

Atlas geofizyczny Karpat

Marek Lemberger³, Irena Kosobudzka¹, Czesław Królikowski², Cezary Ostrowski¹,
Zdzisław Petecki², Michał Stefaniuk^{1,3}, Paweł Targosz¹, Marta Wróblewska²



M. Lemberger

I. Kosobudzka

C. Ostrowski

Z. Petecki

M. Stefaniuk

P. Targosz

M. Wróblewska

W ostatnim kwartale ubiegłego roku zakończono realizację przedsięwzięcia z dziedziny potrzeb geologii pt. *Atlas geofizyczny Karpat* (Lemberger i in., 2007). Prace przeprowadzono na zamówienie ministra środowiska, a sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Wykonawcą atlasu, wyłonionym w toku postępowania przetargowego, było Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych w Warszawie Sp. z o.o. (do końca 2007 r., czyli przed komercjalizacją Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych). Zobowiązania wynikające z umowy zrealizowano we współpracy z Państwowym Instytutem Geologicznym.

Zamierzenia przedsięwzięcia i lokalizacja

Celem pracy było zestawienie dostępnych materiałów geofizycznych z terenu Karpat i ich przedgórze, unifikacja danych pomiarowych oraz opracowanie, według obowiązujących formuł i standardów europejskich, map geofizycznych podstawowych i uzupełniających z zakresu: magnetometrii, grawimetrii, magnetotelluryki i termiki. Ponadto należało sporządzić i przedstawić regionalne przekroje geofizyczno-geologiczne.

Atlas nie obejmuje wyników badań sejsmicznych, które z uwagi na dominującą rolę w prospekcji geofizycznej powinny stanowić osobny temat.

Rejon opracowania od zachodu i wschodu był ograniczony południkami 18°30' i 23°00' długości wschodniej. Od południa przylegał do granicy państwa, a od północy osiągał równoleżnik 50°10' szerokości północnej. Powierzchnia obszaru wynosiła 27,7 tys. km². Według podziału administracyjnego kraju obszar ten znajduje się w obrębie trzech województw: śląskiego, małopolskiego i podkarpackiego (ryc. 1). Pod względem geologicznym obejmuje Karpaty w części położonej na terenie Polski oraz południowy fragment zapadliska przedkarpackiego.

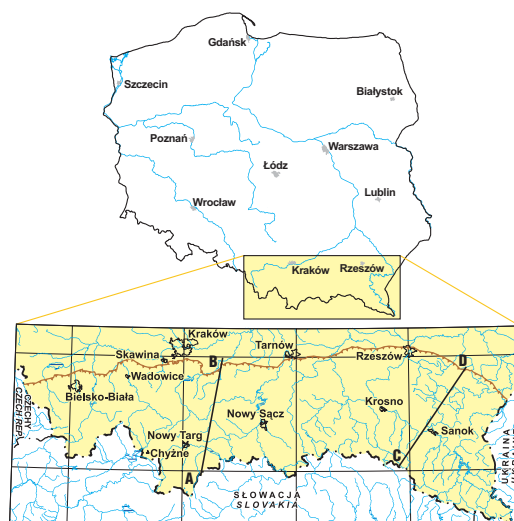
¹Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych w Warszawie Sp. z o.o., ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa; i_kosobudzka@pbg.com.pl; c_ostrowski@pbg.com.pl; m_stefaniuk@pbg.com.pl; p_targosz@pbg.com.pl

²Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; czeslaw.krolikowski@pgi.gov.pl; zdzislaw.petecki@pgi.gov.pl; mwro@pgi.gov.pl

³Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; lemberger@geol.agh.edu.pl; stefan@geolog.geol.agh.edu.pl

Unifikacja danych

Prace przewidziane umową, w tym: obliczeniowe, reinterpretacyjne, dokumentacyjne i redakcyjne, wykonano na podstawie danych z wcześniejszych badań magnetycznych, grawimetrycznych, magnetotellurycznych i termicznych. Korzystano również z wyników innych metod geofizycznych oraz archiwalnych materiałów geologicznych, wiertniczych i z zakresu parametrów fizycznych skał.



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru objętego atlasem. Opracowanie graficzne ryc. 1–6 P. Targosz

Przetwarzanie archiwalnych danych pomiarowych, często sprzed kilkudziesięciu lat, miało na celu ujednoczenie poziomów odniesienia odpowiednich pól fizycznych i parametrów oraz doprowadzenie ich do postaci umożliwiającej wykonanie obliczeń w ramach poszczególnych metod badawczych wg obowiązujących standardów i w myśl stosowanych procedur (Fajkiewicz, 1972; Telford i in., 1990).

W ramach reprocessingu materiałów magnetometrycznych wykonano obliczenia dla 60 900 punktów pomiarowych. W trakcie prac grawimetrycznych przeliczono dane podstawowe dla 129 900 stanowisk. Opracowując rozkład powierzchniowy gęstości utworów nad poziomem morza, wykorzystano informacje pochodzące ze 109 otworów wiertniczych. Do przetwarzania danych magnetotellurycznych włączono wyniki uzyskane w ostatnim dziesięcioleciu, obejmujące 904 sondowania, a także profilowania wzdłuż linii o łącznej długości 90 km, oraz wyniki 281 sondowań wykona-

nych wcześniej przyrządami starszej generacji. Do prac obliczeniowych poprzedzających opracowanie map termicznych zostały użyte dane pomiarowe z 30 otworów wiertniczych.

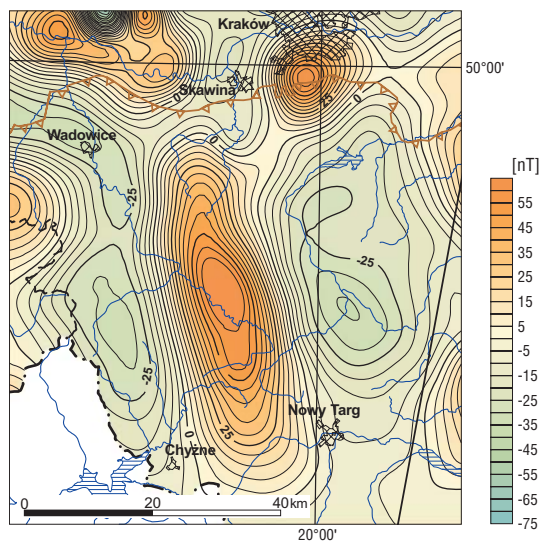
Dane z prac reprocessingowych, stanowiące materiał wyjściowy do konstrukcji map geofizycznych, zostały zapisane w postaci siatek wyinterpolowanych wartości. Boki siatek dostosowano do skali map. Siatki otrzymano poprzez interpolację zunifikowanych wielkości geofizycznych właściwych dla danej metody. Dla siatek interpolacyjnych przyjęto podstawowy system odwzorowania w postaci współrzędnych prostokątnych układu 1942. Interpolację przeprowadzono używając specjalistycznego oprogramowania, które ponadto wykorzystano w celu przygotowania wszystkich tablic do druku, po zestawieniu elementów budujących poszczególne mapy i uwzględnieniu optymalnych parametrów graficznych. Za przygotowanie graficzne odpowiedzialny był P. Targosz.

Opracowanie map i przekrojów

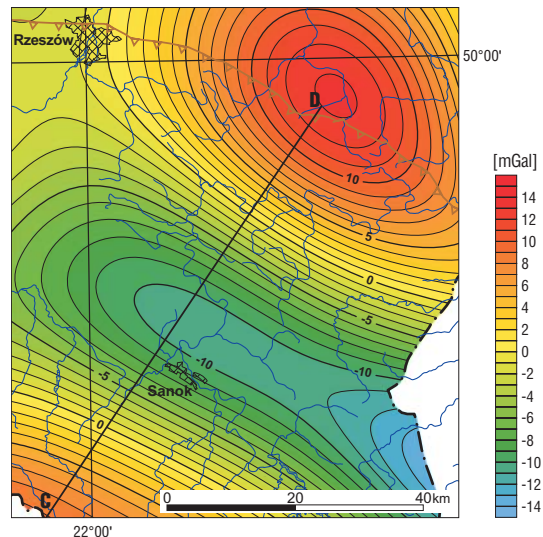
Prace interpretacyjne w zakresie magnetometrii (pod kierunkiem I. Kosobudzkiej) obejmowały wykonanie mapy anomalii ΔT całkowitego pola magnetycznego Ziemi. Mapę tę poddano transformacji metodą filtracji częstotliwościowej, w wyniku czego można było opracować rozkłady anomalii reszkowych ΔT dla przyjętych przedziałów głębokości (ryc. 2) oraz rozkład anomalii regionalnych pochodzących od głębokiego podłoża. Przygotowano ponadto mapę anomalii ΔT zredukowanych do bieguna.

W ramach interpretacji danych grawimetrycznych (pod kierunkiem C. Ostrowskiego) sporządzono mapy anomalii w redukcji Bouguera dla stałej i zmiennej gęstości warstwy zredukowanej. Anomalie te, w wariancie gęstości stałej, przetransformowano na drodze filtracji częstotliwościowej. W efekcie transformacji uzyskano i przedstawiono na mapach anomalie rezydualne siły ciężkości odwzorowujące grawitacyjne oddziaływanie mas skalnych zalegających w zadanych interwałach głębokości (ryc. 3). Również w wyniku filtracji częstotliwościowej obliczono wartości i sporządzono mapy anomalii regionalnych, wywołanych zmianami gęstości kompleksów budujących głębokie podłoże.

Prace grawimetryczne obejmowały też opracowanie mapy gęstości objętościowej utworów warstwy zredukowa-



Ryc. 2. Mapa magnetyczna Karpat — fragment z rejonu Krakowa–Nowego Targu–Wadowic. Anomalie reszkowe ΔT dla głębokości śledzenia od 0 km do 6 km p.p.m. (oprac. I. Kosobudzka z zesp.)



Ryc. 3. Mapa grawimetryczna Karpat — fragment z rejonu Rzeszowa–Sanoka. Anomalie rezydualne dla głębokości śledzenia od 6 km do 15 km p.p.m. (oprac. C. Ostrowski z zesp.)

nej (pod kierunkiem C. Królikowskiego), co zostało poprzedzone analizą średnich gęstości uzyskanych z danych geofizyki wiertniczej, a także analizę średnich gęstości z pomiarów laboratoryjnych próbek z rdzeni wiertniczych.

Interpretacja wyników sondowań magnetotellurycznych i niewielkiej ilości profilowań obejmowała inwersję 1D, a także dla profili spełniających kryteria dwuwymiarowości modelowanie proste 2D i odwrotne (inwersję) 2D. Wyniki interpretacji 1D i 2D (pod kierunkiem M. Stefaniuka) posłużyły do konstrukcji magnetotellurycznych map strukturalnych. Rezultaty modelowania odwrotnego 1D metodą Occama były podstawą sporządzenia map oporności elektrycznej w cięciach poziomych na przyjętych głębokościach (ryc. 4).

Prace w ramach metody termicznej (pod kierunkiem M. Wróblewskiej) w pierwszym etapie sprowadzały się do wyznaczenia nowych wartości strumienia ciepłego. Na bazie tych danych wykonano mapy, które przedstawiają gęstości powierzchniowego strumienia ciepłego obliczone przy założonej temperaturze powierzchni Ziemi: $+10^{\circ}\text{C}$ (ryc. 5) i -15°C . Kolejna mapa prezentuje gęstość powierzchniowego strumienia ciepłego po zastosowaniu poprawki paleoklimatycznej.

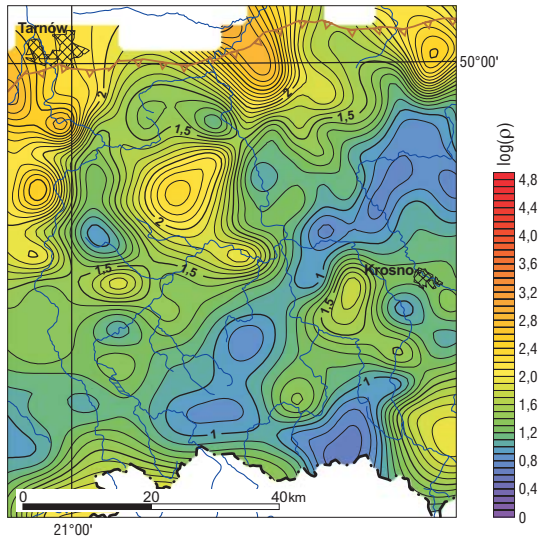
Końcowy etap prac interpretacyjnych obejmował dwuwymiarowe modelowanie geofizyczne wzdłuż dwóch regionalnych linii profilowych (pod kierunkiem Z. Peteckiego). Efektem tego są geofizyczno-geologiczne przekroje skorupy ziemskiej przecinające Karpaty na terytorium Polski (ryc. 6).

W atlasie przedstawiono w formie tablic: mapy geofizyczne w skali 1 : 200 000 (podstawowe) i 1 : 500 000 (uzupełniające) oraz przekroje w skali poziomej 1 : 200 000 i 1 : 500 000; łącznie 32 tablice, w tym mapy: magnetyczne, grawimetryczne, magnetotelluryczne, termiczne oraz przekroje geofizyczne A–B i C–D.

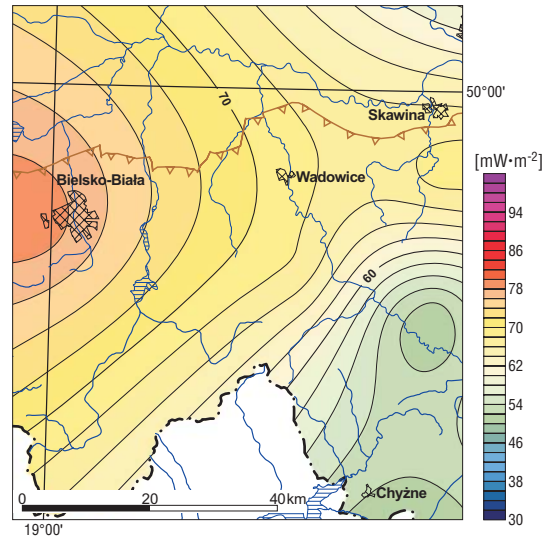
Mapy charakterystyczne dla danego bloku tematycznego będą wraz z opisem prezentowane na łamach *Przeglądu Geologicznego*.

Podsumowanie

Opracowanie zestawu map geofizycznych obszaru Karpat i południowej części zapadliska przedkarpackiego było



Ryc. 4. Mapa magnetotelluryczna Karpat — fragment z rejonu Tarnowa–Krosna. Oporność elektryczna (ρ) na poziomie 5 km p.p.m. (oprac. M. Stefaniuk z zesp.)



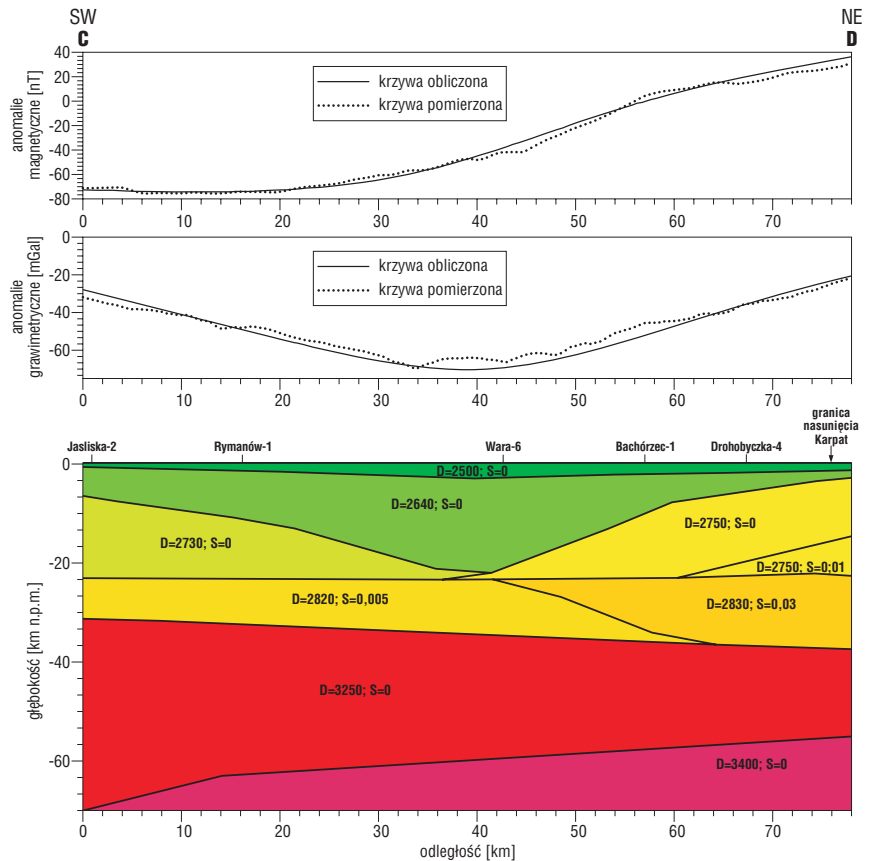
Ryc. 5. Mapa termiczna Karpat — fragment z rejonu Bielska-Białej–Chyżnego. Gęstość powierzchniowego strumienia ciepłego obliczona dla temperatury powierzchni Ziemi +10°C (oprac. M. Wróblewska z zesp.)

przedsięwzięciem potrzebnym i nigdy wcześniej nie realizowanym. Podkreślić należy, iż prace związane ze sporządzeniem map i przekrojów nie należały do łatwych ze względu na szeroki zakres przedsięwzięcia, które obejmowało wiele metod badawczych, bazujących na różnych parametrach fizycznych skał.

Efektom wykonanych prac są obrazy geofizyczne o identycznym zasięgu powierzchniowym i w ujednoczonych skalach. Przedstawiają one rozkłady anomalii pól potencjalnych, anomalii termicznych, oporności elektrycznej oraz wyniki prac magnetotellurycznych w ujęciu strukturalnym. Mapy te zapewne znajdą zastosowanie w wielu specjalistycznych dziedzinach nauk geologicznych.

Opracowane mapy geofizyczne stanowią ponadto istotny materiał popularno-edukacyjny, rozszerzający wiedzę o budowie orogenu karpackiego i jego podłoża. Są one źródłem informacji geologicznych przeznaczonych dla każdego odbiorcy bez względu na zasób wiadomości posiadanych przez niego w tym zakresie.

Trzeba także pamiętać, iż stale prowadzone są prace badawcze w ramach projektów półszczełowych i szczegółowych, realizowanych dla celów naftowych, termalnych i innych. Dostarczają one nowych informacji uzupełniających istniejącą bazę danych geofizycznych. W tej sytuacji problem opracowania map geofizycznych nie może być uznany za zamknięty. W miarę napływu nowych danych wskazane będzie unowocześnianie map zamieszczonych w atlasie. Uzasadnione jest również sporządzenie map geofizycznych dla innych metod badawczych, głównie z zakresu sejsmiki.



Ryc. 6. Przekrój geofizyczny przez polskie Karpaty Wschodnie. Wyniki modelowania grawimetrycznego i magnetycznego — profil C–D (D — gęstość w kg/m^3 , S — podatność magnetyczna w jednostkach SI) (oprac. Z. Petecki z zesp.)

Literatura

FAJKLEWICZ Z. (red). 1972 — Zarys geofizyki stosowanej. Wyd. Geol., Warszawa.
 LEMBERGER M., OSTROWSKI C., STEFANIUK M., PETECKI Z., KRÓLIKOWSKI C., KOSOBUDZKA I. & WRÓBLEWSKA M. 2007 — Dokumentacja przedsięwzięcia z dziedziny potrzeb geologii pt. Atlas geofizyczny Karpat. CAG PIG, Warszawa.
 TELFORD W.M., GELDART L.P. & SHERIFF R.E. 1990 — Applied Geophysics. Cambridge University Press, Cambridge.