



IGSMiE PAN

WOJEWÓDZTWO MAŁOPOLSKIE
POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GOSPODARKI SUROWCAMI MINERALNYMI i ENERGIA
NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA i GOSPODARKI WODNEJ

ATLAS ZBIORNIKÓW WÓD GEOTERMALNYCH* MAŁOPOLSKI

ATLAS OF GEOTHERMAL WATER RESERVOIRS IN MAŁOPOLSKA



Województwo
Małopolskie

Antoni P. BARBACKI, Wiesław BUJAKOWSKI, Leszek PAJĄK



Dofinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU OCHRONY
ŚRODOWISKA i GOSPODARKI WODNEJ

** Wody geotermalne - termin powszechnie stosowany
w kraju i za granicą, uznany za równoważny z terminem
wody termalne, określonym Ustawą Prawo Geologiczne
i Górnicze (Dz. U. Nr 27, z 1994 r.)*

KRAKÓW 2006

Redaktor naukowy: prof. dr hab. inż. Roman Ney

Współpracownicy: Sławomir Graczyk, Grażyna Hołojuch, Beata Kępińska, Marcin Pussak, Agnieszka Sadowska

Redaktor Wydawnictwa: Marta Komarowska

Redakcja techniczna: Barbara Sudoł

Opracowanie graficzne rycin, projekt okładki i stron tytułowych: Marcin Pussak

Tłumaczenie na język angielski: Wojciech Mayer, David Toft

Adres redakcji:

Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN
31-261 Kraków, ul. J. Wybickiego 7, tel.: +48 (12) 632 33 00

© Copyright by Autorzy

© Copyright by Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN

Wszelkie prawa zastrzeżone. Przy publikowaniu danych niniejszego opracowania prosimy o podanie źródła

ISBN: 83-89174-73-1

IGSMiE PAN, Kraków 2006

Nakład 500 egz. Wydanie 1

Druk: Zakład Poligraficzny "ROMA-POL" – Stefan Pałka, ul. J. Wybickiego 7, Kraków

Racjonalne wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych jest jednym z istotnych komponentów zrównoważonego rozwoju. Wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie paliwowo-energetycznym przyczynia się do poprawy efektywności wykorzystania i oszczędzania zasobów surowców energetycznych, poprawy stanu środowiska poprzez redukcję zanieczyszczeń do atmosfery i wód oraz redukcję ilości wytwarzanych odpadów.

Odnawialne źródła energii mogą stanowić istotny udział w bilansie energetycznym. Mogą przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa regionu, a zwłaszcza do poprawy zaopatrzenia w energię na terenach o słabo rozwiniętej infrastrukturze energetycznej. Odnawialne źródła energii to także nowe miejsca pracy.

W uchwalonej przez Sejmik Województwa Małopolskiego w dniu 30 stycznia 2006 r. „Strategii Rozwoju Województwa Małopolskiego na lata 2007–2013” jednym z kierunków jest ochrona powietrza i zwiększenie wykorzystania niekonwencjonalnych źródeł energii. Zapis ten został doprecyzowany w Programie Ochrony Środowiska Województwa Małopolskiego na lata 2005–2012, gdzie ochrona powietrza poprzez m.in. zwiększanie wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w szczególności energii geotermalnej oraz wodnej, została uznana za priorytet polityki ekologicznej Małopolski.

Podziemne wody termalne jako czysty ekologicznie nośnik energii mogą odegrać znaczącą rolę w wielu rejonach województwa małopolskiego. Dlatego Województwo Małopolskie na przestrzeni ostatnich lat zleciło szereg opracowań z zakresu rozpoznania potencjału źródeł tych wód w regionie.

Niniejszy Atlas jest zwieńczeniem przeprowadzonych badań. Stanowi kompendium wiedzy na ten temat i swego rodzaju przewodnik dla potencjalnych inwestorów. Liczę, że pomoże w podjęciu działań inwestycyjnych wykorzystujących podziemne wody termalne w ciepłownictwie czy też rekreacji.

Janusz Sepioł
Marszałek Województwa Małopolskiego

Województwo małopolskie leży na obszarze o zróżnicowanej budowie geologicznej. Nakładają się tu na siebie różne jednostki geologiczne, co powoduje dużą zmienność warunków hydrogeologicznych i geotermalnych.

Autorzy Atlasu przeanalizowali wyniki wierceń, a także opracowania dotyczące hydrogeologii, i na tej podstawie wyodrębnili osiem zbiorników wód podziemnych, które są równocześnie zbiornikami wód termalnych o zróżnicowanej wydajności i entalpii. Na tej bazie wykonano mapy obrazujące występowanie poszczególnych zbiorników wód termalnych z podaniem ich charakterystyki.

Należy mieć świadomość, że pozyskane informacje z poszczególnych wierceń są ograniczone nie tylko w aspekcie hydrogeologicznym, ale szczególnie mało jest wiarygodnych danych geotermalnych. Wynika to z ograniczonych zakresów opróbowań tych otworów, które miały inne zadanie, głównie dotyczące rozpoznania naftowego. Pomimo tego zestawienie Atlasu jest opracowaniem nowatorskim, które będzie pomocne przy wyborze miejsca budowy instalacji geotermalnych.

Energia geotermalna jest czysta ekologicznie i jest niezależna zarówno od zmian klimatycznych, jak i od pory roku oraz doby, może zatem być wykorzystywana przez cały rok na optymalnym poziomie.

Sądzę, że pożyteczne byłoby opracowanie analogicznych atlasów dla poszczególnych województw.

Prof. dr hab. inż. Roman Ney
członek rzeczywisty PAN

The rational use of energy from renewable sources is one of the key components of sustainable development. An increase in the share of renewable energy sources in the fuel-energy mix will contribute to improving effectiveness in the use and conservation of energy raw materials, improving the state of the environment by reducing atmospheric and water pollution and reducing the amount of solid waste generated.

Renewable energy sources may make a significant contribution to the energy balance. They may also contribute to increasing regional security and especially to improving the supply of energy to areas with poorly developed energy infrastructures. Renewable energy sources also mean new jobs.

Air protection and increasing the use of non-conventional energy sources are two key components of the Development Strategy of the Malopolska Voivodship for 2007-2013 that was passed by the Malopolska Regional Sejmik (Parliament) on 30 January 2006. This entry was made more precise in the Malopolska Voivodship Environmental Protection Programme for 2005-2012, in which air protection through, inter alia, an increase in the use of renewable energy sources, in particular geothermal and hydro energy, was acknowledged as a priority in the Malopolska environmental policy.

Underground thermal water as an environmentally clean energy carrier may play an important role in many areas of the Malopolska Voivodship. For this reason, over the past few years the Malopolska Voivodship has commissioned a series of studies investigating the potential of thermal water in the region.

This Atlas is the culmination of this research and constitutes a compendium of knowledge on the topic, as well as a kind of guidebook for potential investors. I trust that it will be helpful in making investment decisions on using thermal ground water in heating systems or for recreation.

*Janusz Sepiół
Marshal of the Malopolska Region*

The Malopolska Voivodship is an area of diverse geological structure, which resulted from the overlapping of various structural units. This, in turn, caused highly diverse hydrogeological and geothermal conditions.

The authors analysed results of drillings and hydrogeological projects. In conclusion, eight groundwater aquifers were distinguished, which are simultaneously geothermal aquifers of diversified discharge and enthalpy.

These data served as the basis for the construction of maps illustrating the distribution of geothermal water aquifers and providing their description.

It must be emphasised that information gained from particular drillings was limited not only in its hydrogeological aspect, but also due to the lack of credible geothermal data. This is due to the narrow range of well tests conducted mainly for petroleum exploration purposes.

Despite these limitations, the Atlas is an innovative project and will be suitable for location decisions for geothermal installations.

Geothermal energy is environmentally clean and independent from either climatic change or the time of day. Thus, it can be utilised at an optimal level throughout the year.

The authors subscribe to the opinion that similar Atlases prepared for all voivodships would be of great value.

*Prof. Roman Ney
Full Member of the Polish Academy of Sciences*

SPIS TREŚCI

Od Autorów	6
Spis tabel.....	7
Spis rycin	7
Wprowadzenie – informacje ogólne.....	9
1. Wody termalne w jednostkach geologicznych małopolski	15
2. Zbiorniki paleozoiczne (ryc. 2.1–2.3, tab. 1).....	19
3. Zbiornik triasowy (ryc. 3.1–3.4, tab. 2).....	22
4. Zbiornik jury środkowej (doggeru) (ryc. 4.1–4.6, tab. 3).....	25
5. Zbiornik jury górnej (malmu) (ryc. 5.1–5.4, tab. 4).....	27
6. Zbiornik kredy górnej (cenomanu) (ryc. 6.1–6.5, tab. 5).....	30
7. Zbiornik kredy górnej (senonu) (ryc. 7.1, tab. 6)	32
8. Zbiorniki paleogeńsko-mezozoiczne Karpat (ryc. 1.4, 1.5, 3.1–3.4, tab. 7)	34
9. Zbiornik mioceni (ryc. 8.1–8.2, tab. 8)	36
Bibliografia	40

CONTENTS

From the Authors	6
List of tables	7
List of figures	7
Introduction and general information	9
1. Thermal waters in the geological units of the Malopolska Voivodship	15
2. The Paleozoic aquifers (Fig. 2.1–2.3, Tab. 1).....	19
3. The Triassic aquifer (Fig. 3.1–3.4, Tab. 2).....	22
4. The Middle Jurassic (Dogger) aquifer (Fig. 4.1–4.6, Tab. 3).....	25
5. The Upper Jurassic aquifer (Malmian) (Fig. 5.1–5.4, Tab. 4).....	27
6. The Upper Cretaceous (Cenomanian) aquifer (Fig. 6.1–6.5, Tab. 5).....	30
7. The Upper Cretaceous (Senonian) aquifer (Fig. 7.1, Tab. 6)	32
8. The Paleogene-Mesozoic aquifers in the Carpathians (Fig. 1.4, 1.5, 3.1–3.4, Tab. 7).....	34
9. The Miocene aquifer (Fig. 8.1–8.2, Tab. 8)	36
Bibliography	40

Od Autorów

Prace badawcze i wdrożeniowe prowadzone w Polsce od połowy lat osiemdziesiątych ubiegłego stulecia doprowadziły do uruchomienia do chwili obecnej pięciu instalacji geotermalnych wykorzystujących wody o temperaturze ponad 25°C (w Pyrzycach, Mszczonowie, Uniejowie i Stargardzie Szczecińskim oraz największa obszarowo instalacja ciepłownicza na Podhalu), kilku instalacji wykorzystujących wody podziemne o temperaturze poniżej 25°C (np. w Słomnikach) oraz kilkuset instalacji wykorzystujących ciepło gruntu w pompach ciepła.

Według danych na koniec 2005 roku zainstalowana moc cieplna wszystkich zakładów geotermalnych, włączając instalacje pomp ciepła, wynosiła w Polsce około 210 MW_t, z czego blisko połowa (100 MW_t) zabezpieczana jest z energii geotermalnej, pozostała część (110 MW_t) pochodzi z gazu, oleju opałowego i energii elektrycznej. Tradycyjne nośniki energii wykorzystywane są do napędu pomp absorpcyjnych (gaz) i sprężarkowych (energia elektryczna) oraz w źródłach szczytowych jak kotły gazowe i olejowe, a także w agregatach kogeneracyjnych (gaz) wytwarzających energię cieplną i elektryczną. Całkowita ilość energii wytwarzanej rocznie z tych instalacji oceniana jest na ponad 1100 TJ.

Pomimo tego, że ponad 2/3 powierzchni Polski uznawane jest za perspektywiczne w aspekcie możliwości technologicznych zagospodarowania potencjału geotermalnego, stopień jego wykorzystania jest relatywnie niewielki. Jedną z barier jest słaba znajomość warunków geotermalnych i potencjału geoenergetycznego w konkretnej lokalizacji danego województwa.

Mamy nadzieję, że niniejszy Atlas podniesie poziom wiedzy i przyczyni się do przyspieszenia realizacji programu wykorzystania energii geotermalnej w województwie małopolskim i jednocześnie będzie przydatnym narzędziem w rękach lokalnych liderów samorządowych oraz potencjalnych inwestorów.

Biorąc pod uwagę stopień szczegółowości i zakres prac związanych z wykonywaniem Atlasu oraz jakość wykorzystanych danych, jesteśmy świadomi możliwości wystąpienia w nim pewnych niedociągnięć. Wraz z napływem danych pochodzących z nowych badań i otworów geotermalnych przedstawione w Atlasie oceny mogą być weryfikowane. Mamy nadzieję, że publikacja ta przybliży problematykę geotermalną oraz wskaże miejsca i kierunki dla jej rozwoju, a także zachęci do wykorzystania posiadanych zasobów przyspieszając rozwój gospodarczy regionu.

Atlas opracowano na zlecenie Województwa Małopolskiego reprezentowanego przez Zarząd Województwa Małopolskiego, w imieniu którego działali: Andrzej Sasuła – Wicemarszałek Województwa Małopolskiego i Andrzej Masny Dyrektor Departamentu Środowiska i Rozwoju Wsi. Atlas wykonano w oparciu o „Studium występowania i możliwości zagospodarowania energii wód geotermalnych horyzontów wodonośnych: neogenu, paleogenu, kredy (bez cenomanu), jury, triasu oraz paleozoiku w województwie małopolskim” wykonanego w Instytucie Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, w którym wykorzystano dane pochodzące z Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa S.A. (PGNiG), Państwowego Instytutu Geologicznego (PIG) oraz Geofizyki–Kraków Sp. z o.o.

Tą drogą Autorzy dziękują Panom Józefowi Chowańcowi z PIG i Adamowi Górcze z PGNiG S.A. oraz Ryszardowi Myszcze z Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska za życzliwą pomoc i merytoryczne wskazówki.

From the Authors

Basic and applied studies conducted in Poland since the mid-1980s led to the opening of five geothermal installations based on water at temperatures over 25°C (Pyrzyce, Mszczonow, Uniejow and Stargard Szczeciński as well as the largest (in terms of surface area) heating installation in Podhale), several others utilising water at temperatures below 25°C (*e.g.*, Słomniki) and hundreds of installations taking advantage of the thermal energy in soils by using heat pumps.

According to data for the end of 2005, the installed capacity of all geothermal plants (including heat pumps) amounted to 210 MW_t in which nearly 100 MW_t originated from geothermal energy and the remaining 110 MW_t were provided by gas, fuel oil and electricity. Conventional energy sources were applied to drive the absorption (gas) and compression (electricity) pumps as well as for peak-demand (gas- and oil-fired boilers) and heat-and-power generators. The estimated total amount of energy generated by these installations exceeds 1,100 TJ.

Despite the fact that two-thirds of Poland is regarded as having prospective geothermal potential, the use of geothermal energy is relatively low. One of the barriers to its wider use is insufficient recognition of the geothermal conditions and geoenergetical potential of particular sites within voivodships.

The authors hope that this “Atlas...” will increase general knowledge and accelerate the programme of geothermal energy use in the Malopolska Voivodship. At the same time, it will serve as a useful tool for local authorities and potential investors.

Taking into account the level of circumstantiality, the scope of the “Atlas...” and the quality of data, the authors are aware of possible imperfections. The evaluations presented in the “Atlas...” can be verified as the results of new research and drilling projects become available. The authors hope that this publication will serve to spread knowledge as well as inspire new directions for study and new locations, and will encourage local communities to develop geothermal energy resources in order to improve the economic conditions.

This “Atlas...” was prepared on commission from the Malopolska Voivodship (Region) represented by the Board of the Malopolska Region; acting on its behalf were: Mr. Andrzej Sasuła, Deputy Marshal of the Malopolska Region and Mr. Andrzej Masny, Director of the Environmental and Rural Development Department. The “Atlas...” was prepared under contract with the authorities of the Malopolska Voivodship. It was based upon the “Study on the occurrence and possible utilization of geothermal water horizons in Neogene, Paleogene, Cretaceous (excluding Cenomanian), Jurassic, Triassic and Paleozoic strata” conducted at the Mineral and Energy Economy Research Institute of the Polish Academy of Sciences. Data were provided by the Polish Oil and Gas Company (POGC), Geofizyka–Krakow and the Polish Geological Institute (PGI).

The authors are grateful to Dr. Jozef Chowanec from the PGI, Mr. Adam Gorka from the POGC and to Mr. Ryszard Myszcza from Chief Inspectorate of Environmental Protection for their kind help and scientific advice.

SPIS TABEL

- Tabela 1. Wybrane parametry hydrogeotermalne zbiorników paleozoicznych podłoża niecki miechowskiej i zapadliska przedkarpackiego łącznie ze zbiornikiem permskim (na podstawie danych PIG, PGNiG S.A.)
- Tabela 2. Wybrane parametry hydrogeotermalne zbiornika triasowego na obszarze niecki miechowskiej i zapadliska przedkarpackiego (na podstawie danych PIG, PGNiG S.A., prac: Oszczytko 1981, Pich 1978)
- Tabela 3. Wybrane parametry hydrogeotermalne zbiornika doggerskiego na obszarze niecki miechowskiej i zapadliska przedkarpackiego (na podstawie danych PGNiG S.A., PIG)
- Tabela 4. Wybrane parametry hydrogeotermalne zbiornika górnej jury w strefach samowypływów na obszarze zapadliska przedkarpackiego i niecki miechowskiej (na podstawie danych PIG, PGNiG S.A., prac: Kruczek 1972, Oszczytko i Tomasz 1978)
- Tabela 5. Wybrane parametry hydrogeotermalne zbiornika cenomańskiego na obszarze zapadliska przedkarpackiego i niecki miechowskiej (na podstawie danych PIG, PGNiG S.A., prac: Oszczytko i Tomasz 1978, Jawor 1999, Gryz i Kozień-Królikowska 1999)
- Tabela 6. Wybrane parametry hydrogeotermalne zbiornika kredy górnej (senon) na obszarze niecki miechowskiej i zapadliska przedkarpackiego (na podstawie danych PIG, PGNiG S.A.)
- Tabela 7. Wybrane parametry hydrogeotermalne zbiorników paleogeńsko-mezozoicznych Karpat (wg Chowaniec, Witek 2003)
- Tabela 8. Wybrane parametry hydrogeotermalne zbiornika miocenińskiego na obszarze środkowej części zapadliska przedkarpackiego (na podstawie danych PGNiG S.A.)
- Tabela 9. Zestawienie stref-gmin Małopolski ze stwierdzonymi przypiływami wód termalnych o wartościach powyżej 20 m³/h lub z samowypływami wód termalnych

SPIS RYCIN

- Rycina 1.1. Główne jednostki geologiczne województwa małopolskiego
- Rycina 1.2. Przekrój geologiczny przez rejon Włoszczowa – Brzesko (wg danych otworowych PGNiG S.A. i PIG; lokalizacja por. ryc. 1.1, przekrój A–A: przewyższenie 6-krotne)
- Rycina 1.3. Wydzielone kompleksy geologiczne jako zbiorniki wód podziemnych – obszar pozapodhalański (przewyższenia 6-krotne)
- Rycina 1.4. Przekrój geologiczny przez zbiornik podhalański – schemat zasilania i przepływu wód podziemnych (wg Chowaniec i Witek 2003; lokalizacja por. ryc. 1.1)
- Rycina 1.5. Rozkład strumienia cieplnego i rozmieszczenie otworów z wodami termalnymi Karpat na tle jednostek tektonicznych (wg Chowaniec i Witek 2003)
- Rycina 2.1. Szkic powierzchni utworów paleozoiku (lokalnie prekambriu) na obszarze województwa małopolskiego (wg Jawor 1970, Moryc 1971, Jurkiewicz 1975 i danych PGNiG S.A.)
- Rycina 2.2. Szkic strukturalny stropu utworów paleozoiku (lokalnie prekambriu) na obszarze województwa małopolskiego
- Rycina 2.3. Mapa temperatur w stropie zbiornika dewonu na obszarze województwa małopolskiego

LIST OF TABLES

- Table 1. Selected hydrogeothermal parameters of the Paleozoic aquifers of the basement of the Miechow Trough and the Carpathian Foredeep including the Permian aquifer (based on data derived from the PGI and the POGC)
- Table 2. Selected hydrogeothermal parameters of the Triassic aquifer of the Miechow Trough and the Carpathian Foredeep (based on data obtained from the PGI and the POGC, after Oszczytko 1981, Pich 1978)
- Table 3. Selected hydrogeothermal parameters of the Dogger aquifer of the Miechow Trough and the Carpathian Foredeep (based on data obtained from the POGC and the PGI)
- Table 4. Selected hydrogeothermal parameters of the Upper Jurassic aquifer in the artesian outflow zones of the Carpathian Foredeep and the Miechow Trough (based on data obtained from the PGI and the POGC, after Kruczek 1972, Oszczytko and Tomasz 1978)
- Table 5. Selected hydrogeothermal parameters of the Cenomanian aquifer of the Carpathian Foredeep and the Miechow Trough (based on data obtained from the PGI and the POGC, after Oszczytko and Tomasz 1978, Jawor 1999, Gryz and Kozien-Krolikowska 1999)
- Table 6. Selected hydrogeothermal parameters of the Late Cretaceous (senonian) aquifer of the Miechow Trough and the Carpathian Foredeep (based on data obtained from the PGI and the POGC)
- Table 7. Selected hydrogeothermal parameters of the Paleogene-Mesozoic aquifers of the Carpathians (after Chowaniec and Witek 2003)
- Table 8. Selected hydrogeothermal parameters of the Miocene aquifer in the central part of the Carpathian Foredeep (based on data obtained from the POGC)
- Table 9. Malopolska Voivodship communes with thermal water inflows above 20 m³/h or artesian thermal water flows

LIST OF FIGURE

- Figure 1.1. Main geological units of the Malopolska Voivodship
- Figure 1.2. Geological cross-section through Włoszczowa – Brzesko area (after POGC and PGI well-data, location in Fig. 1.1, line A–A, exaggeration 6×)
- Figure 1.3. Selected geological formations as groundwater aquifers – the outside-Podhale region (exaggeration 6×)
- Figure 1.4. Geological cross-section through the Podhale aquifer – recharge and flow patterns of groundwaters (after Chowaniec and Witek 2003; for location see Fig. 1.1)
- Figure 1.5. Distribution of the heat-flow density and the location of wells with thermal water related to the Carpathian tectonic units (after Chowaniec and Witek 2003)
- Figure 2.1. Sketch map of top surface of Paleozoic surface formations (locally Precambrian) in the Malopolska Voivodship area (after Jawor 1970, Moryc 1971, Jurkiewicz 1975 and POGC data)
- Figure 2.2. Structural sketch map of the top surface of Paleozoic (locally Precambrian) formations in the Malopolska Voivodship

Rycina 3.1. Mapa strukturalna powierzchni stropowej triasu na obszarze województwa małopolskiego (poza zasięgiem triasu powierzchnia paleozoiku; wg danych PGNiG S.A., PIG i Moryc 1971, Jurkiewicz 1974)

Rycina 3.2. Mapa pola hydrodynamicznego triasowego zbiornika wód podziemnych na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 3.3. Mapa uśrednionych temperatur wód zbiornika triasowego na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 3.4. Mapa mineralizacji wód zbiornika triasowego na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 4.1. Mapa miąższościowa piaszczystych utworów doggeru na obszarze województwa małopolskiego (wg danych PGNiG S.A., PIG i Jawor 1970)

Rycina 4.2. Mapa strukturalna powierzchni stropowej piaszczystych utworów doggeru na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 4.3. Wybrane czasowe sekcje sejsmiczne z rejonu Miechowa (C–C) i Proszowic (D–D, E–E, F–F)

Rycina 4.4. Mapa pola hydrodynamicznego doggerskiego zbiornika wód podziemnych na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 4.5. Mapa temperatur zbiornika doggerskiego na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 4.6. Mapa mineralizacji wód zbiornika doggerskiego na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 5.1. Mapa strukturalna powierzchni stropowej utworów jury górnej na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 5.2. Mapa pola hydrodynamicznego górnourajskiego zbiornika wód podziemnych na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 5.3. Mapa uśrednionych temperatur zbiornika górnourajskiego na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 5.4. Mapa mineralizacji wód stropowej części zbiornika górnourajskiego na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 6.1. Mapa miąższościowa utworów górnej kredy (cenomanu) na obszarze województwa małopolskiego (wg danych PGNiG S.A. oraz prac: Jawor 1970, 1999, 2001 – zmodyfikowane)

Rycina 6.2. Mapa strukturalna powierzchni spągowej górnej kredy (cenomanu) na obszarze województwa małopolskiego (wg danych PGNiG S.A., PIG; poza zasięgiem cenomanu – powierzchnia górnourajska)

Rycina 6.3. Mapa pola hydrodynamicznego górnokredowego (cenomańskiego) zbiornika wód podziemnych na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 6.4. Mapa temperatur wód zbiornika górnokredowego (cenomanu) na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 6.5. Mapa mineralizacji wód zbiornika górnokredowego (cenomanu) na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 7.1. Mapa strukturalna powierzchni stropowej utworów górnej kredy (senonu) na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 8.1. Mapa występowania zbiornikowych kompleksów miocenu na obszarze województwa małopolskiego

Rycina 8.2. Zestawienie danych dla wybranego miocenijskiego kompleksu piaskowcowego z rejonu Gdowa: A) mapa strukturalna stropu, B) mapa miąższościowa, C) przekrój geologiczny (wg danych PGNiG S.A.)

Rycina 9.1. Gminy z obszarami perspektywnymi dla wykorzystania energii geotermalnej (zestawione w tabeli 9 i na diagramie 1)

Diagram 1. Diagram energetycznej klasyfikacji gmin z obszarami perspektywnymi dla wykorzystania energii geotermalnej według kryterium temperaturowego

Figure 2.3. Temperature map of waters in the top part of Devonian aquifer in the Malopolska Voivodship

Figure 3.1. Structural map of the top surface of Triassic formations in the Malopolska Voivodship (areas outside Triassic contour belong to Paleozoic formation; after POGC, PGI data and Moryc 1971, Jurkiewicz 1974)

Figure 3.2. Hydrodynamic field map of the Triassic aquifer in the Malopolska Voivodship

Figure 3.3. Map of average temperature of groundwaters in the Triassic aquifer in the Malopolska Voivodship

Figure 3.4. Water mineralization map of the Triassic aquifer in the Malopolska Voivodship

Figure 4.1. Isopach map of Dogger sandstones formation in the Malopolska Voivodship (after POGC, PGI data and Jawor 1970)

Figure 4.2. Structural map of the top surface of Dogger sandstones formation in the Malopolska Voivodship

Figure 4.3. Selected seismic time cross-sections from Miechow (C–C) and Proszowice (D–D, E–E, F–F) areas

Figure 4.4. Hydrodynamic field map of Dogger aquifer in the Malopolska Voivodship

Figure 4.5. Temperature map of the Dogger aquifer in the Malopolska Voivodship

Figure 4.6. Mineralization map of Dogger groundwaters in the Malopolska Voivodship

Figure 5.1. Structural map of the top surface of Upper Jurassic formation in the Malopolska Voivodship

Figure 5.2. Hydrodynamic field map of Upper Jurassic aquifer in the Malopolska Voivodship

Figure 5.3. Map of average temperature of Upper Jurassic aquifer in the Malopolska Voivodship

Figure 5.4. Mineralization map of groundwater uppers in the top part of Jurassic aquifer in the Malopolska Voivodship

Figure 6.1. Isopach map of Upper Cretaceous (Cenomanian) formation in the Malopolska Voivodship (after POGC data and Jawor 1970, 1999, 2001 – modified)

Figure 6.2. Structural map of the Upper Cretaceous (Cenomanian) bottom surface in the Malopolska Voivodship (after POGC and PGI data; area outside the contour of the Cenomanian formation are Upper Jurassic strata)

Figure 6.3. Hydrodynamic field map of Upper Cretaceous (Cenomanian) aquifer in the Malopolska Voivodship

Figure 6.4. Temperature map of Upper Cretaceous (Cenomanian) aquifer in the Malopolska Voivodship

Figure 6.5. Mineralization map of groundwaters in Upper Cretaceous (Cenomanian) aquifer in the Malopolska Voivodship

Figure 7.1. Structural map of the top surface of Upper Cretaceous (Senonian) formation in the Malopolska Voivodship

Figure 8.1. Map of Miocene reservoir complexes in the Malopolska Voivodship

Figure 8.2. Data compilation for selected Miocene sandstone complexes from the Gdow area: A) structural map of top surface, B) isopachyte map, C) geological cross-section (after POGC data)

Figure 9.1. Communes with prospective areas for geothermal energy utilization (compiled in table 9 and diagram 1)

Diagram 1. Diagram of energetic classification of communes with prospective areas for geothermal energy utilization according to temperature criterion