

ELEMENTY BUDOWY GEOLOGICZNEJ ZACHODNIEJ CZĘŚCI WIELICKIEGO ZŁOŻA SOLNEGO W ŚWIETLE BADAŃ GRAWIMETRYCZNYCH

Elements of geological structure of the west part of Wieliczka salt deposit in the light of gravity survey

Monika ŁÓJ

*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Katedra Geofizyki;
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;
e-mail: mloj@geol.agh.edu.pl*

Abstract: Interpretation of made gravity survey permitting to put forward a motion about geological structure of the rock mass is a topic of the introduced work and the attempt of its quantitative epithet. To this purpose quantitative and qualitative analysis was carried of schedule of the anomaly of the gravity and on this base a big usefulness of gravimetric examinations was introduced in recognizing the geological building site of this area.

Key words: gravity survey, gravity modelling, schedule of residual gravity

Słowa kluczowe: badania grawimetryczne, modelowanie grawimetryczne, rozkład rezydualny

WSTĘP

Badaniami objęto obszar złoża solnego Wieliczka, a dokładnie jego zachodnią część sięgającą aż po filar graniczny ze złożem Barycz oraz obszar to złożo otaczający, obejmujący przylegające do Wieliczki miejscowości. Dane pomiarowe pochodzą z badań wykonanych w roku 1994 przez Katedrę Geofizyki – WGGiOŚ AGH w Krakowie (Fajkiewicz *et al.* 1994). Celem pracy była interpretacja jakościowa i ilościowa wykonanych badań grawimetrycznych, która pozwoliła wyciągnąć wnioski o budowie geologicznej ośrodka skalnego.

BUDOWA GEOLOGICZNA

Miocenские utworы solonośne rozprzestrzeniają się wzdłuż północnego brzegu nasunięcia karpackiego – w zapadlisku przedkarpackim – zwłaszcza w jego wschodniej części, w okolicach Wieliczki i Bochni.

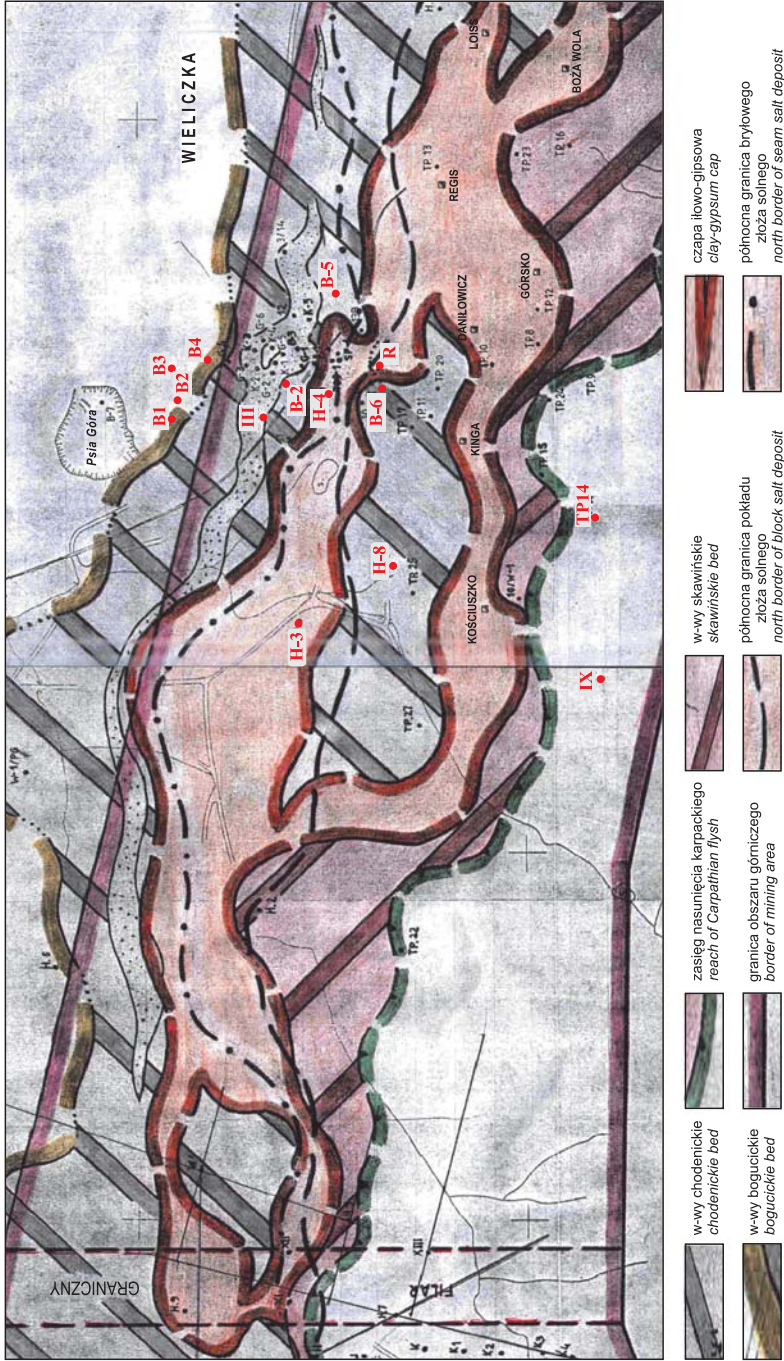


Fig. 1. Mapa geologiczna odkryta rejonu złoża wielickiego (Garlicki et al. 1994–1995)

Fig. 1. Geological map of Wieliczka salt deposit (Garlicki et al. 1994–1995)

Podłożem utworów mioceńskich są utwory prekambryjsko-paleozoiczno-mezozoiczne poddane deformacjom w kolejnych fazach orogenicznych, czego wynikiem są podniesienia i obniżenia terenu podścielającego obszary solonośne.

Utwory mezozoiczne przykryte są utworami mioceńskimi oraz nasuniętym od południa fliszem brzegu Karpat. Obecna forma złoża jest wynikiem ostatniej fazy kształtowania się górotworu Karpat, kiedy to nasuwające się z kierunku południowego masy fliszowe spowodowały sfałdowanie zalegających w basenie mioceńskim formacji solnych, a następnie ich odkłucie od podłoża i nasunięcie na tą samą wiekowo formację, pozostającą w położeniu autochtonicznym. W wyniku tych procesów przed czołem nasunięcia fliszowego powstało złożo solne (Gawęł 1962).

Wielickie złożo solne ma charakter pokładowy. Otulinę złoża pokładowego stanowi złożo bryłowe. Czołową część złoża solnego otulają warstwy skawińskie, wielickie, chodnickie – figura 1 (Garlicki *et al.* 1994–1995). Złożo ma miąższość około 400 m, rozciąga się na długości około 10 km, a jego szerokość z południa na północ wynosi od 0.5 do 1.5 km. Cały obszar złoża solnego przykryty jest utworami czwartorzędowymi – żwirami, piaskami, madami, których miąższość sięga nawet do 30 m.

METODYKA POMIAROWA I OPIS DANYCH POMIAROWYCH

Rejon badań obejmuje centralną i zachodnią część Wieliczki oraz pobliskie miejscowości na północ i zachód od miasta – w prostokącie o wymiarach 2×4.5 km. Pomiarzy zostały wykonane metodą powierzchniowego zdjęcia grawimetrycznego, w siatce o boku 50 m – zastabilizowanej, zgodnej z reperami geodezyjnej siatki niwelacyjnej.

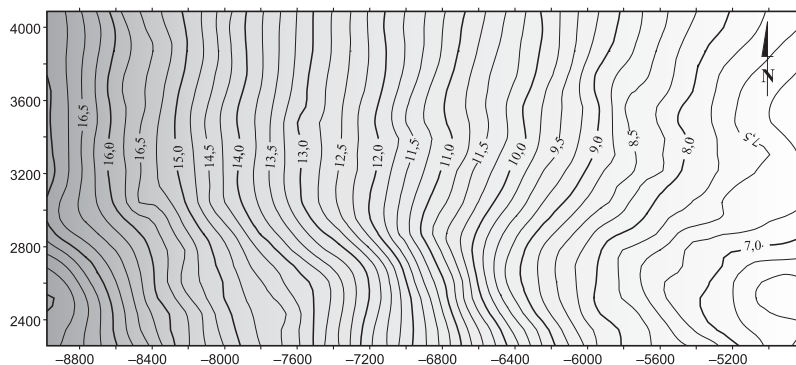


Fig. 2. Rozkład anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera (izolinie co 0.25 mGal) (Fajkiewicz 2001)

Fig. 2. Distribution of Bouguer anomalies (line as 0.25 mGal) (Fajkiewicz 2001)

Na podstawie otrzymanych pomiarów grawimetrycznych obliczono rozkład anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera, przedstawiony na figurze 2. Na wykreślonym rozkładzie można zaobserwować wyraźną tendencję wzrostową wartości anomalii ze wschodu na zachód. Obserwowana duża zmiana wartości siły ciężkości musi być związana z głębokim podłożem podsolnym, mającym zasięg regionalny. Zaobserwować również można zmianę kierun-

ku wektora gradientu poziomego siły ciężkości. Kierunek zmian gradientu poziomego ma związek ze stosunkowo niegłęboko występującymi lokalnymi czynnikami zaburzającymi (złożem solnym).

INTERPRETACJA DANYCH POMIAROWYCH

Celem badań grawimetrycznych było poznanie przyczyn występowania anomalii w rozkładzie siły ciężkości. Otrzymane z pomiarów terenowych wartości siły ciężkości są sumą występujących na danym terenie pól – regionalnego oraz lokalnego – pochodzących od ciał zaburzających o różnych rozmiarach (rozciągłości) i różnej głębokości występowania. Aby dokonać rozdziału tych pól na regionalne i rezydualne, zastosowano metodę podaną przez W.R. Griffina – metodę uśredniania. W metodzie tej przybliżone zostaje pole regionalne (Fajkiewicz 2007).

Postępując zgodnie z definicją pola rezydualnego, tj. wykonując operację odjęcia w punktach pomiarowych wartości pola regionalnego od wartości pomierzonych otrzymuje się rozkład anomalii rezydualnych siły ciężkości. Rozkłady te zostały przedstawione na figurze 3A (dla promienia 200 m) i figurze 3B (dla promienia 400 m). Mapy, obrazujące rozkład anomalii rezydualnych siły ciężkości wyznaczonych dla promieni 200 i 400 m wykazują dość duże podobieństwo w rozmieszczeniu głównych obszarów anomalnych, co świadczy o tym, że źródło zaburzeń pola siły ciężkości znajduje się głęboko. Posiłkując się mapą geologiczną odkrytą (Fig. 3C) można przyporządkować poszczególne anomalie odpowiadającym im elementom budowy geologicznej obszaru.

Centralnie przebiegająca anomalia ujemna (1) (Fig. 3B) rozgałęziająca się w części północno-zachodniej na część północną i zachodnią – jest związana z położeniem wielickiego złoża solnego i przykrywającej go czapy ilowo-gipsowej. W części zachodniej w okolicach filara granicznego złoża i jego czapa ulegają zredukowaniu. Anomalia ujemna kontynuuje się jednak dalej w kierunku zachodnim (2) (Fig. 3B), jej źródłem jest część złoża solnego, tzw. złoża Barycz.

W południowej części obserwujemy granicę przejścia złoża w inną strukturę (3) (Fig. 3B). Granica ta charakteryzuje się dużym gradientem poziomym siły ciężkości – co sugeruje, że granica ma charakter tektoniczny (izolinia czerwona, figura 3B). Posiłkując się rozkładem struktur geologicznych odwzorowanych na mapie na figurze 3C, granicę tę możemy uznać jako granicę pomiędzy złożem solnym a wciśniętą w nie łuską utworów fliszowych o większej, niż w przypadku złoża, gęstości, dającą anomalię względnie dodatnią.

Na obrazie grawimetrycznym zaznacza się jeszcze jeden obszar o względnie małej gęstości – wywołujący ujemną anomalię (4) (Fig. 3B) w północno-wschodniej części obszaru pomiarowego. Źródłem anomalii są piaski i piaskowce bogucickie, o obniżonej w części powierzchniowej gęstości objętościowej. Najprawdopodobniej piaskowce te kontynuują się w kierunku zachodnim, a efekt grawitacyjny od nich widoczny na analizowanym zdjęciu grawimetrycznym sumuje się z efektem od północnego odgałęzienia złoża wielickiego. Są to tylko przypuszczenia, gdyż zdjęcie ma zbyt ograniczony zasięg, aby można było jednoznacznie wnioskować o budowie geologicznej większego obszaru.

Pomiędzy anomalią (1) a (4) (Fig. 3B) występuje obszar – w przeciwieństwie do opisanych powyżej – różniący się od siebie na rozkładach dla promienia 200 m i promienia 400 m.

Dla promienia 400 m anomalia ta, względnie dodatnia, ma charakter jednorodny, natomiast rozkład dla promienia 200 m (Fig. 3A) charakteryzuje się występowaniem wewnątrz anomalii dodatnich, pojedynczych anomalii ujemnych (5), których wartości amplitud wynoszą około 0.1 mGala. Ponieważ występują one w obrazie grawimetrycznym powstałym przed odjęciem od anomalii Bouguera pola regionalnego wyznaczonego z okręgu o mniejszym promieniu, oznacza to, że ich źródło leży stosunkowo niegłęboko.

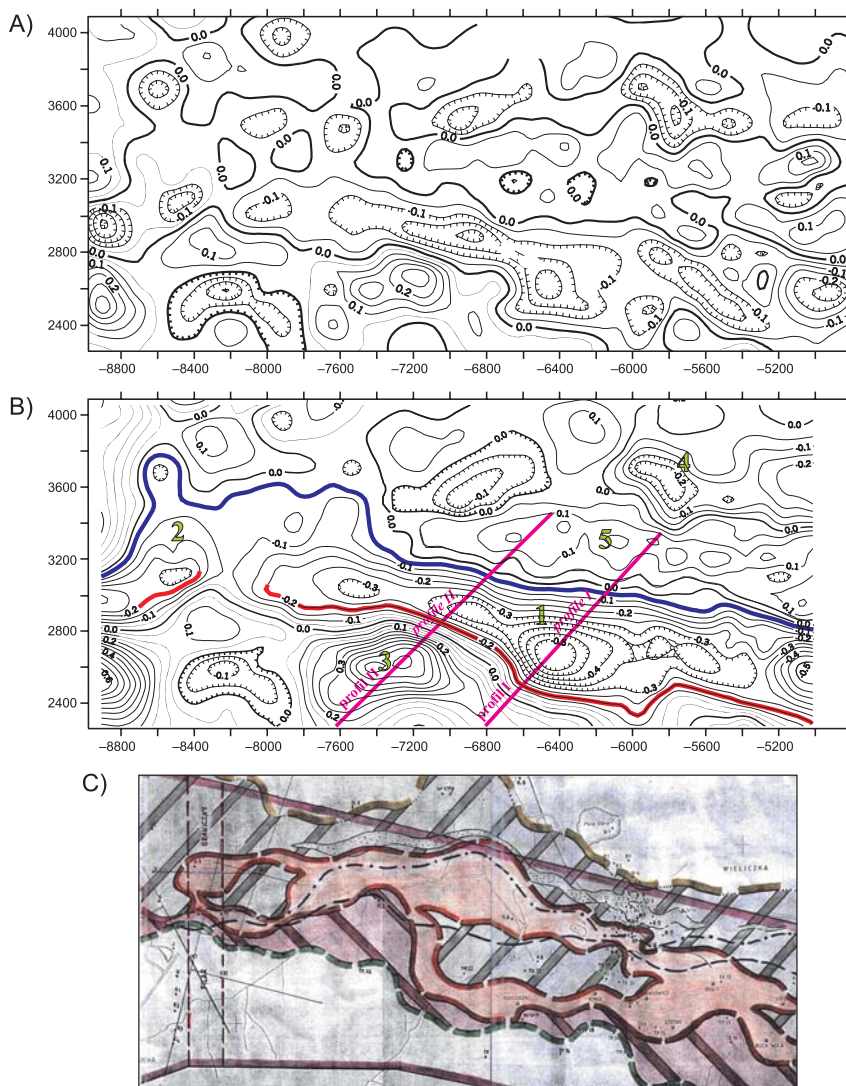


Fig. 3. Rozkład anomalii rezydualnej siły ciężkości dla promienia 200 m (A) i 400 m (B) na tle mapy geologicznej odkrytej (C)

Fig. 3. Distribution of residual anomalies for radii: 200 m (A) and 400 m (B) against a background of geological map (C)

WYNIKI MODELOWANIA GRAWIMETRYCZNEGO ANOMALII REZYDUALNEJ

W celu przeanalizowania prawdopodobnego rozmieszczenia mas skalnych nad podłożem jurajskim w obrębie złoża solnego Wieliczka, wytyczono profil I (Fig. 3B), o przebiegu południowy zachód – północny wschód, wzdłuż którego przeprowadzono modelowanie grawimetryczne anomalii rezydualnej dla promienia 400 m. Lokalizacja tego profilu uwarunkowana była dwoma czynnikami. Jednym z nich był fakt, że profil przecina największą obserwowaną ujemną anomalię, a drugim, że na profilu tym zlokalizowane są dwa otwory wiertnicze III i IX, z których wykorzystane zostały dostępne dane geologiczne.

Do utworzenia wyjściowego modelu posłużyła przede wszystkim mapa geologiczna odkryta (Fig. 1), na której zaznaczone są granice występowania utworów skalnych (Garlicki *et al.* 1994–1995). Natomiast główne dane wgłębne pochodzą z wymienionych wyżej otworów oraz ze zrzutowanego na profil I otworu R. Dzięki tym danym do modelu wprowadzono rzeczywiste dane głębokościowe zalegania warstw. Ponieważ jednak otwory te nie przewierciły utworów solnych, do modelowania posłużono się danymi z otworu R, w którym utwory solne zaczynają się już pod czwartorzędem i sięgają głębiej niż głębokość otworu – 170 m.

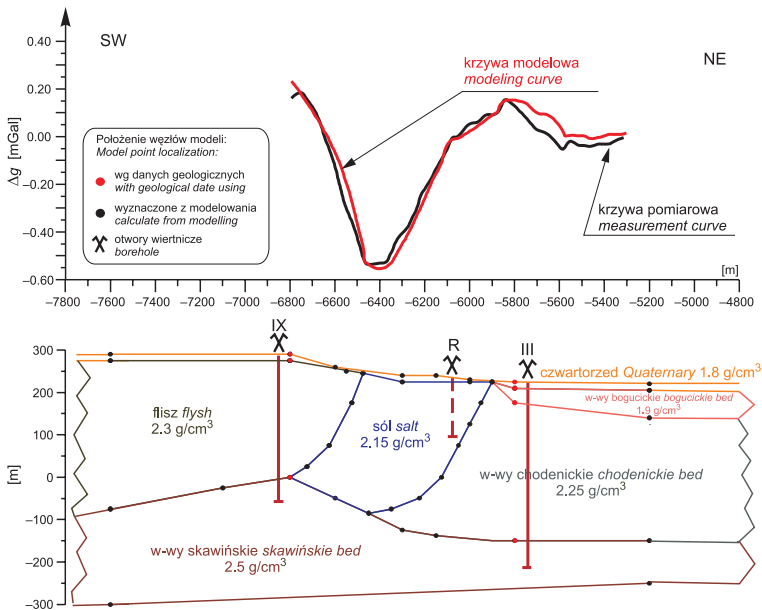


Fig. 4. Wynik modelowania grawimetrycznego anomalii rezydualnej dla profilu I

Fig. 4. Result of gravity modeling for profile I

Posługując się danymi otworowymi oraz wartościami gęstości przyjętymi dla skał występujących w obszarze badań (Fajkiewicz 1994) wykreślono pierwotny model ośrodka. Główne warstwy modelu to podścielające złożo solne warstwy skawieńskie, złożo solne, utwory fliszu karpackiego na południu oraz warstwy chodenickie na północy. Wymienione utwory przykryte są warstwami czwartorzędowymi. Dla takiego modelu wyliczono teoretyczny efekt grawi-

tacyjny i porównano z rozkładem pomierzonym. By usunąć ostatnie rozbieżności, do modelu wprowadzono dodatkową warstwę, warstwy bogucickie, które obserwowane są w północnej części obszaru pomiarowego. Ich miąższość określono na podstawie danych z otworów B (Fig. 1). Jak widać na figurze 4 wprowadzenie nowego obiektu do modelu doprowadziło do zbieżności rozkładów anomalii rezydualnej i teoretycznego. Można zatem przypuszczać, że utworzony model odpowiada rozkładowi mas w ośrodku skalnym. Na rysunkach zaznaczono odmiennymi symbolami granice warstw pochodzące z danych otworowych w odróżnieniu od oznaczeń wyników otrzymanych w rezultacie modelowania.

Złoże solne Wieliczka nie jest jednakowo wykształcone na całej swej długości. Przekonuje o tym wynik modelowania grawimetrycznego przeprowadzonego w profilu II (Fig. 3B) – przesuniętym o 800 m na zachód od profilu I – przecinającym dużą dodatnią anomalię. Ponieważ dla profilu tego nie dysponowano żadnymi danymi prócz danych o zasięgu warstw (Fig. 1) posłużono się modelem powstałym w wyniku modelowania dla profilu I. Model ten jednak nie w pełni odpowiada rzeczywistym rozkładom mas skalnych dla profilu II. Dokonano w nim zmian polegających na zmniejszeniu miąższości skał solnych, a zwiększeniu miąższości warstw chodenickich i utworów fliszowych. W wyniku modelowania okazało się również, że zmiany anomalii w południowo-zachodniej części profilu związane są z wyklinowywaniem się warstw skawińskich, a tym samym zwiększeniem miąższości fliszu oraz występowaniem warstwy (nie uwzględnionej na figurze 1) o gęstości mniejszej niż gęstość fliszu, którą zinterpretowano jako utwory czwartorzędowe.

Wynik modelowania przedstawiono na figurze 5. Przedstawiona zbieżność rozkładów pomiarowego i teoretycznego pozwala sądzić, iż model ma cechy ośrodka rzeczywistego i że analiza została przeprowadzona poprawnie.

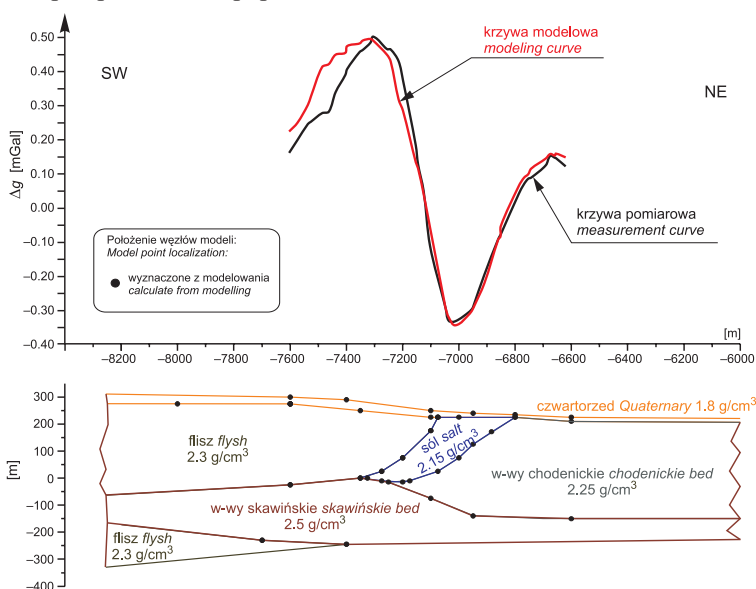


Fig. 5. Wynik modelowania grawimetrycznego anomalii rezydualnej dla profilu II

Fig. 5. Result of gravity modeling for profile II

PODSUMOWANIE

Niniejsza praca miała na celu zbadanie, w jakim stopniu jedna z metod geofizycznych – metoda grawimetryczna umożliwia rozpoznanie budowy geologicznej obszaru złoża solnego Wieliczka. Posiłkując się dostępną wiedzą o budowie geologicznej badanego terenu i jego otoczenia, pochodzącą z dostępnej literatury i otworów wiertniczych przeanalizowano otrzymany rozkład anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera.

W celu określenia przypuszczalnych parametrów, jakimi charakteryzują się warstwy osrodka skalnego dokonano analizy ilościowej, próbując ustalić miąższość, gęstość i głębokość występowania ciał, które są źródłem przedstawionego pola. Wykonanie tej analizy dało przestrzenny obraz formacji skalnych oraz pozwoliło oszacować ich gęstości. Na tej podstawie można śledzić zanik lub pojawienie się warstw. Rozpatrywany przykład na obszarze złoża solnego Wieliczka ilustruje, z jaką dokładnością z rozkładu anomalii siły ciężkości można odczytać granice poszczególnych formacji skalnych.

Przeprowadzona analiza, pokazuje przydatność badań grawimetrycznych do rozpoznawania z dużą dokładnością skomplikowanej budowy geologicznej złoża solnego i nadkładu.

Praca była prezentowana na VII Konferencji Naukowo-Technicznej pt. „Geofizyka w geologii, górnictwie i ochronie środowiska” organizowanej z okazji jubileuszu 90-lecia AGH na WGGiOŚ.

LITERATURA

- Fajkiewicz Z., 1994. *Badania grawimetryczne w zachodniej części obszaru górniczego Kopalni Soli Wieliczka w Wieliczce*. Prace niepublikowane, Zakład Badań Górnotworu (Arch. KS Wieliczka), 1–32.
- Fajkiewicz Z., 2007. *Grawimetria stosowana*. UWND AGH, Kraków, 1–433.
- Garlicki A., 1994. Formalne jednostki litostratygraficzne Miocenu – Formacja z Wieliczki. *Przegląd Geologiczny*, 42, 1, 26–28.
- Garlicki A., 1994–1995. *Opracowanie naturalnej mapy geologicznej zakrytej i mapy geologicznej odkrytej rejonu OG kopalni soli*. Studium możliwości lokalizacji zagrożenia wodnego dla zabytkowej Kopalni Soli Wieliczka za pomocą bariery drenażowej lub ekranu izolacyjnego. Projekt badawczy zamawiany przez WUG, KBN nr PBZ 066-01, 25–27.
- Gawel A., 1962. Budowa geologiczna złoża solnego Wieliczka. *Prace Instytutu Geologicznego*, 30, III, 1–101.
- Łój M., 2001. Elementy budowy geologicznej zachodniej części wielickiego złoża solnego w świetle badań grawimetrycznych. *Praca dyplomowa*, arch. AGH.
- Tołwiński K., 1956. Główne elementy tektoniki Karpat z uwzględnieniem Górnotworu Sali-dów. *Acta Geologica Polonica*, 6, 2, 75–226.