

Zastosowanie technik cyfrowej kartografii wglębnej do rozpoznania potencjału geotermalnego zapadliska przedkarpackiego

Anna Sowizdzał¹



Application of digital subsurface mapping to identify geothermal potential of the Carpathian Foredeep.
Prz. Geol., 62: 842–845.

Abstract. For many years the Department of Fossil Fuels at the Faculty of Geology, Geophysics and Environment Protection, AGH University of Science and Technology, has conducted the fundamental research and implementation work, including selection of optimum areas for utilization of geothermal water and energy for practical purposes. Recapitulation of the studies was published in the form of Geothermal Atlases of the Polish Lowlands (Górecki, 1990, 1995, 2006) and the Western Carpathians (Górecki, 2011). In 2012 the Geothermal Atlas of the Carpathian Foredeep (Górecki, 2012) was published, which constitute a comprehensive and exhaustive source of information on the occurrence and utilization of geothermal waters and energy in Carpathian Foredeep. Atlas represents a result of interdisciplinary, constructive cooperation of specialists from various fields of science. The 11 selected geothermal aquifers were characterized from the point of view of geological setting, extent, depth and thickness of the aquifers, water temperature and mineralization, discharge of hydrogeological intakes and reservoir properties. Results of the research allowed to calculate geothermal resources and indicate the best locations for variety of utilization: balneotherapeutic, recreation and heating. Atlas contains 214 graphic attachments, most of which are maps as a result of geological modeling carried out. The paper presents example of integrated digital subsurface mapping to identify geothermal potential of the Carpathian Foredeep.

Keywords: geothermal potential, hydrogeothermal parameters, Carpathian Foredeep

W Katedrze Surowców Energetycznych na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska w Akademii Górniczo-Hutniczej od wielu lat prowadzi się badania podstawowe i prace wdrożeniowe, obejmujące wybór optymalnych stref do wykorzystania wód i energii geotermalnej do celów użytkowych. Podsumowaniem tych badań było opracowanie Atlasów geotermalnych dla Niziny Polskiej (Górecki, 1990, 1995, 2006) i Karpat Zachodnich (Górecki, 2011). W 2012 r. wydano Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego (Górecki, 2012), stanowiący wszechstronne źródło informacji o występowaniu oraz możliwościach eksploatacji wód geotermalnych na obszarze zapadliska przedkarpackiego.

Atlas, będący efektem prac wielu zespołów badawczych, jest przykładem interdyscyplinarnej współpracy specjalistów z różnych dziedzin nauki. Wyszczególnione zbiorniki geotermalne zostały scharakteryzowane pod kątem budowy geologicznej, zasięgu i głębokości zalegania poziomów wodonośnych, miąższości, temperatur i mineralizacji wód, wydajności otworów wiertniczych, a także parametrów skał zbiornikowych (porowatości, przepuszczalności, zailenia). Przeprowadzona charakterystyka zbiorników hydrogeotermalnych umożliwiła kalkulacje zasobów geotermalnych oraz wytypowanie lokalizacji perspektywicznych do ich zagospodarowania w różnorodnych celach: balneoterapeutycznych, rekreacyjnych, a także ciepłowniczych. Celem pracy jest przedstawienie sposobu integracji modeli geologicznych w celu oceny potencjału geotermalnego zapadliska przedkarpackiego, jak również prezentacja najważniejszych rezultatów badań geotermalnych w tym rejonie.

KONTEKST GEOLOGICZNY

Zapadlisko przedkarpackie, genetycznie związane z najmłodszą jednostką geologiczną Polski – Karpatami fli-

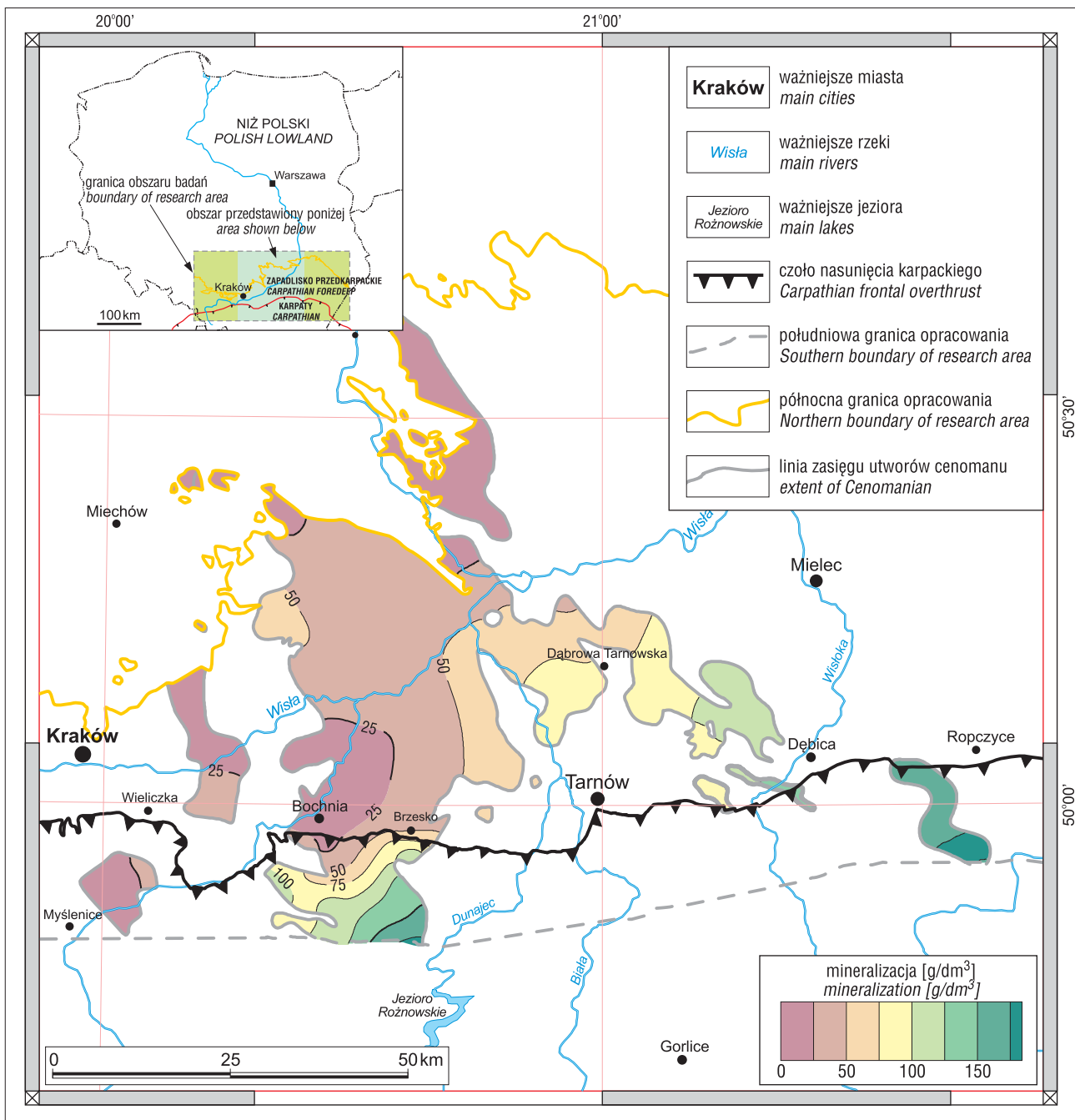
szowymi, jest wypełnione osadami molassy miocenijskiej o miąższości od kilkuset do około 3000 m, są to łupki, mułowce i piaskowce. Wyraźna, południowa granica zapadliska przedkarpackiego jest wyznaczona przez krawędź nasuniętych Karpat, chociaż zróżnicowane miąższości miocenu występują również pod nasunięciem karpackim. Z tego względu południowa granica obszaru analizowanego w niniejszym opracowaniu występuje około 15 km na południe od granicy nasunięcia karpackiego.

Maksymalne miąższości utworów miocenu występują na południu, u czoła nasunięcia karpackiego, i maleją ku północy. W przekroju podłużnym podniesienie podłoża prekambryjsko-paleozoicznego, tzw. rygiel krakowski, dzieli zapadlisko na nierówne części: większą jako zapadlisko wschodnie i mniejszą jako zapadlisko zachodnie. Podłożem zapadliska w jego części wschodniej są ścięte erozyjnie i zróżnicowane wiekowo utwory platformy zachodnioeuropejskiej wieku prekambryjsko-paleozoicznego (strefa miechowsko-rzeszowska) oraz mezozoik (niecka miechowska). W części zachodniej podłożem to stanowią kompleksy skał mezozoicznych oraz głównie paleozoicznych (karbońskich) niecki górnośląskiej, spoczywające na prekambryjskich skałach metamorficznych bloku górnośląskiego. Analizowany w atlasie obszar obejmuje około 24 400 km². Badaniom poddano prawie cały rejon zapadliska przedkarpackiego z wyłączeniem fragmentu części zachodniej, dla której nie dysponowano informacją geologiczną.

ZAKRES WYKONANYCH PRAC

Obszar zapadliska przedkarpackiego jest stosunkowo dobrze rozpoznany wiertniczo w związku z prowadzonymi od wielu lat poszukiwaniami złóż węglowodorów i innych surowców mineralnych. Autorzy zebrali i przeanalizowali dla potrzeb realizacji atlasu dane z 4169 otworów wiertni-

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; ansow@agh.edu.pl.



Ryc. 1. Mapa mineralizacji wód w stropie utworów cenomanu w centralnej części zapadliska przedkarpackiego (Sowizdział & Jasnos, 2012)

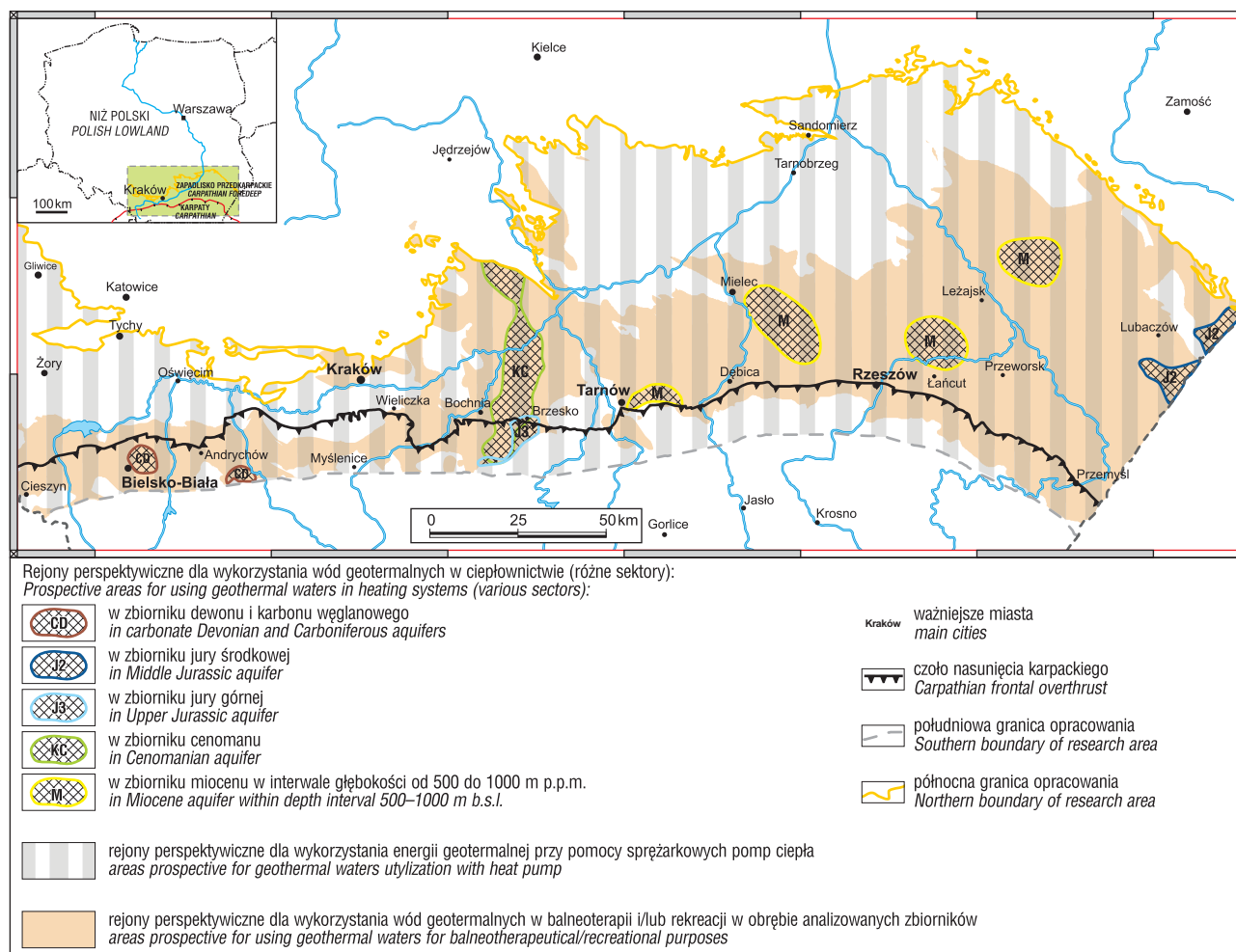
Fig. 1. Map of the TDS at the top of the Cenomanian formation in the central part of the Carpathian Foredeep (Sowizdział & Jasnos, 2012)

czych, zlokalizowanych na obszarze badań. Zebrany materiał został poddany analizie pod kątem możliwości występowania perspektywicznych formacji wodonośnych. Ze względu na konieczność dokonania ilościowej analizy parametrów potencjalnych zbiorników geotermalnych, wszystkie dane zostały zcyfrowane. Analizy wykonano za pomocą zintegrowanego systemu interpretacji danych geologicznych i geofizycznych – pakietu firmy Landmark Graphics Corporation oraz programu Petrel firmy Schlumberger.

Szczegółowej interpretacji hydrogeotermalnej poddano jedenaście zbiorników znajdujących się na obszarze zapadliska. Są to zbiorniki: miocenu, kredy górnej (bez cenomanu), cenomanu, kredy dolnej, jury górnej, jury

środkowej, triasu górnego, triasu środkowego (T2+Tp3), triasu dolnego (Tp1+Tp2), w klastycznych utworach karbonu, a także w węglanowych utworach dewonu i karbonu. Ze względu na znaczne miąższości miocenu, przekraczające lokalnie 3000 m, a także dużą zmienność wykształcenia poszczególnych wydziałów stratygraficznych w jego profilu, w celu określenia parametrów hydrogeotermalnych zbiornika miocenu wydziałono interwały głębokościowe, które analizowano szczegółowo (500–1000 m p.p.m.; 1000–1500 m p.p.m.; 1500–2000 m p.p.m.; 2000–2500 m p.p.m.; 2500–3500 m p.p.m.).

Prace, zmierzające do oceny potencjału geotermalnego, obejmowały charakterystykę budowy geologicznej



Ryc. 2. Perspektywiczne lokalizacje dla zagospodarowania wód geotermalnych w zapadlisku przedkarpackim
Fig. 2. Location of prospective areas for use of geothermal waters in the Carpathian Foredeep

zapadliska przedkarpackiego (Peryt, 2012) wraz z budową modelu strukturalno-parametrycznego (Papiernik i in., 2012), interpretacje parametrów hydrogeologicznych (Haładus i in., 2012), charakterystykę hydrochemiczną wód głębszych (Sowiżdżał & Jasnos, 2012) oraz analizę termiczną (Hajto & Szewczyk, 2012). Podstawą do budowy modelu parametrycznego były wyniki ilościowej interpretacji profilowań geofizyki wiertniczej (Czopek i in., 2012). W efekcie przeprowadzonych prac dokonano oceny zasobów geotermalnych w wydzielonych grupach zasobowych (Hajto & Kotyza, 2012). Kalkulacja zasobów została przeprowadzona z zastosowaniem ujednoczonych kryteriów klasyfikacji zasobów geotermalnych i metodyki obliczeniowej (Górecki i in., 2012). Dzięki ujednoczonej metodzie wyniki obliczeń są porównywalne z wynikami opublikowanymi w „Atlasie zasobów energii geotermalnej na Niżu Polskim – formacje mezozoiczne i paleozoiczne” (Górecki i in., 2006) oraz „Atlasie zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich” (Górecki i in., 2011).

MODELOWANIE POTENCJAŁU GEOTERMALNEGO ZAPADLISKA PRZEDKARPACKIEGO

Przykładowe wyniki modelowań geologicznych pokazuje rycina 1, przedstawiająca mapę mineralizacji wód w stropie utworów cenomanu w zapadlisku przedkarpackim.

Przeprowadzone z zastosowaniem techniki cyfrowej kartografii wstępnej prace badawcze umożliwiły szczegółową charakterystykę wyszczególnionych zbiorników hydrogeotermalnych (Sowiżdżał i in., 2012), a następnie ocenę zasobów geotermalnych zapadliska przedkarpackiego (Hajto & Kotyza, 2012). Szerokie spektrum analizy potencjału geotermalnego umożliwiła integracja wszystkich dostępnych danych geologicznych. Model strukturalny stanowi nieodłączny element integrujący większość przeprowadzanych analiz. W obliczaniu zasobów geotermalnych zapadliska przedkarpackiego jako poziom przeliczeń parametrów hydrogeotermalnych (temperatura, mineralizacja) przyjęto strop danej warstwy wodonośnej, a w przypadku utworów miocenu – środek wydzielonych interwałów głębokościowych. Tak więc poprawnie utworzony model strukturalny stanowi podstawę dalszych analiz geotermalnych. Model strukturalny jest także bazą do przeprowadzenia modelowania parametrycznego, przedstawiającego przestrzenny rozkład zailenia, porowatości i przepuszczalności, obliczonych na podstawie krzywych geofizyki wiertniczej.

Analizy wskazują, że znacznie większy potencjał geotermalny związany jest z wykorzystaniem wód geotermalnych rejonu zapadliska przedkarpackiego do celów rekreacyjnych i/lub balneoterapeutycznych niż do celów ciepłowniczych (ryc. 2). Wynika to zarówno z mniejszego zapotrzebowania energetycznego takich ujęć wód geoter-

malnych, jak i korzystnych parametrów fizykochemicznych tych wód, potwierdzonych licznymi wierceniami na rozległych obszarach zapadliska przedkarpackiego.

Prace badawcze wykonano w ramach projektu rozwojowego własnego nr 0474/r/t02/2009/06, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju i realizowanego w latach 2009–2012 (nr umowy: N R09 0003 06/2009).

Prace badawcze wykonano przy wykorzystaniu oprogramowania firmy Landmark Graphics Corporation, użytkowanego na podstawie grantu akademickiego nr 2003-COM-020272 i 2003-COM-020273, udzielonego Katedrze Surowców Energetycznych, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, jak również przy wykorzystaniu programu Petrel firmy Schlumberger, udostępnionego Wydziałowi Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w ramach umowy o wspieraniu działalności dydaktycznej i naukowej. Za umożliwienie wykorzystania oprogramowania autorzy atlasu składają serdeczne podziękowania.

Prace redakcyjne wykonano w ramach działalności statutowej katedry – nr umowy 11.11.140.321.

Autorka składa serdeczne podziękowania Recenzentom niniejszej pracy.

LITERATURA

- CZOPEK B., NOWAK J., SOWIŹDŹAŁ A. & ZAJĄC A. 2012 – Zastosowanie metod geofizyki otworowej do określania poziomów zbiornikowych. [W:] Górecki W. (red.), Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. KSE AGH Kraków.
- GÓRECKI W. (red.) 1990 – Atlas wód geotermalnych Niżu Polskiego. ISE AGH Kraków.
- GÓRECKI W. (red.) 1995 – Atlas zasobów energii geotermalnej na Niżu Polskim. ZSE AGH, Towarzystwo Geosynoptyków „Geos”, Kraków.
- GÓRECKI W. (red.) 2006 – Atlas zasobów energii geotermalnej na Niżu Polskim – formacje mezozoiczne i paleozoiczne. ZSE AGH Kraków.
- GÓRECKI W. (red.) 2011 – Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich. KSE AGH Kraków.
- GÓRECKI W. (red.) 2012 – Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. KSE AGH Kraków.
- HAJTO M. & KOTYZA J. 2012 – Ocena zasobów wód i energii geotermalnej w zapadlisku przedkarpackim. [W:] Górecki W. (red.), Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. KSE AGH Kraków.
- HAJTO M. & SZEWCZYK J. 2012 – Analiza termiczna obszaru zapadliska przedkarpackiego. [W:] Górecki W. (red.), Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. KSE AGH Kraków.
- HAŁADUS A., KANIA J. & SOWIŹDŹAŁ A. 2012 – Opracowanie podstawowych parametrów hydrogeologicznych w zapadlisku przedkarpackim. [W:] Górecki W. (red.), Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. KSE AGH Kraków.
- HARASIMIUK M., SOWIŹDŹAŁ A. ZUBRZYCKI A. 2012 – Ogólna charakterystyka rejonu zapadliska przedkarpackiego. [W:] Górecki W. (red.), Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. KSE AGH Kraków.
- NAWROCKI J. & POPRAWA P. 2006 – Development of Trans-European Suture Zone in Poland: from Ediacaran rifting to Early Palaeozoic accretion. *Geol. Quart.*; 50: 59–76.
- PAPIERNIK B., MACHOWSKI G. & KOTYZA J. 2012 – Model strukturalno-parametryczny utworów miocenu i podłoża zapadliska przedkarpackiego. [W:] Górecki W. (red.), Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. KSE AGH Kraków.
- PERYT T. 2012 – Zarys budowy geologicznej zapadliska przedkarpackiego. [W:] Górecki W. (red.), Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. KSE AGH Kraków.
- SOWIŹDŹAŁ A. & JASNOS J. 2012 – Charakterystyka hydrochemiczna wód głębszych. [W:] Górecki W. (red.), Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. KSE AGH Kraków.
- SOWIŹDŹAŁ A., PAPIERNIK B., HAJTO M., MACHOWSKI G., JASNOS J. & BARBACKI A. 2012 – Charakterystyka podstawowych parametrów zbiorników hydrogeotermalnych w zapadlisku przedkarpackim. [W:] Górecki W. (red.), Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. KSE AGH Kraków.