

Bogdan NOGA  
Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A.  
ul. Berezyńska 39, 03-908 Warszawa  
Instytut Mechaniki Stosowanej i Energetyki  
Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu  
ul. Krasickiego 54, 26-600 Radom  
Henryk BIERNAT  
Piotr MARTYKA  
Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A.  
ul. Berezyńska 39, 03-908 Warszawa  
Stanisław KULIK  
Bogusław ZIELIŃSKI  
Geotermia Pyrzyce Sp. z o.o.  
ul. Ciepłownicza 27, 74-200 Pyrzyce  
Jan MARIANOWSKI  
Arkadiusz NALIKOWSKI  
Przedsiębiorstwo MARCOR  
ul. Lęborska 9, 80-386 Gdańsk

Technika Poszukiwań Geologicznych  
Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 1/2013

## **ANALIZA POPRAWY EFEKTYWNOŚCI DZIAŁANIA CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ W PYRZYCACH W WYNIKU ZASTOSOWANIA MODYFIKACJI ODCZYNU PH ZATŁACZANEJ WODY TERMALNEJ**

### **STRESZCZENIE**

W pracy przedstawiono główne problemy związane z zatłaczaniem do warstwy wodonośnej schłodzonej na wymiennikach ciepła wody termalnej. Przedstawiono również analizę stosowanych w Geotermii Pyrzyce Sp. z o.o. metod czyszczenia otworów chłonnych. W wyniku przeprowadzonych analiz fizykochemicznych, badań laboratoryjnych i obserwacji pracy instalacji geotermalnej, opracowano nową metodę zapobiegania wytrącania się osadów ze schłodzonej wody termalnej. Zapobieganie wtórnemu wytrącaniu się osadów ze schłodzonej wody termalnej może być realizowane za pomocą modyfikacji jej odczynu pH. Metoda będąca modyfikacją miękkiego kwasowania roboczo została nazwana "metodą super miękkiego kwasowania".

### **SŁOWA KLUCZOWE**

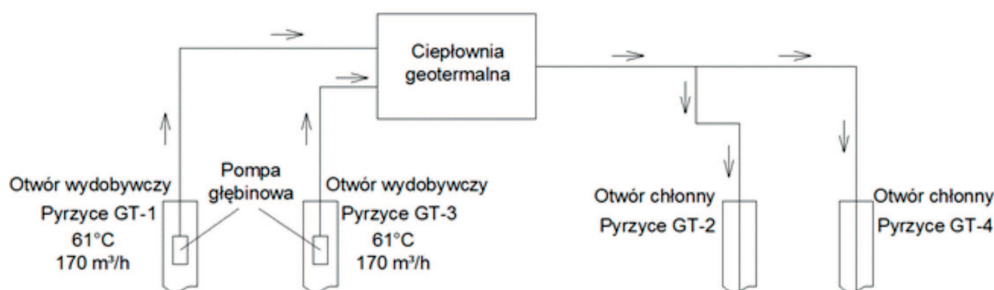
Geotermia, otwory chłonne, kolmatacja, pH, miękkie kwasowanie, super miękkie kwasowanie

\* \* \*

## WPROWADZENIE

Polska jest krajem o dużych potencjalnych możliwościach pozyskiwania energii geotermalnej, której nośnikiem są wody termalne. Ponad 2/3 powierzchni naszego kraju pokrywa Niż Polski, gdzie wody termalne mogą znajdować się głównie w utworach mezozoicznych. Na obszarze Niżu Polskiego głównym poziomem wodonośnym wód termalnych, wykorzystywanych do celów ciepłowniczych, balneologicznych i rekreacyjnych są utwory kredy dolnej i jury dolnej. Utwory te charakteryzują się udziałem około 60–80% piaskowców o dobrych właściwościach kolektorskich, porowatości na poziomie 14–19% i przepuszczalności do 1000 mD. Z utworów jury dolnej można uzyskiwać wydajności wody termalnej od 100 do 300 m<sup>3</sup>/h (Biernat i in. 2009).

Na terenie Niżu Polskiego zlokalizowana jest między innymi ciepłownia geotermalna w Pyrzycach, która uruchomiona została w 1997 r. jako pierwszy tego typu zakład przemysłowy w Polsce (Meyer, Sobański 1993; Meyer 1994, 1997). Proces technologiczny w ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach polega na wydobywaniu z głębokości około 1640 m, za pomocą dwóch otworów wydobywczych Pyrzyce GT-1 i Pyrzyce GT-3, wody termalnej o temperaturze 61°C (rys. 1). Za pomocą pompy głębinowej woda ta jest przepompowywana do hali ciepłowni. Maksymalna wydajność jednego otworu wydobywczego może wynosić nawet do 170 m<sup>3</sup>/h (Bujakowska i in. 1995), zaś wydajność pomp jest zmienna, tak więc ilość wydobywanej wody termalnej jest dostosowywana do aktualnych możliwości jej zatłaczania.



Rys. 1. Uproszczony schemat obiegu wody termalnej w ciepłowni w Pyrzycach

Fig. 1. The scheme of the thermal water's cycle in the heating plant in Pyrzyce

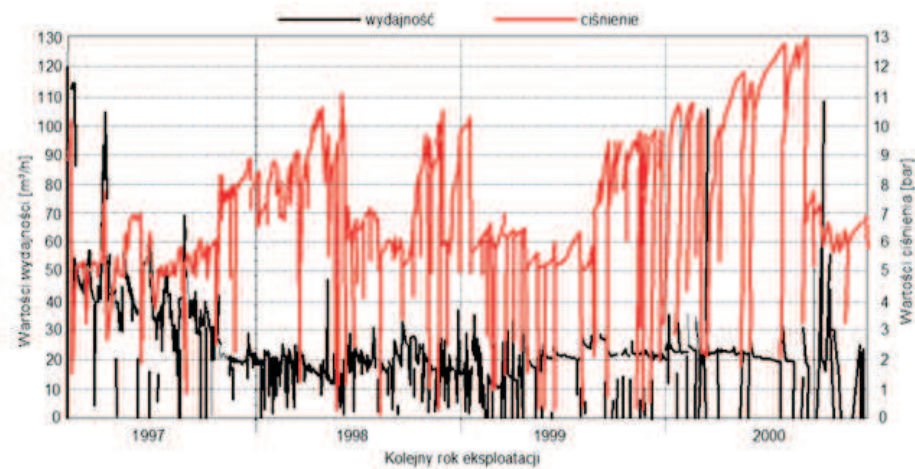
Ze względu na wysoką mineralizację wynoszącą 120 g/dm<sup>3</sup>, wydobyta woda termalna po oddaniu ciepła musi zostać ponownie zatłoczona do tej samej warstwy wodonośnej, z której została wydobyta. Do tego celu w ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach służą dwa otwory chłonne Pyrzyce GT-2 i Pyrzyce GT-4. Podstawową zasadą działania dubletu geotermalnego jest zapewnienie ciągłości przepływu pomiędzy otworem wydobywczym a otworem chłonnym, wynikającą z konieczności wtłaczania w tym samym czasie wydobytej ze złoża wody termalnej. Odległość pomiędzy otworami eksploatacyjnymi i chłonnymi w Geotermii Pyrzyce wynosi około 1600 m.

Podstawowym problemem niemalże wszystkich ciepłowni geotermalnych, wykorzystujących ciepło geotermalne solanek, jest stopniowy spadek chłonności warstwy złożowej ujmowanej otworami chłonnymi (Biernat i in. 2009; Parecki, Biernat 2007). Zatlaczanie schłodzonych wód termalnych do węglanowych skał zbiornikowych typu szczelinowego następuje znacznie mniej kłopotów niż zatlaczanie do skał piaskowcowych typu porowego, co ma miejsce w ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach. Na skutek stopniowej utraty chłonności zmniejsza się wydajność zatlaczania wody do otworów chłonnych, a tym samym maleje moc cieplna ciepłowni geotermalnej (Biernat i in. 2010a). Składa się na to wiele przyczyn, między innymi korozja stalowych rur okładzinowych (Biernat i in. 2010b; Banaś i in. 2007), a przede wszystkim kolmatacja warstwy złożowej (Biernat i in. 2010c).

Kolmatacja otworów chłonnych związana jest z wytrącaniem się nieorganicznych związków chemicznych z solanki, tj. trudno rozpuszczalnych soli, a także w przypadku jej natlenienia, również tlenków i hydroksytlenków żelaza i manganu. W przypadku naruszenia równowagi oksydacyjno-redukcyjnej roztworu następuje wytrącanie siarczków żelaza, manganu i węglanów. Kolmatacja szczególnie intensywnie występuje w przypadku zatlaczania do złoża wody schłodzonej w procesie odbioru ciepła. To właśnie procesy fizykochemiczne zachodzące w solance, wykorzystanej w procesach energetycznych, są odpowiedzialne za pogarszającą się pracę całego obiegu geotermalnego. Odwrócenie kierunku zachodzenia tych procesów wymaga ingerencji w przemiany równowagowe zachodzące na granicy faz: ciekłej (solanka), gazowej (uwalniane w wyniku rozprężania z fazy ciekłej gazy) i stałej (wytrącające się osady). Niezbędne w tym celu jest poznanie skomplikowanego składu fizykochemicznego solanki lub wody termalnej, a także równowag kwasowo-zasadowych związanych z krystalizacją węglanu wapnia, siarczanu baru, siarczanu strontu oraz równowag w procesach utleniająco-redukcyjnych, odpowiedzialnych za wytrącanie się tlenków i siarczków żelaza, węglanów i manganu zarówno na filtrach jak i w strefach przyodwiertowych.

## 1. PROBLEMY Z ZATŁACZANIEM SCHŁODZONEJ WODY TERMALNEJ

Problemy z zatlaczaniem schłodzonej wody termalnej przedstawione zostaną na przykładzie otworów zatlaczających Pyrzyce GT-2 oraz Pyrzyce GT-4. Po odwierceniu i zafiltrowaniu między 20.11.1992–23.01.1993 r. otworu Pyrzyce GT-2 wykonano pompowanie oczyszczające, które wykazało wydajność 168 m<sup>3</sup>/h. Pod koniec 1995 i z początkiem 1996 roku przeprowadzono pompowanie eksploatacyjno-zatlaczające, a wydajność zatlaczania wynosiła 148,6 m<sup>3</sup>/h przy stabilizacji ciśnienia na poziomie 2,5 bar. Z kolei w otworze Pyrzyce GT-4 uzyskano wydajność 143 m<sup>3</sup>/h oraz stabilizację ciśnienia na poziomie 3,7 bar. Po włączeniu otworu Pyrzyce GT-2 do obiegu geotermalnego ciśnienie zatlaczania wynosiło 5,7 bar przy wydajności zatlaczania 135 m<sup>3</sup>/h. Od 1997 następował systematyczny spadek wydajności od 115 m<sup>3</sup>/h przy ciśnieniu 9 bar w marcu 1997 roku aż do 12 m<sup>3</sup>/h w 2000 roku przy ciśnieniu przekraczającym 12 bar (rys. 2). W tym samym czasie w otworze Pyrzyce

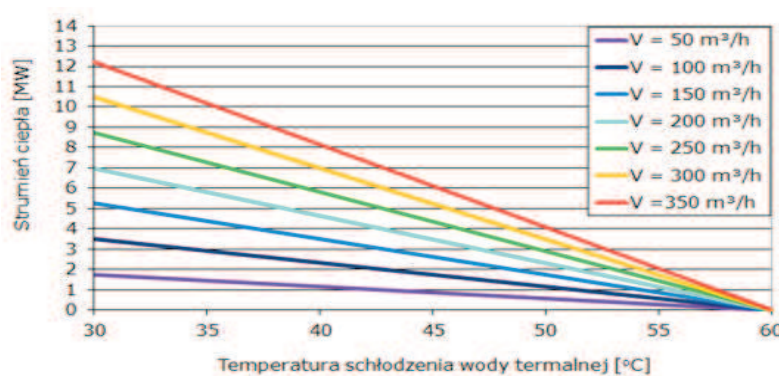


Rys. 2. Wydajność i ciśnienie w otworze zatłaczającym Pyrzyce GT-2 w pierwszych czterech latach eksploatacji

Fig. 2. Flow and pressure in the injection well Pyrzyce GT-2 during the four years of operation

GT-4 nie obserwowano pogorszenia chłonności – około 6 bar przy wydajności 100 m<sup>3</sup>/h i około 10 bar przy wydajności 150 m<sup>3</sup>/h (Bujakowska i in. 1995; Bednarski, Biernat 2008).

Problemy z zatłaczaniem schłodzonej wody termalnej w ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach przekładają się na efektywność jej działania, gdyż ilość ciepła geotermalnego bardzo mocno jest uzależniona od wydajności przepływającej przez wymiennik ciepła wody termalnej. Jak wynika z dokumentacji hydrogeologicznej (Bujakowska i in. 1995) z dubletu geotermalnego w Pyrzycach można uzyskać 340 m<sup>3</sup>/h wody termalnej, co pozwala na wypodukowanie ponad 12 MW czystego ciepła pochodzącego z odnawialnego źródła energii przy założeniu schłodzenia jej od 60°C do około 30°C (rys. 3). Taki strumień ciepła



Rys. 3. Możliwości pozyskiwania energii geotermalnej przy różnych wydajnościach eksploatacyjnych wody termalnej i temperaturach jej schłodzenia w wymiennikach ciepła

Fig. 3. The possibility of obtaining the geothermal energy at different exploitation flows and different temperatures in the heat exchangers

geotermalnego możliwy był do uzyskania tuż po uruchomieniu instalacji geotermalnej. W miarę eksploatacji następował ciągły spadek wydajności zatłaczania, co przekładało się również na zmniejszenie pozyskiwania ciepła geotermalnego. W przypadku, kiedy w ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach wydajność zatłaczania spadała do około 100 m<sup>3</sup>/h, spadała również moc tego odnawialnego źródła ciepła do poziomu około 3,5 MW. Cykliczne zmniejszanie się wykorzystania ciepła geotermalnego skutkuje zwiększeniem zużycia gazu ziemnego, a co za tym idzie – zwiększaniem kosztów produkcji ciepła.

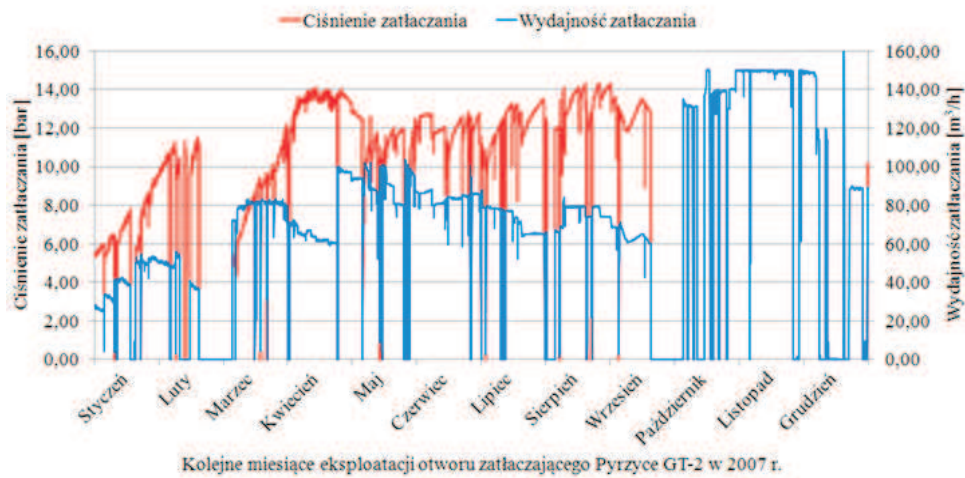
## 2. PRACE ZMIERZAJĄCE DO POPRAWY CHŁONNOŚCI

Do 2005 r. problemy z zatłaczaniem schłodzonej wody termalnej, a więc i zmniejszaniem się pozyskiwania ciepła geotermalnego, pojawiały się cyklicznie według tego samego schematu – nagły wzrost ciśnienia i spadek wydajności po przestoju. Każdorazowo pomagała regeneracja otworów, gdzie w otworze Pyrzyce GT-2 po regeneracji w lutym 2004 r. wydajność wzrosła dwukrotnie. Jednak każde obniżenie efektywności zatłaczania i każdorazowa regeneracja, pomimo poprawy parametrów, skracały czas między wystąpieniami kolejnych spadków wydajności. W 2005 r. wykonano kolejne próby poprawy chłonności otworów Pyrzyce GT-2 i Pyrzyce GT-4 poprzez gruntowne czyszczenie mechaniczne i chemiczne. Wykonane wówczas prace doprowadziły do znacznej poprawy chłonności – osiągnięto rezultat 170 m<sup>3</sup>/h przy ciśnieniu 1,8 bar.

Jednak po dłuższej eksploatacji obserwowano nadal spadek wydajności i wzrost ciśnienia na zatłaczaniu, a co za tym idzie – konieczność ponownego czyszczenia mechanicznego i chemicznego przy użyciu urządzenia wiertniczego, które jest bardzo kosztowne i ma negatywny wpływ na wynik finansowy ciepłowni. Stąd też, na przełomie 2007/2008 r. w otworach chłonnych Pyrzyce GT-2 i Pyrzyce GT-4 oraz instalacjach napowierzchniowych założono rury HDPE (*High Density Polyetylen*) odporne na korozję.

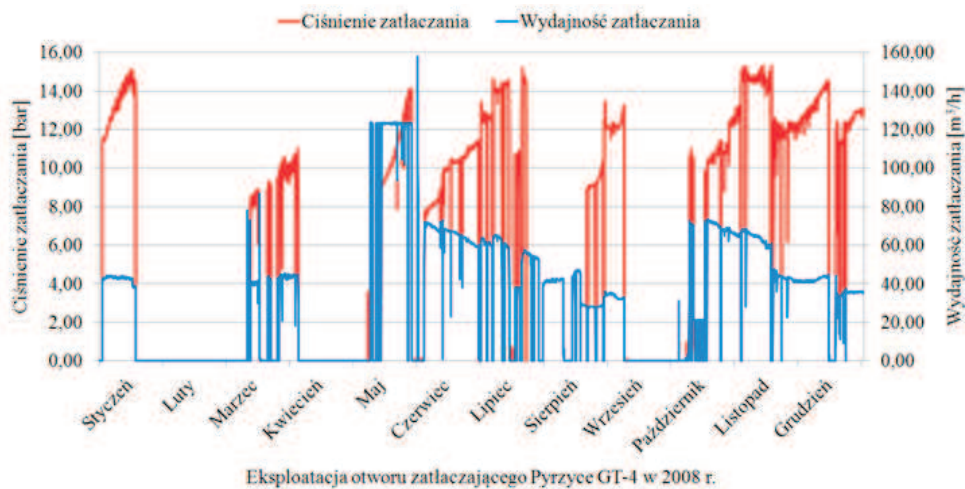
Po osłonięciu rur stalowych wykładzinami HDPE i oczyszczeniu otworów chłonnych w otworze Pyrzyce GT-2 pod koniec 2007 roku uzyskano wydajność na poziomie 150 m<sup>3</sup>/h przy ciśnieniu zatłaczania zbliżonym do zera (rys. 4). Podobna sytuacja zaistniała w 2008 roku, kiedy rury HDPE zastosowano w otworze chłonnym Pyrzyce GT-4. W tym przypadku uzyskano wydajność ponad 120 m<sup>3</sup>/h (rys. 5). Nie uchroniło to jednak od wzrostu ciśnienia zatłaczania wody termalnej i spadku wydajności. W bardzo krótkim czasie w obu otworach chłonnych nastąpił spadek wydajności zatłaczania przy jednoczesnym wzroście ciśnienia zatłaczania.

Dotychczas stosowane czyszczenie mechaniczno-chemiczne przynosiło bardzo dobre efekty w postaci zwiększania wydajności zatłaczania przy jednoczesnym spadku wymaganego ciśnienia zatłaczania. Były one jednak krótkotrwałe, a do ich osiągnięcia konieczne było użycie ciężkiego urządzenia wiertniczego. Stosowane rozwiązanie generowało bardzo wysokie koszty, które były coraz większym obciążeniem finansowym dla Geotermii Pyrzyce. W związku z tym na instalacji geotermalnej ciągle trwały prace, których celem było



Rys. 4. Ciśnienie i wydajność zatłaczania wody termalnej do otworu Pырzyce GT-2 w 2007 r.

Fig. 4. Pressure and injection's efficiency of thermal water to Pырzyce GT-2 well in 2007



Rys. 5. Ciśnienie i wydajność zatłaczania wody termalnej do otworu Pырzyce GT-4 w 2008 r.

Fig. 5. Pressure and injection's efficiency of thermal water to Pырzyce GT-4 well in 2008

opracowanie tańszej i równie skutecznej metody czyszczenia otworów chłonnych. Efektem tych działań było opracowanie metody miękkiego kwasowania, której przeznaczeniem jest chemiczne usuwanie produktów wtórnego wytrącania się związków chemicznych ze schłodzonej wody termalnej.



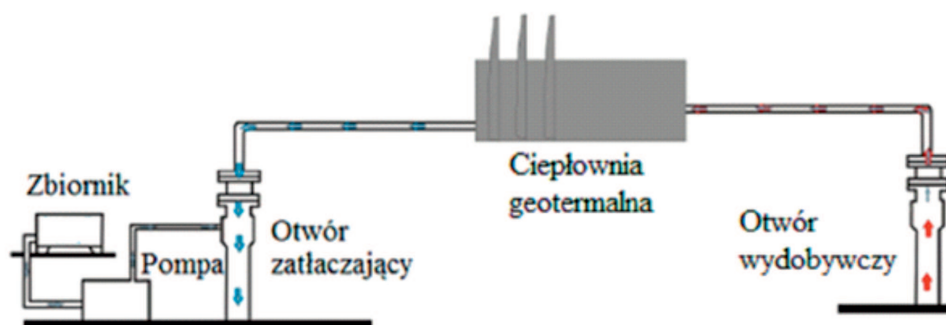
### 3. CHEMICZNE CZYSZCZENIE OTWORÓW CHŁONNYCH

Najpopularniejszym sposobem pozbywania się skutków kolmatacji jest kwasowanie, a więc zatłaczanie do otworu kwasu solnego w celu rozpuszczenia osadów węglanowych powstałych w wyniku tejże kolmatacji. Ponieważ kolmatacja dotyczy nie tylko samego filtra ale również warstwy wodonośnej, stąd czyszczenia mechaniczno-chemiczne przeprowadzane są coraz częściej i z coraz gorszymi efektami. Zastosowanie miękkiego kwasowania polega na zatłaczaniu do otworu kwasu solnego w tej samej ilości, co przy standardowym kwasowaniu lecz w dłuższym czasie.

Celem miękkiego kwasowania opracowywanego w ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach od 2008 roku, podobnie jak kwasowania standardowego, jest poprawa wydajności zatłaczania poprzez usunięcie skutków kolmatacji – między innymi węglanu wapnia ( $\text{CaCO}_3$ ). Bardzo małe stężenie zatłaczanego kwasu solnego uwalnia od konieczności odbioru cieczy poreakcyjnej i jej unieszkodliwiania. Miejszem docelowym stosowania metody jest zatem warstwa wodonośna do której dociera, rozpuszczając po drodze węglany odkładające się zarówno na filtrze jak i w strefie przyodwiertowej.

Problem w stosowanej metodzie stanowiło stężenie kwasu solnego, jakie należałoby dobrać. Zbyt wysokie stężenie przy zatłaczaniu kwasu mogłoby uszkodzić rury, z kolei zbyt niskie nie odniosłoby żadnego skutku.

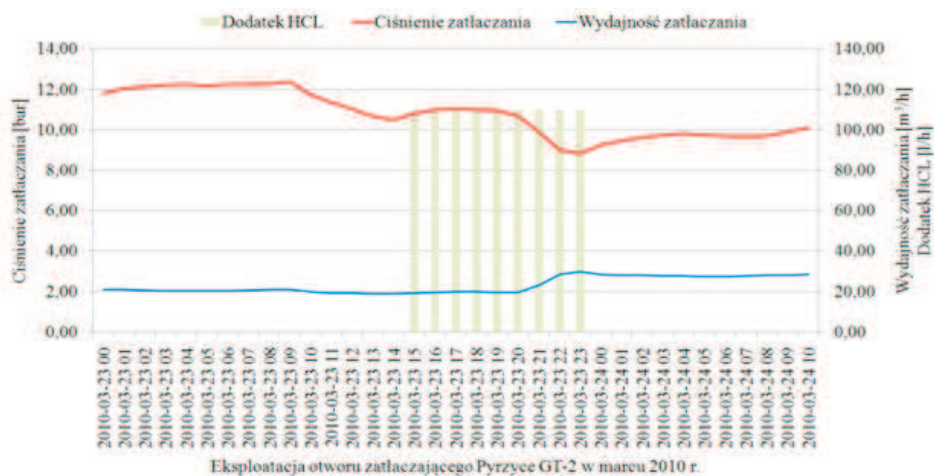
Pompa dozująca kwas zamontowana jest bezpośrednio przy otworze chłonnym Pyrzyce GT-2 lub Pyrzyce GT-4, w zależności od potrzeb. Kwas do otworu zatłaczany jest bezpośrednio ze zbiornika, który również ustawiony jest w bezpośrednim sąsiedztwie otworu chłonnego (rys. 6).



Rys. 6. Schemat metody miękkiego kwasowania stosowany w Geotermii Pyrzyce

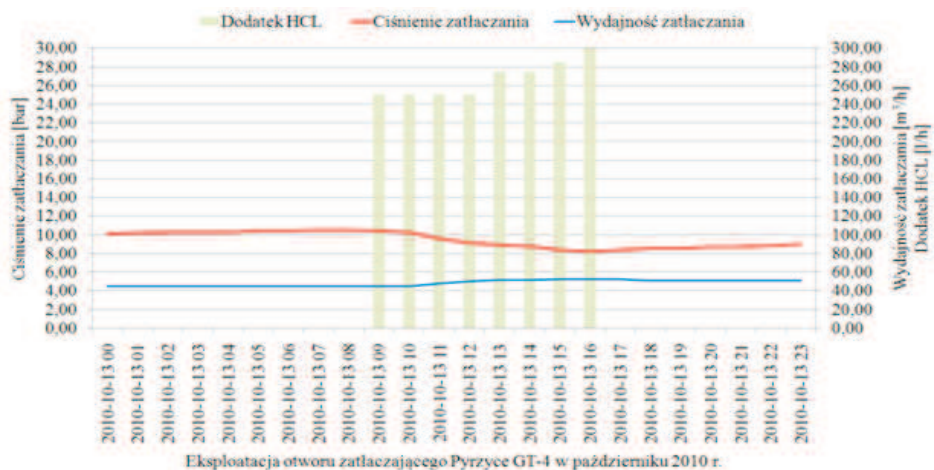
Fig. 6. The scheme of soft acidizing method used in Pyrzyce Geothermy

Zastosowanie w 2010 r. w Geotermii Pyrzyce metody miękkiego kwasowania spowodowało zmniejszenie ciśnienia zatłaczania oraz zwiększenie się wydajności zatłaczania schłodzonej wody termalnej. Prawidłowość taką można zaobserwować zarówno w otworze chłonnym Pyrzyce GT-2 (rys. 7) jaki i Pyrzyce GT-4 (rys. 8).



Rys. 7. Zastosowanie miękkiego kwasowania w otworze zatłaczającym Pyrzyce GT-2 w marcu 2010 r.

Fig. 7. The use of soft acidizing method in Pyrzyce GT-2 injection well in March, 2010



Rys. 8. Zastosowanie miękkiego kwasowania w otworze zatłaczającym Pyrzyce GT-4 w październiku 2010 r.

Fig. 8. The use of soft acidizing method in Pyrzyce GT-4 injection well in October, 2010

We wszystkich przypadkach kwas solny dodawany był w różnych dawkach. Czasy działania kwasu solnego również we wszystkich przypadkach były różne. Po zaprzestaniu dozowania kwasu solnego szybko następuje wzrost ciśnienia zatłaczania oraz zmniejszanie się ilości zatłaczanej wody termalnej.

Podczas przeprowadzania miękkiego kwasowania w ciepłowni w Pyrzycach zaobserwowano, że podczas działania kwasu w otworach zatłaczających następuje zmniejszenie się



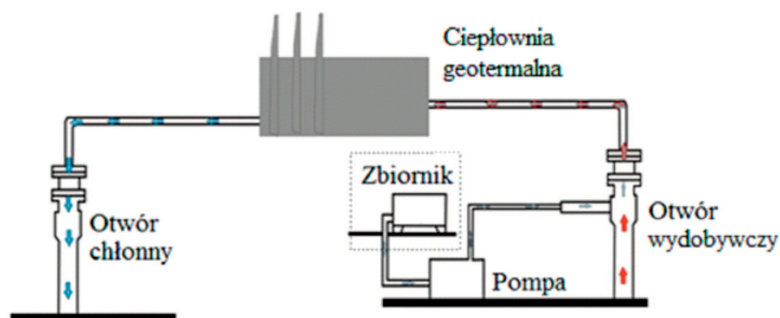
ciśnienia zatłaczania i zwiększenie właściwości chłonnych. Obserwacje te pozwoliły na opracowanie nowej metody, polegającej na ciągłym dozowaniu niewielkich ilości kwasu solnego do otworów zatłaczających. Dodatek odpowiednio dobranego antyskalanta i dyspergatora powoduje zapobieganie wtórnego wytrącania się związków chemicznych ze schłodzonej wody termalnej.

#### 4. ZAPOBIEGANIE KOLMATACJI OTWORÓW CHŁONNYCH – METODA SUPER MIĘKKIEGO KWASOWANIA

Rezultatem wielu lat prac związanych z przeciwdziałaniem skutkom kolmatacji jest opracowanie metody, której celem jest przeprowadzenie działań zmierzających do poprawy chłonności warstwy złożowej poprzez wykonanie zabiegów intensyfikacji i dozowania preparatów kondycjonujących dla geotermalnych otworów chłonnych w Geotermii Pырzyce (Biernat i in. 2011). Nowa metoda jest modyfikacją znanej i sprawdzonej już na świecie metody miękkiego kwasowania. Modyfikacja polega na ciągłym dozowaniu znacznie niższych niż w stosowanym już miękkim kwasowaniu dawek kwasu solnego z dodatkiem antyskalanta i/lub dyspergatora do przepływającej solanki przed filtrami workowymi i wymiennikami ciepła.

Celem metody super miękkiego kwasowania jest wyeliminowanie negatywnej działalności wykładnika stężenia jonów wodorowych (pH), jednej z przyczyn powstawania kolmatacji. Węglany preferują środowisko alkaliczne. Stymulacja pH pozwoli uzyskać stan równowagi chemicznej, w której węglan wapnia ( $\text{CaCO}_3$ ) nie będzie strącany. Korzyścią płynącą z zastosowania tej metody będzie nie tylko wyeliminowanie przyczyny kolmatacji węglanowej, ale również pozbycie się dotychczasowych efektów w warstwie wodonośnej poprzez systematyczne rozpuszczanie węglanu wapnia gromadzącego się dotychczas w warstwie złożowej z dala od otworu.

Modyfikacja metody miękkiego kwasowania polega na tym, że pompę dozującą kwas wraz z preparatami kondycjonującymi zainstalowano tuż za otworem wydobywczym (rys. 9).



Rys. 9. Uproszczony schemat metody super miękkiego kwasowania stosowany w Geotermii Pырzyce

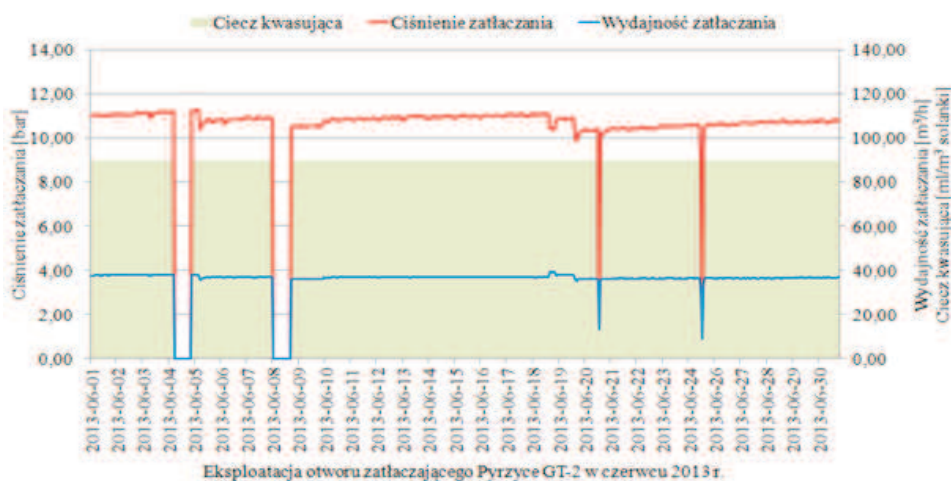
Fig. 9. The simplified scheme of super soft acidizing method used in Pырzyce Geothermy

Dzięki takiemu ustawieniu warunki chemiczne można stymulować już w napowierzchniowym obiegu wody termalnej. Kwas solny wraz z preparatami kondycjonującymi należy zatłaczać w trybie ciągłym, bez przerw, tak aby zapewnić odpowiednie stężenie rozpuszczonego CO<sub>2</sub> w wodzie termalnej poprzez wymuszenie odpowiedniego nasycenia wody termalnej CO<sub>2</sub> (na skutek zachwiania równowagi CaCO<sub>3</sub>-CO<sub>2</sub>).

Istotną cechą odróżniającą metodę super miękkiego kwasowania od innych znanych metod kwasowania jest użyta w procesie dozowania (zatłaczania) ilość odtlenionego kwasu solnego dodawana do wody termalnej. Ilość ta powinna odpowiadać przeliczeniowo maksymalnie 25% zasadowości wody termalnej. Z reguły będzie jeszcze mniejsza, co też wynika z przeprowadzonych badań nad uzyskaniem właściwego pH wody termalnej, przy którym jest zahamowane wytrącanie z wody termalnej osadów po uwzględnieniu iloczynów rozpuszczalności związków łatwo krystalizujących, odczynu pH, potencjału redox, temperatury i ciśnienia. Ilość odtlenionego kwasu solnego niezbędnego do ciągłego dozowania wyznaczana jest indywidualnie przez zespół realizacyjny na podstawie danych uzyskiwanych z analiz laboratoryjnych.

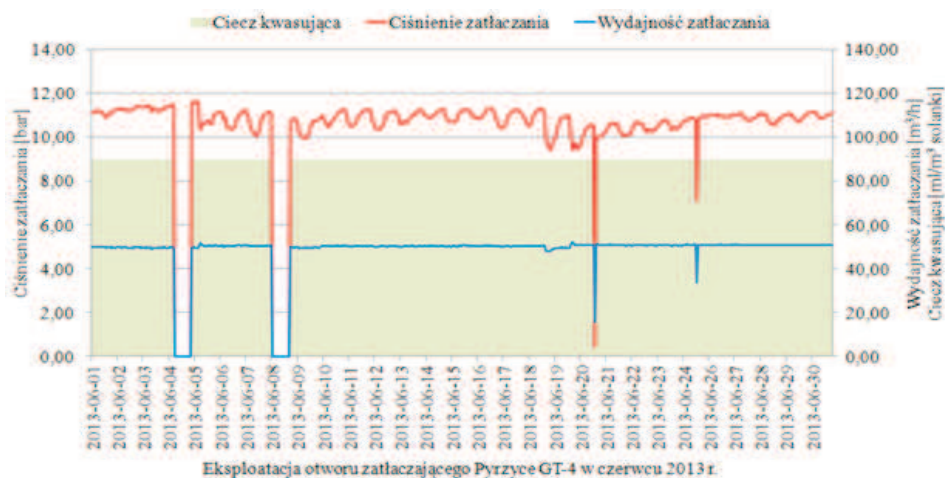
W wyniku przeprowadzenia w styczniu 2011 r. w ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach testu metody super miękkiego kwasowania uzyskano stabilną pracę całego układu (rys. 10 i 11). Przy ustalonej stałej wydajności nie następuje już gwałtowne zwiększanie się ciśnienia zatłaczania. Również w przypadku wyłączenia układu jego ponowny rozruch następuje w warunkach sprzed wyłączenia.

Ponieważ niezwykle trudno jest modelować środowisko solanki w laboratorium (głównie ze względu na duże zmiany stężenia CO<sub>2</sub> w wodzie termalnej wskutek rozprężenia) osta-



Rys. 10. Przeprowadzony test metody super miękkiego kwasowania w otworze zatłaczającym Pyrzyce GT-2 w czerwcu 2013 r.

Fig. 10. The results of the super soft acidizing method test conducted in Pyrzyce GT-2 injection well in June, 2013



Rys. 11. Przeprowadzony test metody super miękkiego kwasowania w otworze zatłaczającym Pyrzyce GT-4 w czerwcu 2013 r.

Fig. 11. The results of the super soft acidizing method test conducted in Pyrzyce GT-4 injection well in June, 2013

teczne pomiary pH i potencjału redox zostaną dokonane w instalacji rzeczywistej na podstawie analizy uzyskanych parametrów ruchowych otworu chłonnego, a przede wszystkim wydajności zatłaczania i chłonności złoża. Dla potwierdzenia skuteczności działania opisanego konceptu metody super miękkiego kwasowania w instalacji wody termalnej w Geotermii Pyrzyce zostaną wykonane badania w ramach unijnego programu LIFE+.

## PODSUMOWANIE

Na podstawie wieloletnich obserwacji układu obiegu wody termalnej w Geotermii Pyrzyce stwierdzono, że kolmatacja otworów chłonnych jest główną przyczyną problemów z zatłaczaniem schłodzonej wody termalnej. Przyczyn wytrącania się osadów z wody termalnej i tym samym kolmatacji otworów chłonnych, można dopatrywać się w co najmniej kilku czynnikach fizykochemicznych. Wśród najważniejszych można tu wymienić: zmiany odczynu pH w trakcie eksploatacji wody termalnej, wahaniach zawartości rozpuszczonego dwutlenku węgla w wodzie termalnej, zmiany ciśnienia na drodze przepływu wody termalnej, zmiany potencjału redox, zmiany temperatury w trakcie eksploatacji wody termalnej.

Produkty wtórne wytrącania się osadów ze schłodzonej wody powodują wzrost ciśnienia zatłaczania przy jednoczesnym zmniejszaniu się wydajności zatłaczania. Osadzają się one nie tylko na filtrach w otworach chłonnych, ale przenikają również do warstwy wodonośnej. W Geotermii Pyrzyce problemy z zatłaczaniem wody termalnej pojawiły się niemal zaraz po jej uruchomieniu.

W początkowej fazie eksploatacji ciepłowni geotermalnej w Pырzycach stosowana była mechaniczno-chemiczna metoda oczyszczania otworów chłonných. Do jej realizacji konieczne było ustawienie ciężkiego urządzenia wiertniczego, które stanowiło główny składnik kosztów stosowania tej metody. Metoda ta przynosiła dobre efekty związane z poprawą efektywności zatłaczania, które jednak nie trwały zbyt długo. W połączeniu z wysokimi kosztami obsługi metody konieczne było prowadzenie dalszych prac związanych z poszukiwaniem tańszych i równie efektywných metod czyszczenia otworów chłonných.

Zdecydowanie tańszą metodą czyszczenia otworów chłonných jest metoda miękkiego kwasowania. Jest to metoda chemiczna, która wykorzystuje niewielkie ilości kwasu solnego. W odróżnieniu od kwasowania standardowego w miękkim kwasowaniu nie ma konieczności wypompowywania z otworu cieczy poreakcyjnej. Metoda ta ciągle jednak usuwa osady, a nie zapobiega ich powstawaniu. Koncepcja zapobiegania wytrącaniu się osadów, a nie ich usuwania spowodowała opracowanie nowej metody, której nadano roboczą nazwę metody super miękkiego kwasowania.

Metoda super miękkiego kwasowania polega na tym, że pompę dozującą kwas solny wraz z preparatami kondycjonującymi zainstalowano tuż za otworem eksploatacyjnym. Dzięki takiemu ustawieniu warunki chemiczne można modyfikować w całym obiegu wody termalnej. Kwas solny wraz z preparatami kondycjonującymi będzie zatłaczany w trybie ciągłym, podczas codziennej pracy ciepłowni geotermalnej.

Obecnie w ciepłowni geotermalnej w Pырzycach prowadzone są prace, które zmierzają do zastosowania metody super miękkiego kwasowania podczas codziennej pracy ciepłowni. Wstępne wyniki otrzymane w warunkach laboratoryjnych pozwalają stwierdzić, że nie będzie następowało dalsze gwałtowne pogarszanie się parametrów eksploatacyjnych. Prace związane z pełnym wdrożeniem tej metody wymagają jeszcze dalszych badań przemysłowych związanych z dodaniem niedużých dawek antyskalanta i/lub dyspergatora, co powinno pozwolić na dalsze obniżenie zastosowanej dawki kwasu solnego.

## LITERATURA

- BANAŚ J., MAZURKIEWICZ B., SOLARSKI W., 2007 — Korozja metali w wodach geotermalnych. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 2, 5–12.
- BEDNARSKI L., BIERNAT H., 2008 — Program prac zmierzających do poprawy chłonności warstwy złożowej poprzez wykonanie zabiegów intensyfikacyjnych związanych z miękkim kwasowaniem. Archiwum PG POLGEOL S.A., Warszawa.
- BIERNAT H., KULIK S., NOGA B., 2009 — Możliwości pozyskiwania energii odnawialnej i problemy związane z eksploatacją ciepłowni geotermalnych wykorzystujących wody termalne z kolektorów porowych. Przegląd Geologiczny t. 57, nr 8, 655–656.
- BIERNAT H., KULIK S., NOGA B., 2010a — Problemy związane z eksploatacją ciepłowni geotermalnych wykorzystujących wody termalne z kolektorów porowych. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 1–2, 17–28.

- BIERNAT H., KULIK S., NOGA B., KOSMA Z., 2010b — Problemy korozji przy zatłaczaniu wykorzystanych wód termalnych. Modelowanie Inżynierskie t. 8, nr 39, 13–18.
- BIERNAT H., KULIK S., NOGA B., KOSMA Z., 2010c — Problemy inkrustacji przy zatłaczaniu wykorzystanych wód termalnych. Modelowanie Inżynierskie t. 8, nr 39, 7–12.
- BIERNAT H., KULIK S., NOGA B., KOSMA Z., 2011 — Próba zapobiegania kolmatacji geotermalnych otworów zatłaczających w wyniku zastosowania miękkiego kwasowania. Modelowanie Inżynierskie t. 11, nr 42, 67–74.
- BUJAKOWSKA K., BIERNAT H., BANTKOWSKI A., KAPUŚCIŃSKI J., 1995 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych ujęcia wód termalnych w utworach jury dolnej dla potrzeb m. Pyrzyce województwo Szczecińskie. Archiwum PG POLGEOL S.A., Warszawa.
- MEYER Z., SOBAŃSKI R., 1993 — The first polish geothermal district heating plant in Pyrzyce. International Seminar on Environmental protection by the use of geothermal energy jointly with Third Meeting of the Forum of the European Branch of the IGA. Zakopane.
- MEYER Z., 1994 — O miejskim geotermalnym systemie grzewczym w Pyrzycach. Inżynieria i Budownictwo, 50(5), 235–236.
- MEYER Z., 1997 — Ciepłownia geotermalna w Pyrzycach. Inżynieria Morska i Geotechnika, 1, 61–65.
- PARECKI A., BIERNAT H., 2007 — Próba rozwiązania problemów towarzyszących eksploatacji ciepłowni geotermalnych wykorzystujących wody termalne z kolektorów porowych. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 2, 107–110.

## **ANALYSIS OF THE OPERATING EFFICIENCY GROW IN THE GEOTHERMAL PLANT IN PYRZYCE AS A RESULT OF THE INJECTED THERMAL WATER PH MODIFICATION**

### **ABSTRACT**

The paper presents the main problems associated with injection to the aquifer a thermal water cooled in the heat exchanger. It also presents the analysis of absorbent holes cleaning methods used in Geotermia Pyrzyce. As a result of physico-chemical analysis, laboratory tests and observation of the geothermal installation, the new method for preventing the precipitation of secondary minerals the cooled thermal water was developed. The prevention of secondary sedimentation of a cooled thermal water can be carried out with the pH stimulation. The method, which is the modification of the soft acidizing method, has been tentatively named the method of super-soft acidizing.

### **KEY WORDS**

Geothermal, injection wells, colmatage, pH, soft acidizing, super soft acidizing



