

POTENCJAŁ GEOTERMALNY ZBIORNIKÓW MEZOZOICZNYCH NIŻU POLSKIEGO DO PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ

STRESZCZENIE

Produkcja energii elektrycznej przy wykorzystaniu niskotemperaturowych zasobów geotermalnych jest technicznie możliwa dzięki zastosowaniu technologii binarnych. W rejonie Niżu Polskiego niskotemperaturowe zasoby geotermalne związane są przede wszystkim z mezozoicznymi zbiornikami geotermalnymi. Największy potencjał hydrogeotermalny związany jest z piaskowcowymi utworami jury dolnej, występującymi w rejonie niecki mogiłęńsko-lódzkiej oraz niecki szczecińskiej, gdzie temperatury w obrębie zbiornika przekraczają 90°C, a potencjalna wydajność otworów wiertniczych jest odpowiednio wysoka (powyżej 50 m³/h). Znaczny potencjał geotermalny związany jest ze zbiornikiem dolnotriasowym centralnej części Niżu Polskiego, jednak ze względu na niskie parametry petrofizyczne skał zbiornikowych perspektywy produkcji energii elektrycznej należy wiązać w przyszłości przede wszystkim z potencjałem gorących suchych skał dolnego triasu, a nie z zasobami hydrogeotermalnymi.

SŁOWA KLUCZOWE

Potencjał geotermalny, systemy binarne, Niż Polski, jura dolna, trias dolny

* * *

WPROWADZENIA

Energia geotermalna jest wykorzystywana na świecie do produkcji energii elektrycznej przy zastosowaniu systemów binarnych parowych instalacji prądotwórczych (niskotemperaturowe zasoby hydrogeotermalne) lub wspomaganych systemów geotermalnych EGS-*Enhanced Geothermal System* (zasoby petrogeotermalne). Geotermalne elektrownie binarne pracują m.in. w Austrii, Niemczech, Islandii czy Stanach Zjednoczonych. Elektrownia binarna Altheim (Austria) o mocy 500 kW_e pracuje przy temperaturze 106°C i wydajności

290 m³/h. Z kolei niemiecka elektrownia Unterhaching o zainstalowanej mocy elektrycznej 3360 kW_e wykorzystuje wodę geotermalną o temperaturze 98°C i zmiennej wydajności 40–110 m³/h. Instalacją produkującą energię elektryczną z wód o najniższej temperaturze 74°C, przy wydajności 120 m³/h jest instalacja zlokalizowana w Chena Hot Springs na Alasce. Moc elektryczna tej instalacji wynosi 200 kW (Tomaszewska, Bujakowski (red.) 2014). W Polsce obecnie (2016 r.) nie ma komercyjnej instalacji geotermalnej produkującej energię elektryczną, a zasoby geotermalne wykorzystywane są przede wszystkim do produkcji energii cieplnej oraz w rekreacji i balneoterapii.

Niniejszy artykuł przedstawia rezultaty prac realizowanych w Katedrze Surowców Energetycznych WGGiOŚ AGH podczas opracowywania *Atlasu wykorzystania wód termalnych do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i cieplnej przy zastosowaniu układów binarnych w Polsce* (Bujakowski, Tomaszewska (red.) 2014). Liderem konsorcjum realizującym to opracowanie był IGSMiE PAN. W prowadzonych analizach wyboru perspektywicznych lokalizacji dla systemów binarnych w rejonie Nizżu Polskiego jako kryterium przyjęto temperaturę wód w stropie zbiornika geotermalnego co najmniej 90°C oraz minimalną wydajność otworu wiertniczego 50 m³/h, dla spodziewanych mocy rzędu kilkuset kW_e. Im niższa wydajność danego ujęcia tym spadek temperatury wody podczas eksploatacji będzie wyższy. Wykorzystywana woda geotermalna powinna się także charakteryzować niską mineralizacją.

Do prac analitycznych wykorzystano i przetworzono bogaty materiał faktograficzny (dane otworowe, pomiary laboratoryjne, termogramy, archiwalne mapy i przekroje), a także wykonywane wcześniej opracowania z rejonu Nizżu Polskiego (m.in. Górecki (red.) i in. 1990, 1995; Górecki (red.), Hajto i in. 2006; Sowizdzał 2009, 2010, 2012; Górecki i in. 2015). Potencjalne wydajności otworów wiertniczych w analizowanych rejonach określono na podstawie dostępnej metodyki (Szczepański i in. 2006). W rejonie Nizżu Polskiego wody geotermalne zakumulowane są przede wszystkim w formacjach piaszczystych dolnej kredy i dolnej jury (Sokołowski 1987; Ney, Sokołowski 1987; Górecki (red.) i in. 1990, 1995, 2006). Głębiej zalegające zbiorniki geotermalne charakteryzują się wyższymi temperaturami, jednak problemem są niskie wydajności wód (Sowizdzał, Papiernik i in. 2013). Wody geotermalne zbiornika dolnokredowego ze względu na stosunkowo płytkie występowanie charakteryzują się na przeważającym obszarze Nizżu Polskiego temperaturami poniżej 90°C w stropie warstwy wodonośnej, co decyduje o odrzuceniu wód zbiornika dolnej kredy jako perspektywicznych do wykorzystania w systemach binarnych. Ze względu na największe wartości zasobów geotermalnych (Górecki (red.), Hajto i in. 2006), a tym samym największe perspektywy związane z wykorzystaniem wód i energii geotermalnej zakumulowanych w zbiornikach dolnojurskim i dolnotriasowym przeprowadzono analizę możliwości produkcji energii elektrycznej w rejonie Nizżu Polskiego właśnie w obrębie tych mezozoicznych zbiorników geotermalnych.

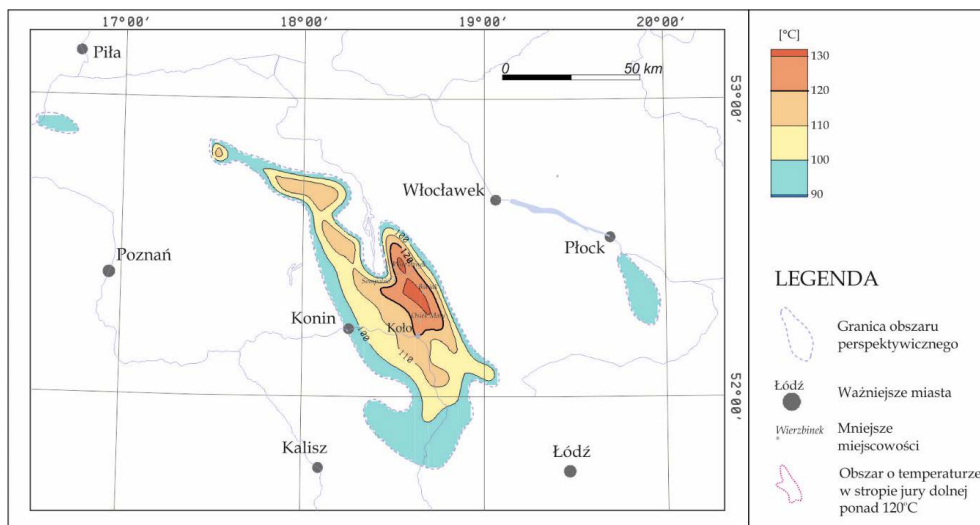
1. ZBIORNIK DOLNOJURAJSKI

Największe perspektywy dla wykorzystania wód geotermalnych zbiornika dolnojurajskiego w systemach binarnych występują w centralnej części Nizżu Polskiego w rejonie niecki mogileńsko-łódzkiej, gdzie w rejonie Konina temperatura wód w stropie zbiornika przekracza 90°C. Jest to jednocześnie obszar, gdzie należy się spodziewać wysokich wydajności otworów wiertniczych przekraczających 100 dm³/h. Obszarem o znacznym potencjale geotermalnym w rejonie Nizżu Polskiego jest także rejon niecki szczecińskiej (Górecki (red.) i in. 1990, 1995, 2006; Sowizdzał 2009, 2010, 2012). Występujące tam zasoby energii hydrogeotermalnej związane są przede wszystkim ze zbiornikiem dolnojurajskim.

1.1. Niecka mogileńsko-łódzka

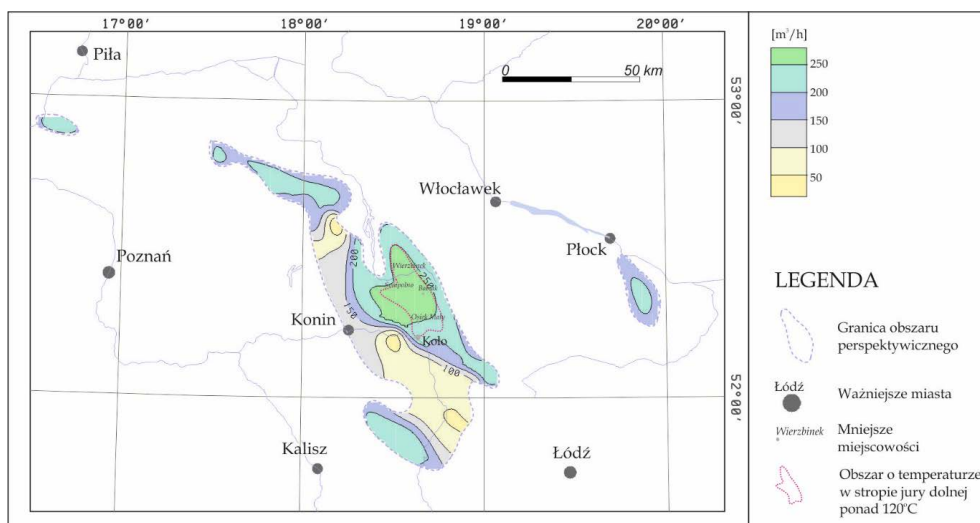
Najwyższe temperatury w stropie utworów dolnej jury, wynoszące ponad 120°C, występują na terenie powiatu konińskiego i kolskiego (rys. 1). W obszarze tym strop jury dolnej zalega na głębokościach od około 2200 m p.p.t. do ponad 3600 m p.p.t. w osiowej części niecki mogileńsko-łódzkiej. Najwyższe wartości temperatur (do ponad 130°C w stropie zbiornika) występują w strefie najgłębszego zalegania stropu dolnej jury (3400–3600 m p.p.t.) na terenie powiatu konińskiego (gminy Sompolno i Wierzbinek) i kolskiego (gminy Babiak i Osiek Mały). Wysokich temperatur w obrębie utworów dolnojurajskich można spodziewać się we wschodniej części obszaru badań (rys. 1), gdzie wzrasta znacznie miąższość osadów dolnej jury, a tym samym spąg dolnej jury zalega najgłębiej (>4000 m). Miąższość całkowita utworów dolnojurajskich zwiększa się w kierunku północno-wschodnim od kilkudziesięciu metrów (Trześniew-1, Uniejów-1) do ponad 600 metrów (w otworze Brześć Kujawski IG-1 zlokalizowanym na wale kujawskim całkowita miąższość utworów liasowych przekracza 900 metrów). Ze względu na znaczną głębokość zalegania zbiornika dolnojurajskiego, a także obecność struktur solnych (poduszka solna Trzemżala, Uniejowa, słup solny Kłodawy, Ponętowa i Damasławka), wody analizowanego zbiornika cechują się stosunkowo wysokimi wartościami mineralizacji – od około 70 g/dm³ (w brzeźnych strefach obszaru m.in. w rejonie Konina) do ponad 170 g/dm³ (w otoczeniu struktur solnych). Wysoką mineralizację 172–189 g/dm³ stwierdzono m.in. na skłonie struktury Damasławka. Występujące na wytypowanym obszarze wody to na ogół wody typu chemicznego Cl-Na, miejscami jodkowe.

Parametry zbiornikowe piaskowców dolnojurajskich określono na podstawie badań laboratoryjnych rdzeni. W 24 otworach odnotowano kilkaset oznaczeń współczynnika przepuszczalności, a w 27 kilkaset oznaczeń porowatości efektywnej. W rejonie niecki mogileńsko-łódzkiej współczynnik przepuszczalności mieści się w granicach od kilkudziesięciu mD do 1627,2 mD. Porowatość efektywna wodonośnych utworów dolnojurajskich niecki mogileńsko-łódzkiej zawiera się w granicach od 7,95 do 25,35%. Współczynnik filtracji dla rejonu niecki mogileńsko-łódzkiej zawiera się w granicach od $9,48 \times 10^{-8}$ do $1,2 \times 10^{-5}$ m/s. Obliczona potencjalna wydajność otworów wiertniczych na analizowanym obszarze kształtuje się w granicach od kilkudziesięciu do około 280 m³/h (rys. 2).



Rys. 1. Mapa temperatur w stropie utworów jury dolnej w obszarze perspektywnym dla systemów binarnych w obrębie niecki mogileńsko-łódzkiej (autor: A. Sowizdzał, na podstawie Górecki (red.), Hajto i in. 2006 zaktualizowane)

Fig. 1. Map of the temperatures on the top surface of Lower Jurassic formation in the prospective area of the Mogilno-Lódź Through (author: A. Sowizdzał, based on Górecki (red.), Hajto et al. 2006 updated)



Rys. 2. Mapa potencjalnych wydajności otworów wiertniczych w utworach jury dolnej w obszarze perspektywnym dla systemów binarnych w obrębie niecki mogileńsko-łódzkiej (autor: A. Sowizdzał na podstawie Górecki (red.), Hajto i in. 2006 zaktualizowane)

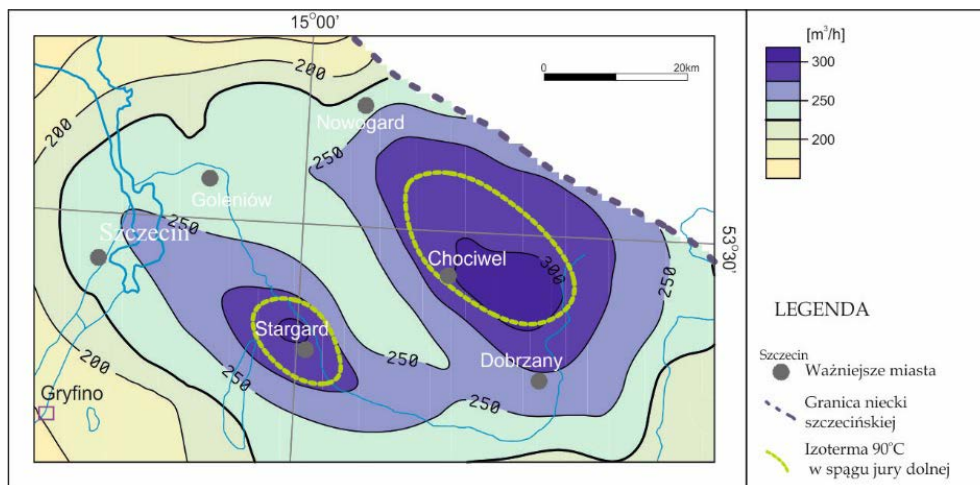
Fig. 2. Map of potential discharge of wells in the Lower Jurassic formation in the prospective area of Mogilno-Lódź Through (author: A. Sowizdzał, based on Górecki (red.), Hajto et al. 2006 updated)

1.2. Niecka szczecińska

W rejonie niecki szczecińskiej warstwami wodonośnymi w utworach jury dolnej są kompleksy piaskowców. Najlepszymi parametrami zbiornikowymi cechują się piaszczyste utwory warstw radowskich i mechowskich. Korzystne parametry zbiornikowe charakteryzują także utwory warstw komorowskich i kamieńskich. Warstwy radowskie wykształcone są głównie jako osady piaszczyste. Wśród warstw mechowskich osady piaszczyste zawierają przewarstwienia utworów słabo przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych, wykształconych w postaci mułowców i iłowców. Osady piaszczyste jury dolnej rozdzielają serie słabo przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych mułowców i iłowców. Warstwy łobeskie i gryfickie są najbardziej zailone w całym profilu dolnojurajskim. Najwyższe wartości średniej porowatości całkowitej (około 10%) związane są z wodonośnymi utworami warstw radowskich i mechowskich, co skutkuje niskimi wartościami zailenia tych warstw (Sowizdział 2009, 2012). Wodonośne utwory warstw radowskich o najlepszych parametrach występują głównie w zachodniej części niecki szczecińskiej, gdzie średnia porowatość kształtuje się powyżej 20%. Maksymalną porowatość stwierdzono w otworze Stargard 1 (39,3%). Piaskowce warstw mechowskich charakteryzują się najwyższą średnią wartością porowatości spośród warstw dolnojurajskich (10,6%). Podobnie jak w przypadku warstw radowskich, utwory o najkorzystniejszych porowatościach zlokalizowane są w strefie na południe od Szczecina. W otworze Chabowo 1 zarejestrowano piaskowce o maksymalnej porowatości (31,8%). Tak korzystne parametry zbiornikowe przekładają się na wysokie wartości potencjalnych wydajności. Potencjalna wydajność otworów wiertniczych w utworach jury dolnej w całym rejonie niecki szczecińskiej przekracza założone minimalne 50 m³/h, a w wytypowanych obszarach perspektywicznych wydajność przekracza 250 m³/h (rys. 3).

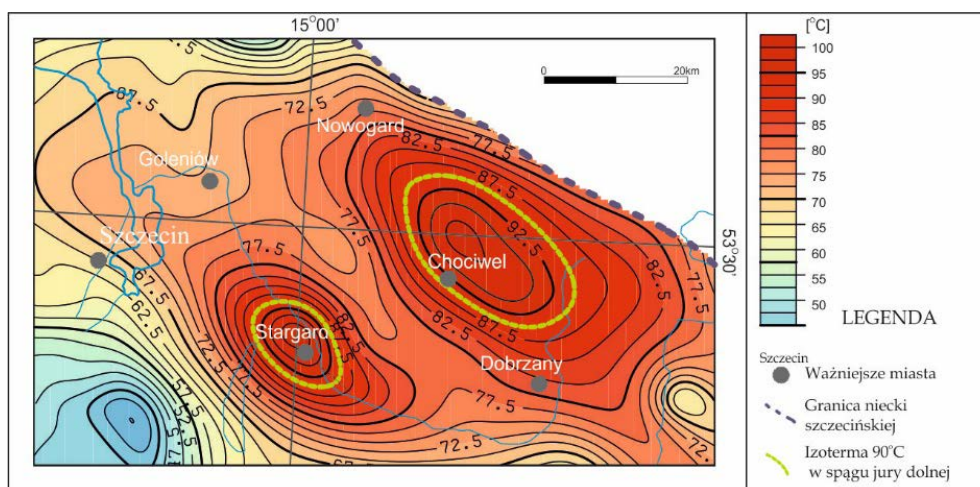
Maksymalne temperatury w stropie zbiornika dolnojurajskiego niecki szczecińskiej kształtują się na poziomie 85°C (okolice Chociwła), co przy uwzględnieniu miąższości warstwy w tym miejscu rzędu 450 m i gradientie geotermalnym 3°C/100 m, daje maksymalną temperaturę około 100°C w spągowej partii zbiornika (rys. 4).

Dwa obszary perspektywiczne dla systemów binarnych zaznaczają się w rejonie niecki szczecińskiej. Pierwszy zlokalizowany jest w rejonie Chociwła, gdzie temperatury warstw dolnojurajskich są najwyższe – lokalnie przekraczają 95°C (rys. 4) (Miecznik i in. 2015), a strop utworów jury dolnej zalega na głębokościach 2000–2600 m p.p.t. Jest to też obszar występowania miąższych warstw jury dolnej, lokalnie przekraczających 650 m. Obszarem występowania nieznacznie niższych temperatur jest rejon Stargardu Szczecińskiego. W stropie zbiornika temperatura kształtuje się na poziomie ponad 75°C, podczas gdy w spągu rejestrowane są temperatury przekraczające założone graniczne 90°C. W rejonie Stargardu obserwowane są miąższości warstw rzędu 450–500 m. Na całym analizowanym obszarze mineralizacja wód przekracza 100 g/dm³, przy czym wyższe wartości obserwowane są w okolicach Chociwła, gdzie lokalnie mineralizacja przekracza 125 g/dm³.



Rys. 3. Mapa potencjalnych wydajności otworów wiertniczych w utworach jury dolnej w obszarze perspektywnym dla systemów binarnych w obrębie niecki szczecińskiej (autor: A. Sowiżdzał)

Fig. 3. Map of the potential discharge of wells in the Lower Jurassic formation in the prospective area of the Szczecin Through (author A. Sowiżdzał)



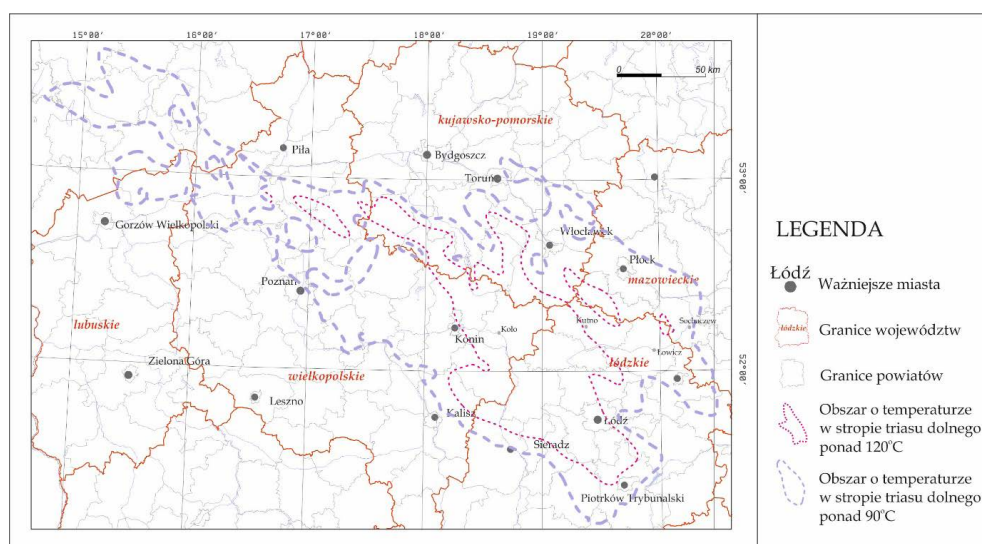
Rys. 4. Mapa temperatur w spągu utworów jury dolnej w obszarze perspektywnym dla systemów binarnych w obrębie niecki szczecińskiej (autor A. Sowiżdzał)

Fig. 4. Map of the temperatures at the bottom surface of the Lower Jurassic formation in the prospective area of the Szczecin Through (author A. Sowiżdzał)

2. ZBIORNIK DOLNOTRIASOWY

Obszar najbardziej perspektywiczny do wykorzystania wód geotermalnych zbiornika dolnotriasowego do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepłej przy skojarzonym zastosowaniu systemów binarnych (rys. 5) wytypowano na podstawie kryterium temperaturowego. Ze względu na rozkład pola termicznego obszar ten pokrywa się z obszarem związanym z wykorzystaniem wód zbiornika dolnojurajskiego. Głębsze zaleganie zbiornika dolnotriasowego znalazło odzwierciedlenie w wyższych temperaturach w stropie tego zbiornika, co przejawia się większą powierzchnią obszaru perspektywicznego.

Analizowany obszar administracyjnie znajduje się na terenie województw: wielkopolskiego, kujawsko-pomorskiego, łódzkiego i warszawskiego. W zasięgu wytypowanego obszaru znalazło się kilka dużych miast (m.in. Konin, Łódź, Piotrków Trybunalski).



Rys. 5. Mapa lokalizacji obszaru o korzystnych parametrach termicznych w stropie triasu dolnego (autor A. Sowiżdżał)

Fig. 5. Perspective area location in terms of the thermal parameters at the top of the Lower Triassic formation (author A. Sowiżdżał)

Obszar analiz znajduje się w obrębie niecki mogileńsko-łódzkiej, niecki szczecińskiej, wału kujawskiego oraz niecki warszawskiej, przy czym najbardziej perspektywiczny teren, gdzie temperatura w stropie dolnego triasu przekracza 120°C, znajduje się podobnie jak w przypadku zbiornika dolnojurajskiego w obrębie niecki mogileńsko-łódzkiej, a także częściowo w obrębie wału kujawskiego.

W większości analizowanych dokumentacji wyników otworów zlokalizowanych na obszarze perspektywicznym utwory triasu dolnego wykształcone są w litofacji iłowco-mułowcowej. W części wschodniej wytypowanego obszaru cały profil triasu dolnego

reprezentowany jest głównie przez serię iłowcowo-mułowcową. Wśród skał klastycznych dominują utwory drobnoziarniste. Litofacje piaskowcowe występują jedynie w postaci niewielkich, odizolowanych płatów w strefach brzeżnych basenu.

W obszarze perspektywicznym strop triasu dolnego zalega na głębokościach od około 2200 m p.p.t. do ponad 5000 m p.p.t. w osiowej części niecki mogileńsko-łódzkiej. Głębokość zalegania warstw wodonośnych sprzyja wysokim temperaturom panującym w obrębie zbiornika triasu dolnego. W stropie zbiornika temperatura przekracza 90°C, a przy miąższości triasu dolnego 1000 m, w obrębie zbiornika temperatura będzie odpowiednio wyższa. Również rejon otaczający obszar perspektywiczny mogą się okazać interesujące, gdyż pomimo występowania niższej temperatury w stropie zbiornika niż przyjęte 90°C przy dużej miąższości triasu dolnego, temperatura w głębiej zalegających piaskowcowych utworach pstrego piaskowca dolnego może przekroczyć 100°C. Najwyższych temperatur należy spodziewać się w osiowej części niecki mogileńsko-łódzkiej, gdzie strop triasu dolnego zalega najgłębiej. Temperatury w stropie przekraczają w tym rejonie 150°C, co przy miąższościach triasu dolnego w tym rejonie przekraczających 1000 metrów może sugerować temperaturę w spągu poziomym zbiornikowego nawet 180°C. Duża głębokość zalegania utworów pstrego piaskowca – nawet ponad 5 km – mająca korzystny wpływ na temperaturę w obrębie warstwy wodonośnej, wpływa na podwyższenie mineralizacji wód oraz na właściwości zbiornikowe tych warstw. Na wysokie wartości mineralizacji wód w tym rejonie oprócz dużej głębokości zalegania warstw zbiornikowych wpływ ma również obecność struktur solnych (poduszka solna Trzemżala, Uniejowa, słup solny Kłodawy, Ponętowa i Damasławka). Wody analizowanego zbiornika cechują się stosunkowo wysokimi wartościami mineralizacji kształtującej się w granicach od około 140 g/dm³ w brzeżnych strefach obszaru do ponad 350 g/dm³ w głęboko pograżonych strefach basenu (osiowe fragmenty niecki mogileńsko-łódzkiej).

Parametry zbiornikowe warstw wodonośnych triasu dolnego są znacznie słabsze od wcześniej analizowanych parametrów zbiornikowych dolnej jury. Na wytypowanym obszarze osady triasu dolnego zalegają bardzo głęboko, co powoduje pogorszenie parametrów zbiornikowych. Lepsze parametry zbiornikowe charakteryzują utwory triasu dolnego zalegającego płycej, co z kolei wpływa na niższe temperatury w obrębie zbiornika. Porowatość dolnotriasowych warstw zbiornikowych oparto na wynikach badań laboratoryjnych wykonanych na rdzeniach. Przyjmują one niskie wartości od 0,13 do 3,98%. Potwierdza to fakt, że w analizowanym rejonie miększe utwory piaskowcowe o dobrych parametrach zbiornikowych występują sporadycznie. Przepuszczalność utworów dolnotriasowych także przyjmuje niskie wartości. Analiza 57 wyników przepuszczalności pomierzonych na rdzeniach pochodzących z 11 otworów wiertniczych pokazała, że w analizowanym obszarze występują skały o niskiej przepuszczalności od 0 do około 11 mD. Należy zatem spodziewać się raczej skał o słabych parametrach zbiornikowych, przekładających się na niskie wydajności otworów wiertniczych, nie spełniających założonego minimalnego kryterium dla instalacji binarnych. Potwierdza to odnotowany przyływ wód z utworów dolnego triasu do otworu Kompina 2 (0,07 m³/h). Potwierdzają to także wcześniej realizowane prace pod kątem szacowania potencjału zbiornika dolnotriasowego dla stosowania systemów EGS (Sowiżdżał, Papiernik

i in. 2013; Sowizdzał, Kaczmarczyk 2013, 2016; Wójcicki i in (red.) 2013; Bujakowski i in. 2015). Wyniki tych badań pokazują, że na dużych głębokościach, przeważnie powyżej 3000 m p.p.t., występują skały osadowe charakteryzujące się niskimi wartościami porowatości (w większości poniżej 5%) i przepuszczalności (sporadycznie powyżej 1 mD), co uniemożliwia efektywne wykorzystanie wód geotermalnych, a jednocześnie może wskazywać na istnienie potencjalnych zbiorników energii petrogeotermalnej.

WNIOSKI

Dostępny materiał geologiczny został przeanalizowany w celu określenia potencjału geotermalnego zbiorników mezozoicznych Nizy Polskiego do produkcji energii elektrycznej. Z przeprowadzonych prac wynika, że największy potencjał geotermalny związany jest z piaskowcowymi utworami jury dolnej, charakteryzującymi się korzystnymi parametrami zbiornikowymi znajdującymi odzwierciedlenie w wysokiej wydajności otworów wiertniczych, jak również odpowiednią temperaturą w obrębie zbiornika hydrogeotermalnego. Najlepsze parametry rejestrowane są w rejonie niecki mogileńsko-łódzkiej, zwłaszcza w rejonie Konina, oraz niecki szczecińskiej – rejon Chociwła i Stargardu. W rejonie niecki szczecińskiej wydajność utworów dolnojurajskich przekracza 250 m³/h, a temperatura w obrębie warstwy wodonośnej kształtuje się na poziomie 90°C. Moc geotermalnej siłowni binarnej jest szacowana w zakresie od około 300 kW_e (rejon Stargardu) do około 600 kW_e (rejon Chociwła). Warunki geotermalne w rejonie Konina wskazują na możliwość produkcji około 1000 MWh energii elektrycznej rocznie w siłowni geotermalnej o mocy około 430 kW_e, przy temperaturze wody geotermalnej około 100°C i wydajności 150 m³/h.

Ze względu na niskie wartości parametrów petrofizycznych zbiornika dolnotriasowego ryzykownym wydaje się lokalizowanie instalacji binarnych w osadach triasu dolnego, zwłaszcza, że zbiornik ten jest rozważany w kontekście wykorzystania potencjału petrogeotermalnego związanego z gorącymi suchymi (lub prawie suchymi) skałami.

Praca została wykonana na zlecenie Ministra Środowiska ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Praca została przygotowana w ramach pracy statutowej nr 11.11.140.321.

LITERATURA

- BUJAKOWSKI W., BARBACKI A., MIECZNIK M., PAJĄK L., SKRZYPCZAK R., SOWIŹDŻAŁ A., 2015 — Modelling geothermal and operating parameters of EGS installations in the lower triassic sedimentary formations of the central Poland area *Renewable Energy*; ISSN 0960-1481, vol. 80, s. 441–453.
- BUJAKOWSKI W., TOMASZEWSKA B. (red.), 2014 — Atlas wykorzystania wód termalnych do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepłej przy zastosowaniu układów binarnych w Polsce.

- GÓRECKI W. (red.) i in., 1990 — Atlas wód geotermalnych Nizżu Polskiego. ISE AGH, Kraków.
- GÓRECKI W. (red.) i in., 1995 — Atlas zasobów energii geotermalnej na Nizżu Polskim. ZSE AGH, Towarzystwo Geosynoptyków „GEOS”, Kraków.
- GÓRECKI W. (red.), HAJTO i in., 2006 — Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Nizżu Polskim, Wyd. AGH, Kraków.
- GÓRECKI W., SOWIŹDŹAŁ A., HAJTO M., WACHOWICZ-PYZIK A., 2015 — Atlases of geothermal waters and energy resources in Poland / Environmental Earth Sciences; ISSN 1866-6280, vol. 74, iss. 12.
- MIECZNIK M., SOWIŹDŹAŁ A., TOMASZEWSKA B., PAJĄK L., 2015 — Modelling geothermal conditions in part of the Szczecin Trough – the Chociwel area. *Geologos* 21, 187–196.
- NEY R., SOKOŁOWSKI J., 1987 — Wody geotermalne Polski i możliwości ich wykorzystania. *Nauka Polska* Nr 6.
- SOKOŁOWSKI J., 1987 — Możliwości wykorzystania wód geotermalnych dla uzupełnienia bilansu energetycznego Polski. *Mat.Konf. Wołomin*.
- SOWIŹDŹAŁ A., 2009 — Zasoby geotermalne warstw wodonośnych dolnej jury w niecce szczecińskiej; *Geologia: kwartalnik Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie* t. 35 z. 2/1 s. 213–221.
- SOWIŹDŹAŁ A., 2010 — Perspektywy wykorzystania zasobów wód termalnych jury dolnej z regionu niecki szczecińskiej (północno-zachodnia Polska) w ciepłownictwie, balneologii i rekreacji; *Przegląd Geologiczny* t. 58, nr 7, *Geotermia w Polsce* s. 613–621.
- SOWIŹDŹAŁ A., 2012 — Potencjał geotermalny niecki szczecińskiej; AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Kraków: GEOS, 119 s.
- SOWIŹDŹAŁ A., KACZMARCZYK M., 2013 — Charakterystyka parametrów termicznych skał osadowych budujących zbiorniki petrogeotermalne w centralnej części Nizżu Polskiego. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój*; ISSN 0304-520X, R. 52 z. 2, s. 141–154, Bibliogr. s. 153, Streszcz., Abstr.
- SOWIŹDŹAŁ A., KACZMARCZYK M., 2016 — Analysis of thermal parameters of Triassic, Permian and Carboniferous sedimentary rocks in central Poland, *Geological Journal* 51, 65–76.
- SOWIŹDŹAŁ A., PAPIERNIK B., MACHOWSKI G., HAJTO M., 2013 — Characterization of petrophysical parameters of the Lower Triassic deposits in prospective location for Enhanced Geothermal System (central Poland). *Geological Quarterly* 57, 729–744.
- SZCZEPAŃSKI A., HAŁADUS A., HAJTO M., 2006 — Metodyka analizy podstawowych parametrów zbiorników wód geotermalnych na Nizżu Polskim. [W:] Górecki W. (red), Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Nizżu Polskim. Ministerstwo Środowiska. AGH, Kraków.
- WÓJCICKI A., SOWIŹDŹAŁ A., BUJAKOWSKI W. (red.), 2013 — Ocena potencjału, bilansu cieplnego i perspektywicznych struktur geologicznych dla potrzeb zamkniętych systemów geotermicznych (Hot Dry Rocks) w Polsce. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 246 (in Polish).

THE GEOTHERMAL POTENTIAL OF MESOZOIC AQUIFERS IN THE POLISH LOWLANDS FOR THE PRODUCTION OF THE ELECTRICITY

ABSTRACT

Electricity production using low-temperature geothermal resources is technically possible by binary technology. The major geothermal resources in the Polish Lowlands are associated with Mesozoic aquifers. The greatest hydrogeothermal potential is connected with the Lower Jurassic sandstone in the Mogilno-Lodz Trough and Szczecin Trough, where the temperature inside the reservoir exceeds 90°C and potential discharge of wells is above 50 m³ /h. Significant geothermal resources are associated with the Lower Triassic reservoir in the central part of the Polish Lowlands, however, due to the low petrophysical parameters of reservoir rocks, electricity production should be connecting with the petrogeothermal potential.

KEYWORDS

Geothermal potential, Binary cycle, Polish Lowlands, Lower Jurassic, Lower Triassic

