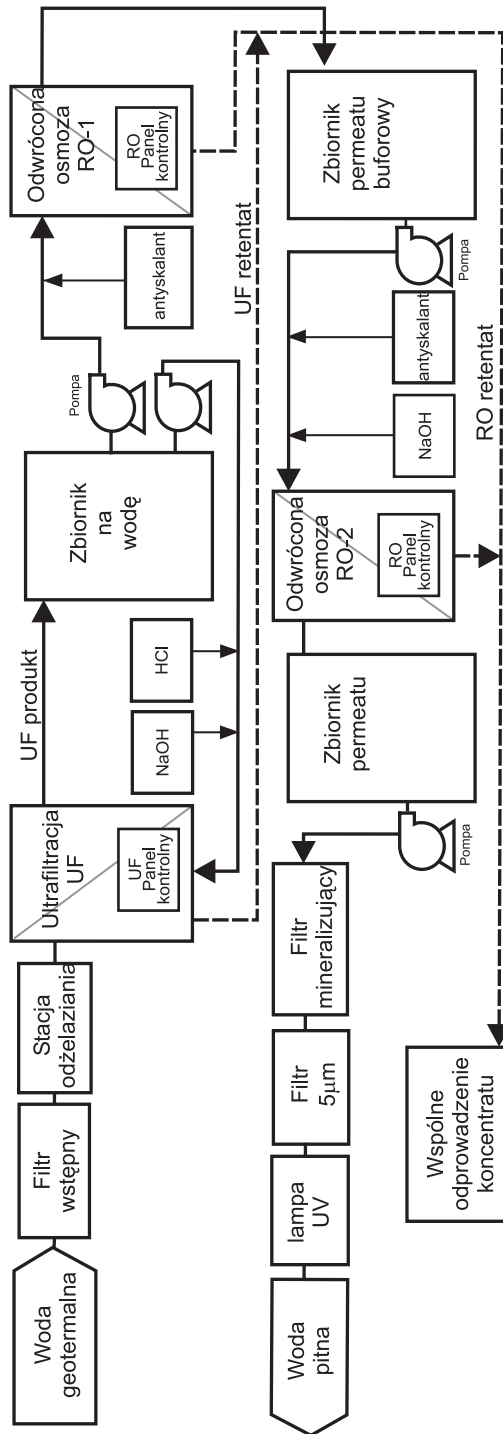


Fig. 1. Schemat technologiczny instalacji odsalania wód geotermalnych

Fig. 1. Technological diagram of the pilot geothermal water desalination facility

Uwzględniając konieczność uzyskania reprezentacyjnych wyników z badań pilotowych, mających być podstawą do opracowania wytycznych dla instalacji przemysłowej, pilotową instalację wyposażono w typowe elementy z produkcji wielkoseryjnej. Wydajność instalacji ustalono na 1 m<sup>3</sup> wody odsolonej/godz. Badania przewiduje się prowadzić przez okres 6–12 miesięcy.

Ciąg technologiczny instalacji uzdatniania wody składa się z następujących elementów (Fig. 1): wstępny filtr mechaniczny, stacja odżelaziania, moduł ultrafiltracyjny (UF), zbiornik pośredni wody po UF, pompa wody płucznej UF, pompa zasilająca stację odwróconej osmozy (RO), stacja odwróconej osmozy pierwszego stopnia (RO-1) z układem dozowania niezbędnych odczynników chemicznych, zbiornik pośredni permeatu z RO-1, pompa zasilająca RO, zestaw dozujący do korekty pH, stacja odwróconej osmozy drugiego stopnia (RO-2) z układem dozowania niezbędnych odczynników chemicznych, zbiornik pośredni permeatu z RO-2, pompa wody odsolonej, mineralizator, lampa UV wraz z filtrem ochronnym.

Ze względu na przeznaczenie powyższy system odsalania wody można podzielić na trzy zasadnicze podsystemy: 1 – wstępnego przygotowania wody, 2 – uzdatniania właściwego – dwustopniowy układ odwróconej osmozy, 3 – uzdatniania końcowego do parametrów wody pitnej (mineralizacja, sterylizacja).

Do pierwszej grupy urządzeń zalicza się filtr mechaniczny, stację odżelaziania oraz moduł ultrafiltracyjny. Elementy te mają za zadanie przygotowanie schłodzonej wody geotermalnej (surowej), tak by umożliwić bezpieczne zasilanie nią membran osmotycznych, bardzo wrażliwych na zanieczyszczenia stałe i osadotwórcze. Od pracy urządzeń wstępnego przygotowania wody zależy więc efektywna i wydajna eksploatacja stacji RO, składających się na drugą część instalacji. Pod pojęciem „uzdatniania właściwego” należy rozumieć prowadzenie procesu odsalania, mającego na celu produkcję wody o czystości umożliwiającej wykorzystanie jej do celów konsumpcyjnych. Ze względu na stosunkowo wysoką zawartość boru (ok. 10 mg/dm<sup>3</sup>) w źródle zasilania układ został wyposażony w system dwustopniowego odsalania na membranach osmotycznych oraz zestaw do korekty pH pierwszego permeatu. Na ostatnią, trzecią część instalacji składa się mineralizator odpowiedzialny za podniesienie twardości ogólnej wody wyjałowionej na module osmotycznym (wymagana minimalna wartość tego parametru została określona w *Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi* – Dz. U. z 2007 r. Nr 61, poz. 417) oraz lampa UV niezbędna do sterylizacji bakteriologicznej otrzymanej na wyjściu z instalacji wody.

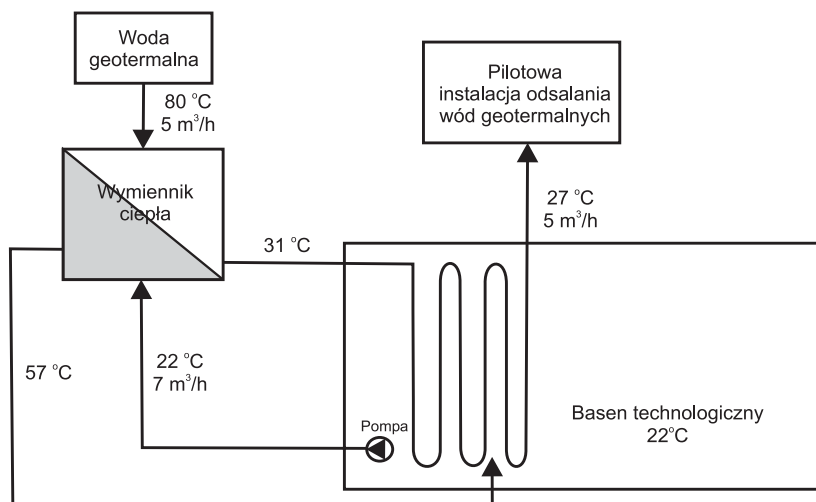
Instalacja wyposażona została w układ sterowania poszczególnymi procesami i automatykę zapewniającą synchronizację pracy poszczególnych elementów systemu. Dodatkowo, ze względu na badawczy charakter układu, w określonych punktach instalacji zamontowane zostały mierniki umożliwiające rejestrację podstawowych parametrów hydraulicznych i jakościowych wody: ciśnienia, temperatury i przewodności elektrolitycznej właściwej. Instalacja za każdym urządzeniem technologicznym została wyposażona w specjalne króćce przystosowane do poboru próbek wód i koncentratu do fizyczno-chemicznych badań laboratoryjnych.

## SYSTEM ZASILANIA INSTALACJI W WODĘ SUROWĄ – UWARUNKOWANIA TECHNOLOGICZNE

Temperatura wód geotermalnych na głowicy otworu Bańska IG-1 wynosi  $82^{\circ}\text{C}$  przy eksploatacji z maksymalną zatwierdzoną wydajnością  $120\text{ m}^3/\text{h}$ . Instalacja ciepłownicza PEC Geotermia Podhalańska SA pozwala na schłodzenie wody maksymalnie do temperatury  $50^{\circ}\text{C}$ . Z kolei temperatura wody zasilającej instalację odsalania wód nie może przekroczyć  $35^{\circ}\text{C}$ . Szczególnie wrażliwe na oddziaływanie wysokiej temperatury są stacja odżelaziania, membrany ultrafiltracyjne i membrany odwróconej osmozy. Przekroczenie temperatury progowej może spowodować nieodwracalne uszkodzenie elementów hydraulicznych urządzeń technologicznych systemu oczyszczania wody i wykluczyć możliwość dalszej pracy całej instalacji pilotażowej. Ma to więc decydujące znaczenie, determinujące pracę całego układu technologicznego, i wymaga efektywnego schłodzenia wody geotermalnej.

Najprostszym rozwiązaniem, które zamierzano zastosować do badań pilotowych, było wykorzystanie chłodni wentylatorowej. Jednak pociągało to za sobą dodatkowe koszty zakupu urządzenia oraz wzrost kosztów eksploatacyjnych instalacji pilotowej, z uwagi na dodatkowe zużycie energii elektrycznej.

Schemat zastosowanego alternatywnego zamkniętego systemu schłodzenia przedstawiono na figurze 2. Efektywne schłodzenie wody termalnej o strumieniu  $5\text{ m}^3/\text{h}$  i temperaturze  $80^{\circ}\text{C}$  uzyskano poprzez wykorzystanie płytowego wymiennika ciepła i węzownicy ułożonej w dnie basenu technologicznego (o wymiarach  $25\text{ m} \times 50\text{ m}$ ). Woda z otworu geotermalnego kierowana jest na płytowy wymiennik ciepła, zasilany z drugiej strony wodą technologiczną pobieraną z basenu. Moc schładzająca płytowego wymiennika ciepła to  $285\text{ kW}$ .



**Fig. 2.** Schemat systemu schłodzenia wody termalnej na potrzeby pilotowej instalacji odsalania wód geotermalnych

**Fig. 2.** Diagram of the system that cools geothermal water for the purposes of the pilot geothermal water desalination facility

Po wymienniku ciepła woda schłodzona do temperatury 31°C kierowana jest dodatkowo na węzownicę ułożoną w dnie basenu technologicznego. Moc schładzająca węzownicy wynosi 47 kW. Zamknięty system obiegu wody pozwala dodatkowo na wykorzystanie ciśnienia wód termalnych do zasilania instalacji odsalania.

Instalacja odsalania zasilana jest wodami geotermalnymi o niezmodyfikowanym składzie, cechującym się naturalną zawartością rozpuszczonych gazów (głównie: dwutlenek węgla, siarkowodór, azot). W celu ustabilizowania ciśnienia wody zasilającej konieczne było odgazowanie wody, poprzez zastosowanie odpowiedniego degazatora z zaworem bezpieczeństwa.

W celu zabezpieczenia instalacji przed dopływem wody o temperaturze przekraczającej wartość graniczną, na rurociągu wody zasilającej zamontowano czujnik temperatury sprzężony z zaworem trójdrożnym z siłownikiem elektrycznym. W razie przekroczenia wartości krytycznej 37°C następuje automatyczne otwarcie bajpasu/zamknięcie zasilania instalacji i woda kierowana jest przewodem kanalizacyjnym na zewnątrz kontenera z pominięciem wszystkich elementów technologicznych stacji. Ze względów bezpieczeństwa cała instalacja od przyłącza do filtra wstępnego włącznie, została wykonana z materiału odpornego na temperaturę do 70°C.

## WSTĘPNE WYNIKI ODSALANIA

Parametry pracy instalacji odsalania wód geotermalnych eksploatowanych otworem Bańska IG-1 ustalone podczas trwającego obecnie wstępnego etapu badań są następujące: wydajność instalacji 1 m<sup>3</sup>/h permeatu, stopień odzysku wody odsolonej 30–50%, ciśnienie membranowe stacji RO 1.1–1.5 MPa. Parametry pracy są na bieżąco analizowane i modyfikowane w celu zwiększenia wydajności i sprawności instalacji. Uzyskiwany stosunkowo niski stopień odzysku permeatu z wód geotermalnych wynika bezpośrednio z podwyższonej zawartości mikroelementów w wodach eksploatowanych otworem Bańska IG-1. Ten fakt zdeterminował konieczność zastosowania dwustopniowego systemu RO, co wpłyna na wydajność procesu, podnosząc jednocześnie koszty inwestycyjne.

W wyniku odsalania wód geotermalnych po pierwszym stopniu RO otrzymywany jest permeat spełniający generalnie wymagania stawiane wodom pitnym, jednak poza stężeniem boru. Dopuszczalna zawartość boru w wodach pitnych wynosi 1 mg/dm<sup>3</sup>. Zgodnie ze specyfikacją techniczną zastosowane membrany osmotyczne firmy DOW FILMTEC BW30HR-440i cechuje współczynnik retencji boru 83% (*minimum salt rejection*), czyli maksymalna zawartość boru w wodzie surowej, w przypadku stosowania jednostopniowego systemu odwróconej osmozy nie może przekraczać 1.7–1.8 mg/dm<sup>3</sup>. W celu obniżenia stężenia boru w wodzie z 10 mg/dm<sup>3</sup> do maksymalnie 1 mg/dm<sup>3</sup> zastosowano dwustopniowy system RO z korektą pH po stopniu pierwszym. Aby zwiększyć odzysk wód pitnych, część koncentratu po pierwszym i drugim stopniu RO jest recyrkulowana.

Wstępne wyniki badań są obiecujące. Wskazują, iż produkcja wody pitnej z wód geotermalnych jest możliwa, wymaga jednak indywidualnego podejścia. W systemie ciągłym badania prowadzone będą przez minimum pół roku. W tym czasie na bieżąco analizowane będą wyniki badań i podejmowane przedsięwzięcia zmierzające do zoptymalizowania pracy instalacji. Wyniki tych badań pozwolą na ocenę ekonomicznych i środowiskowych aspektów wykorzystania odsolonych wód geotermalnych dla decentralizacji produkcji wód pitnych.



Odzyskiwany koncentrat z odsalania wód jest badany pod względem możliwości odzysku substancji mineralnych o znaczeniu balneologicznym i gospodarczym.

## PODSUMOWANIE

Wstępne wyniki badań odsalania wód geotermalnych prowadzone w Laboratorium Geotermalnym Polskiej Akademii Nauk (IGSMiE PAN) pokazały, iż możliwe jest wytwarzanie wód pitnych z wód geotermalnych o podwyższonym zasoleniu. Istnieje wiele rozwiązań ideowych odsalania, jednakże głównym czynnikiem determinującym wdrożenie konkretnej technologii jest zawsze koszt odsalania. Zależy on od szeregu czynników, jakości wody surowej, rodzaju technologii i wielkości instalacji oraz kosztów energii. Technologie membranowe odsalania wód oraz metody hybrydowe, łączące technologie membranowe i termiczne, stosowane są na dużą skalę w wielu regionach świata do produkcji wody pitnej. Uznawane są też za dobrą pod względem technicznym i ekonomicznym metodę odsalania wód, głównie morskich. Pilotowe badania odsalania wód geotermalnych pokazują, iż technologie te mogą znaleźć zastosowanie w odsalaniu wód geotermalnych.

Wykorzystanie wód geotermalnych do celów pitnych w skali przemysłowej będzie wymagało przede wszystkim lepszego i bardziej efektywnego ich schłodzenia – do temperatury poniżej 35°C. Optymalne wykorzystanie i zagospodarowanie wydobywanych wód geotermalnych umożliwiające zoptymalizowanie pracy systemu oraz poprawę ekonomicznej sfery funkcjonowania zakładów geotermalnych jest istotnym problemem w przypadku większości przedsięwzięć na terenie Polski i za granicą. Wykorzystanie schłodzonych wód do celów pitnych, zwłaszcza w instalacjach pracujących w systemie otwartym (bez zatłaczania schłodzonych wód do górotworu), może się przyczynić do kompleksowego ich wykorzystania, a jednocześnie decentralizacji produkcji wód pitnych. Prowadzone w IGSMiE PAN badania dotyczą dwóch istotnych obszarów badawczych: geotermii (metodyka utylizacji schłodzonych wód) i hydrogeologii (gospodarka wodna).

## LITERATURA

- Bujakowski W. & Barbacki A.P., 2004. Potential for geothermal development in Southern Poland. *Geothermics*, 33, 383–395.
- Bujakowski W. & Tomaszewska B., 2007. Program prac zmierzających do oceny możliwości uzdatniania wód termalnych. *Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia*, 1, 3–8.
- Bujakowski W., Barbacki A.P. & Pająk L., 2006. *Atlas of geothermal water reservoirs in Malopolska*. PAS MEERI Publishers, Krakow.
- Bujakowski W., Tomaszewska B., Kępińska B. & Balcer M., 2010. Geothermal Water Desalination – Preliminary Studies. *Proceedings of World Geothermal Congress, Bali, Indonesia*.
- Bujakowski W., 2010. The use of geothermal waters in Poland (state in 2009). *Przegląd Geologiczny*, 58, 580–588.

- Chowaniec J., 2003. Wody podziemne niecki podhalańskiej. W: *Współczesne problemy hydrogeologii*, XI, 1, 45–53.
- Chowaniec J., 2007. Niecka Podhalańska – najbardziej perspektywiczny zbiornik wód termalnych w Polskich Karpatach. *XIII Sympozjum Współczesne Problemy Hydrogeologii, Kraków-Krynica 2007*, 931–938.
- Kępińska B., 2006. *Thermal and hydrothermal conditions of the Podhale geothermal system (Poland)*. PAS MEERI Publishers, Krakow.
- Małecka D., 1981. Hydrogeologia Podhala. *Prace Hydrogeologiczne*, 14.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. z 2007 r. Nr 61, poz. 417.
- Sokołowski J., 1973. Geologia paleogenu i mezozoicznego podłoża południowego skrzydła niecki podhalańskiej w profilu głębokiego wiercenia w Zakopanem. *Biuletyn IG*, 265.
- Tomaszewska B., 2009. Treatment of geothermal water from Banska IG-1 well to produce drinking water as one of directions of its wide use. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, 2, 21–28.