

MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA WÓD GEOTERMALNYCH ZBIORNIKA CENOMAŃSKIEGO W REJONIE PROSZOWICE–BUSKO–PIŃCZÓW

POSSIBILITIES OF GEOTHERMAL WATERS DEVELOPMENT FROM THE CENOMANIAN AQUIFER OF THE PROSZOWICE–BUSKO–PIŃCZÓW AREA

BARTOSZ PAPIERNIK¹, ANNA SOWIŹDZAŁ¹, JOANNA CIĄGŁO¹

Abstrakt. Przedstawiono geologiczne i hydrogeotermiczne uwarunkowania decydujące o potencjalnych możliwościach wykorzystania zasobów energii geotermalnej, zakumulowanych w piaskowcach cenomańskich w rejonie Proszowice–Busko–Pińczów. Wykorzystano wyniki badań perspektywy ropogazoności, prowadzonych w Zakładzie Surowców Energetycznych AGH. Badania te przyczyniły się m.in. do szczegółowego rozpoznania budowy strukturalnej i miąższości piaskowców cenomanu oraz stworzenia przestrzennego (3D) modelu rozkładu parametrów zbiornikowych tego horyzontu, umożliwiając wstępną analizę możliwości zagospodarowania wód geotermalnych tego poziomu. Dotychczasowe wykorzystanie wód zbiornika cenomańskiego związane jest z produkcją wody pitnej oraz jej stosowaniem do celów leczniczych w Busku Zdroju. Jednakże analiza cech zbiornikowych i parametrów petrofizycznych zbiornika cenomańskiego wskazuje na możliwości wykorzystania tych wód w szerszym zakresie. Pomimo niskiej temperatury wód, 20–35°C, płytko zalegający poziom wodonośny, cechujący się korzystnymi parametrami zbiornikowymi, stanowi potencjalne źródło energii geotermalnej możliwej do wykorzystania do celów ciepłowniczych przy zastosowaniu pomp ciepła. Skład chemiczny wód cenomańskich jest przesłanką do ich wykorzystania do celów balneologicznych.

Słowa kluczowe: energia geotermalna, parametry zbiornikowe, niecka miechowska.

Abstract. The paper presents a potential possibility of utilization of the geothermal energy resources accumulated in the Cenomanian sandstones of the Proszowice–Busko–Pińczów area. The research connected with oil and gas exploration, carried out at the Department of Fossil Fuels, allowed to reconstruct precisely structural and thickness variability of Cenomanian sandstones in the study area. Moreover, spatial (3D) lithological and petrophysical models of the region were also performed. Basing on such data we took an attempt to analyze the possibilities of geothermal development of the Cenomanian aquifer. Up to date, the Cenomanian waters were utilized for drinking and curative (in Busko Zdrój) purposes. However an analysis of the reservoir properties and petrophysical parameters of the Cenomanian aquifer reveals the possibilities of broader use of geothermal waters. Despite of the low water temperatures in the aquifer in the range of 20–35°C recorded in the study area, the shallow aquifer with favourable reservoir parameters represents a potential source of geothermal energy which can be utilized for heating purposes with application of heat pumps. The chemical composition of Cenomanian geothermal waters reveals also profitable features for balneotherapy.

Key words: geothermal energy, reservoir parameters, Miechów Trough.

¹ Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.
papiern@geol.agh.edu.pl; ansow@agh.edu.pl; joannaciaglo@geol.agh.edu.pl

WSTĘP

Geologiczne rozpoznanie niecki miechowskiej jest wynikiem poszukiwań naftowych zapoczątkowanych w latach czterdziestych XX wieku. W rezultacie tych prac szczególnie dobrze zbadano utwory kredy dolnej, a zwłaszcza zbiornikowego poziomu piaskowców cenomanu (Burzewski, 1969; Jawor, 1970; Hakenberg, 1986; Jawor, Jawor, 1989; Jawor, Baran, 2001; Barbacki, 2004; Papiernik i in., 2007). Poziom ten opisywany był również w wielu opracowaniach archiwalnych przemysłu naftowego (np. Jurka-Wantuch i in., 1995, 1998). Badania oparto na bogatym materiale fotograficznym, obejmującym m.in. ponad 570 otworów przewiercających strop górnej kredy (Górecki i in., 2001; Papiernik i in., 2006). W analizowanym rejonie Proszowice–Busko–Pińczów rozpoznanie parametrów zbiornikowych przedstawiono na podstawie oznaczeń laboratoryjnych pochodzących z 31 odwiertów oraz litologiczno-żyłowych interpretacji krzywych geofizycznych z 15 odwiertów. W rejonie PBP dostępny jest stosunkowo bogaty materiał sejsmiczny

o bardzo zróżnicowanej jakości (Jurka-Wantuch i in., 1995, 1998; Jawor i in., 1999; Górecki i in., 2001).

W profilu utworów mezozoiku i paleozoiku poziom cenomanu charakteryzuje się wybitnie dobrymi właściwościami zbiornikowymi i filtracyjnymi, umożliwiającymi akumulację węglowodorów (Górecki i in., 2001; Papiernik i in., 2006). Analiza zmienności parametrów zbiornikowych piaskowców cenomańskich wskazuje, że utwory cenomanu mogą stanowić potencjalny poziom zbiornikowy wód geotermalnych. Potwierdzają to badania podstawowych parametrów hydrogeotermicznych (temperatura, mineralizacja), określających przydatność wód geotermalnych do celów użytecznych. W celu uzupełnienia informacji na ich temat oparto się na dostępnych opracowaniach dotyczących omawianego obszaru: Oszczytko, Tomasz (1976); Szczepański i in. (1988); Krawczyk i in. (1999); Barbacki (2001, 2004); Barbacki, Kazanowska (2001); Barbacki i in. (2006); Szczepański, Porwiesz (2007).

POZYCJA STRUKTURALNA UTWORÓW CENOMANU

Utwory cenomanu zalegają niezgodnie na częściowo erodowanych utworach jury górnej. Kontrast litologiczny pomiędzy węglanowymi utworami jury górnej, piaskowcowymi osadami cenomanu oraz wapienno-marglistym nadkładem górnokredowym (turon–mastrycht) sprawiają, że zarówno spąg, jak i strop cenomanu są doskonale widoczne w obrazie sejmiki refleksyjnej z tego rejonu, zwłaszcza na sekcjach po reprocesingu (Górecki i in., 2001). W strefach, gdzie miąższość piaskowców cenomanu wyraźnie spada poniżej 10 m, refleks wiązany ze stropem Kzanika lub w najlepszym przypadku staje się nieciągły. W tych strefach w sposób pewny można wyinterpretować horyzont sejsmiczny związany z erozyjnym stropem górnej jury.

Interpretacja geologiczno-strukturalna i jej konwersja czasowo-głębokościowa pozwoliły zrekonstruować zasadnicze elementy tektoniczne tej strefy (Górecki i in., 2001; Papiernik i in., 2007), a także bardzo szczegółowo odtworzyć ukształtowanie strukturalne stropu i spągu horyzontu, a tym samym jego miąższość.

Mapy strukturalne opracowane na podstawie interpretacji profili sejsmicznych pokazują, że strop cenomanu na ob-

szarze PBP zalega na głębokości od 134 m n.p.m. do ponad 680 m p.p.m. Na powierzchni stropu cenomanu wyodrębnia się szereg struktur negatywnych i pozytywnych (fig. 1). Ich kształt i amplitudy nie są bardzo istotne z punktu widzenia geotermii. W kontekście poszukiwań wód geotermalnych warto jednak zwrócić uwagę na niektóre elementy strukturalne, jak np. rozległa naduskokowa linijna antyklina Kostek Małych. Struktura ta przebiega w kierunku NW–SE pod miejscowościami Busko i Pińczów. Wykartowany na podstawie interpretacji sejmiki kształt stropu antykliny jest dość skomplikowany. Jej najwyższa kulminacja znajduje się w rejonie otworu Kostki Małe 2 na rzędnej ok. 130 m n.p.m. (125 m p.p.t.). W rejonie Buska strop cenomanu tworzy kolejną kulminację na wysokości około 100 m n.p.m. W kierunku północno-zachodnim antyklina Kostek szybko się zanurza, osiągając w rejonie Pińczowa pograżenie rzędu 300 m p.p.m. (ok. 500 m p.p.t.). Inne strefy na omawianym obszarze, w których utwory cenomanu zalegają względnie płytko, to antyklina Zagości (ok. 150 m p.p.m.) oraz monoklina Trzonowa (również ok. 150 m p.p.m.).

CHARAKTERYSTYKA ZBIORNIKA CENOMAŃSKIEGO

Cenomański zbiornik wód podziemnych jest zbiornikiem typu porowego, wykształconym w postaci utworów klasycznych. Charakteryzuje się łagodną tektoniką, ciągłością horyzontów i niedużym nachyleniem warstw. Cenomańskie warstwy wodonośne są reprezentowane w strefach brzeż-

nych zbiornika przez zlepieńce gruboklastyczne o spoiwie węglanowo-ilastym, z licznymi otoczkami kwarcu, margli górnourajskich oraz rogowcami. Oddalając się od strefy centralnej napotymano piaskowce gruboziarniste, natomiast w strefie centralnej – piaskowce i piaskowce drobnoziarniste

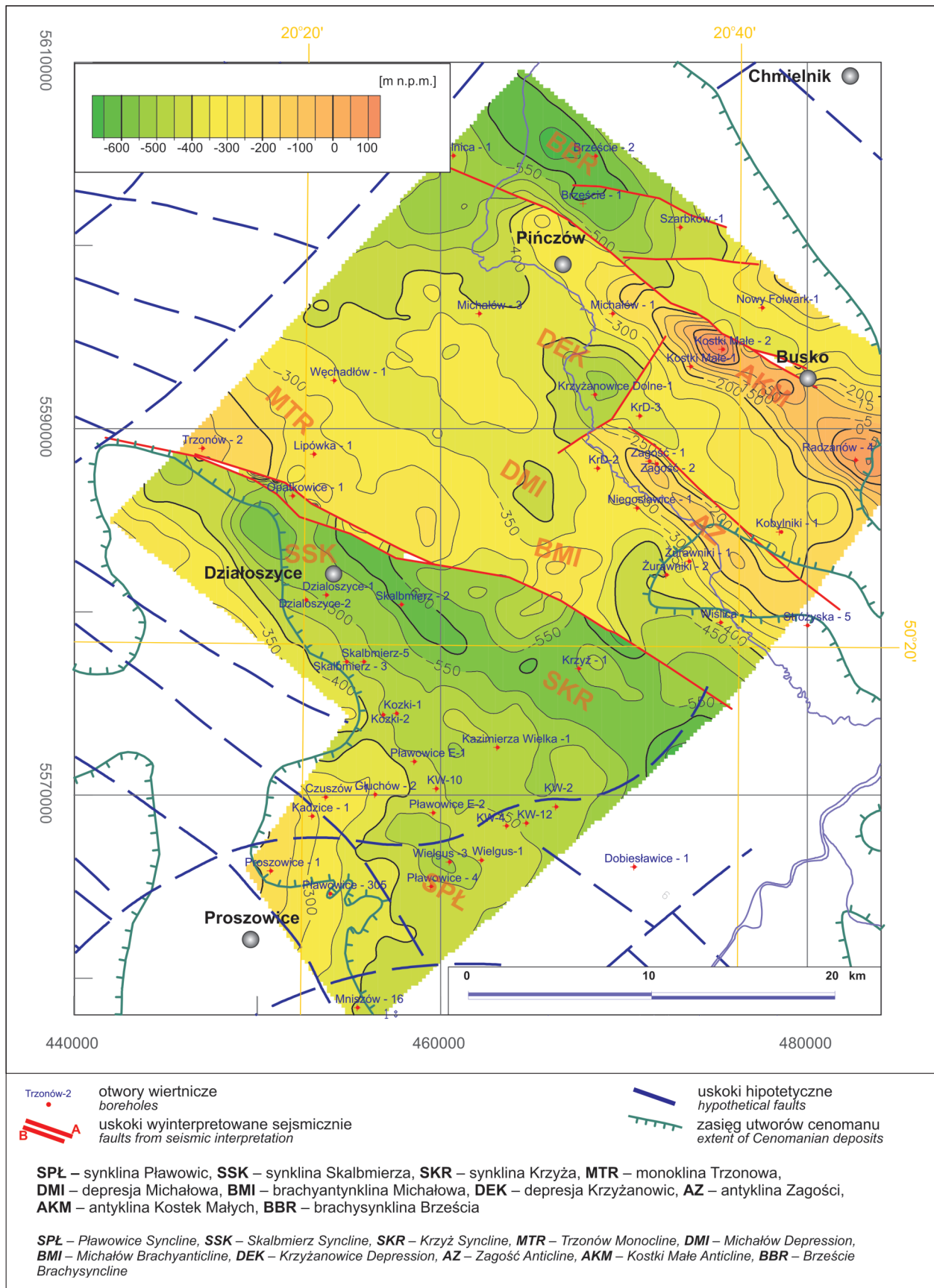


Fig. 1. Mapa strukturalna stropu utworów cenomanu w rejonie Proszowice–Busko–Pińczów

Structural map of the top of Cenomanian in Proszowice–Busko–Pińczów area

oraz glaukonitowe. Miąższość zlepieńców gruboklastycznych nie przekracza około 3 m (Jawor, 1970).

W kierunku centrum basenu obserwuje się wzrost miąższości utworów cenomanu. Piaskowce wodonośne charakteryzują się miąższością od kilku do prawie 200 m. Największe miąższości poziomów zbiornikowych, przekraczające 130 m, obserwuje się w osiowej części niecki, gdzie lokalnie, na południe od Pińczowa, występują piaskowce o miąższości ponad 180 m. Miąższość utworów wodonośnych maleje ku brzeżnym strefom zbiornika, do poniżej 20 m w rejonie Buska (Górecki i in., 2001) – figura 2.

Badania sedymentologiczne wykazały występowanie różnych korelacji pomiędzy wzrostem miąższości piaskow-

ców a zmniejszeniem uziarnienia i zwiększeniem ich „zapiaszczenia” (Jawor, 1970; Barbacki, 2004). W związku z tą prawidłowością w kierunku centrum zbiornika polepszają się parametry zbiornikowe skał (Barbacki, Kazanowska, 2001).

Przepuszczalność piaskowców cenomańskich zmienia się w szerokim zakresie, od 0,001 do prawie 10 000 mD (fig. 3). Tendencja wzrostu przepuszczalności obserwowana jest z południowego zachodu ku północnemu wschodowi. Wartości minimalne występują w rejonie Proszowic, podczas gdy wartości maksymalne, osiągające wartość kilku tysięcy mD, obserwuje się w okolicach Pińczowa. W okoli-

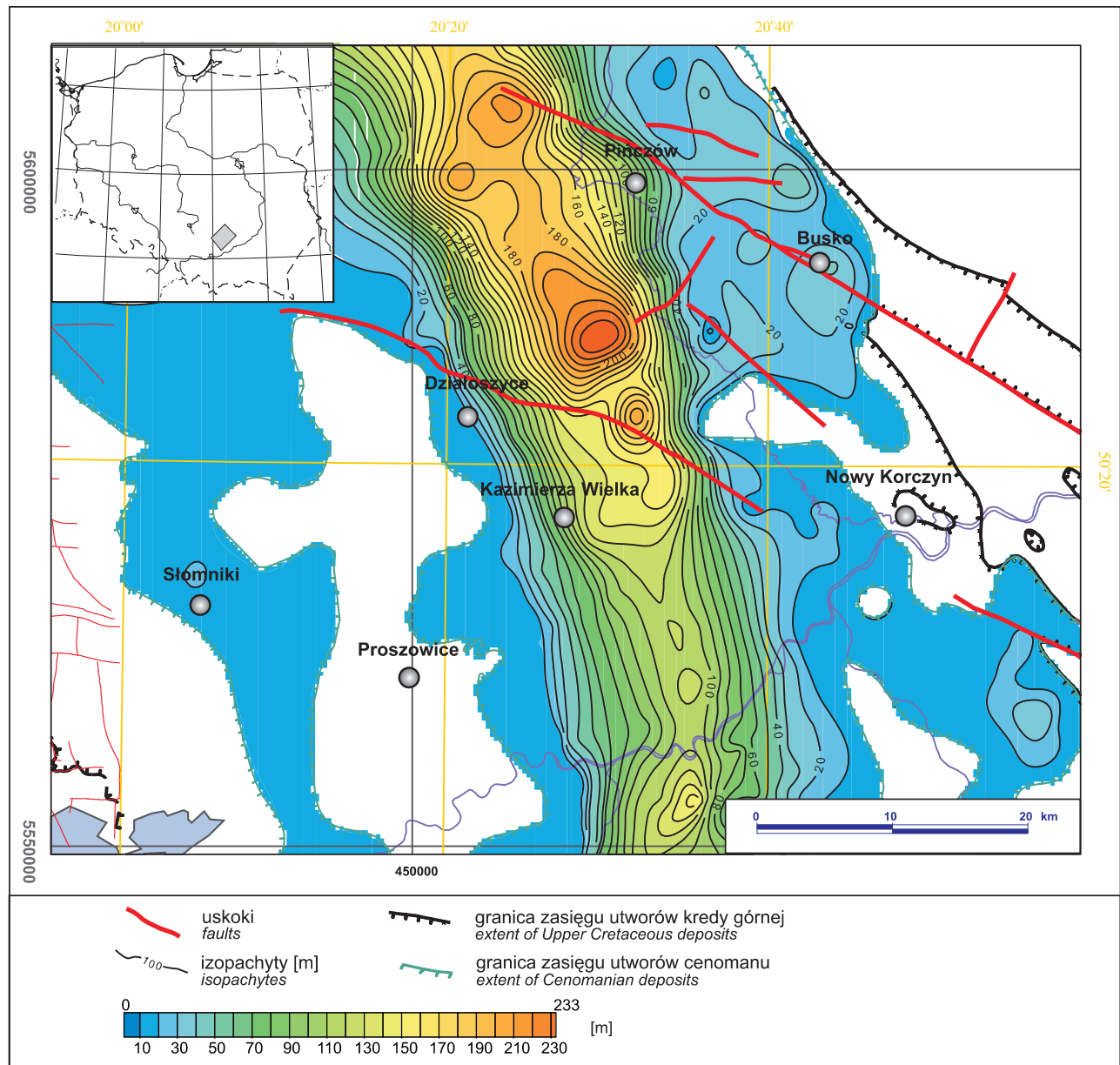


Fig. 2. Mapa miąższości piaskowców cenomanu w rejonie Proszowice–Busko–Pińczów

Thickness map of Cenomanian sandstones in the Proszowice–Busko–Pińczów area

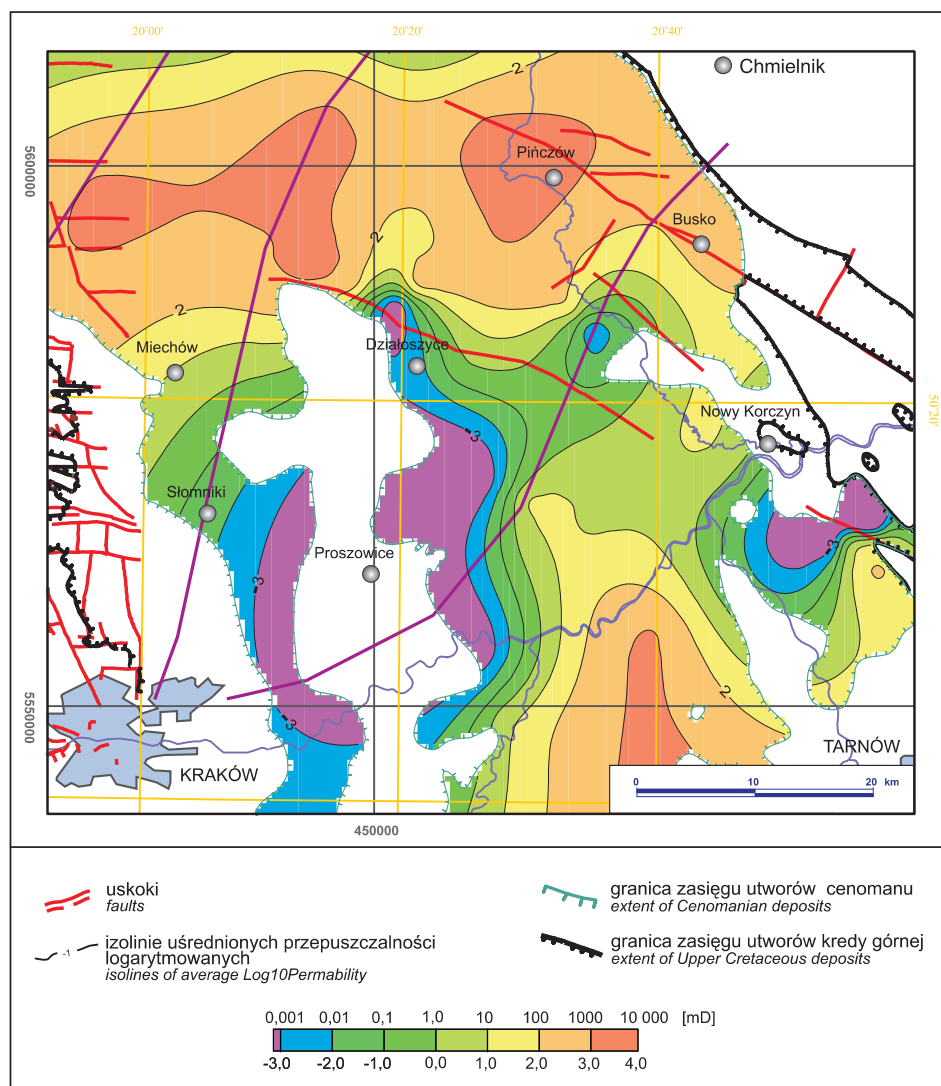


Fig. 3. Mapa uśrednionych przepuszczalności utworów piaskowcowych cenomanu

Map of average permeability trend for Cenomanian sandstones

cach Buska przepuszczalność utworów cenomańskich jest rzędu kilkuset mD.

Rozkład uśrednionych porowatości utworów piaskowcowych cenomanu jest zgodny z ogólnym rozkładem miąższości tych utworów. Utwory o najwyższych porowatościach efektywnych, osiągających wartość ponad 20%, występują w osiowej części zbiornika. W strefach brzeżnych, gdzie miąższości piaskowców są mniejsze, obserwuje się spadek wartości porowatości utworów cenomanu do około 10%. Wyjątek stanowią okolice Buska, gdzie odnotowano wartości porowatości rzędu 25–30% (fig. 4).

Górne uszczelnienie oraz termiczną izolację warstw wodonośnych cenomanu stanowią najczęściej glaukonitowe margle santonu lub zbite wapienie turonu. Dolne uszczelnienie stanowią utwory jury górnej, które – w rejonach gdzie są spękane i skrasowiałe – stanowią również źródło zasilania pośredniego (Barbacki, 2001; Barbacki, Kazanowska, 2001). Zasilanie o znacznej intensywności może odbywać się na

kontaktach tektonicznych, erozyjno-transgresywnych (rozwlegle wychodnie jury górnej) lub też w postaci przeciekania pionowego (Barbacki, Kazanowska, 2001).

Na przeważającej części obszaru występują warunki naporowe. Warunki artezyjskie odnotowano w centralnej strefie zbiornika. Samowypływy wód, chociaż o mniejszej intensywności, obserwowano również w brzegowych partiach basenu (Barbacki, Kazanowska, 2001). Wydajności uzyskiwane przy samowypływach były zróżnicowane i wahały się w granicach od 0,1 do 30 m/h (Oszczytko, Tomasz, 1976).

Wody podziemne zakumulowane w utworach cenomanu charakteryzują się stosunkowo niską mineralizacją. Jej wartość jest zmienna w przedziale od poniżej 1 g/dm (rejon Pińczowa), poprzez kilkanaście g/dm w rejonie Buska do ponad 50 g/dm (w sąsiedztwie Proszowice), a nawet ponad 60 g/dm w okolicach Kazimierzy Wielkiej, leżącej w strefie osiowej niecki miechowskiej. Często, szczególnie w okolicach Buska, w wodzie występuje siarkowodor, co jest związane z licznymi

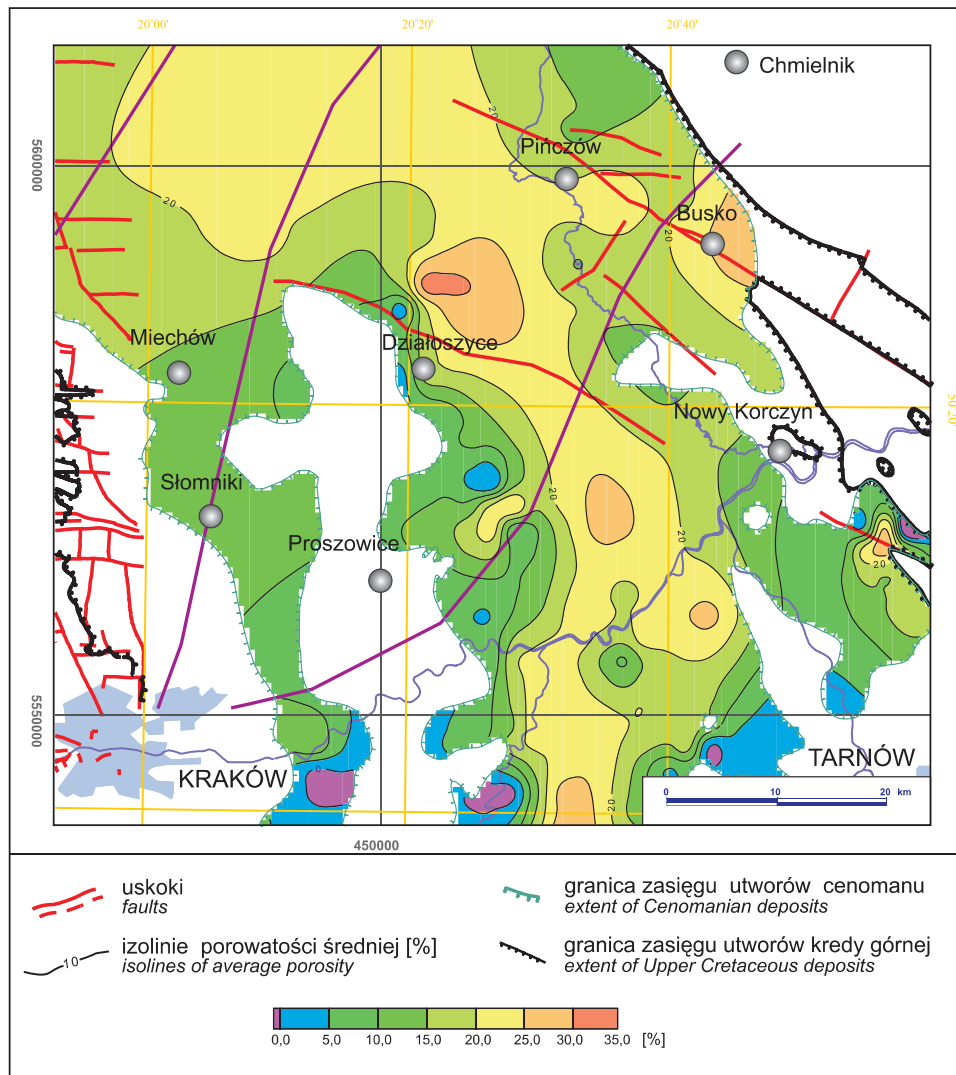


Fig. 4. Mapa uśrednionych porowatości utworów piaskowcowych cenomanu

Map of average porosity trend for Cenomanian sandstones

występującymi w tej okolicy złożami węglowodorów (Barbacki, 2004; Papiernik i in., 2006) oraz desulfatacją skał miocenicznych: gipsów i anhydrytów (Szczepański, Porwiesz, 2007).

Zbiornik cenomański niecki miechowskiej cechuje występowanie wód o niskich temperaturach, co ma bezpośredni związek ze stosunkowo płytkim zaleganiem utworów cenomanu. Temperatury cenomańskich wód podziemnych zmieniają się w granicach od 20 do 30°C, lokalnie osiągając war-

tości wyższe, sporadycznie przekraczające 35°C. Najniższe wartości, rzędu 20°C, obserwowane są w rejonie Buska. W okolicach Pińczowa i Proszowic występują wody o temperaturze około 30°C. Temperatury najwyższe (ponad 30°C) odnotowano w osiowej części niecki miechowskiej, w strefie głębszego zalegania utworów cenomanu (Barbacki, 2004; Barbacki i in., 2006).

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA WÓD GEOTERMALNYCH ZBIORNIKA CENOMAŃSKIEGO

Cenomański zbiornik wód geotermalnych w rejonie Proszowice–Busko–Pińczów stanowi potencjalne źródło niskotemperaturowej energii geotermalnej. Spośród analizowanych parametrów zbiornikowych i hydrogeotermicznych naj-

korzystniej prezentują się wysokie wartości porowatości oraz przepuszczalności, a także mineralizacja wód, która pozwala na ich zagospodarowanie w celach rekreacyjno-leczniczych, np. ze względu na zawartość składników swoistych

takich jak HS, J, Br. Pod kątem wykorzystania wód w celach ciepłowniczych mniej korzystnie kształtuje się rozkład temperatur, powiązany z płytkim zaleganiem utworów cenomanu. Z kolei niewielka głębokość pograżenia skał zbiornikowych wpływa na obniżenie kosztów udostępnienia złoża. Dzięki zastosowaniu technologii pomp ciepła, umożliwiającą podniesienie temperatury czynnika grzewczego do użytecznego poziomu, niskie temperatury wód cenomańskich (które pełniłyby w tym przypadku rolę dolnego źródła ciepła) nie stanowią przeszkody do ich efektywnego wykorzystania.

Przykładem realizacji projektu na obszarze płytko występujących zbiorników wód jest instalacja ciepłownicza w Słomnikach, wykorzystująca zalegający na głębokości 150–300 m poziom wodonośny cenomanu. Woda o temperaturze 17°C i wydajności około 50 m³/h, wypływająca pod ciśnieniem 0,4 MPa, jest wykorzystywana jako dolne źródło pomp ciepła w obiektach szkoły, budynkach indywidualnych oraz, po schłodzeniu, także jako woda pitna miejskiego wodociągu. Pompa ciepła o mocy 320 kW umieszczona jest w budynku ciepłowni obsługującej osiedle mieszkaniowe i jest włączona w konwencjonalny system kotłów gazowych i olejowych. Sumaryczna moc całego układu wynosi 1,8 MW. Ciepłownia dostarcza energię cieplną do centralnego ogrzewania bloków mieszkalnych, zespołu szkół oraz budynków użyteczności publicznej (Bujakowski i in., 2006).

Rozwiązanie wprowadzone w Słomnikach stanowi dobry przykład efektywnego wykorzystania niskotemperaturowej energii geotermalnej. Wody podziemne zbiornika cenomańskiego w rejonie Słomnik charakteryzują się zbliżonymi parametrami do występujących na omawianym obszarze, co wskazuje na potencjalne możliwości ich wykorzystania do celów ciepłowniczych przy zastosowaniu pomp ciepła.

Obecnie na omawianym terenie w celach uzdrowiskowych w rejonie Buska Zdroju wykorzystuje się dwa typy chłodnych (o temperaturze poniżej 20°C) wód mineralnych swoistych uznanych za lecznicze, związane z dwoma systemami krążenia wód – płytkim i głębokim. Do systemu płytkiego zalicza się wody typu Cl–Na+Br+J+HBO+F+HS, o mineralizacji w zakresie 12,6–14,4 g/dm³, występujące w analizowanych piaskowcach i piaskach cenomańskich. Wody te ujmowane są otworami o głębokości około 130–300 m. Wody typu Cl–Na+Br+J+HBO+F, zaliczane do systemu głębokiego, związane są z wapieniami i marglami jurajskimi. Ujmowane są otworami o głębokości 432–600 m (Krawczyk i in., 1999).

Spośród innych udokumentowanych złóż wód leczniczych na tym terenie wymienić można złożo ujmowane otworem „Las Winiarski I”, zlokalizowanym około 5 km na NW od Buska Zdroju. Odwiert ten udostępnia w poziomie cenomańskim wody Cl–Na+HS o mineralizacji około 10,9 g/dm³ i temperaturze 13°C (Szczepański, Porwisz,

2007). Na podstawie wykonywanych badań stwierdzono podobną genezę wód z Buska Zdroju i Lasu Winiarskiego. Wody te jednak występują w oddzielnych subzbiornikach i nie kontaktują się, na co wskazują różnice w składzie chemicznym oraz brak wpływu eksploatacji jednych wód na drugie, wykazany podczas próbnych pompowań. Przyczyną tego zjawiska jest występowanie w tej części niecki miechowskiej struktur fałdowo-blokowych o przebiegu NW–SE o amplitudach zrzutu nawet 400 m, poprzecinanych licznymi uskokiemi poprzecznymi (Górecki i in., 2001; Szczepański, Porwisz, 2007). Tektonika i rozwój sieci szczelin wpływają na warunki hydrodynamiczne rejonu oraz decydują o składzie chemicznym wód (Szczepański i in., 1988). Jest to bardzo ważne spostrzeżenie, które powinno być brane pod uwagę przy szukaniu podobnych warunków hydrogeologicznych na terenach nawet blisko położonych. Jednak warto podkreślić, że najlepsze warunki do zagospodarowania wód geotermalnych występują w północnej części obszaru badań, gdzie w rejonie Pińczowa i Buska odnotowano najlepsze parametry zbiornikowe.

Warunkiem koniecznym opłacalnej eksploatacji energii geotermalnej jest dobre rozpoznanie warunków hydrogeotermicznych i odpowiednia lokalizacja instalacji geotermalnej. Ciepłownicze zakłady geotermalne powinny być lokalizowane w miastach o odpowiednio dużym i skoncentrowanym zapotrzebowaniu na ciepło, w których mogą konkurować cenowo z istniejącymi systemami ciepłowniczymi (Górecki red., 2006). Na obszarze badań największymi miastami są: Proszowice, Busko Zdrój, Pińczów, Kazimierza Wielka. Busko Zdrój zamieszkuje ponad 17 tys. osób, Pińczów – prawie 12 tys., Proszowice – ponad 6 tys., Kazimierz Wielką – około 5,8 tys. (Rocznik Demograficzny, 2006). Te ośrodki miejskie, jako największe skupiska ludności, stanowią potencjalny rynek odbiorców wód z poziomu cenomańskiego na cele ciepłownicze oraz rekreacyjno-lecznicze.

Podsumowując, należy podkreślić, iż wody pochodzące z piaskowców cenomańskich, pomimo ich niskich temperatur, mogą być wykorzystywane na potrzeby ciepłownicze przy zastosowaniu pomp ciepła. Ponadto wody o temperaturach powyżej 20°C (wody geotermalne) można zagospodarować na cele rekreacyjne i/lub lecznicze w przypadku uzyskania wód o odpowiedniej mineralizacji i korzystnym – pod kątem zawartości składników swoistych – składzie chemicznym.

Badania wykonane w latach 2005–2007 w ramach realizacji tematu pt. „Analiza prospekcji wybranych rejonów niecki miechowskiej”, finansowanego przez WGGiOŚ. Do jego realizacji wykorzystano oprogramowanie interpretacyjne przekazane Wydziałowi Geofizyki, Geologii i Ochrony Środowiska AGH przez Landmark Graphics Corporation w ramach programu wspierania badań naukowych uniwersytetów (Agreement No. 2003-COM-020272).

LITERATURA

- BARBACKI A.P., 2001 – Geologiczne warunki występowania wód geotermalnych na obszarze Małopolski. IV Seminarium nt. Energia geotermalna w Małopolsce – dziś i jutro. Bukowina Tatrzańska.
- BARBACKI A.P., 2004 – Zbiorniki wód geotermalnych niecki miechowskiej i środkowej części zapadliska przedkarpackiego. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- BARBACKI A.P., BUJAKOWSKI W., PAJAŁ L., 2006 – Zbiornik kredy górnej. W: Atlas zbiorników wód geotermalnych Małopolski (red. R. Ney): 30–31. IGSMiE PAN, Kraków.
- BARBACKI A.P., KAZANOWSKA A., 2001 – Cenomańskie wody geotermalne zapadliska przedkarpackiego i obszarów przyległych. *Prz. Geol.*, **49**, 6: 544–550.
- BUJAKOWSKI W., KĘPIŃSKA B., NEY R., MALENTA Z., KOZŁOWSKI T., 2006 – Opis funkcjonujących instalacji geotermalnych w Polsce. W: Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niziu Polskim (red. W. Górecki): 44–50.
- BURZEWSKI W., 1969 – Strukturalne warunki jury olkuszko-wolbromskiej jako brzegowe dla hydrodynamiki złóż naftowych niecki niżańskiej. *Pr. Geol. PAN*, **61**: 5–85.
- GÓRECKI W. (red.), 2006 – Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niziu Polskim. Kraków.
- GÓRECKI W., PAPIERNIK B., MAĆKOWSKI T., ŁAPINKIEWICZ A.P., RIECHER B., KOTARBA M., KOSAKOWSKI P., KOWALSKI A., SMOLARSKI L., ŚLIŹ K., 2001 – Geologiczne i generacyjno-akumulacyjne uwarunkowania występowania złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w niecce miechowskiej – analiza, reprocessing i reinterpretacja w systemie Promax i StrataModel. Arch. ZSE AGH.
- HAKENBERG M., 1986 – Alb i cenoman w niecce miechowskiej. *Stud. Geol. Pol.*, **136**: 57–85.
- JAWOR E., 1970 – Wgłębna budowa geologiczna na wschód od Krakowa. *Acta Geol. Pol.*, **20**, 4: 709–769.
- JAWOR E., BARAN U., 2001 – Piaskowce cenomanu rozpoznanie i perspektywy poszukiwawcze. *Nafta-Gaz*, **2**: 79–97.
- JAWOR E., BARAN U., GRYZ W., 1999 – Analiza zbiornika cenomańskiego pod kątem wykształcenia litologicznego utworów i ich nasycenia w obszarze pomiędzy południkiem Krakowa i Tarnowa. Arch. PGNiG. Kraków.
- JAWOR E., JAWOR W., 1989 – Perspektywy poszukiwawcze w piaskowcach cenomanu na przykładzie złoża gazu ziemnego Ryłowa. *Nafta*, **1–3**: 3–9.
- JURKA-WANTUCH A., RATAJSKA E., POŁTOWICZ S., 1995 – Analiza geologiczno-geofizyczna utworów mezozoicznych w rejonie: Pińczów–Słomniki–Kazimierza Wielka. Arch. PGNiG, Kraków.
- JURKA-WANTUCH A., RATAJSKA E., POŁTOWICZ S., 1998 – Analiza geologiczno-geofizyczna i ocena perspektywiczności utworów mezozoicznych w rejonie Kostki Małe–Zagość–Radzanów. Arch. PGNiG, Kraków
- KRAWCZYK J., MATEŃKO T., MĄDRY J., PORWISZ B., 1999 – Wody lecznicze Buska Zdroju w świetle dotychczasowych badań. W: Współczesne problemy hydrogeologii, t. 9: 159–164. Państw. Inst. Geol., Warszawa – Kielce.
- OSZCZYPKON., TOMAŚ A., 1976 – Kredowe poziomy wodonośne przedgórza Karpat. *Geologia*, **2**, 4: 79–89.
- PAPIERNIK B., ŁAPINKIEWICZ P., GÓRECKI W., 2006 – Ropogazoność niecki miechowskiej w świetle dotychczasowych badań geologicznych jednostki. *Tech. Poszuk. Geol.*, **238**, 2: 17–22.
- PAPIERNIK B., ŁAPINKIEWICZ P., GÓRECKI W., 2007 – Petrofizyczne uwarunkowania ropogazoności utworów dewonu i karbonu w południowej części niecki miechowskiej w świetle wyników modelowań komputerowych. *Geologia*, **33**, 4: 341–374.
- ROCNiK Demograficzny 2006. Stan w dniu 31.XII. 2005 r. ZWS, Warszawa.
- SZCZEPAŃSKI A., MIECZNIK J., ZUBER A., 1988 – Określenie rejonów perspektywicznych dla ujęcia wód mineralnych w rejonie Buska-Zdroju wraz z projektem badań dla ustalenia ich genezy. Arch. Uzdrowisko Busko-Solec.
- SZCZEPAŃSKI A., PORWISZ B., 2007 – Lecznicze wody siarczkowe z miejscowości Las Winiarski k. Buska-Zdroju. Mat. III Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Geologia stosowana i ochrona środowiska”: 97–112. Suchedniów.