

ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA INSTALACJI GEOTERMALNYCH W WOJEWÓDZTWIE KUJAWSKO-POMORSKIM

Abstrakt: W pracy przeanalizowano możliwości pozyskiwania i zagospodarowania wód termalnych na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego. Główną uwagę skupiono na wodach pochodzących z utworów kredy dolnej i jury dolnej.

Słowa kluczowe: geotermia, woda termalna, kujawsko-pomorskie.

1. Systemy eksploatacji wód termalnych

Od wielu lat zainteresowaniem zarówno naukowców jak i przedsiębiorców skierowane jest na poszukiwanie niekonwencjonalnych źródeł energii. Szczególny wkład na tym polu mają badania geologiczne, które wykonywane są celu poszukiwania i rozpoznawania zasobów wód termalnych. Zgodnie z Ustawą prawo górnicze i geologiczna (Dz.U. 2011 Nr 163 poz. 981) woda termalna to woda podziemna, która na wypływie z ujęcia ma temperaturę nie niższą niż 20°C.

W większości przypadków aby móc wykorzystywać wody termalne należy wykonać odwiert geotermalny, którego głębokość może wynosić od kilkuset do kilku tysięcy metrów. Biorąc pod uwagę stopień mineralizacji nośników ciepła, systemy pozyskiwania energii geotermalnej można podzielić na jednootworowe i dwuotworowe.

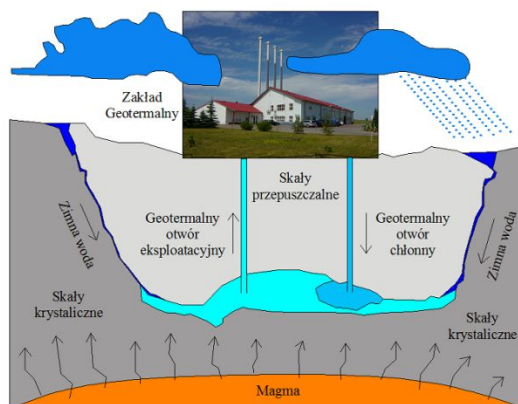
Jednootworowe systemy eksploatacyjne stosowane są w przypadku wód termalnych słabo zmineralizowanych. Przy tego typu systemie woda termalna doprowadzana jest do odbiorcy najczęściej za pomocą pompy głębinowej (rzadziej za pomocą samowypływu) umieszczonej w otworze eksploatacyjnym. Wykorzystana woda termalna może być skierowana do cieków powierzchniowych lub do kanalizacji miejskiej. Tego typu systemy wykorzystywane są głównie w uzdrowiskach geotermalnych oraz kąpieliskach.

W przypadku wód termalnych o wysokim stopniu mineralizacji (niemożliwy zrzut do wód powierzchniowych) oraz wykorzystywanych w ciepłownictwie najczęściej stosowane są dwuotworowe systemy eksploatacyjne - dublet geotermalny. Podstawową zasadą działania dubletu geotermalnego jest zapewnienie ciągłości przepływu pomiędzy otworem eksploatacyjnym a otworem chłonnym, wynikające z konieczności wtłaczania w tym samym czasie wydobytej wody ze złoża. Woda termalna wydobywana jest za pomocą otworu eksploatacyjnego i rurociągiem przepompowywana jest do odbiorcy, którym może być ciepłownia geotermalna (rys. 1). W tym przypadku woda termalna, oddając ciepło za pomocą wymiennika, ogrzewa wodę sieciową krążącą

¹ Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A., ul. Berezyńska nr 39, 03-908 Warszawa, Polska, tel.: +48 604 211 847, email: Bogdan.noga@polgeol.pl

Analiza możliwości wykorzystania instalacji geotermalnych w województwie kujawsko-pomorskim

w obiegu zamkniętym. Schłodzona woda termalna jest natomiast przepompowywana do otworu chłonnego i zatłaczana do tej samej warstwy wodonośnej z której została wydobyta celem jej ponownego ogrzania. W głębi Ziemi znajduje się magma, będąca gorącą stopioną masą krzemianów i glinokrzemianów. Ponieważ ciepło zawsze wędruje od stref cieplejszych ku chłodniejszym, płynna magma nagrzewa leżącą nad nią warstwę wodonośną, która od góry przykryta jest najczęściej warstwą skalną o słabym przewodnictwie cieplnym. Część wód powierzchniowych przenika do warstwy wodonośnej poprzez szczeliny i pęknięcia.



Rys. 1. Proces eksploatacji i nagrzewania się wód termalnych

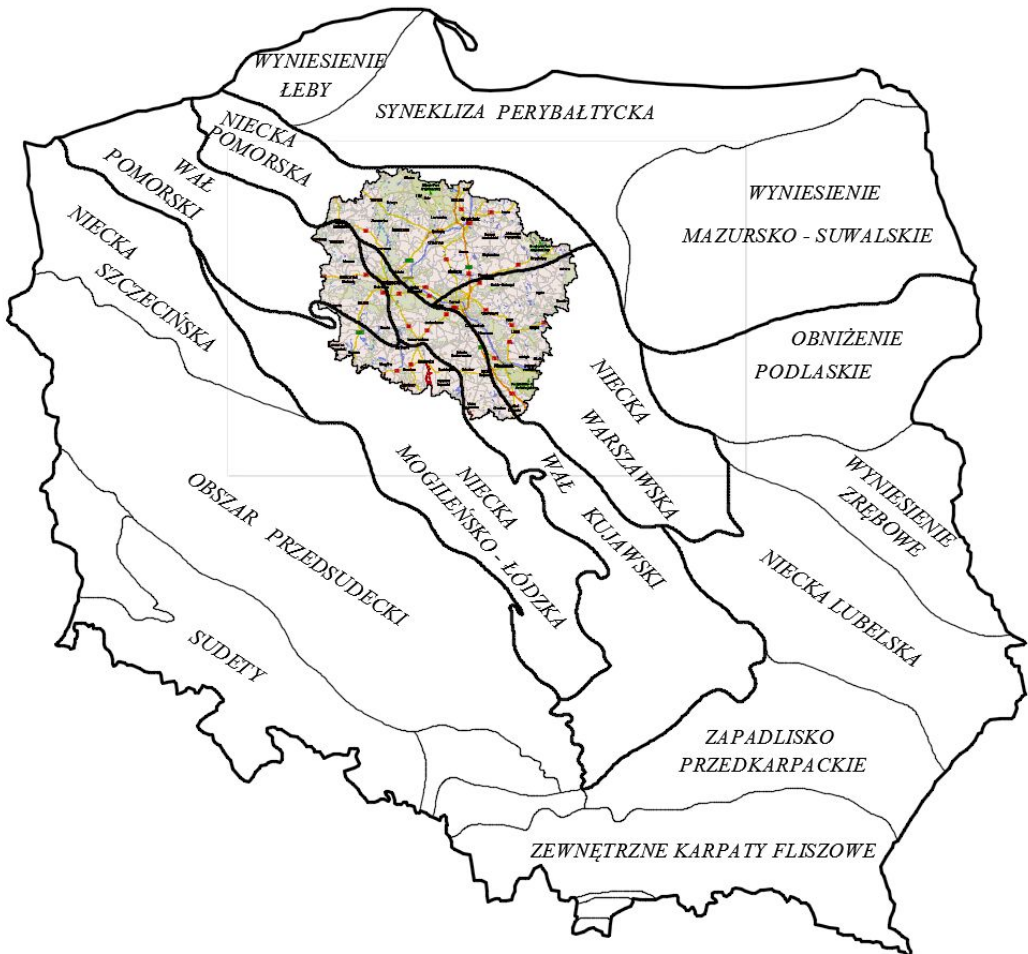
Odległość między odwiertami eksploatacyjnym i chłonnym obliczana jest na podstawie modelu matematycznego. Dobrana jest w taki sposób, aby zoptymalizować czas dojścia wody schłodzonej z otworu zatłaczającego do otworu eksploatacyjnego. W przypadku kiedy nie istnieje możliwość wykonania odwiertu chłonnego w odległości gwarantującej prawidłową pracę układu stosuje się odwierty kierunkowe, które wchodzą w złożę w odpowiedniej odległości. Rozwiązanie to stosowane jest wyłącznie podczas odbierania ciepła od wody termalnej krążącej w obiegu zamkniętym.

Do górotworu nie można ponownie zatłaczać wody termalnej wykorzystanej w lecznictwie, balneologii lub rekreacji. Napowietrzona woda powoduje pogarszanie się właściwości chłonnnych otworów zatłaczających głównie do kolektorów porowych [3, 17].

W celu ewentualnego zmniejszenia nakładów finansowych - które są największe na wykonanie nowych odwiertów - można wykorzystać już istniejące głębokie otwory wiertnicze. Lata 1958 - 1995 zaowocowały wykonaniem kilku tysięcy głębokich i supergłębokich otworów wiertniczych na obszarze całej Polski, a najwięcej na Nizinie Polskiej [5]. Otwory takie znajdują się również na terenie województwa kujawsko - pomorskiego.

2. Możliwości pozyskiwania wód termalnych

Kujawsko-pomorskie jest województwem o dużych lecz obecnie mało wykorzystywanych, potencjalnych możliwościach pozyskiwania wody termalnej. Niemal całą powierzchnię województwa obejmuje zbiornik permsko-mezozoiczny, w obrębie którego znajdują się struktury geologiczne będące kolektorami wód termalnych (rys. 2). Na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego głównymi poziomami wodonośnym wód termalnych są utwory kredy i jury dolnej [1, 3, 6, 12, 16,17]. Ciągą się one systemem podziemnych niecek z okolic Szczecina, poprzez rejon mogileńsko-lódzki po Mazowsze.

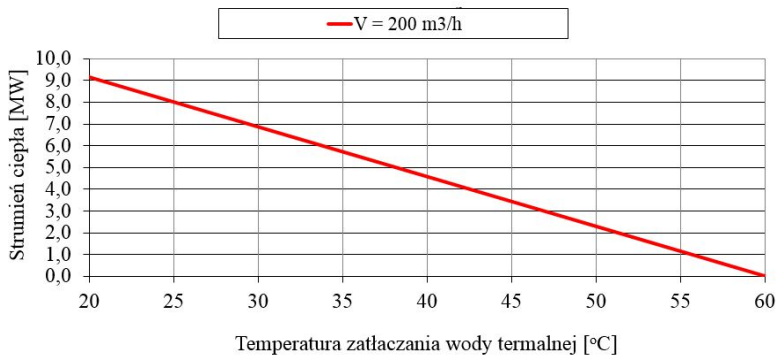


Rys. 2. Struktury geologiczne w obrębie województwa kujawsko-pomorskiego

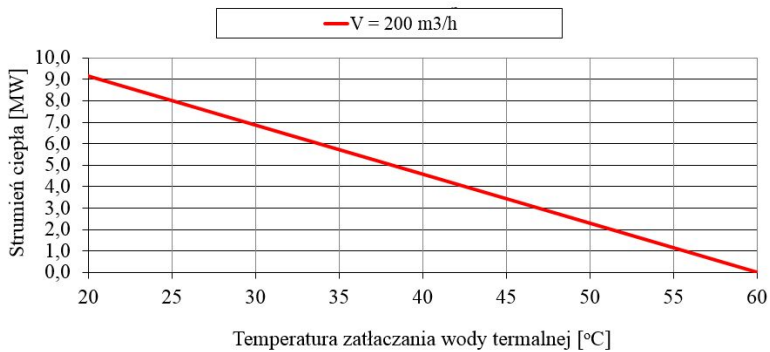
Utwory kredy (rys. 3) dolnej występują na różnych głębokościach od 250 do 2000 m. Miąższość tych utworów waha się w granicach od 25 w rejonie wału kujawsko-pomorskiego do 300 m w okolicy Torunia. Mineralizacja wód występujących w warstwach kredy dolnej zmienia się od 2 do 50 g/dm³. Wydajność eksploatacyjną tych wód można założyć od 50 do 200 m³/h. W najbardziej perspektywicznych strefach (niecka mogileńsko-lódzka) temperatury wód dolno-kredowych mogą osiągać do 60°C. W tym rejonie można będzie pozyskać ponad 9 MW ciepła przy założeniu, że woda termalna zostanie schłodzona do 20°C (rys. 4). Na terenach objętych niecką warszawską i pomorską można będzie uzyskać temperaturę wody termalnej do około 40°C. Przy założeniu, że woda będzie miała temperaturę 35°C i jej schłodzeniu do 20°C można będzie pozyskać około 3,5 MW ciepła geotermalnego (rys. 5).

ERA	OKRES
KENO-ZOICZNA	Czwartorzęd
	Trzeciorzęd
MEZOZOICZNA	Kreda górna
	Kreda dolna
	Jura górna
	Jura środkowa
	Jura dolna
	Trias górny
	Trias środkowy
	Trias dolny

Rys. 3. Najbardziej perspektywiczne utwory wodonośne na terenie województwa kujawsko-pomorskiego

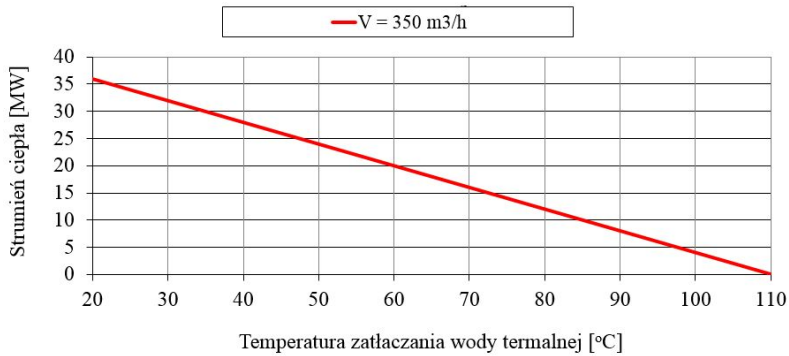


Rys. 4. Możliwości pozyskania ciepła geotermalnego z utworów kredy dolnej w rejonie niecki mogileńsko-lódzkiej



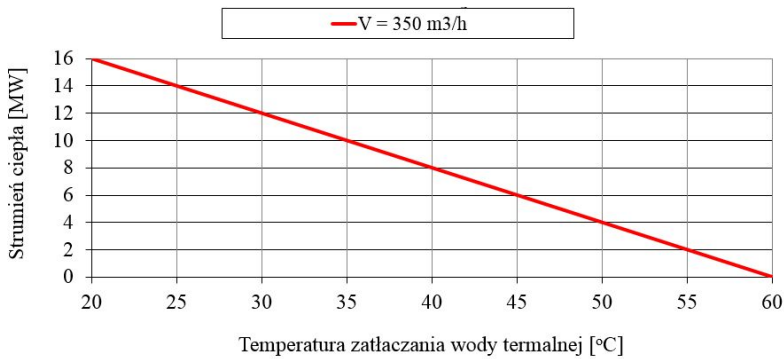
Rys. 5. Możliwości pozyskania ciepła geotermalnego z utworów kredy dolnej w rejonie niecki warszawskiej i pomorskiej

Z utworów jury dolnej można uzyskiwać wydajność eksploatacyjną wody termalnej od 150 do 350 m^3/h . Miąższość tych utworów jest zmienna i waha się w granicach od kilku do ponad 800 m. Z uwagi na złożoną i zróżnicowaną budowę geologiczną, utwory liasowe zalegają na różnych, znacznie różniących się głębokościach, od 500 m na wale kujawskim do 3000 m w niecce mogileńsko-lódzkiej [2]. Głębokość zalegania utworów liasowych ma wpływ na temperatury jakie można uzyskać z eksploatowanych wód termalnych. Zmienność w polu temperatur zbiornika dolnojurajskiego jest znaczna osiągając w skrajnych przedziałach wartości około 20°C (wał pomorski), natomiast na największych głębokościach dochodzi ona do 110°C w części województwa objętej niecką mogileńsko-lódzką. Zbiornik dolnojurajski stanowi strukturę ciągłą, o bardzo zróżnicowanych miąższościach i głębokości występowania. Powoduje to duże zróżnicowanie mineralizacji wydobywanych wód. Mineralizację około 100 g/dm^3 obserwujemy z reguły na głębokościach większych niż 1500 m.



Rys. 6. Możliwości pozyskania ciepła geotermalnego z utworów jury dolnej w rejonie niecki mogileńsko-łódzkiej

Przy założeniu, że woda termalna zostanie schłodzona do 20°C w na terenie województwa objętym niecką mogileńsko-łódzką można będzie pozyskać około 36 MW ciepła geotermalnego (rys. 6), natomiast na terenach objętych nieckami: warszawską i pomorską można będzie pozyskać około 16 MW ciepła geotermalnego (rys. 7) z jednego dubletu geotermalnego.



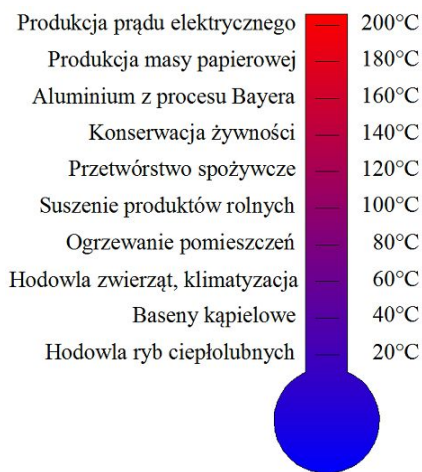
Rys. 7. Możliwości pozyskania ciepła geotermalnego z utworów jury dolnej w rejonie niecki warszawskiej i pomorskiej

Zbiorniki paleozoiczne ze względu na gorsze rozpoznanie, większą głębokość występowania, wyższe koszty udokumentowania tych horyzontów, należy uznać za mniej korzystne, mimo wyższych temperatur występujących w nich wód termalnych.

3. Możliwości wykorzystania wód termalnych

Możliwości wykorzystania wód termalnych zależą głównie od ich temperatury. Wyróżnić można dwa główne sposoby wykorzystania wód termalnych. Z jednej strony jest to wykorzystanie płynów o odpowiednio wysokiej temperaturze (powyżej 100°C) i ciśnieniu do wykonania pracy w turbinie napędzającej generator energii elektrycznej, z drugiej - bezpośrednio wykorzystanie złóż nisko- i średnio-temperaturowych głównie w ciepłownictwie (wody o temperaturze powyżej 50°C), ale także do celów rekreacyjnych, leczniczych, balneologicznych, czy też w rolnictwie (wody o temperaturze poniżej 50°C).

Większość zasobów wód termalnych występujących na terenie Polski nie posiada temperatury przekraczającej 100°C, co jednoznacznie określa możliwości ich wykorzystania (rys. 3). Wśród sposobów bezpośredniego wykorzystania wód termalnych na świecie dominuje dziewięć głównych dziedzin (Bujakowski 2010, Lund 1989). Woda termalna może stanowić dolne źródło ciepła dla absorpcyjnych lub sprężarkowych pomp ciepła [4, 15]. Bardzo popularne jest również wykorzystanie energii wód termalnych w kąpieliskach, na pływalni oraz w balneologii [7, 11]. W ogrzewnictwie [8] wykorzystywane jest około 20% wydobywanych wód termalnych. Energia cieplna odebrana wodzie termalnej wykorzystywana jest jeszcze dość powszechnie również w ogrodnictwie szklarniowym i hydrouprawach [14], w przemyśle [9], inne stanowią około 0,4%.



Rys. 3. Wykorzystanie energii wody termalnej w zależności od jej temperatury

3.1. Ciepłownictwo

Przydatność naturalnego systemu hydrotermalnego jako źródła energii cieplnej zależy jednak od trzech głównych czynników:

- temperatury wydobywanej wody termalnej,
- wydajności wody termalnej możliwej do wydobycia ze źródła,
- możliwości zagospodarowania wytworzonej energii (odpowiednia ilość odbiorców).

Najbardziej efektywnym i najprostszym sposobem zagospodarowania energii wód termalnych jest ich zastosowanie do ogrzewania w gospodarce komunalnej, w rolnictwie, w procesach technologicznych, jako wspomaganie konwencjonalnych ciepłowni oraz użycie jako źródła energii w siłowniach niskotemperaturowych. Różnorodność możliwych rozwiązań technicznych i struktura urządzeń służących do pozyskania ciepła z wnętrza ziemi wynikają z konieczności dostosowania rodzaju i wielkości ujęcia geotermalnego do potrzeb i parametrów instalacji odbiorczej ciepła, przy uwzględnieniu lokalnych warunków technicznych oraz wyników rachunku ekonomicznego. Wiąże się to z tym, że zapotrzebowanie ciepła przez jego odbiorców jest najczęściej zmienne w czasie. Dotyczy to w szczególności zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń, którego ilość zależy od temperatury zewnętrznej. Podstawą określenia ilości ciepła grzejnego jest wykres uporządkowany, pomocny zwłaszcza przy wyborze systemów do odbioru energii z wód geotermalnych, przy czym możliwe są tutaj trzy podstawowe układy, a mianowicie:

- układ monowalenty, w którym całe ciepło grzejne pobierane jest z instalacji geotermalnej,
- układ biwalenty, w którym źródło geotermalne wspomagane jest kotłami najczęściej gazowymi,
- układ kombinowany, w którym część zapotrzebowania odbiorców zaspokajana jest przez instalację geotermalną (ciepło niskotemperaturowe), a pozostała część przez kotłownię konwencjonalną (ogrzewanie tradycyjne).

Bezpośrednie wykorzystanie wody termalnej do celów ciepłowniczych odbywa się za pośrednictwem geotermalnych wymienników ciepła. Najczęściej płytowe wymienniki ciepła pośredniczą przy przekazywaniu ciepła wody termalnej na rzecz słodkiej wody sieciowej. W tym przypadku istotne znaczenie dla stopnia wykorzystania energii geotermalnej ma temperatura zatłaczanej wody termalnej, limitowana głównie przez temperaturę wody sieciowej powrotnej, przy czym ta ostatnia powinna być jak najniższa. Jeśli temperatura wody sieciowej powrotnej ogranicza lub eliminuje wykorzystanie ciepła geotermalnego zawartego w wodach o zbliżonej lub niższej temperaturze wówczas można zastosować pompę ciepła.

Pompa ciepła jest właściwie jedynym dotychczas znanym urządzeniem, umożliwiającym wykorzystanie niskotemperaturowych źródeł energii. Jej podstawowa rola polega na pobieraniu ciepła ze źródła o niższej temperaturze (ciepło pochodzące ze środowiska naturalnego) i przekazywaniu go do źródła o temperaturze wyższej (ciepło grzewcze). Aby proces ten był możliwy, konieczne jest dostarczenie energii z zewnątrz. Na użyteczną energię cieplną (ciepło grzewcze) tych urządzeń składa się więc ilość ciepła pobrana ze środowiska naturalnego i ilość ciepła odpowiadająca energii doprowadzonej do ich napędu.

3.2. Energia elektryczna

Do produkcji prądu elektrycznego wykorzystuje się energię zawartą w przegrzanej parze wodnej o temperaturze powyżej 130°C. Takie wody występują na obszarach młodego wulkanizmu, gdzie źródło ciepła jest dostępne na niewielkich głębokościach, pozwalając na rozwój złóż geotermalnych o wysokiej entalpii. Jak do tej pory w Polsce nie ma instalacji geotermalnej

Analiza możliwości wykorzystania instalacji geotermalnych w województwie kujawsko-pomorskim

wytwarzającej energię elektryczną przy pomocy wody termalnej. Natomiast na świecie energię geotermalną do produkcji prądu produkuje kilkaset instalacji znajdujących się w 24 krajach, a ich moc szacowana jest na ponad 10000 MW_{el}. Największymi elektrowniami na świecie są:

- Geysers w Kalifornii - 908 MW,
- Landarello we Włoszech - 420 MW.

Przy wyborze metody pozyskiwania energii elektrycznej wpływ mają przede wszystkim parametry wody wydobywanej z wnętrza Ziemi, czyli jej temperatura, stan termodynamiczny i skład chemiczny. Istnieją dwa podstawowe rodzaje elektrowni geotermalnych:

- z bezpośrednim odparowaniem wody geotermalnej w rozprężaczu – systemy tego typu stosowane są w układzie z rozprężaczem jednostopniowym lub dwustopniowym, lub kierowaniem pary bezpośrednio do turbiny parowej skąd po ekspansji płynie do skraplacza - jednak zastosowanie drugiej metody wymaga, aby woda termalna występowała w stanie pary nasyconej suchej lub pary przegrzanej. Sprawność cieplna takich elektrowni sięga 30%,
- elektrownie dwuczynnikowe (binarne). Gorąca woda jest kierowana do wymiennika ciepła (parownika), który spełnia rolę kotła parowego dla obiegu z czynnikiem roboczym o niskiej temperaturze wrzenia np. freon o temperaturze wrzenia – 33°C. Sprawność cieplna tych elektrowni mieści się w granicach 10 - 15%.

3.3. Agrobiznes

Zastosowanie wody termalnej w agrobiznesie (rolnictwo i wodne farmy hodowlane) są szczególnie zachęcające tam gdzie są bogate zasoby geotermalne, ponieważ wymagają ciepła niższych przedziałów temperatur. Wykorzystanie zużytego ciepła lub kaskadowe wykorzystanie energii geotermalnej również daje wspaniałe możliwości. Zastosowanie wody termalnej w przemyśle rolniczym może uwzględniać: ogrzewanie szklarni, rolniczych urządzeń wodnych, hodowlę zwierząt, ogrzewanie i nawadnianie gleby, plantację grzybów i generowanie biogazu.

Energia ze źródeł geotermalnych może być wykorzystywana do ogrzewania obiektów szklarniowych i uprawy roślin. Optymalna temperatura wody przeznaczony do podlewania zawiera się w przedziale 17 - 25°C, podczas gdy woda studzienna ma temperaturę 7 - 10°C. Podlewanie wodą podgrzaną wpływa korzystnie na tempo rozwoju i plonowanie uprawianych roślin [13].

Do ogrzewania szklarni wody termalne wykorzystano po raz pierwszy w Islandii w latach dwudziestych. Obecnie na całym świecie tysiące hektarów pod szkłem jest ogrzewanych wodami termalnymi. Wykorzystanie wód termalnych do upraw szklarniowych takich roślin jak: ogórki, pomidory, kwiaty, kaktusy, sadzonki drzew, pozwala zmniejszyć koszty eksploatacyjne (które stanowią do 35% ceny produktu) i prowadzić je w chłodniejszym klimacie, gdzie konwencjonalne szklarnie nie byłyby opłacalne [10].

Wykorzystanie energii wód termalnych w rybnych stawach hodowlanych jest z powodzeniem stosowane w Japonii, Chinach, USA i we Włoszech. Optymalna temperatura wody dla wzrostu ryb w zbiornikach hodowlanych wynosi 20 - 28°C. Podgrzewanie wody powoduje szybszy przyrost masy ryb i skrócenie cyklu hodowlanego.

3.4. Minerale i kosmetyki

Wody termalne zawierają zazwyczaj wiele różnorodnych składników mineralnych. Możliwe jest zatem pozyskiwanie z nich surowców chemicznych z wykorzystaniem ciepła do ewaporacji.

W ostatnich latach obserwuje się wzmożone zainteresowanie przemysłu kosmetycznego wodami termalnymi i mineralnymi. Wody te stały się przedmiotem badań i zgłoszeń patentowych nie tylko wielkich koncernów, jak l'Oréal (La Roche-Posay, Vichy) i Pierre Fabre (Avène), ale i małych firm kosmetycznych.

Wody mineralne dostarczają organizmowi minerały i mikroelementy, które podobnie jak witaminy są niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania komórek i tkanek. Są one składnikami m.in. enzymów, witamin, hemoglobiny, mioglobiny, białek strukturalnych. Skład jakościowy minerałów mikroelementów występujący w leczniczych wodach mineralnych i termalnych odpowiada składowi jakościowemu płynów ustrojowych.

Czysta woda termalna może być stosowana nie tylko do kąpieli, inhalacji czy okładów, ale także jako składnik preparatów przeznaczonych do pielęgnacji skóry. Zawarte w wodzie termalnej składniki mineralne i mikroelementy odkładają się w warstwie rogowej naskórka, a częściowo przenikają do głębszych jej warstw. Na podstawie prowadzonych badań obserwuje się działanie uwrażliwiające skórę na oddziaływanie promieniowania ultrafioletowego, a w przypadku wód o wysokiej mineralizacji również działanie keratolityczne w obrębie warstwy rogowej naskórka. Wody termalne łagodzą podrażnienia skóry wywołane przez leczenie fotodynamiczne, środki chemiczne stosowane w zwalczaniu zmarszczek i trądziku oraz detergenty.

3.5. Balneologia i rekreacja

Wykorzystanie wód w celach balneoterapeutycznych i rekreacyjnych jest coraz popularniejsze, tak ze względu na lecznicze właściwości wód termalnych, jak i na możliwość całkowitego lub częściowego wykorzystania energii cieplnej w nich zawartej.

Status leczniczej wody termalnej nadaje się wodzie podziemnej, wykazującej na wypływie temperaturę co najmniej 20°C. Zostało to ustalone podczas Międzynarodowego Kongresu Balneologicznego w Nauheim w 1911 r. wraz z innymi kryteriami klasyfikacji wód leczniczych pod względem chemiczno-fizycznym i przyjętymi również w Polsce. Jest to wartość całkowicie umowna, bez uzasadnienia medycznego, a jedynie zgodna z ustaloną w hydrogeologii, gdzie przyjmuje się jako średnią temperaturę roczną powietrza, z którego obszaru pochodzi woda [7].

Oceny właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych, w tym wód podziemnych pod kątem właściwości zdrowotnych dokonuje się na podstawie udokumentowanych badań z co

Analiza możliwości wykorzystania instalacji geotermalnych w województwie kujawsko-pomorskim

najmniej trzech lat. Zakres badań przedstawiony został w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 13 kwietnia 2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości (Dz. U. z 2006 r., Nr 80 poz. 565). Na podstawie oceny odczynu wody, temperatury, potencjału redox, przewodności elektrolitycznej właściwej, absorpcji wody, całkowitej aktywności promieniotwórczej, zawartości składników mineralnych zdysocjowanych i niezdisocjowanych oraz gazowych: dwutlenku węgla, siarkowodoru i radonu wody podziemne klasyfikuje się do:

- wód mineralnych – gdy zawierają w 1 dm³ wody co najmniej 1 000 mg rozpuszczonych składników,
 - wód swoistych (słabo zmineralizowanych) – gdy zawierają w 1 dm³ co najmniej jeden lub więcej składników swoistych leczniczych, tj. 1 mg jodków, 1 mg siarczków, 2 mg fluorków, 10 mg żelaza (dwuwartościowego), 70 mg kwasu metakrzemowego, 1 000 mg niezwiązanego dwutlenku węgla lub wykazują na wypływie z ujęcia temperaturę co najmniej 20°C bądź wykazują aktywność promieniotwórczą co najmniej 74 Bq/dm³,
- wód mineralnych swoistych – tj. wód mineralnych zawierających jeden lub więcej w/w składników swoistych.

Bibliografia

- [1] Bielec B., Borczak S., Motyka J.: *Właściwości hydrogeologiczne przestrzeni porowej skał dolnej kredy na Niżu Polskim*. Technika Poszukiwań Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia nr 4/93, s. 51 - 55.
- [2] Biernat H., Kulik S., Noga B.: *Możliwości pozyskiwania energii odnawialnej i problemy związane z eksploatacją ciepłowni geotermalnych wykorzystujących wody termalne z kolektorów porowych*. Przegląd Geologiczny, Tom 57, Nr 8/2009, s. 655 - 656.
- [3] Biernat H., Kulik S., Noga B., Kosma Z.: *Problemy inkrustacji przy zatłaczaniu wykorzystanych wód termalnych*. Modelowanie Inżynierskie, Tom 8, Nr 39/2010, Gliwice, s. 7 - 12.
- [4] Bloomquist R.G.: *Ekonomika zastosowania systemów geotermalnych pomp ciepła dla budynków komercyjnych i użyteczności publicznej*. Technika Poszukiwań Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia nr 5/2001, s. 25 - 40.
- [5] Bojarski L.: *Możliwości wykorzystania istniejących głębokich otworów wiertniczych w celu ujęcia wód geotermalnych*. Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia, nr 3-4/95, s. 19 - 21.
- [6] Górecki W. (red.): *Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim*. AGH, Kraków 2006.
- [7] Latur T.: *Aktualny stan i dalsze możliwości wykorzystania w Polsce wód termalnych do celów leczniczych, profilaktycznych oraz rekreacji*. Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównowazony Rozwój nr 2/2007, s. 63 - 67.
- [8] Lemale J.: *Zastosowanie geotermii niskiej entalpii w ogrzewaniu mieszkań*. Technika Poszukiwań Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia, nr 2/95, s. 5 - 11.
- [9] Lindal B.: *Przegląd przemysłowych zastosowań geotermii*. Technika Poszukiwań Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia, nr 6/95, s. 55 - 63.
- [10] Lund J.W.: *Bezpośrednie zastosowanie ciepła geotermalnego*. Technika Poszukiwań Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia, nr 1/2000.
- [11] Madeyski A.: *Użytkowanie wód geotermalnych do celów kąpieliskowych*. Technika Poszukiwań Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia, nr 4/2004, s. 25 - 28.
- [12] Marszczek T., Płochniewski Z.: *Wody geotermalne Polski stan rozpoznania, potrzeby i kierunki dalszych badań*. Technika Poszukiwań Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia, nr 6/89, s. 43 - 48.
- [13] Oniszk-Popławska A., Zowski M., Rogulska M.: *Ciepło z wnętrza ziemi. Podstawowe informacje na temat wykorzystania energii geotermalnej*. EC BREC/IBMER, Gdańsk-Warszawa.

Analiza możliwości wykorzystania instalacji geotermalnych w województwie kujawsko-pomorskim

- [14] Rosik-Dulewska Cz., Grabda M.: *Wykorzystanie ciepła niskotemperaturowych wód geotermalnych w produkcji ogrodniczej pod osłonami*. Technika Poszukiwań Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia, nr 5/2001, s. 163 - 173.
- [15] Smal W., Nienartowicz J.: *Możliwości wykorzystania odnawianych źródeł energii za pomocą pomp ciepłych*. Technika Poszukiwań Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia, nr 5/89, s. 29 - 37.
- [16] Sokołowski J.: *Prognozy rozwoju geoenergetyki w świecie, Europie i Polsce*. Technika Poszukiwań Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia, nr 1-2/98, s. 3 - 19.
- [17] Szewczyk J.: *Geofizyczne oraz hydrogeologiczne warunki pozyskiwania energii geotermalnej w Polsce*. Przegląd Geologiczny, vol. 58, nr 7/2010, s. 566 - 573.
- [17] Waligóra J., Sołtysiak M.: *Zatlaczanie wód pozabiegowych w utworzy serii węglanowej dewonu w Uzdrowisku Ustroń*. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 445, Warszawa, s. 701 - 708.