

## NOWE SPOJRZENIE NA WYNIKI BADAŃ GEOFIZYCZNYCH MONOKLINY PRZEDSUDECKIEJ W ASPEKcie POSZUKIWAŃ SUROWCÓW MINERALNYCH

### A NEW INSIGHT INTO RESULTS OF GEOPHYSICAL RESEARCH OF THE FORE-SUDETIC MONOCLINE IN TERMS OF PROSPECTING FOR MINERAL DEPOSITS

LIDIA DZIEWIŃSKA<sup>1</sup>, ANDRZEJ PEPEL<sup>2</sup>, RADOSŁAW TARKOWSKI<sup>1</sup>, ZDZISŁAW ŻUK<sup>2</sup>

**Abstrakt.** W artykule przedstawiono pogląd na budowę geologiczną wyniesienia Wolsztyn–Pogorzela oraz obszaru w jego bezpośrednim południowym otoczeniu w świetle nowej analizy archiwalnych materiałów geofizycznych. Interpretacja przetworzonych danych grawimetrycznych pozwala na wyznaczenie charakterystycznej struktury na monoklinie przedsudeckiej oraz na wskazanie regionalnych stref tektonicznych o kierunku NW–SE. Wstępne wyniki prezentowanych danych grawimetrycznych uzupełniono programem przyszłego opracowania zbiorów z wykorzystaniem różnych metod geofizycznych, w tym sejsmicznych oraz ich kompleksowej interpretacji. Pozwoli to na pełniejsze rozpoznanie budowy geologicznej regionu, szczególnie stref zaangażowania tektonicznego, z którymi jest związana możliwość odkrycia nowych złóż surowców mineralnych.

**Słowa kluczowe:** grawimetria, sejsmika, przetwarzanie danych geofizycznych, surowce mineralne, wyniesienie Wolsztyn–Pogorzela, monoklina przedsudecka.

**Abstract.** New structural unit within the Fore-Sudetic Monocline called the Wolsztyn–Pogorzela Elevation has been described. It was possible due to a new interpretation of gravimetric data. This interpretation allowed also for identification of the NW–SE regional tectonic trends within the study area. It is assumed that an integration of gravimetric and seismic data should lead to a comprehensive interpretation of the geological structure of the area and to facilitate exploration for the economic minerals.

**Key words:** gravimetry, seismics, geophysical data processing, economic minerals, Wolsztyn–Pogorzela High, Fore-Sudetic Monocline.

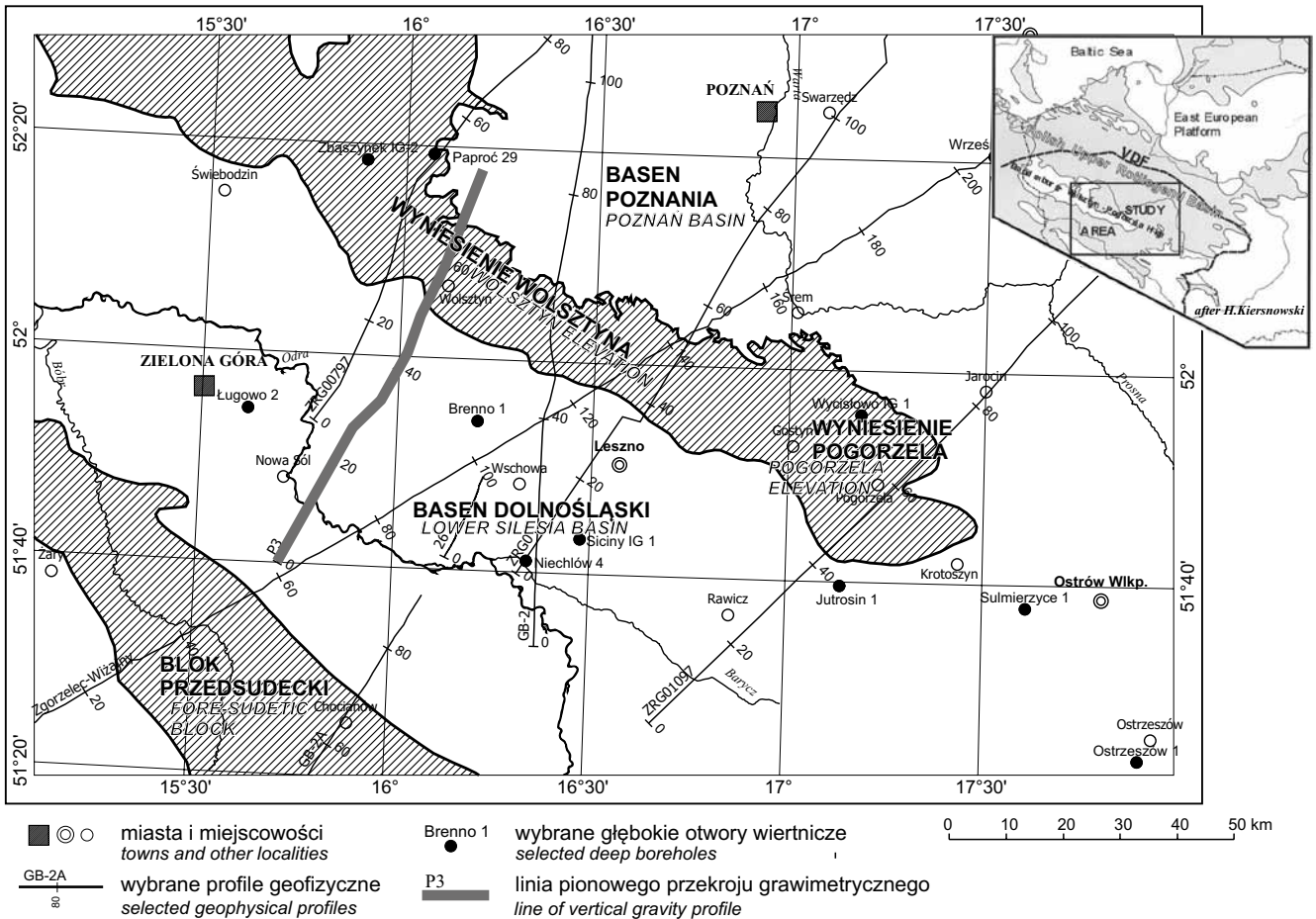
## WSTĘP

W artykule przedstawiono możliwości rozpoznania budowy geologicznej wyniesienia Wolsztyn–Pogorzela (fig. 1) w świetle nowej analizy zebranych materiałów geofizycznych. Wyniesienie, w którym pod utworami cechsztynu nawiercono utwory czerwonego spągowca i karbonu, nie zna-

lazło swojego jednoznacznego odzwierciedlenia w obrazie geofizycznym, występując obok wyróżniających się dodatkowych anomalii grawimetrycznych siły ciężkości (Królikowski, Petecki, 1995) i magnetycznych (Petecki i in., 2003). Obie anomalie, położone na skraju basenu dolnośląskiego,

<sup>1</sup> Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, ul. Wybickiego 7, 31-261 Kraków; e-mail: lidiad@interia.pl, tarkowski@min-pan.krakow.pl.

<sup>2</sup> Emerytowany pracownik Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa; e-mail: aspepel@interia.pl, z.zuk@interia.pl.



**Fig. 1.** Mapa sytuacyjna obszaru badań  
Location map of the study area

nie mają dotychczas dowiązania geologicznego. Nowe metody przetwarzania i interpretacji materiałów geofizycznych pokazują możliwość rozwiązania problemu, wykorzystując zebrane archiwalne zbiory danych badań geofizycznych. Na podstawie zastosowania wybranych procedur opracowania pól potencjalnych oraz przetworzenia sejsmicznego obrazu falowego przedstawiono możliwość rozpoznania struktur i anomalii oddziaływań pól geofizycznych oraz regionalnych i lokalnych stref tektonicznych. Zebrano przykłady wyników interpretacji danych geofizycznych z wykorzystaniem nowych elementów ich przetwarzania.

Omawiany obszar przedsudecki jest szczególnie interesujący dla poszukiwań złóż rud i węglowodorów, prowadzonych z różnym powodzeniem przez krajowe i zagraniczne firmy poszukiwawcze (np. Speczik i in., 2011, 2012). Dodatkowym bodźcem do rozpoznania geologicznego jest możliwość przedłużenia w kierunku Polski wydzielonych na terytorium Niemiec stref: saksońsko-turyńskiej i reńsko-hercyńskiej, a także środkowoniemieckiego wyniesienia krystalicznego (*Mid-German Crystalline Rise* – MGCR; Dekorp Research Group (B), 1994). Z tymi jednostkami jest związane występowanie złóż rud metali i innych interesujących surowców. W niektórych opracowaniach wyniesienie

Wolsztyna jest uważane za środkową część rozczłonkowanych podniesień tektonicznych rozciągających się od Brandenburskiej po wyniesienie Pogorzela na południowym wschodzie (Kiersnowski i in., 2010).

W opracowaniach Speczika (np. Speczik, 1985) wykazano związek między znanymi elementami tektonicznymi monokliny przedsudeckiej i możliwością występowania złóż polimetalicznych, a nawet węglowodorów. Podkreślono rolę ruchów tektonicznych i związanych z nimi procesów magmatycznych i hydrotermalnych jako czynnika powodującego naruszenie równowagi paleohydrologicznej w procesie formowania się złóż. Strefy naruszeń tektonicznych pokrywy osadowej i metamorficznej sugerują istnienie dróg migracji węglowodorów, krążenia roztworów metasomatycznych i stref generacji kopalin użytecznych. Rozpoznane w głębokich badaniach sejsmicznych rozłamy można uznać za kanały konwekcji ciepła niezbędnego do procesów mineralizacji (np. Piestrzyński, 2007). Znajomość tektoniki na podstawie nowych procesów przetwarzania informacji geofizycznych może być pomocna w określeniu możliwości odkrycia występowania surowców mineralnych oraz przybliżeniu kierunku rozpoznania geologicznego omawianego rejonu.

## ROZPOZNANIE GEOFIZYCZNE

Obszar Dolnego Śląska jest pokryty dobrej jakości półszczegółowym zdjęciem grawimetrycznym i magnetycznym ze średnim zagęszczeniem punktów pomiarowych w obu przypadkach ok. 4,0 pkt/km<sup>2</sup>. Istniejące zdjęcie pozwala na opracowanie mapy anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera (np. Królikowski, Petecki, 1995) oraz wykonanie transformacji i przetwarzania tych danych w celu rozpoznania utworów cechsztynu, starszego paleozoiku i podłoża. Wyniesienie Wolsztyn–Pogorzela znajduje się w rozległej strefie zmian wartości siły ciężkości, położonej na północnym skrzydle wyróżniającej się anomalii, rozciągającej się w basenie dolnośląskim. Pomiar magnetyczny umożliwia wykonywanie bardziej szczegółowych interpretacji rozpoznających strefy przypuszczalnych wypiętrzeń i obniżek podłoża magnetycznie czynnego (np. Cieśla, Wybraniec, 1997). Na mapie wektora magnetycznego  $\Delta T$  wyznaczenie wyniesienia Wolsztyn–Pogorzela jest trudne, natomiast w basenie dolnośląskim jest widoczna dodatnia anomalia siły ciężkości (o podobnym kształcie jak w obrazie grawimetrycznym), prawdopodobnie wiązana z głębokimi źródłami magnetycznymi.

Badania refrakcyjne (Skorupa, 1974; Młynarski, 1982) wykonano wzdłuż siatki profili z zadaniem rozpoznania utworów podłoża i ewentualnych granic w kompleksie paleozoicznym. Interpretacja otrzymanego obrazu wskazała na występowanie na obszarze monokliny tzw. „fal przenikających”, charakterystycznych dla ośrodków o ciągłym wzroście prędkości z głębokością i tylko w przybliżeniu charakteryzujących śledzone granice, załamujące między tymi ośrodkami.

Szczegółowe badania refleksyjne metodą wielokrotnych pokryć 2D pokrywają cały obszar występowania utworów cechsztynu wzdłuż profili sejsmicznych, położonych od siebie zwykle w odległości kilkuset metrów; szereg struktur cechsztynu i czerwonego spągowca objęto dodatkowo zdjęciami sejsmicznymi 3D. Opracowane sekcje sejsmiczne dobrze odwzorowują granice odbijające z triasu oraz poszczególne cyklotemy w utworach cechsztynu. Dostatecznie też rozpoznano granicę Z1, związaną ze spągowymi utworami cechsztynu lub stropem czerwonego spągowca (np. Klecan i in., 1998). Możliwość uzyskiwania odbić poniżej cechsztynu dokumentują m.in. wykonane w ramach tej pracy zestawienia profili sejsmicznych, oznaczone symbolami ZRG (fig. 1–3), przecinające w przybliżeniu prostopadle analizowane struktury.

Z uwagi na ocenę występowania węglowodorów interpretacja sekcji czasowych oraz zakres czasów rejestracji rekordów połowych na niektórych profilach sejsmicznych nie obejmuje głębszych granic, związanych z utworami poniżej

stropu czerwonego spągowca i karbonu. Granice odbijające z większych głębokości czasami nie są rejestrowane lub korelują się na krótkich odcinkach, często na tle intensywnych odbić wielokrotnych i prawdopodobnie na tle złożonej, blokowej budowy podłoża cechsztynu. Wykonane profile z wydłużonym czasem rejestracji do 3–4 sekund wskazują na wiarygodność uzyskiwania informacji z większych głębokości niż w dotychczasowych opracowaniach. Istotnym czynnikiem w poprawie czytelności rejestracji w całym przedziale czasowym może być przedstawienie sekcji czasowych w wersji efektywnych współczynników odbicia obrazu sejsmicznego (EWO). Metoda ta dzięki określaniu znaku i wartości współczynników odbicia poszczególnych warstw pozwala na odwzorowanie elementów litologicznych i tektonicznych przekrojów. Szczególne znaczenie ma określenie parametrów dyslokacji i możliwość rozpoznawania bloków wydzielonych jednostek strukturalnych.

Na obszarze Dolnego Śląska wykonano głębokie badania sejsmiczne wzdłuż linii GB2 i GB2a (por. fig. 1). Wyniesienie Wolsztyna przecina profil GB2 (Młynarski i in., 2000), natomiast profil GB2a (Cwojdzinski i in., 1995; Żelaźniewicz i in., 1997) graniczy od południa z basenem dolnośląskim. Interpretacja wyników rozpoznała w skorupie ziemskiej skomplikowaną strukturę o cechach podobnych do struktury w południowo-wschodniej części Niemiec. Skokowe zmiany w położeniu refleksów wskazują na istnienie potężnych dyslokacji oraz rozłamów i odpowiadających im charakterystycznych bloków, wyraźnie widocznych pod utworami metamorficznymi środkowej Odry oraz monokliną przedsudecką. Wzdłuż obu profili stosunkowo dobrze prześlędzono granicę MOHO w postaci grupy refleksów o wyróżniającej się dynamice. Na profilu GB2a występuje na głębokości ok. 30 km, a na GB2 granicę tę zarejestrowano na głębokości 33–34 km, zapadając na północ, osiąga głębokość 40 km. Różnicowanie powierzchni MOHO na niektórych odcinkach profili podkreśla istnienie bloków i dyslokacji w zalegających w wyższych kompleksach geologicznych.

Badania magnetotelluryczne (Stefaniuk i in., 2007), w postaci sondowań w odległości 3–6 km od siebie, wykonano w 2005 r. wzdłuż profilu Zgorzelec–Wizajny, równoległe z pomiarami grawimetrycznymi i magnetycznymi. Wyniki interpretacji sondowań magnetotellurycznych przedstawiono w postaci przekrojów oporności z wykorzystaniem inwersji 2D, sporządzonych w różnych wersjach atrybutów pola MT. Przekrój opracowany dla modelu w postaci poziomych granic o zdefiniowanych opornościach na podstawie sondowań parametrycznych jest najbardziej reprezentatywny dla wyników badań.

## OPRACOWANIE DANYCH GRAWIMETRYCZNYCH

Na podstawie obrazu anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera opracowano mapy transformowane charakteryzujące kompleksy geologiczne w wybranych poziomych przedziałach głębokościowych. Dla analizowanego tematu szczególnie interesujący jest obraz anomalii rezydualnych dla przedziału głębokościowego 10–20 km (fig. 2) od poziomu odniesienia, w którym wyróżniają się 3 obszary anomalii o kierunku zbliżonym do NW–SE, znajdujące się w rejonach odpowiednio: bloku przedsudeckiego, basenu dolnośląskiego i basenu Poznania. Można uważać, że wyznaczone dominujące trzy głębokie, regionalne anomalie grawimetryczne odpowiadają jednostkom geologicznym, wiążanym z przedłużeniem elementów tektonicznych, znanych z terenu Niemiec. Wyniesienie Wolsztyn–Pogorzela na mapie transformowanej w interwale do 6 km jest słabo widoczne, jedynie w postaci mozaiki dodatnich i ujemnych anomalii resztkowych o niedużej amplitudzie.

Obiekty geologiczne typu dyslokacji wyróżniono na podstawie pionowych granic gęstości i ilości elementów liniowych, obliczonych w przedziałach głębokościowych od 4 do 10 km, odpowiadających utworom starszym od cechsztynu. Wyniki przekształceń przedstawiają przebieg stref tek-

tonicznych z podkreśleniem regionalnych linii uskoków o kierunku zbliżonym do SW–NE, który można uważać za główny kierunek tektoniczny obszaru, podobny do kierunku struktur z rejonu Niemiec. Na załączonej mapie (fig. 3) wyraźnie zaznaczają się strefy ograniczające wyniesienie Wolsztyna–Pogorzela (linie A i B), dodatnią anomalię w basenie dolnośląskim (linie B i C) oraz uskoki w sąsiedztwie Odry (linia D). Na północ od wyniesienia Wolsztyna zaznaczają się uskoki o kierunku południkowym, z których najbardziej charakterystycznym wydaje się linia wyróżniająca strukturę Pogorzela. Wszystkie dominujące strefy tektoniczne, w tym kierunki tektoniczne SW–NE, zostały zarysowane bardzo wyraźnie i wynikają z bezpośredniej transformacji pola grawimetrycznego bez ingerencji „intuicyjnej” interpretatora.

Przestrzenny obraz anomalii siły ciężkości przedstawia wybrany pionowy przekrój grawimetryczny wykonany wzdłuż linii P3, przecinającej dominującą anomalię siły ciężkości w basenie dolnośląskim (fig. 4). Anomalia ta w basenie dolnośląskim obejmuje znaczny interwał głębokościowy od 5 do 20 km, której odgałęzienie wydaje się obejmować wyniesienie Wolsztyna, zamykające się w przedziale od 0 do 8 km. Wyznaczone na mapach dominujące strefy

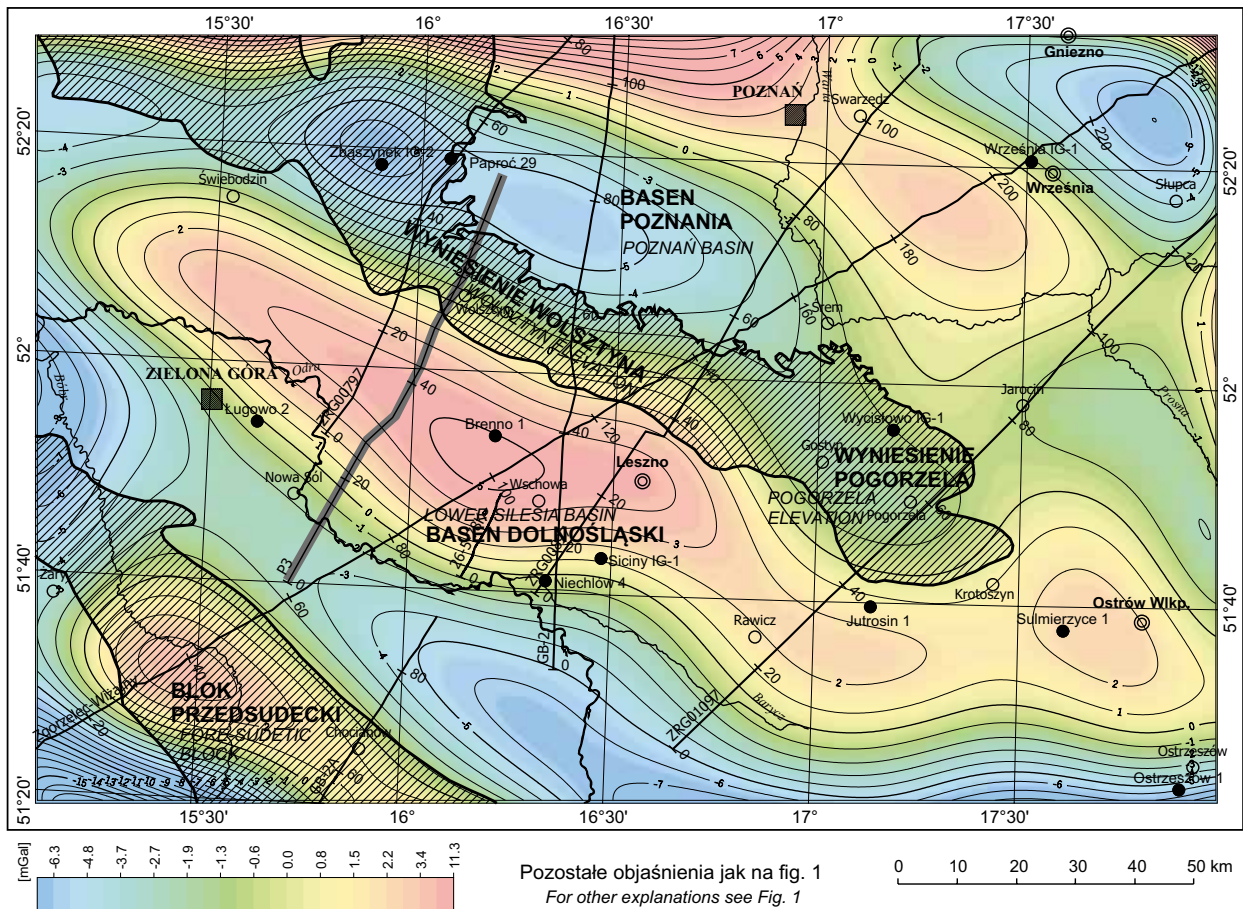


Fig. 2. Mapa anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera w umownym przedziale głębokościowym 10–20 km

Bouguer anomaly map for a depth interval of 10–20 km

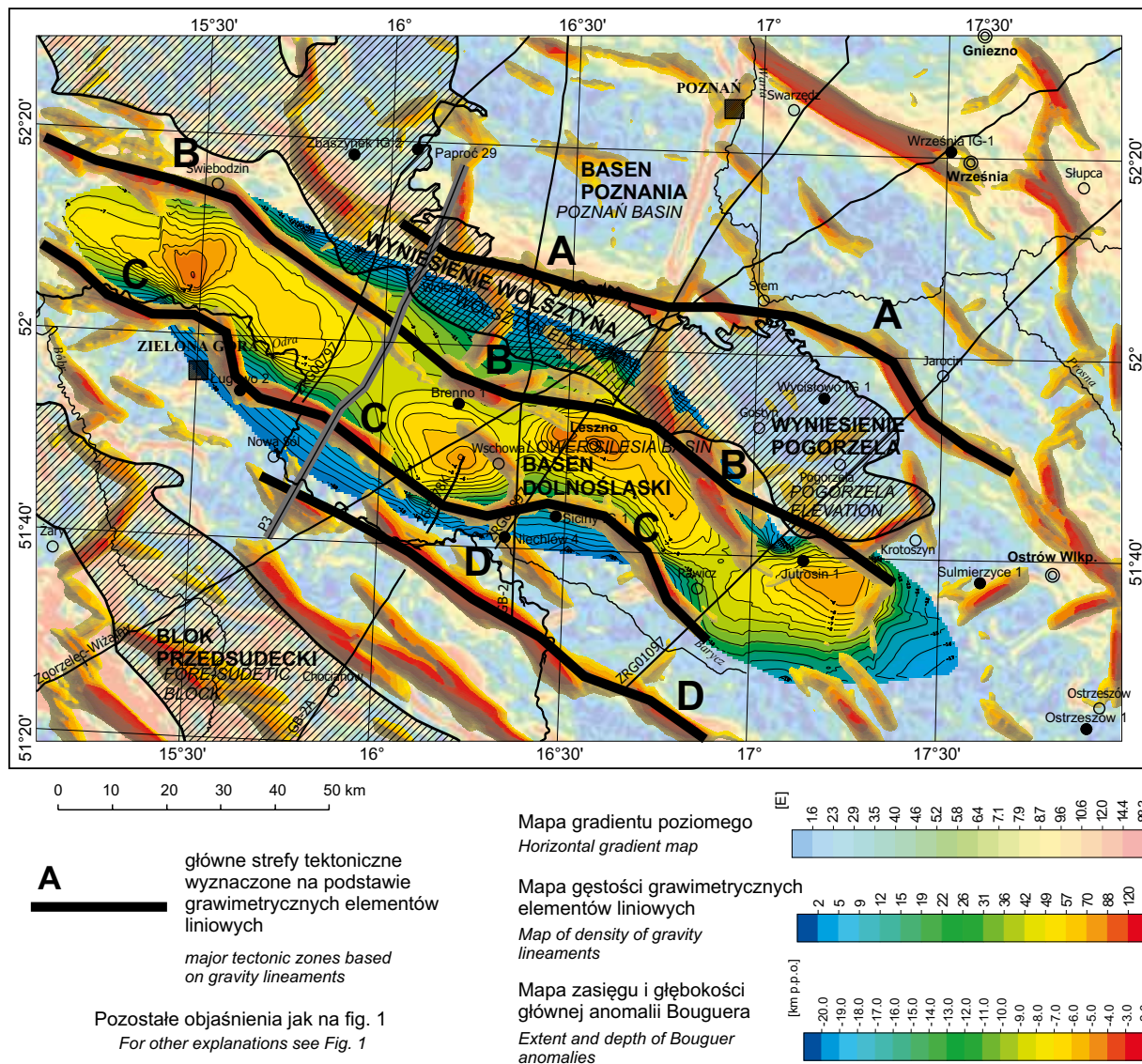


Fig. 3. Interpretacyjna mapa grawimetryczna

Interpretative gravity map

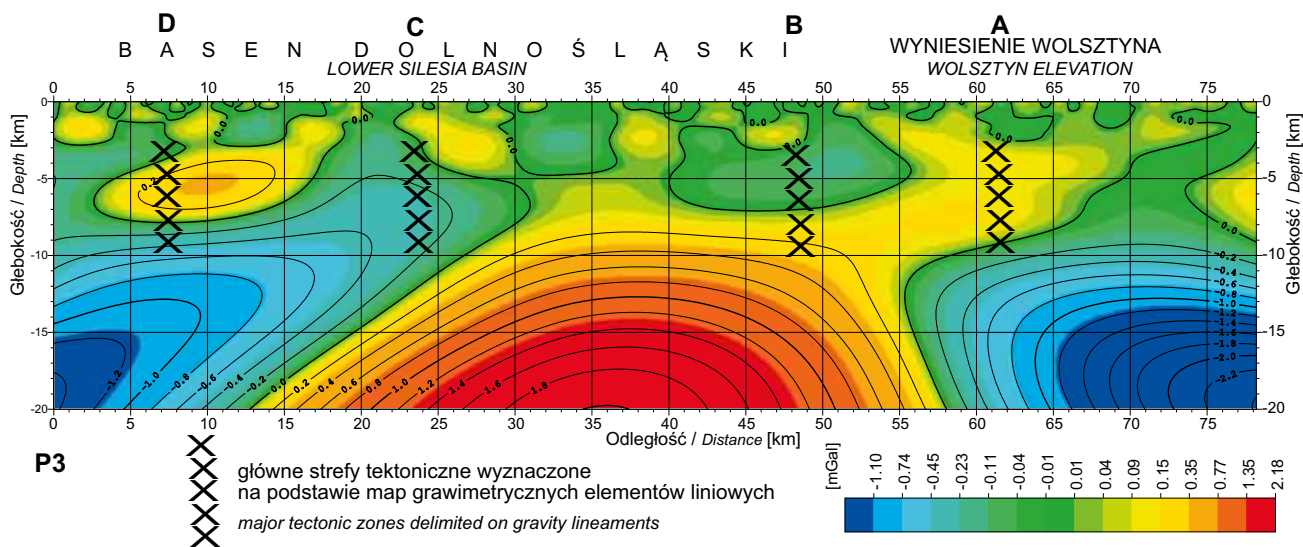


Fig. 4. Pionowy przekrój grawimetryczny

Vertical gravity profile

tektoniczne A, B i C dobrze wkomponują się w kontury charakterystycznych anomalii: wyniesienia Wolsztyna i formy strukturalnej w basenie dolnośląskim. Wykazane związki

wyniesienia Wolsztyna ze strukturą w basenie dolnośląskim wymagają potwierdzenia w dalszych, szerszej zakrojonych pracach dokumentacyjno-interpretacyjnych.

## OPRACOWANIE MATERIAŁÓW SEJSMICZNYCH

Na figurze 5 przedstawiono fragment mapy strukturalnej spągu cechsztynu, opracowany na podstawie wybranych profili refleksyjnych i głębokich wierceń w basenie dolnośląskim. W pobliżu izolinii 2200 i 2300 m oraz 1900 i 2000 m biegnie strefa zmiany zagęszczenia izolinii, odpowiadająca linii przecięcia dwóch płaszczyzn charakteryzujących nachylenie spągu cechsztynu. Wspomniana linia pokrywa się z dominującą strefą tektoniczną, ograniczającą od południa wydłużoną anomalię siły ciężkości lub strukturę w basenie dolnośląskim – uskoki C. Można uważać, że zmiany w ułożeniu spągu cechsztynu potwierdzają istnienie w podłożu strefy dyslokacyjnej o dużej amplitudzie, rozgraniczającej dwa różne ośrodki geologiczne. Wskazane jest znalezienie związków pozostałych stref tektonicznych ze zmianami facyjnymi w wykształceniu utworów spągu cechsztynu.

W sejsmicznych refleksyjnych pracach terenowych, jak również w procesach przetwarzania, nie zwracano dotychczas wystarczającej uwagi na rozpoznanie głębszych

interwałów, związanych z utworami czerwonego spągowca, karbonu lub starszych utworów. Wyraża się to zarówno w ograniczaniu czasu rejestracji połowych rekordów sejsmicznych na niektórych profilach, jak i przedstawianiu sekcji czasowych, ograniczonej do krótkich odcinków poniżej spągu cechsztynu. Problematyka poszukiwań węglowodorów zwykle obejmowała utwory cechsztynu i jego bezpośrednie podłoże, a złożony obraz falowy w obrębie utworów czerwonego spągowca lub karbonu utrudniał sporządzenie interpretowalnych sekcji czasowych. W zbiorach archiwalnych istnieją profile z czasem rejestracji do 3–4 sekund, na których są widoczne grupy refleksów o wyróżniającej się intensywności, które mogą charakteryzować głęboką budowę strukturalną w postaci bloków i dyslokacji. Zestawione wybrane profile w postaci linii przecinających basen dolnośląski i wyniesienia Wolsztyna–Pogorzeli odpowiednio przetworzone mogą stanowić interesujący materiał do rozpoznania budowy strukturalnej obszaru.

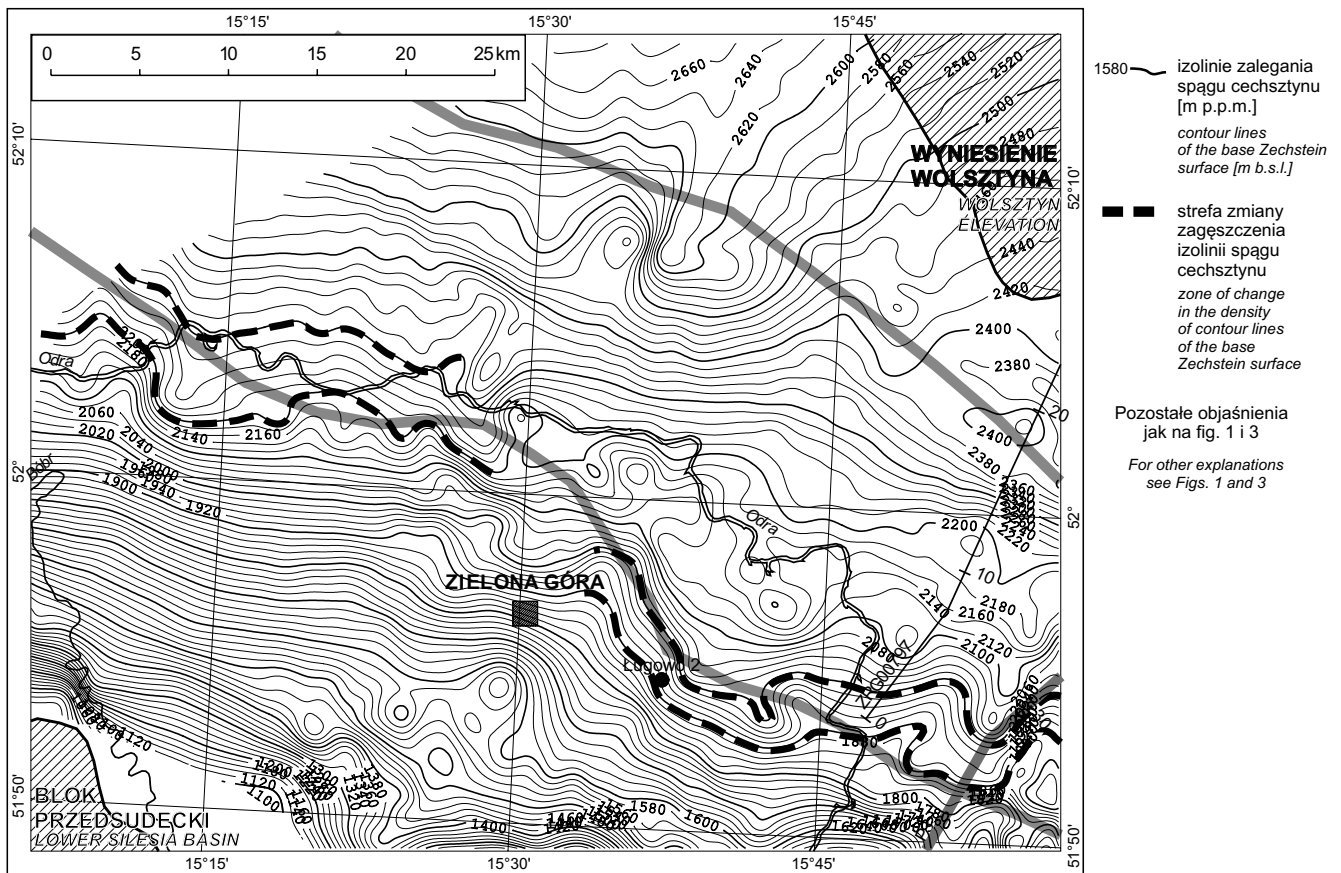


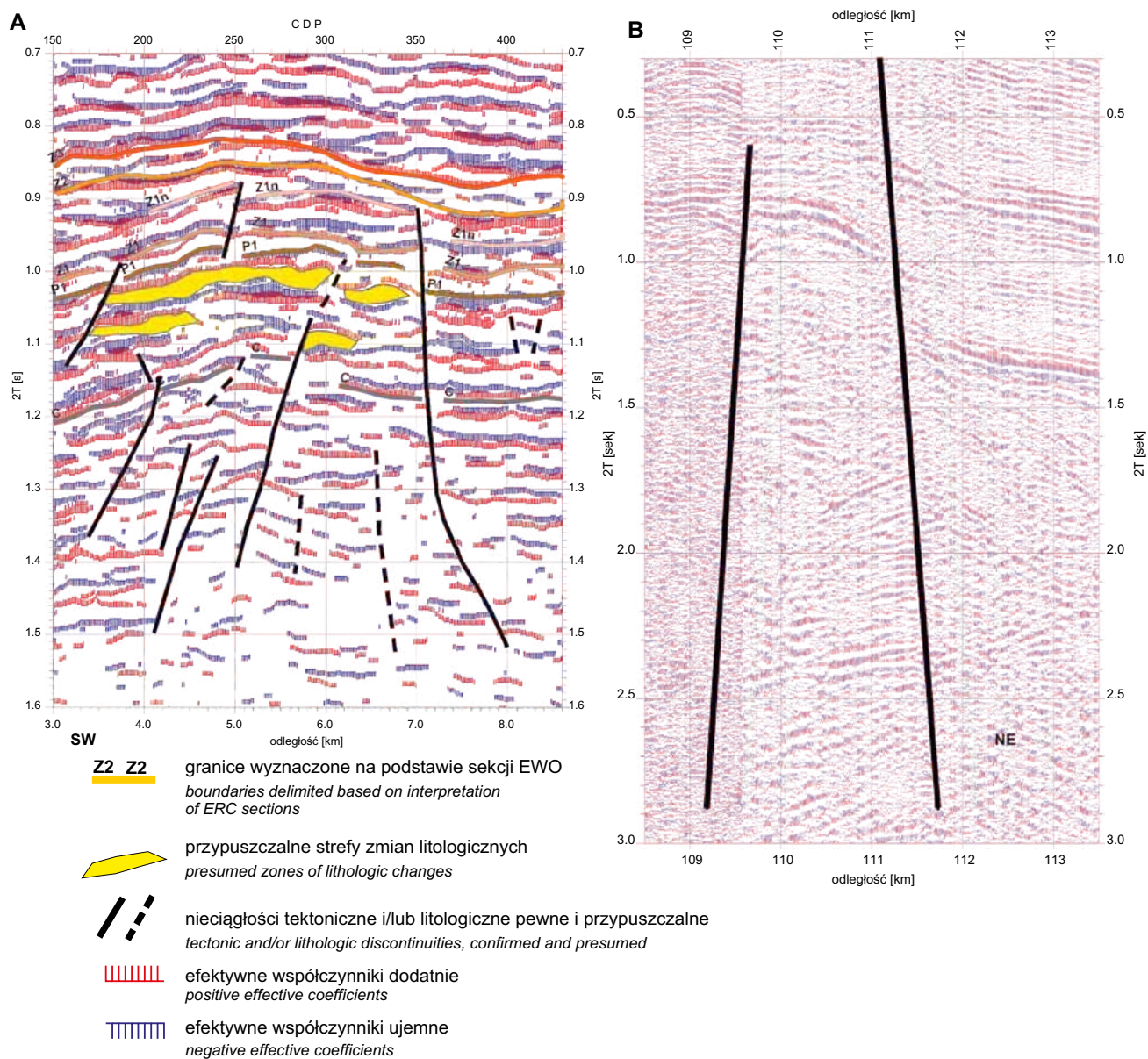
Fig. 5. Mapa strukturalna spągu cechsztynu (na podstawie Speczik i in., 2012; z uzupełnieniami autorów)

Structural map of the base of Zechstein (based on Speczik *et al.*, 2012; supplement by the authors)

Zastosowanie przetwarzania amplitudowych zapisów falowych w postać impulsową – efektywnych współczynników odbicia obrazu falowego (EWO) – istotnie zwiększa czytelność danych sejsmicznych i daje możliwość odwzorowania elementów litologicznych i tektonicznych przekroju. Szczególne znaczenie ma tutaj określenie znaku i wartości współczynników odbicia dla poszczególnych warstw, co pozwala na identyfikację parametrów dyslokacji oraz możliwość rozpoznawania bloków wydzielonych jednostek strukturalnych. Metoda ta jest szczególnie przydatna w interpretacji i identyfikacji warstw związanych z utworami paleozoiku

oraz korelowanych kompleksów stratygraficznych i wydzielanych nieciągłości tektonicznych. Wiąże się to z niższą dynamiką zarejestrowanych fal odbitych, gdzie zastosowanie dodatkowych kryteriów korelacji pozwala na bardziej jednoznaczne śledzenie granic odbijających oraz identyfikowanie warstw na obu skrzydłach dyslokacji, w tym uskoków o małej amplitudzie (np.: Dziewińska, Józwiak, 2000; Dziewińska, Tarkowski, 2016a, b).

Na jednym z przekrojów (fig. 6A) zilustrowano możliwość przekształcenia archiwalnych zbiorów falowych w postać efektywnych współczynników odbicia w celu poznania



**Fig. 6. Przykłady zastosowania metody efektywnych współczynników odbicia (EWO)**

A – wg Dziewińskiej i in., 2011; B – wg Dziewińskiej, Peteckiego, 2004

Examples of the use of the effective reflection coefficients (ERC) method

A – after Dziewińska *et al.*, 2011; B – after Dziewińska, Petecki, 2004

blokowej budowy utworów czerwonego spągowca, karbonu i głębszych z rejonu struktury położonej w obrębie basenu dolnośląskiego. (Dziewińska i in., 2011). Opracowanie sekcji EWO przedstawia jedną z możliwych sposobów obrazowania budowy strukturalnej oraz strefy nieciągłości tektonicznej i/lub litologicznej. Przedstawiony obraz pokazuje dużą liczbę dyslokacji, tworzących system wypiętrzeń i obniżzeń, które dzielą obszar na poszczególne bloki, między którymi zarejestrowano też uskoki o mniejszej amplitudzie. Współczynniki odbicia zwracają uwagę na zaznaczające się na krót-

kich odcinkach granice, które informują o stosunku planów strukturalnych utworów stropowych czerwonego spągowca i utworów niżej leżących. Przekrój z sąsiedniego obszaru (fig. 6B) przedstawia możliwość efektywnego wykorzystania metody współczynników odbicia do identyfikacji warstw na skrzydłach dyslokacji (Dziewińska, Petecki, 2004). W obu przykładach szczególnie interesujące są rejonu charakteryzujące się niezgodnością planów i przemieszczeniami elementów strukturalnych, dokumentujące dwudzielność interpretowanego obiektu w utworach cechsztynu i jego podłoża.

## PROGRAM DALSZYCH PRAC INTERPRETACYJNYCH

Do bardziej pełnego i szczegółowego rozpoznania omawianych jednostek geologicznych oraz związanych z nimi regionalnych i lokalnych stref tektonicznych, niezbędnym jest wykonanie dalszej interpretacji i szerszego przetworzenia archiwalnych materiałów grawimetrycznych, magnetycznych i sejsmicznych oraz kompleksowego ich opracowania. Wskazane jest także wykorzystanie niektórych wyników profilowań geofizyki otworowej w wybranych głębokich otworach. Rozszerzenie obszaru opracowania do granicy z Niemcami umożliwi uściślenie przebiegu na obszarze Polski jednostek strukturalnych, wyznaczonych na obszarach przygranicznych, znanych z bardziej szerokiego niż w Polsce programu głębokich refleksyjnych badań sejsmicznych Dekorp (Dekorp Basin Research Group, 1999). Można przedstawić następujący zakres i program prac interpretacyjnych:

- Przetworzenie materiałów grawimetrycznych na obszarze ok. 400 km<sup>2</sup> na podstawie siatki gridów o kroku 250–500 m, opracowanie map anomalii z wykorzystaniem transformacji analogowych i częstotliwościowych dla wybranych przedziałów głębokościowych związanych z wyznaczonymi kompleksami paleozoicznymi i podłożem, opracowanie kilku pionowych przekrojów grawimetrycznych w przedziale głębokościowym do 10 i 20 km w celu zobrazowania przestrzennego rozkładu głębokich struktur podłoża między innymi utworów permu oraz uściślenie wyników modelowaniem grawimetrycznym.
- Przetworzenie zbiorów magnetycznych wektora  $\Delta T$  z uwzględnieniem podobnych założeń o źródłach anomalii grawimetrycznych i magnetycznych z wykorzystaniem metod: redukcji do bieguna danych magnetycznych, a także korelacji anomalii grawimetrycznych i magnetycznych w domenie częstotliwości. Podobny

obraz anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera i wektora magnetycznego  $\Delta T$  na wyniesieniu Wolsztyna–Pogorzeli i basenu dolnośląskiego wydaje się uzasadniać przyjęcie takiego rozwiązania.

- Analiza materiałów sejsmicznych, refleksyjnych w celu wyznaczenia profili z wysokimi czasami rejestracji oraz dobrymi wynikami uzyskiwanymi poniżej spągu cechsztynu; przetworzenie obrazu falowego w postać efektywnych współczynników odbicia (EWO); interpretacja otrzymanych wyników w utworach poniżej podłoża cechsztynu w celu wydzielenia stref tektonicznych i bloków tektonicznych w utworach karbonu i starszego paleozoiku.
- Kompleksowe opracowanie zebranych i przetworzonych danych grawimetrycznych, magnetycznych, sejsmicznych i geofizyki wiertniczej w celu rozpoznania budowy strukturalnej i tektoniki wydzielonych kompleksów geologicznych; rozpoznanie bloków tektonicznych, regionalnych i lokalnych stref tektonicznych oraz ich związków z utworami podłoża i możliwości ich kontynuacji w pokrywie permsko-mezozoicznej.
- Opracowanie założeń dla dalszych prac poszukiwawczych uwzględniających wyznaczone regionalne i lokalne elementy tektoniczne i strukturalne, nawiązanych do podobnych złóż kopalin w Niemczech; określenie najbardziej perspektywicznych stref poszukiwań metali oraz węglowodorów.

Przedstawiony program kompleksowych badań geofizycznych i geologicznych winien zostać zrealizowany w konsultacji ze specjalistami, zajmującymi się problematyką strukturalną oraz poszukiwawczą starszego paleozoiku i podłoża na Dolnym Śląsku. Wskazane jest wykorzystanie niektórych elementów prac poszukiwawczych geologów niemieckich, aczkolwiek głębsze położenie interesujących struktur w Polsce może stanowić w tym zakresie pewne ograniczenie.

## PODSUMOWANIE

Przedstawiony materiał, z uwagi na charakter opracowania, ma charakter informacyjny i winien być uściślony w dalszych etapach prac interpretacyjnych i programowych.

Szczególne znaczenie ma dla rozpoznania budowy geologicznej Dolnego Śląska i określenia kierunków dalszych prac poszukiwawczych, na rozpoznanie struktury w basenie



dolnośląskim i jej związek z wyniesieniem Wolsztyna–Pogorzeli, a także rozpoznanie w obrębie obu struktur stref tektonicznych tak o charakterze regionalnym, jak i lokalnym.

Na opracowanych w postaci transformowanych map grawimetrycznych, a szczególnie na wariantach map gradientowych jak pionowe granice gęstości lub mapy gęstości grawimetrycznych elementów liniowych, widoczna jest południowa tektoniczna granica, która może stanowić granicę oddzielającą wyniesienie Wolsztyna–Pogorzeli od basenu dolnośląskiego. Przebieg tej strefy tektonicznej w rzeczywistości może być bardziej skomplikowany i związany z dodatkowymi poprzecznymi przemieszczeniami tektonicznymi. Ok. 16 km na południe od południowej granicy wyniesienia znajduje się prawie równoległa dominująca strefa tektoniczna (uskoki środkowej Odry), położona w basenie dolnośląskim, w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki Odry, ograniczająca od południa dużą dodatnią anomalię widoczną w opracowaniach materiałów grawimetrycznych i magnetycznych. Należy zaznaczyć, że mapa anomalii rezydualnych, obliczona w przedziale głębokościowym 10–20 km, praktycznie nie zmienia obrazu dużej dodatniej anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera.

Wyniesienie Wolsztyna–Pogorzeli i basen dolnośląski stanowią kluczowy element do odtworzenia obrazu geofizycznego wglębnej struktury geologicznej wartyscydu w Polsce, który umożliwi porównanie wyników ze strukturami fałdowania wartyscyjskiego za zachodnią granicą kraju, w tym ustosunkowanie się do problemu kontynuacji środkoniemieckiego wyniesienia krystalicznego Mid-German

Crystalline High. Jest to istotne zagadnienie ze względu na możliwość nawiązania perspektyw złożowych na omawianym obszarze do podobnych utworów w jednym z najbardziej rudnych rejonów w sąsiadującej części Niemiec. Na omawianym obszarze dominują kierunki NW–SE, które mogą być kontynuacją jednostek strukturalnych Niemiec, jak również zawierać podobne utwory skalne oraz złoża surowców mineralnych. Dla prac poszukiwawczych interesujące będą także lokalne strefy tektoniczne i określenie przedziałów geologicznych i głębokościowych ich występowania.

Zaprezentowany materiał dokumentuje duże możliwości obserwacji pola siły ciężkości do przedstawienia budowy strukturalno-geologicznej wyniesienia Wolsztyna–Pogorzeli i basenu dolnośląskiego. Uzupełnienie danych grawimetrycznych wynikami interpretacji pola magnetycznego i przetworzonych w postaci współczynników odbicia profili sejsmicznych oraz wykonaniem kompleksowej interpretacji, uszczegółowią obszary i kierunki dalszych prac poszukiwawczych złóż rud i węglowodorów. Rozpoznanie budowy geologicznej, szczególnie stref zaangażowania tektonicznego, pod kątem poszukiwań złóż rud metali (np. miedź, srebro, złoto) i węglowodorów (ropa i gaz ziemny) stanowi ważny dla gospodarki narodowej wkład w zakresie ustalania zasobów tych złóż oraz zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju. Wykorzystanie archiwalnych zbiorów pozwoli na ograniczenie ewentualnych prac terenowych i efektywne zaprojektowanie kosztownych uzupełniających badań geologicznych i geofizycznych, co też nie pozostaje bez znaczenia dla problemu ochrony środowiska.

## LITERATURA

- CIEŚLA E., WYBRANIEC S. (red.), 1997 — Kompleksowa interpretacja grawimetryczno-magnetyczna Polski zachodniej. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- CWOJDZIŃSKI S., MŁYNARSKI S., DZIEWIŃSKA L., JÓŹWIĄK W., ZIENTARA P., BAZIUK T., 1995 — Pierwszy sejsmiczny profil głębokich badań refleksyjnych (GBS) na Dolnym Śląsku. *Prz. Geol.*, **43**: 727–737.
- DEKORP BASIN RESEARCH GROUP, 1999 — Deep crustal structure of the Northeast German basin: New DEKORP – Basin'96 deep-profiling results. *Geol. J.*, **27**: 55–58.
- DEKORP RESEARCH GROUP (B), 1994 — Crustal structure of the Saxothuringian Zone: Results of the deep seismic profile MVE-90 (East). *Z. Geol. Wiss.*, **22**: 647–769.
- DZIEWIŃSKA L., JÓŹWIĄK W., 2000 — Zmiany litologiczne w utworach karbonu rowu lubelskiego w świetle interpretacji geofizycznej. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **392**: 5–48.
- DZIEWIŃSKA L., PETECKI Z., 2004 — Kompleksowa interpretacja badań geofizycznych północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Instr. Met. Bad. Geol.*, **58**: 1–107.
- DZIEWIŃSKA L., TARKOWSKI R., 2016a — Geophysical study of deep basement structure of NW Poland using effective reflection coefficients. *C. R. Geosci.*, **348**: 587–597.
- DZIEWIŃSKA L., TARKOWSKI R., 2016b — Sejsmiczna interpretacja struktury Wierchowa dla potrzeb podziemnego składowania CO<sub>2</sub> z wykorzystaniem efektywnych współczynników odbicia. *Zesz. Nauk. Inst. Gosp. Sur. Min. i En. PAN*, **92**: 261–274.
- DZIEWIŃSKA L., PETECKI Z., TARKOWSKI R., 2011 — Budowa geologiczna utworów permu struktury Wilków (monoklina przedsudecka) w świetle interpretacji sekcji współczynników odbicia. *Prz. Gór.*, **67**: 64–72.
- KIERSNOWSKI H., PERYTT M., BUNIAKA A., MIKOŁAJEWSKI Z., 2010 — From the intra-desert ridges to the marine carbonate island chain: middle to late Permian (Upper Rotliegend–Lower Zechstein) of the Wolsztyn–Pogorzela high, west Poland. *Geol. J.*, **44**: 319–335.
- KLECAN A., FEDOROWICZ A., WIERZBA D., 1998 — Regionalne profile sejsmiczne przez basen permsko-mezozoiczny. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- KRÓLIKOWSKI C., PETECKI Z., 1995 — Gravitometric Atlas of Poland 1 : 500 000 i 1 : 750 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MŁYNARSKI S., 1982 — The structure of deep basement in Poland in the light of refraction seismic surveys (in Polish with English summary). *Kwart. Geol.*, **26**, 2: 285–296.
- MŁYNARSKI S., POKORSKI J., DZIEWIŃSKA L., JÓŹWIĄK W., ZIENTARA P., 2000 — Deep reflection seismic experiments in western Poland. *Geol. Quart.*, **44**, 2: 175–181.
- PETECKI Z., POLECHOŃSKA O., CIEŚLA E., WYBRANIEC S., 2003 — Mapa magnetyczna Polski 1 : 500 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- PIESTRZYŃSKI A., 2007 — Historyczny rozwój poglądów na genezę złóż rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej – dyskusja. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **423**: 69–76.

- SKORUPA J., 1974 — Wyniki regionalnych prac refrakcyjnych prowadzonych w związku z rozpoznaniem głębokiego podłoża w Polsce. Objasnienia do Mapy sejsmicznej Polski 1 : 500 000. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- SPECZIK S., 1985 — Metalogeneza podłoża podcechsztyńskiego monokliny przedsudeckiej. *Geol. Sudet.*, **20**: 37–96.
- SPECZIK S., DZIEWIŃSKA L., PEPEL A., JÓŹWIAK W., 2011 — Możliwość wykorzystania impulsowej postaci zapisu sejsmicznego do rozpoznania złóż prognostycznych miedzi i srebra w północnej części monokliny przedsudeckiej. *Zesz. Nauk. Inst. Gosp. Sur. Min. i En. PAN*, **81**: 117–135.
- SPECZIK S., DZIEWIŃSKA L., PEPEL A., JÓŹWIAK W., 2012 — Analiza i przetwarzanie danych geofizycznych jako instrument poszukiwań złóż Cu–Ag na monoklinie przedsudeckiej. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **452**: 257–286.
- STEFANIUK M., WOJDYŁA M., KOSOBUDZKA I., OSTROWSKI C., 2007 — Dokumentacja badań geofizycznych, temat: Pomiary polowe magnetotelluryczne, magnetyczne i grawimetryczne wzdłuż profilu Zgorzelec–Wizajny wraz z ich przetwarzaniem i interpretacją, 2005–2007. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- ŻELAŻNIEWICZ A., CWOJDZIŃSKI S., ENGLAND R.W., ZIENTARA P., 1997 — Variscides in the Sudetes and the reworked Cadomian orogen: evidence from the GB-2A seismic reflection profiling in southwestern Poland. *Geol. Quart.*, **41**, 3: 289–308.

## SUMMARY

Possibility of a new analysis of the geophysical data has been postulated for exploration of the geological structure of the Fore-Sudetic Monocline. A positive gravimetric anomaly located within a gradient zone has been interpreted in terms of a southern part of the Wolsztyn–Pogorzela Elevation. This interpretation resulted from processing of field data according to specific procedures. The SW–NE trending regional pattern have been detected on the called maps of residual anomalies and density of gravity. They reveal a characteristic pattern of deep structures in the study area including the Wolsztyn–Pogorzela Elevation in the basement. The tectonic framework obtained on the bases of the gravity data is complemented by sub-meridional faults. The most characteristic of which is the one separating the Wolsztyn and the Pogorzela culminations.

A comprehensive program of the geophysical and geological studies in the region has been proposed. It is recom-

mended to reprocess some seismic reflection profiles utilizing extended travel time (up to 3–4 sec), into the system of effective reflection coefficients (ERC). This should significantly improve the quality of the future results. The development of seismic reflection profiles using the depth rather than the time intervals will allow to estimate the depth to the reflection events thus allowing identification of the tectonic elements in the sub-Zechstein basement. This, in turn, could lead to identification of regional and local tectonic structures, which may be important in prospecting for economic minerals. The integration of gravity, magnetic and seismic data should allow for recognition of the relationship of geologic structures on the Polish side of the area with those hosting economic minerals already identified in Germany. The results of the postulated integration may also be applied for hydrocarbon exploration on the Fore-Sudetic Monocline.