

Zbiornik geotermalny jury dolnej w rejonie Kleszczowa

Barbara Tomaszewska¹, Wiesław Bujakowski¹, Antoni P. Barbacki¹, Robert Olewiński²



B. Tomaszewska



W. Bujakowski



A.P. Barbacki

Lower Jurassic geothermal reservoir in the Kleszczów area (Central Poland). *Prz. Geol.*, 58: 603–608.

Abstract. The paper presents results of research and drilling works related to realization of Kleszczów GT-1 borehole, performed between July 5th and November 10th, 2009. Geothermal waters will be used for space-heating and recreational purposes in a planned center of sports and recreation. While planning the drilling it was assumed that the exploitation of geothermal waters will be conducted in a closed, extraction/injection well-system. The Lower Jurassic aquifer was assumed as the most favourable reservoir for geothermal use. Drilling of Kleszczów GT-1 well confirmed the significant resources of geothermal waters. The geothermal water obtained is a brine of Cl-Na hydro-

geochemical type and of TDS reaching 4.6 g/dm³. Measured well-head temperature was 52.2°C. On the third drawdown of pumping test the yield of geothermal water to 200.6 m³/h were obtained and the position of dynamic water table was at a depth of 89.9 m which corresponds to measured drawdown. The results of geological work of the Kleszczów GT-1 borehole will be used to design the second borehole (Kleszczów GT-2) for a two wells system.

Keywords: thermal water, Lower Jurassic, geothermal reservoir, Polish Lowlands

Gmina Kleszczów położona jest w południowej części Wysoczyzny Bełchatowskiej, będącej częścią Niżu Środkowopolskiego. Od Łodzi dzieli ją odległość 75 km, a od Krakowa i Warszawy – po ok. 175 km. Ponad 30% terenu gminy zajmują odkrywkowa Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów S.A. i Elektrownia Bełchatów S.A.

Decyzją z dnia 9 grudnia 2008 r. minister środowiska przyznał Zakładowi Komunalnemu Kleszczów Sp. z o.o. koncesję na poszukiwanie i rozpoznawanie złoża wód termalnych, ujętych projektowanymi otworami wiertniczymi Kleszczów GT-1 i Kleszczów GT-2. Projekt prac geologicznych, będący załącznikiem do wniosku o koncesję, został opracowany w Zakładzie Energii Odnawialnej Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk w Krakowie (Bujakowski i in., 2008). Celem prac było pozyskanie wód termalnych dla planowanego ośrodka rekreacyjno-sportowego. Przygotowując projekt prac, wykorzystywano wyniki wierceń archiwalnych z serii otworów Gomunice oraz Bełchatów (ryc. 1). Szczegółowej analizie poddano utwory jury dolnej oraz triasu górnego i środkowego. Prace wiertnicze związane z wykonaniem otworu Kleszczów GT-1 rozpoczęto 5 lipca i zakończono 10 listopada 2009 r. z wynikiem pozytywnym.

Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne

Kleszczów znajduje się na pograniczu dwóch regionalnych jednostek geologicznych – synklinorium łódzkiego i niecki miechowskiej. Rozdziela je elewacja radomszczań-

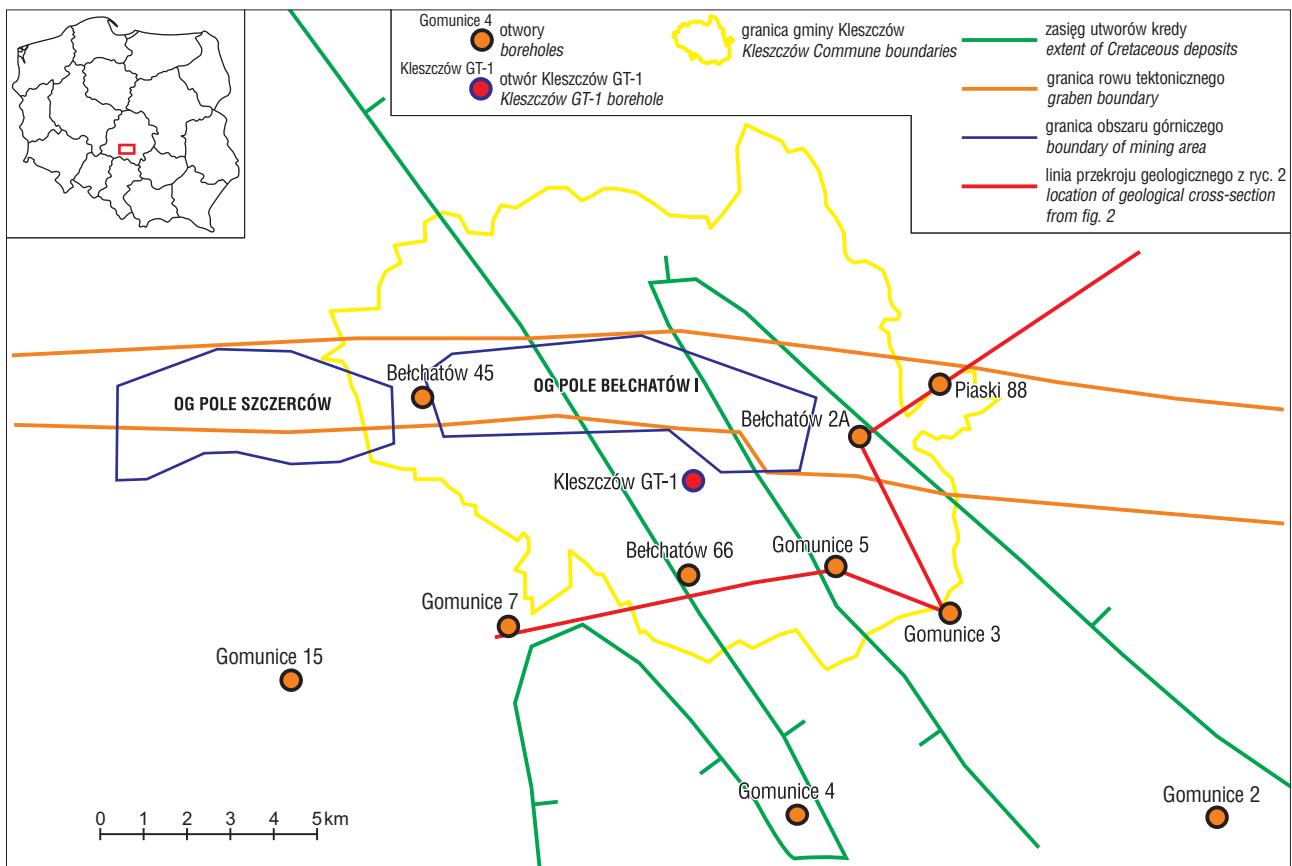
ska, której północno-zachodnia część zajmuje cały obszar gminy (ryc. 1).

W obrębie synklinorium łódzkiego można wyróżnić szereg struktur drugiego rzędu takich jak antykliny, zręby (np. elewacja radomszczańska), rowy tektoniczne (rów Bełchatowa) oraz wysady solne. W znacznej części są one wynikiem tektoniki salinarnej (Dadlez i in., 2000). Kompleksy geologiczne są poprzecinane uskokami powstałymi podczas orogenezy alpejskiej i podzielone na wiele rowów tektonicznych i zrębów (ryc. 2). Rów w okolicy Kleszczowa wypełniony jest utworami mioceńskimi z pokładami węgla brunatnego. Niżej zalegają osady permsko-mezozoiczne. W otworze Bełchatów 45 kompleks mezozoiczny osiąga znaczną miąższość, dochodzącą do 3 km. Elewacja radomszczańska, zamykająca od południowego zachodu synklinorium łódzkie, to wypiętrzona struktura zaznaczająca się w podłożu mezozoicznym. Powstała z szeregu brachyantyklin poprzecinanych uskokami. Na ich szczytach utwory kredowe zostały zdenudowane, dlatego bezpośrednio pod kenozoikiem odsłaniają się skały jurajskie.

Trias. Utwory triasu dolnego (pstry piaskowiec) w omawianym rejonie zostały rozpoznane m.in. otworami Gomunice 5 i 7 (ryc. 1). Trias dolny wykształcony jest w postaci czerwonych iłów, piaskowców wiśniowych, margli, wapieni i dolomitów. Dotychczas nie rozpoznano ich pod kątem wodonośności, ponieważ głównym celem przeprowadzonych wierceń było zbadanie ropo- i gazonośności utworów permu. Według *Atlasu zasobów geotermalnych na Niżu Polskim* (Górecki, red., 2006) można z nich w tym rejonie uzyskać wydajność ok. 80 m³/h i temperaturę rzędu 80°C – z głębokości 2500 m p.p.t. (partie stropowe), przy wysokiej mineralizacji wód (do ok. 250 g/l). Należy jednak zaznaczyć, że szacunki te mają zregionalizowany charakter i dotyczą założonych warunków ujęcia wód podziemnych, dlatego też ich znaczenie jest ograniczone. Na pod-

¹Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, ul. Wybickiego 7, 31-261 Kraków; tomaszewska@meeri.pl, buwi@meeri.pl, barbacki@meeri.pl

²Urząd Gminy Kleszczów, ul. Główna 47, 97-410 Kleszczów; roberto@kleszczow.pl



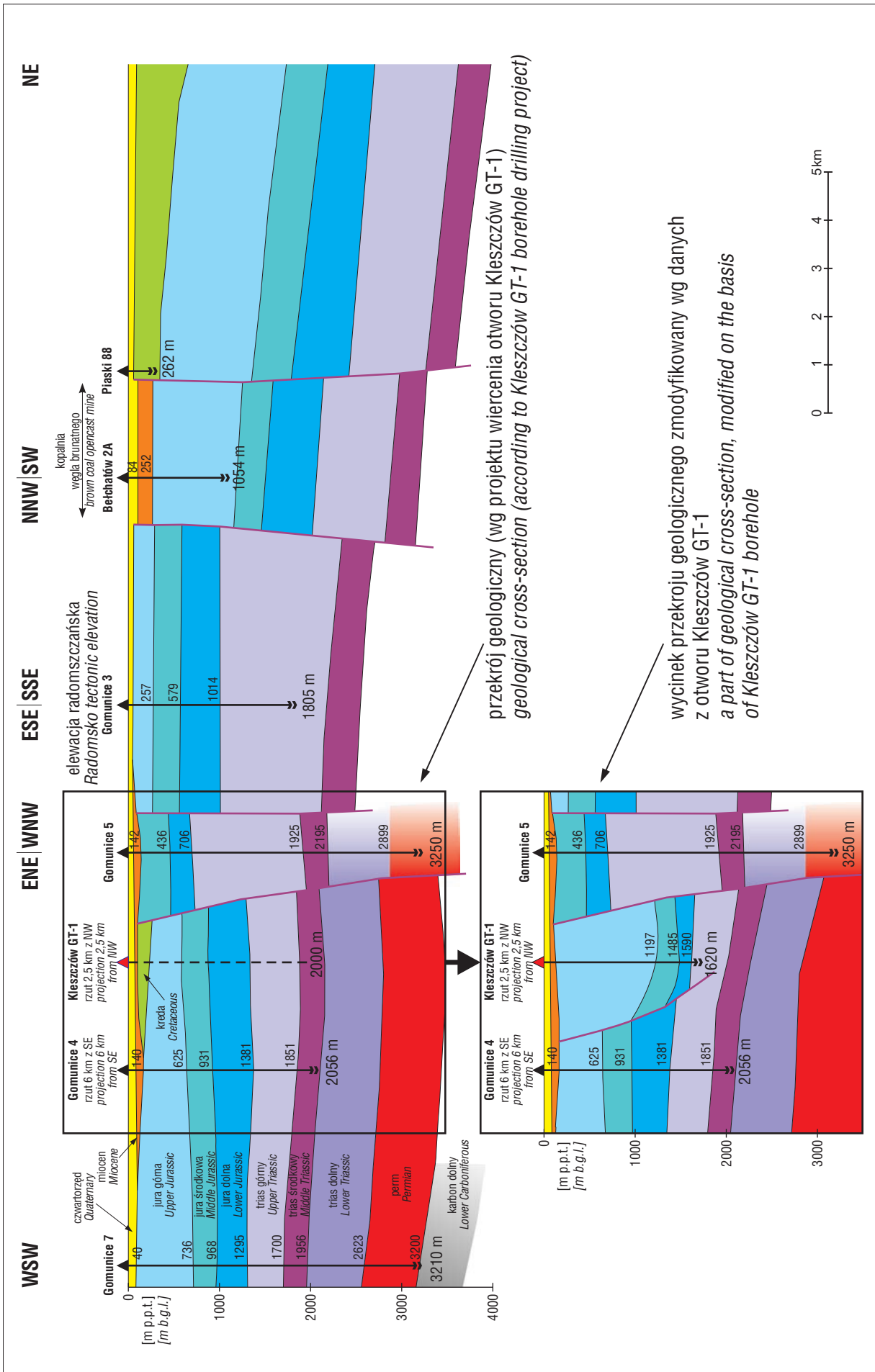
Ryc. 1. Usytuowanie otworu geotermalnego Kleszczów GT-1
Fig. 1. Location of the Kleszczów GT-1 geothermal borehole

stawie archiwalnych danych otworowych bardziej uzasadnione wydaje się przyjęcie wydajności rzędu 40 m³/h. Dotychczasowe rozpoznanie nie daje możliwości określenia parametru depresji.

Utwory triasu środkowego (wapień muszlowy) to wapień, wapień z wkładkami anhydrytów i wapień faliste oraz margle, iłowce i dolomity. Zwykle są to skały barwy szarej i brunatno-szarej, twarde i zbite. W otworze Gomunice 2, położonym ok. 1 km na południe od Gomunicy (ryc. 1), w interwale głębokości 1535–1615 m p.p.t., uzyskano z nich przyływ solanki bromowej typu chlorkowo-wapniowego (wg klasyfikacji Sulina), o wydajności 13 m³/h i mineralizacji 56 g/l. Mineralizacja wód wskazywała na zmieszanie wody złożowej z filtratem płuczki zatłoczonej do odwiertu (mineralizacja rzeczywista była przypuszczalnie większa). Temperatura złożowa była wysoka – wynosiła 51°C. Analizowany gaz z degazacji solanki był mieszaniną węglowodorów (13%), powietrza (87%) i wodoru (0,6%). Ciśnienie złożowe kształtowało się na poziomie 176 at, czyli ok. 17,3 Mpa (Głowacki i in., 1971). Z kolei w otworze Gomunice 15, ok. 7,5 km na południowy zachód od Kleszczowa (ryc. 1), w interwale głębokości 1698–1806 m p.p.t., uzyskano przyływ płynu złożowego w ilości ok. 8 m³/h i o mineralizacji 156 g/l, typu chlorkowo-wapniowego, z zawartością jodu (0,0018 g/l) i bromu (0,52 g/l) oraz z niewielką ilością gazu ziemnego (*op.cit.*). Są to zatem wody o własnościach leczniczych. W strefie Kleszczowa kompleks ten występuje przypuszczalnie na głębokości 1900–2200 m p.p.t., należy więc oczekiwać, że

jego wody stropowe będą miały temperaturę rzędu 60–65°C. Ich wydajność można oszacować na ok. 20–30 m³/h przy właściwym ujęciu warstw wodonośnych. Podobne przykłady solanek uzyskano w otworze Gomunice 4 (ryc. 1).

Utwory triasu górnego to głównie skały ilaste z wkładkami piaskowców oraz gipsu i anhydrytu w partii stropowej. Kajper reprezentują czerwone iłowce i mułowce, nieco margliste, z kalcytem oraz warstwami gipsu i anhydrytu, a retyk – iłowce popielato-szare, iłowce pstre (czerwone i zielone), mułowce brunatno-czerwone dolomityczne, piaskowce jasnoszare i zlepieńce. Piaskowce występują w obrębie kilkudziesięciometrowej serii kajpru środkowego (piaskowce trzciniowe) i dolnego. W otworze Gomunice 15 za główny poziom wodonośny uznano właśnie poziom piaskowca trzciniowego, występujący na głębokości 1436–1476 m p.p.t., który wykazywał nasycenie wodą złożową. Z kolei w otworze Gomunice 4 znaczne przykłady solanek chlorkowo-sodowych uzyskano zarówno z utworów kajpru, jak i retyku (*op.cit.*). Po wykonaniu perforacji na głębokościach 1828–1847 oraz 1715–1740 m p.p.t. z utworów kajpru nastąpił przyływ solanki, z utworów retyku, na głębokości 1510–1520 m – silny przyływ słabo zmineralizowanej solanki, a z płytszego interwału 1425–1430 m – samowypływ wody słodkiej. Wydajność wód z triasu górnego nie była badana. Według Góreckiego (*red.*, 2006) wynosi ona ok. 25 m³/h. Na omawianym obszarze kompleks triasu górnego występuje przypuszczalnie w interwale głębokości ok. 1600–1900 m p.p.t., dlatego temperatury występujących tu wód osiągają wartości rzędu 45–60°C.



Ryc. 2. Przekrój geologiczny z lokalizacją otworu Kleszczów GT-1
Fig. 2. Geological cross-section and location of Kleszczów GT-1 borehole

Jura. Utwory jurajskie w rejonie Kleszczowa stwierdzono w większości rozpatrywanych głębokich otworów. Jurę dolną reprezentują piaskowce drobnoziarniste, mułowce, iłowce ciemnoszare i czarne z wkładkami piaskowców dolomitycznych i gniazdamy syderytów ilastych (Boczar & Manterys, 1971). Kompleks jury dolnej uznawany jest za najważniejszy zbiornik wód geotermalnych na Niżu Polskim. W rejonie Kleszczowa, w związku z intensywną tektoniką uskoku, jego strop zalega na zróżnicowanej głębokości: od 430 m p.p.t. w rejonie otworu Gomunice 5 do ok. 1500 m p.p.t. w okolicy odkrywki bełchatowskiej (ryc. 2). Implikuje to silne zróżnicowanie temperatury wód termalnych – np. w stropowych partiach dolnej jury wody termalne mogą wykazywać temperatury od ok. 20 do 45°C. Dla celów projektowych oszacowano, że na obszarze gminy Kleszczów strop kompleksu zalega w interwale głębokościowym 1000–1500 m p.p.t., a stropowe wody zbiornika dolnojurajskiego wykazują temperaturę od 30 do 50°C. Wydajności wód w zbiorniku dolnej jury w otworach serii Gomunice i Bełchatów nie mierzono, dlatego jedynie na podstawie ważonej wartości wykazanej w *Atlasie zasobów geotermalnych na Niżu Polskim* (Górecki, red., 2006) oszacowano, że może wynosić ok. 100 m³/h, a ich mineralizacja nie powinna przekraczać 5 g/l.

Utwory jury środkowej wykształcone są głównie jako osady ilasto-piaszczyste z fauną. Są to piaskowce jasnoszare, drobnoziarniste, krucho i porowate, łupki, mułowce czarne z syderytami, iłowce beżowo-szare i ciemnoszare, mikowe, zawierające zwęglony detrytus roślinny, a w części stropowej (kelowej) – wapienie. Na podstawie archiwalnych danych otworowych oszacowano, że w omawianym rejonie utwory jury środkowej występują w uśrednionym interwale głębokości 700–1000 m p.p.t., co oznacza, że zbiornik ten gromadzi wody o temperaturach rzędu 25–30°C. W nowo wykonanym otworze Kleszczów GT-1 strop jury środkowej nawiercono na głębokości 1197 m p.p.t. Rozbieżność w stosunku do stanu rzeczywistego wynikała z trudnego do przewidzenia wystąpienia anomalnie zwiększonej miąższości utworów jury górnej w strefie wiercenia. Anomalia związana jest przypuszczalnie z obecnością lokalnej struktury typu rowu tektonicznego, *zrzucającego* kompleks środkowojurajski na głębokość ok. 1200 m p.p.t. (strop) i zaznacza się jednocześnie w postaci znacznej redukcji miąższości utworów jury dolnej (ryc. 2).

Poziomy wodonośny jury środkowej stwierdzono (bez pomiaru wydajności) w otworze Gomunice 15 – w interwale głębokości 580–955 m, Gomunice 1 (ok. 3 km na południowy zachód od Gomunice – poza granicami ryc. 1) – w interwale 935–1077 m i w otworze Gomunice 4 – 625–636 m p.p.t. Szacowane wydajności tych wód, według Góreckiego (*op.cit.*), mogą osiągać ok. 50 m³/h, przy mineralizacji do 3 g/l.

Utwory jury górnej mają dość jednolite wykształcenie litologiczne – są to głównie wapienie, często margliste lub piaszczyste, margle, niekiedy z wkładkami gipsów i anhydrytów. Podrzednie występują piaskowce glaukonitowe. W skałach jury górnej znajduje się liczna fauna, umożliwiająca ustalenia stratygraficzne. Miąższość osadów górnójurajskich na terenie gminy jest zmienna, od 0 m w otworze Gomunice 5 do 800 m w otworze Bełchatów 2A i ponad 1000 m w strefie wiercenia Kleszczów GT-1 (ryc. 2). Sza-

cowany uśredniony interwał głębokościowy występowania utworów jury górnej to 200–700 m p.p.t., co oznacza, że wody tego zbiornika powinny osiągać średnie temperatury ok. 20°C. W otworze Kleszczów GT-1 występowanie skał górnójurajskich stwierdzono w interwale 130–1200 m (temperatura wód powinna wynosić powyżej 30°C). Wydajność tych wód nie była mierzona, a jedyne informacje odnośnie wodonośności zbiornika górnójurajskiego dotyczą zarejestrowanych silnych i nieopanowanych ucieczek płuczki w otworach: Gomunice 2 – w interwale głębokości 220–830 m p.p.t., Gomunice 4 – w interwale 140–625 m i Gomunice 1 – w interwale 57–935 m. W rejonie Kleszczowa zbiornik górnójurajski przypuszczalnie gromadzi wody słodkie, a wydajność wód szacuje się na ok. 30 m³/h.

Kreda. Kredę dolną reprezentuje seria iłowców i mułowców ciemnoszarych i czarnych z wkładkami syderytów. Stropową część tworzą piaski i piaskowce drobno- i średnioziarniste, często glaukonitowe lub z wkładkami piaskowców z oolitami żelazistymi. W późnej kredzie tworzyły się osady głębszego morza, wykształcone głównie w facji marglistej z wkładkami wapieni, opok i czertów. Najwyższa kreda górna to gezy szare z wkładkami margli piaszczystych z ziarnami glaukonitu i igłami gąbek. Utwory kredowe występują na omawianym obszarze lokalnie i w ograniczonym zakresie oraz przy niewielkiej miąższości (ryc. 1 i 2). Ustalono, że w strefie Kleszczowa mogą osiągać kilkadziesiąt metrów, w interwale głębokości 100–200 m p.p.t. (w otworze Kleszczów GT-1 nie zostały stwierdzone). Utwory kredy dolnej mają wyróżniające się na obszarze Niżu Polskiego parametry zbiornikowe; budują zbiorniki wód o dużej wydajności. Jednak płytkie zaleganie kompleksu w rejonie Kleszczowa dyskwalifikuje go jako zbiornik wód termalnych. Poza tym mała miąższość piaskowcowych utworów dolnej kredy (kilka metrów) rzutuje niekorzystnie na wydajność wód (do 15 m³/h, *op.cit.*). Z uwagi na występowanie rozległego leja depresji, spowodowanego odwodnieniem Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów, kompleks utworów kredowych obecnie pozostaje suchy.

Kenozoik. Niezgodnie na utworach kredowych zalegają morskie osady oligoceńskie. W spażu reprezentowane są przez piaski i rozsypliwie piaskowce z glaukonitem, które ku górze przechodzą w utwory mułowo-ilaste. W mioce nie nastąpiła intensywna sedymentacja lądowa, podczas której osadzały się głównie mułki i piaskowce kwarcowe. W stropie osadów mioceńskich, w obrębie piasków i iłów występują pokłady węgla brunatnych, powstałe przez nagromadzenie w rozległych jeziorzyskach dużych ilości materii roślinnej (rejon Konina, Turka i Bełchatowa). W granicach bełchatowskiego złoża węgla brunatnego występują wapienie jeziorne, bogate w słodkowodne i lądowe mięczaki. Pliocen reprezentowany jest przez ility pstrze.

Utwory czwartorzędowe to osady trzech zlodowaceń, przy czym najlepiej wykształcone są utwory ze zlodowacenia wisły (gliny morenowe, osady rzeczne i fluwioglacjalne). W holocenie przeważała akumulacja rzeczna – osadziły się wtedy mady i piaski oraz lokalnie torfy. Skały kenozoiczne występują na całym analizowanym obszarze.

Neogeński kompleks wodonośny w rejonie Kleszczowa jest zróżnicowany pod względem litologicznym. Wy różnia się w nim trzy poziomy wodonośne: nadwęglowy, węglowy i podwęglowy (Zdechlik, 2004; Motyka i in., 2007). W podwęglowym poziomie wodonośnym warstwami wodonośnymi są piaski drobnoziarniste z pyłami i pyłem węglowym, lokalnie scementowane. Współczynniki filtracji tych warstw mieszczą się najczęściej w przedziale od $1,2 \times 10^{-5}$ do $3,5 \times 10^{-5}$ m/s (Motyka i in., 2007). Poziom wodonośny czwartorzędu budują w przewadze piaski średnioziarniste, a podrzędnie również pospółki (Bieniewski i in., 1980). Przeciętna wartość współczynnika filtracji piasków i żwirów czwartorzędowych wynosi ok. $2,3 \times 10^{-4}$ m/s. Poziomy wodonośne neogenu i czwartorzędu w rejonie Kleszczowa zostały całkowicie zdrenowane przez górnictwo węgla brunatnego.

Tektonika obszaru

Rów Kleszczowa (Bełchatowa) stanowi dominującą strukturę geologiczną w analizowanym rejonie. Procesy związane z jego powstaniem i rozwojem miały istotny wpływ na warunki sedymentacji osadów (Baraniecka i in., 1980). Głęboki rów tektoniczny powstał w miocenie w wyniku alpejskich ruchów tektonicznych i stanowi wąską strukturę zapadliskową (o szerokości 1,5–3 km), rozciągającą się w kierunku wschód-zachód na długości ok. 78 km (Gotowała & Hałaszcak, 1999). Zajmuje położenie poprzeczne w stosunku do głównych jednostek geologiczno-strukturalnych: synklinorium szczecińsko-lódzko-miechowskiego i monokliny przedsudeckiej (Ciuk, 1980) i przecina szereg struktur synklinalnych i antyklinalnych o kierunku NW-SE (Pożaryski, red., 1974). Wcześniejsze procesy fałdowe dotykające utworów jury i kredy odbywały się w fazie laramijskiej (Pożaryski, red., 1974; Ciuk, 1980). Następnie, wskutek silnej denudacji, w strukturach antyklinalnych (jura środkowa i górna) odsłoniły się partie osiowe – utwory kredy w synklinach pozostały niezderowane.

W otoczeniu złoża Bełchatów układ warstw jest silnie zaburzony tektonicznie (ryc. 2). Elementy fałdowe zostały zdyslokowane dwiema zasadniczymi generacjami uskokiów (Błaszkiwicz i in., 1968). Pierwszą tworzą głównie uskoki równoległe do osi elementów fałdowych, drugą – miocenijskie uskoki o kierunku równoleżnikowym, tworzące rów Kleszczowa.

Zbiorniki wód termalnych w rejonie Kleszczowa

Przeprowadzone przed wierceniem otworu Kleszczów GT-1 analizy archiwalnych danych otworowych oraz warunków hydrogeologicznych rejonu Kleszczowa jednoznacznie wykazały, że zbiorniki wód podziemnych najbardziej predestynowane do geotermalnego wykorzystania to zbiorniki jury dolnej oraz triasu górnego i środkowego. Za główny obiekt geologiczny o takim zastosowaniu uznano zbiornik dolnej jury. Założono, że najbardziej prawdopodobnym interwałem głębokościowym występowania tego zbiornika w planowanej strefie wiercenia jest interwał 1000–1500 m p.p.t., stwierdzony w otworze Gomunice 4. Przewidywano, że średnia temperatura tych wód na obszarze gminy wyniesie ok. 35°C (30°C – partie stropowe,

45°C – partie spągowe), a wydajność eksploatacyjna ok. 100 m³/h oraz, że będą to wody o niskiej mineralizacji – rzędu 5 g/l.

Mając na uwadze skomplikowaną tektonikę obszaru oraz zakładając wszelkie możliwe do wystąpienia sytuacje geologiczne, w projekcie prac geologicznych dla otworu Kleszczów GT-1 (Bujakowski i in., 2008) założono kilka wariantów wiercenia, zarurowania i opróbowania otworu – np. w przypadku wystąpienia stropu zbiornika jury dolnej na innej niż przewidywano głębokości, tj. 1000–1500 m (w otworze Gomunice 5 strop stwierdzono na głębokości 400–700 m). Skutkowałoby to obniżeniem możliwych do uzyskania temperatur do ok. 20°C. Przyjmując taką ewentualność, założono możliwość udostępnienia zbiornika triasowego, którego zasięg głębokościowy gwarantowałoby uzyskanie temperatur rzędu 60°C. Oszacowano, że zbiornik triasu górnego w analizowanym rejonie występuje w interwale głębokościowym 1500–1900 m p.p.t. (stwierdzony późniejszym wierceniem strop triasu górnego znajdował się 1590 m p.p.t.), gromadzi solanki o mineralizacji ok. 90 g/l i temperaturze 45–60°C (w zależności od głębokości ujęcia). Na podstawie danych archiwalnych przyjęto prognostycznie wydajność wód z triasu górnego na 25 m³/h.

Nowych danych na temat głębokości zalegania warstw geologicznych i możliwości eksploatacji wód termalnych w analizowanym rejonie dostarczyły wyniki prac geologicznych związanych z odwierceniem otworu geotermalnego Kleszczów GT-1. Dane te zweryfikowały przyjęte w projekcie parametry, generalnie jednak potwierdziły podstawowe założenia.

Podczas realizacji wiercenia Kleszczów GT-1 z poziomu jury dolnej uzyskano w trakcie pompowań pomiarowych maksymalną wydajność wody na poziomie 200,6 m³/h, o temperaturze wypływu 52,2°C (Biernat i in., 2009). Strop jury dolnej nawiercono na głębokości 1484,5 m, a spąg na 1590 m p.p.t. (ryc. 2). Jest to więc kompleks o niewielkiej miąższości (105,5 m). Zbiornik zbudowany jest z piaskowców drobnoziarnistych, kwarcowych, szarych o niewielkim zaileniu, przechodzących w piaskowce drobno-, średnio- i różnoziarniste, szare, z pojedynczymi śladami węglonej flory. Ziarna piaskowców są różnie obtoczone i bardzo często spękane, ze spoiwem kontaktowym, ilastym. Skąły cechują się dużą porowatością, są spękane. Przeprowadzone pompowanie oczyszczające i pomiarowe potwierdziły dużą zasobność zbiornika. Przed rozpoczęciem pompowania oczyszczającego zwierciadło wód stabilizowało się w otworze na głębokości 53,80 m. Pompowanie pomiarowe przeprowadzono z wydajnością: $Q_1 = 73,1$ m³/h (depresja $s_1 = 8,43$ m), $Q_2 = 140$ m³/h (depresja $s_2 = 23,24$ m), $Q_3 = 200,6$ m³/h (depresja $s_3 = 40,72$ m, położenie dynamicznego zwierciadła wody – 89,9 m p.p.t.). Zgodnie z prognozą wody charakteryzują się niską mineralizacją – 4,6 g/dm³ (w projekcie prac geologicznych przewidywano mineralizację 5 g/dm³). Dominującymi jonami są chlorki (2531 mg/dm³) i sól (1574 mg/dm³), nadające wodzie typ hydrogeochemiczny chlorkowo-sodowy (wg klasyfikacji Altowskiego-Szwieca).

Jura środkowa nawiercona została na głębokości 1197 m p.p.t. Kompleks budują margle piaszczyste, iłowce margliste, piaskowce drobno- i średnioziarniste, mułowce i iło-

wce. Wykonane w trakcie wiercenia opróbowanie poziomu piaszczystego w przedziale głębokości 1342–1395,5 m p.p.t. rurowym próbnikiem złoza, wykazało przyływ wód ok. 6,77 m³/h. Brak jest danych na temat ich składu chemicznego i cech fizycznych.

W profilu otworu stwierdzono ponadto utwory neogenu i czwartorzędu na głębokości od 0 do 127,5 m p.p.t. (w projekcie prac geologicznych zakładano, że występują 0–100 m p.p.t.), wykształcone w postaci piasków gliniastych, piasków drobno- i średnioziarnistych, glin piaszczystych, piasków drobnoziarnistych kwarcowych z okruchami węgla brunatnego i szczątkami kopalnego drewna. Nie stwierdzono natomiast występowania kredy, którą autorzy projektu przewidywali w przedziale głębokości od 100 do 200 m (Bujakowski i in., 2008).

Pod utworami neogenu, w otworze Kleszczów GT-1 nawiercono bezpośrednio górnourajskie margle z fosforami, margle piaszczyste, wapienie margliste, wapienie marglisto-piaszczyste, wapienie detrytyczne i dolomityczne. Jest to pakiet o wspomnianej już anomalnie wysokiej miąższości – 1069,5 m (Biernat i in., 2009). Wiercenie otworu Kleszczów zakończono na głębokości 1620 m w utworach triasu górnego.

Zgodnie z założeniami ujętymi w projekcie prac geologicznych (Bujakowski i in., 2008), strop triasu został nawiercony na głębokości 1590 m p.p.t. (zakładano 1500 m). Trias górny to ilowce wiśniowe z przewarstwieniami jasnoszarych piaskowców drobnoziarnistych i średnioziarnistych kwarcowych o spoiwie ilasto-węglanowym oraz mułków zielonych. Skały są porowate, spękane, część spękań jest wypełniona węglanami.

Z uwagi na uzyskane zasoby wód termalnych, spełniające wymogi inwestora, wiercenie otworu Kleszczów GT-1 zakończono na głębokości 1620 m, tj. po przewierceniu 30-metrowego pakietu utworów triasu górnego. Część roboczą otworu stanowi niezafiltrowany odcinek w interwale głębokości 1489–1620 m p.p.t., przy czym najlepsze właściwości kolektorskie wykazują dolnourajskie utwory piaskowcowe w interwale 1502–1553,5 m p.p.t. (Biernat i in., 2009). Opróbowaniu poddano jedynie dwa poziomy wodonośne jury, ale w stropie triasu – zgodnie z przewidywaniami – także stwierdzono utwory porowate i spękane, korzystne dla przepływu i akumulacji wód podziemnych, stanowiące potencjalny zbiornik wód termalnych.

Poniżej przedstawiono skrócony profil stratygraficzny otworu Kleszczów GT-1:

- | | |
|-----------------|----------------|
| □ 0–64 m | czwartorzęd, |
| □ 64–127,5 m | neogen, |
| □ 127,5–1197 m | jura górna, |
| □ 1197–1484,5 m | jura środkowa, |
| □ 1484,5–1590 m | jura dolna, |
| □ 1590–1620 m | trias górny. |

Podsumowanie

Wiercenie otworu Kleszczów GT-1 potwierdziło występowanie znacznych zasobów wód termalnych w utworach jury dolnej. Są to wody o mineralizacji 4,6 g/dm³ i temperaturze na wypływie 52,2°C. Na trzecim stopniu pompowania

pomiarowej wydajność otworu wynosiła 200,6 m³/h, przy położeniu dynamicznego zwierciadła wody na głębokości 89,9 m p.p.t. i depresji 40,72 m. Pozyskane wody termalne wykorzystane zostaną do celów ciepłowniczych i rekreacyjnych w projektowanym w gminie Kleszczów ośrodku sportowo-rekreacyjnym.

Wyniki przeprowadzonych prac geologicznych w pierwszym otworze wraz z rozpoznaniem hydrogeologicznym zostaną wykorzystane do zaprojektowania drugiego otworu Kleszczów GT-2, którego lokalizacja powinna zostać precyzyjnie wytypowana z uwagi na szczególnie skomplikowaną tektonikę obszaru badań.

Autorzy niniejszej pracy składają podziękowania pracownikom Urzędu Gminy Kleszczów za udostępnienie wyników prac związanych z odwierceniem otworu Kleszczów GT-1.

Literatura

- BARANIECKA M.D., CIEŚLIŃSKI S., CIUK E., DĄBROWSKI A., DĄBROWSKA Z., PIWOCKI M. & WERNER Z. 1980 – Budowa geologiczna rejonu bełchatowskiego. *Prz. Geol.*, 7: 381–391.
- BIENIEWSKI J., KLECZKOWSKI A.S. & SEWERYN L. 1980 – Hydrogeologiczne warunki i odwadnianie złoza Bełchatów. *Przew. LII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego*. Wyd. Geol., Warszawa: 124–144.
- BIERNAT H., POSYNIĄK A. & BENTKOWSKI A. 2009 – Dokumentacja otworowa otworu geotermalnego Kleszczów GT-1 (mat. niepublikowane).
- BLĄSKIEWICZ A., CIEŚLIŃSKI S., DĄBROWSKA Z., KARCZEWSKI L., KOPIK J. & MALINOWSKA L., 1968 – Zarys stratygrafii i tektoniki południowej części niecki łódzkiej (rejon Bełchatowa). *Kwart. Geol.*, 12: 279–293.
- BOCZAR M. & MANTERYS K. 1971 – *Geologia Polski*. Wyd. Geol., Warszawa.
- BUJAKOWSKI W., BARBACKI A.P., BIELEC B., GRACZYK S., HOŁOJUCH G., PAJĄK L. & TOMASZEWSKA B. 2008 – Projekt prac geologicznych w celu wykonania otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego za wodami termalnymi w Kleszczowie. IGSMiE PAN (mat. niepublikowane).
- CIUK E. 1980 – Tektonika rowu Kleszczowa i jej wpływ na warunki powstania złoza węgla brunatnego. *Przew. LII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, Wyd. Geol., Warszawa: 38–56.
- DADLEZ R., MAREK S. & POKORSKI J. 2000 – Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku. PIG, Warszawa.
- GŁOWACKI E., HORN E., WARDEGA A. & ŻUREK E. 1971 – Katalog wierceń naftowych w Polsce. T. 2, cz. 2, *Min. Górn. i Energii*, Warszawa.
- GOTOWAŁA R. & HAŁUSZCZAK A. 1999 – Pozycja i główne etapy młodooalpejskiego rozwoju rowu Kleszczowa w świetle badań mezostrukturalnych w odkrywce KWK „Bełchatów” i numerycznej analizy wyników wierceń. [W:] XX Konferencja Terenowa Sekcji Tektonicznej Polskiego Towarzystwa Geologicznego „Młodoalpejski rów Kleszczowa: rozwój i uwarunkowania w tektonice regionu”. Wrocław: 23–37.
- GÓRECKI W. (red.) 2006 – Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim. Zakład Surowców Energetycznych, WGGiOŚ AGH, Kraków.
- MOTYKA J., CZOP M., JOŃCZYK I., JOŃCZYK M.W. & MARTYNIĄK R. 2007 – Model hydrogeologiczny rejonu wysadu solnego „Dębina” (kopalnia Bełchatów). [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. 13, cz. 3, WGGiOŚ AGH, Kraków: 821–830.
- POŻARYSKI W. (red.) 1974 – *Budowa geologiczna Polski*. T. 4 cz. 1, Wyd. Geol., Warszawa.
- ZDECHLIK R. 2004 – Wpływ odwadniania KWB Bełchatów na zmiany warunków hydrogeologicznych w rejonie wysadu solnego „Dębina”. WGGiOŚ AGH, Kraków.

Praca wpłynęła do redakcji 26.03.2010 r.
Po recenzji akceptowano do druku 7.05.2010 r.