



## Zastosowanie metody konduktometrycznej do rozpoznania strefy uskoku brzezińskiego w zlikwidowanym obszarze górniczym Rozalia

### Use of ground conductivity method (GCM) for the identification of Brzezinski fault zone structure in the abandoned mine Rozalia

Mgr Sławomir Siwek<sup>\*)</sup>

**Treść:** Praca przedstawia wyniki eksperymentalnych badań geofizycznych mających na celu uściślenie rozpoznania strefy dyslokacji tektonicznej w przypowierzchniowej warstwie podłoża w północnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Do zobrazowania struktury górotworu zastosowano metodę konduktometryczną (GCM) w postaci wielopoziomowego profilowania przy zmiennym ustawieniu dipola anten. Badania przeprowadzono na poligonie testowym w Brzezinach Śląskich. Praca zawiera teoretyczny opis metody badawczej oraz analizę wyników pomiarów na poligonie.

**Abstract:** This paper presents the results of geophysical surveying aimed at the identification of the fault zone structure in the northern part of Upper Silesia. In order to visualize the fault plane the conductivity method (GCM) in multilayer profile mode with change of dipole orientation was used. The measurements were conducted on a test site in Brzeziny Slaskie. The paper describes theoretical principles of GCM method and the measurement's results.

#### Słowa kluczowe:

geofizyka, konduktometria, tektonika, obrazowanie

#### Key words:

geophysics, conductometry, tectonics, imaging

## 1. Wprowadzenie

Górnośląskie Zagłębie Węglowe, z uwagi na wielowiekową eksploatację złóż kopalin użytecznych m.in. węgla kamiennego i rud metali, cechuje się jednym z najlepszych rozpoznań tektoniki górotworu w Polsce. Pomimo bardzo dobrego rozpoznania górotworu w obrębie poszczególnych obszarów górniczych kopalń, które przedstawiane jest m.in. na mapach eksploatacji złoża, a także w tworzonych na ich podstawie opracowaniach zbiorczych, niejednokrotnie wyniesienie płaszczyzny uskoku z poziomu wyrobisk na powierzchnię terenu staje się nieprecyzyjne i nie koreluje z obserwowanymi odkształceniami powierzchni terenu (rzeźbą).

Metoda konduktometryczna (GCM) zaliczana jest do metod elektromagnetycznych działających w domenie częstotliwości (tj. zmiana częstotliwości sygnału powoduje zmianę jego głębokości penetracji) przy bliskim źródle pola [5]. Z uwagi na charakter rozkładu wytwarzanego pola elektromagnetycznego przy zastosowaniu pionowego dipola VD (cewki ułożone poziomo) metoda ta jest bardzo czuła na struktury charakteryzujące się dużym kątem zapadania i odmienną od otoczenia przewodnością elektryczną, a więc takie struktury jak uskoki lub inne stromo zapadające formy geologiczne.

Niniejsza praca przedstawia wyniki eksperymentalnych badań geofizycznych mających na celu szczegółowe rozpoznanie strefy dyslokacji tektonicznej w rejonie wschodni uskoku *brzezińskiego* w Brzezinach Śląskich.

Zadaniem pomiarów było zobrazowanie struktury górotworu w rejonie wschodni uskoku przy zastosowaniu metody konduktometrycznej w wariancie profilowania wielopoziomowego z zastosowaniem zmiennego ustawienia dipoli anten (poziomego HD i pionowego VD) dla określenia i wyróżnienia w obrazie danych takich elementów jak: krawędzie strefy dyslokacji, główna płaszczyzna uskoku (o ile jej charakter na to pozwoli) oraz szczeliny i spękania przyuskokowe.

## 2. Opis poligonu badawczego

Dla potrzeb realizacji wyznaczonego zadania wybrany został teren położony w Brzezinach Śląskich na północny wschód od skrzyżowania ulic Frenzla (DK 94 Czeladź – Bytom) i Bednarza. Jego lokalizację ilustruje rysunek nr 1.

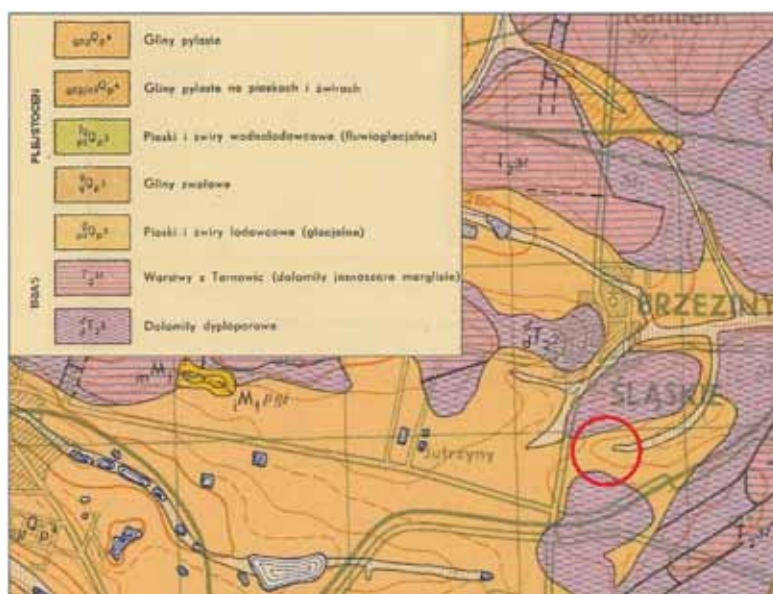
Zgodnie ze Szczegółową Mapą Geologiczną Polski (rys. 2) arkusz Bytom [2] czwartorzęd reprezentowany jest przez osady aluwialne oraz utwory pochodzenia wodnolodowcowego, które są litologicznie wykształtowane jako piaski z przewarstwieniami żwirów, glin piaszczystych i pylastych. W spągowej części profilu geologicznego dominują utwory gliniasto-ilaste. Miąższość tych utworów, określona na podstawie danych z dokumentacji złoża ZG Rozalia wynosi 10–12m (materiały archiwalne A). Głębiej zalegające utwory triasowe o całkowitej miąższości ok. 170–180 m zbudowane są z:

- dolomitów marglistych pelitycznych, lekko porowatych, niekiedy gąbczastych (górną wapień muszlowy) o miąższości od kilku do ok. 20 m,

<sup>\*)</sup> Główny Instytut Górnictwa w Katowicach



Rys 1. Lokalizacja terenu badań na mapie poglądowej  
Fig. 1. Location map of the test site

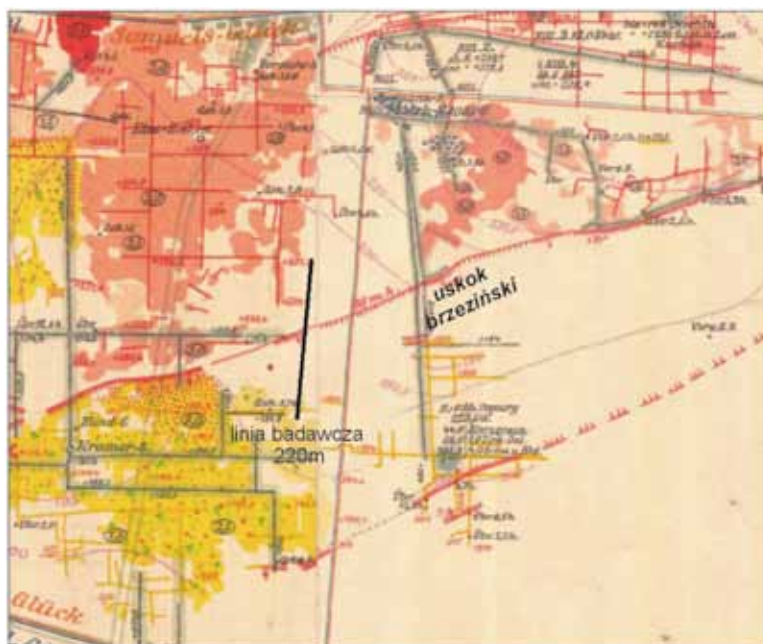


Rys. 2. Wycinek Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski [2] z zaznaczoną lokalizacją terenu badań  
Fig. 2. Section of Geological Map of Poland (Biernat 1954) with tagged location of the test site

- dolomitów porowatych i kawernistych, splekanych i zwietrzałych w warstwach przypowierzchniowych (środkowy wapień muszlowy) – o miąższości od 5 do 25m,
- dolomitów kruszczośnych (dolny wapień muszlowy) – o miąższości ok. 10 m. W spągu tych dolomitów zlokalizowane jest złożo rud cynkowo-ołowiowych obejmujące rudy siarczkowe, blendę cynkową i galenę oraz rudy utlenione tzw. galmiany.
- wapieni gogolińskich, tj. wapieni krystalicznych i marglistych z wkładkami wapieni zlepieńcowatych oraz wapieni cienko- płytowych – o miąższości od 35 do 70m,
- utworów pstręgo piaskowca – wapień krystaliczny, pstręgi iły oraz piaski kwarcowe, tworzące miejscami piaskowce o lepieszcu ilasto-wapiennym – o miąższości od 30 do 75m.

Poniżej utworów triasowych (od rzędnej ok. +100 m n.p.m.) występują utwory karbonu reprezentowane przez warstwy rudzkie, siódłowe, porębskie i gruszowskie.

Uskok *brzeziński* w dokumentacji złoża ZG Rozalia (materiały archiwalne A) określany jest jako uskoku towarzyszący dla strefy równoleżnikowego uskoku *północnego* o łącznym zrzucie od 10 do 70 m. Z uwagi na brak nazwy własnej dla tego uskoku w materiałach archiwalnych nadano mu nazwę w nawiązaniu do miejscowości, na terenie której prowadzono prace badawcze. Zrzut uskoku *brzezińskiego* zgodnie z danymi archiwalnymi ZG Rozalia (materiały archiwalne A), w obrębie utworów triasowych wynosi 30 – 40m. Nachylenie płaszczyzny uskokuwej zmienia się w zakresie 70° – 85°. Ponieważ dane z kopalni węgla kamiennego dotyczą głębszego podłoża (poniżej rzędnej ok. +100m n.p.m.), do



Rys. 3. Lokalizacja linii badawczej na archiwalnej, niemieckiej mapie dokumentującej eksploatację rud metali z 1910 roku [1]

Fig. 3. Location of EM profile at the old German map of metal ore exploitation from 1910 (Anst, Kraatz 1912)

określenia przebiegu uskoku na powierzchni wykorzystano archiwalne mapy niemieckie z 1910 r. dokumentujące eksploatację rud w tym rejonie (rys. 3) oraz materiały z dokumentacji złoża ZGH Orzeł Biały (materiały archiwalne B).

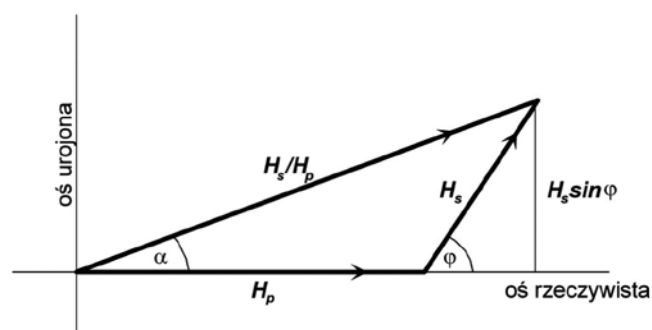
Rejon uskoku *brzezińskiego* objęty był eksploatacją zarówno w złożu rudnym, jak i węglowym. Eksploatacja rudna w miejscu wytyczenia linii badawczej prowadzona była w obu skrzydłach uskoku w ławie górnej złoża, a więc na głębokości ok. 80 – 90 p.p.t. W pierwszej kolejności wydobywano rudy siarczkowe (głównie galenę) po stronie północnej uskoku w latach 1884 – 1886 oraz blendę cynkową po południowej stronie uskoku w latach 1897 – 1901. Następnie wydobycie rud ok. 50 m na zachód prowadził w latach 1956 – 1960 Zakład Górniczo-Hutniczy Orzeł Biały w Brzezinach Śląskich (materiały archiwalne A).

Eksploatacja węglowa w rejonie badań prowadzona była przez Zakład Górniczy Rozalia (materiały archiwalne A) w latach 1953 – 1964 w pokładach grupy 400 (412, 414, 419) i 500 (501, 510). W miejscu wytyczenia linii badawczej wydobycie pokładów węgla odbywało się tylko po północnej stronie uskoku. W południowej części, z uwagi na duże zaburzenia pokładów pomiędzy uskokiem *północnym* a *brzezińskim*, wydobycia zaniechano. Obecnie w rejonie uskoku *brzezińskiego* nie jest prowadzona eksploatacja górnicza.

### 3. Metodyka badań

W metodzie konduktometrycznej wykorzystywany jest indukcyjny sposób wytworzenia pola elektrycznego w ośrodku gruntowym. Poprzez przepływ prądu o określonej częstotliwości przez cewkę nadawczą w ośrodek geologiczny emitowane jest, zgodnie z zasadą Lorentza, pierwotne pole magnetyczne  $H_p$ . Pole to powoduje wytworzenie w podłożu, na strukturach przewodzących, wtórnego pola magnetycznego  $H_s$  o tej samej częstotliwości co pole pierwotne, ale o zmienionej amplitudzie i fazie, wynikających z własności elektrycznych ośrodka. W cewce odbiorczej mierzone jest wypadkowe pole ( $H_s/H_p$ )

powstałe z nałożenia pola pierwotnego  $H_p$  i wytworzonego w podłożu pola wtórnego  $H_s$ . Graficznie różnice między polem wtórnym  $H_s$  a polem pierwotnym  $H_p$  przedstawia diagram fazowy (rys. 4).



Rys. 4. Ogólny diagram fazowy [4]

Fig. 4. General phase diagram (Parasnis 1986)

Z diagramu można wywnioskować, iż składowa urojona pola wtórnego jest taka sama jak składowa urojona pola wypadkowego. Zatem wielkość ta jest mierzona bezpośrednio. Składowa rzeczywista pola wtórnego jest natomiast obliczana na podstawie parametrów pola pierwotnego i wypadkowego [4].

W uogólnieniu pole wtórne jest złożoną funkcją rozstawu cewek  $d$ , częstotliwości pola  $f$  i przewodności elektrycznej podłoża  $\sigma$ . W warunkach, określanych jako „praca przy niskiej liczbie indukcji  $N_B$ ”, co oznacza, że częstotliwość pracy dla każdej odległości nadajnik – odbiornik jest wystarczająco niska, by uzyskać głębokość odczytu znacznie większą niż odległość między cewkami ( $N_B \leq 1$ ), wtórne pole  $H_s$  jest prostą funkcją tych zmiennych, co pokazuje równanie

$$\frac{H_s}{H_p} = \frac{i \mu_0 \omega \sigma d^2}{4} = \frac{i N_B^2}{2}$$

gdzie:

- $H_s$  – wtórne pole magnetyczne w cewce odbiorczej,
- $H_p$  – pierwotne pole magnetyczne w cewce odbiorczej,
- $\omega$  – częstość kołowa ( $2\pi f$ ),
- $\mu$  – bezwzględna przenikalność magnetyczna ośrodka w H/m,
- $\sigma$  – przewodność elektryczna właściwa ośrodka w S/m,
- $d$  – odległość między cewkami nadawczą i odbiorczą w m,
- $N_B$  – liczba indukcyjna – to stosunek odległości między cewkami  $d$  do miąższości nadkładu  $\delta$ ,
- $f$  – częstotliwość pola w Hz,
- $i = (-1)^{1/2}$ .

Współczynnik pola wtórnego do pola pierwotnego ( $H_s/H_p$ ), zgodnie z powyższym równaniem jest wprost proporcjonalny do przewodności elektrycznej, zatem jego pomiar pozwala w prosty sposób określać przewodność elektryczną badanego podłoża.

W metodzie konduktometrycznej przy niskiej liczbie indukcji ( $N_B \leq 1$ ) całkowita odpowiedź ośrodka geologicznego to składowa urojona rejestrowanego sygnału. Poziom zero składowej urojonej jest ustawiany dla każdego cyklu pomiarów, co pozwala na bezpośredni odczyt przewodności do określonej głębokości [5]. Stabilność poziomu zera oznacza, że dla umiarkowanej przewodności gruntu urządzenie daje dokładny pomiar wielkości przewodności gruntu. Dla niskich wartości przewodności błąd zera staje się znaczący i aparatura nie rejestruje dokładnie przewodności ośrodka o wysokim oporze. Natomiast dla wysokich przewodności (rzędu setek mS/m) odpowiedź urządzenia pomiarowego staje się nieliniowa wraz z przewodnością [3].

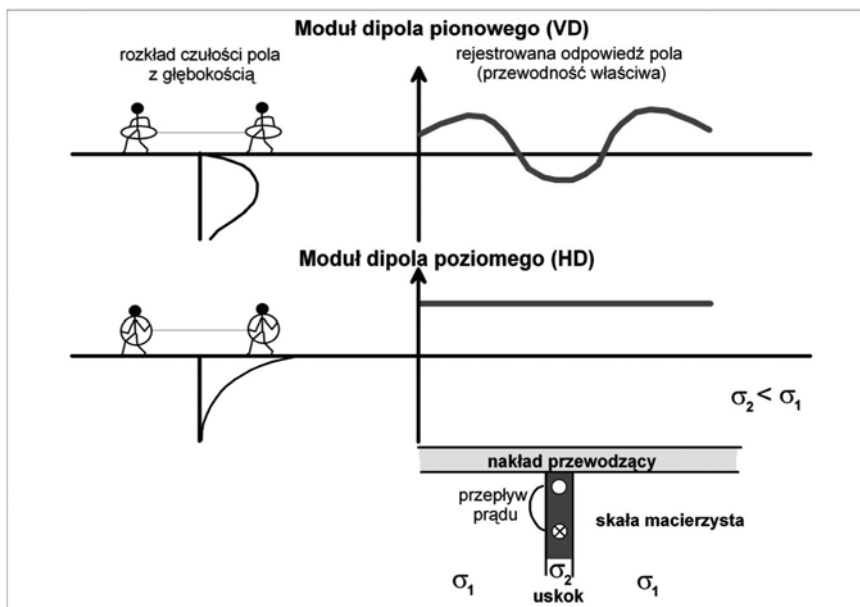
Pomiary mogą być wykonywane w sposób ciągły wzdłuż profilu (pomiar z zadanym w czasie próbkowaniem sygnału) lub w punkcie w dowolnej siatce pomiarowej. Uzyskiwane odczyty  $H_s/H_p$  są wykreślone dla środka układu. Zasięg penetracji aparatury w przeciętnych warunkach zmienia się od kilku do 60 metrów pod poziomem terenu. Jest on ustalany odległością

między cewkami nadawczą i odbiorczą oraz orientacją dipola anten względem powierzchni ziemi. Konduktometr pracuje w układzie dipola pionowego VD (cewki poziomo) i poziomego HD (cewki pionowo), dając znaczące różnice odpowiedzi na różnych głębokościach, co pokazuje rys. nr 5.

Kiedy używa się dipola pionowego VD (cewki w pozycji poziomej), urządzenie jest bardziej czułe na występowanie stromo zapadających, relatywnie słabo przewodzących struktur. Struktury takie powodują anomalie z maksymalną amplitudą bezpośrednio ponad nimi. Nachylenie takiej struktury powoduje w obrazie danych odbicie asymetryczne anomalii profilu, ale nie jest to wyraźne dla kątów upadu powyżej  $50^\circ$ . Natomiast przy zastosowaniu dipola poziomego HD (cewki w pozycji pionowej) urządzenie nie jest czułe na takie struktury, ale daje dość dokładny pomiar przewodności w ich otoczeniu.

Pomiary konduktometryczne dla potrzeb realizacji pracy badawczej wykonano aparaturą konduktometryczną EM34 – 3XL produkcji kanadyjskiej firmy Geonics Ltd.

Linie badawczą zlokalizowano pomiędzy polami uprawnymi na linii S – N, równoległe do ul. Bednarza ok. 150 m na zachód od niej (rys. 6). Początek i koniec linii stanowiły przebiegające równoleżnikowo drogi polne. Północna droga w początkowej części przebiega wzdłuż południowej granicy cmentarza w Brzezinach Śląskich. Długość linii badawczej wynosi 220 m. Zgodnie z danymi z archiwalnych map górniczych uskok *brzeziński* powinien przecinać prawie prostopadle linię badawczą ok. 100 – 110 mb. Wyznaczenie ponaddwumetrowej długości linii miało zapewnić uchwycenie całej strefy dyslokacyjnej (przyjmując, iż szerokość strefy uskoku może zmieniać się w zakresie od 30 do 65m), nawet jeśli faktycznie uskok przebiega w innym, odsuniętym nawet o kilkanaście czy kilkadziesiąt metrów miejscu niż miejsce wyznaczone w terenie. Długości profili ulegały zmianie w zależności od odległości pomiędzy cewkami nadawczą i odbiorczą. Profil dla rozstawu HD40/VD40 ma długość 180 m (od 20 do 200 mb linii badawczej). Profil dla rozstawu HD20/VD20 – 200 m od 10 do 210 mb linii i dla rozstawu HD10/VD10 – 215 m od 5 do 215 mb linii badawczej.



Rys. 5. Odpowiedź dla metody przewodności gruntu (przewodność pozorna,  $\sigma_a$ ) ponad przewodzącą dawką. Zasięg głębokości zmienia się z orientacją cewek [3]

Fig. 5. Response of ground conductivity method (apparent conductivity,  $\sigma_a$ ) over conductive dike. The depth penetration along with coil orientation (McNeill 1997)



Rys. 6. Szczegółowa lokalizacja linii badawczej z zaznaczonym archiwalnym przebiegiem uskoku brzezińskiego

Fig. 6. Location map of EM profile with the course of Brzezinski fault

Przed wykonaniem zasadniczych pomiarów konduktometrycznych przeprowadzono kalibrację aparatury w terenie. Pomiary wykonywano kolejno dla każdego rozstawu anten i ułożenia dipoli tj. HD10, VD10, HD20, VD20, HD40 i VD40. Pozwoliło to na uzyskanie danych z 4 poziomów głębokościowych: 7,5 m (HD10), 15 m (VD10 i HD20), 30 m (VD20 i HD40) oraz 60 m (VD40). Pomiary wykonano w sposób dynamiczny, tj. poprzez ciągle przejście wzdłuż profilu przy zadanym czasowym próbkowaniu sygnału na poziomie 7 ms. Pozwoliło to na pokrycie profilu na poziomie 4 odczytów na mb profilu (średnio odczyt co 25 cm). Pomiary terenowe przeprowadzone zostały we wrześniu 2012 r.

W wyniku pomiarów metodą konduktometryczną z wykorzystaniem konduktometru EM 34 – 3 XL uzyskuje się rozkład konduktywności (w mS/m) utworów geologicznych, będący wartością uśrednioną od powierzchni do głębokości penetracji sygnału elektromagnetycznego. Do aparatury dołączony jest geodezyjny odbiornik GPS firmy Trimble o dużej dokładności. Umożliwia to jednoczesny z pomiarem konduktywności pomiar położenia punktu i automatyczny zapis w polowym komputerze sterującym (rejestrator Allegro CX). Wyniki pomiaru w postaci krzywej zmian konduktywności wyświetlane są na bieżąco na ekranie rejestratora Allegro CX. Umożliwia to dokładną lokalizację miejsc niejednorodności ośrodków geologicznych w czasie pomiaru (rzeczywistym).

#### 4. Analiza wyników badań

Uzyskane wyniki przeniesiono w postaci pliku z rejestratora danych Allegro CX do komputera i poddano przetwarzaniu. W efekcie wykonanych prac uzyskano zbiór danych w postaci krzywych zmian względnej przewodności elektrycznej wzdłuż profilu pomiarowego dla każdego z zastosowanych rozstawów anten i ułożeń dipola.

Krzywe z pomiarów przy poziomym ustawieniu dipola anten (HD) dostarczają ogólnej informacji o zmianach przewodności elektrycznej ośrodka (rys. 7). Krzywe dla wszystkich

trzech rozstawów tj. 10, 20 i 40 m mają podobny przebieg, pozwalający podzielić badany ośrodek na trzy strefy. W części południowej, od 0 do ok. 75 mb (strefa południowa) linii badawczej, rejestrowane wartości przewodności w zależności od rozstawu zawierają się w przedziale od 35 do 50 mS/m. Od 75 mb następuje stopniowe obniżanie rejestrowanych wartości przewodności, które od ok. 160 mb profilu stabilizują się na poziomie 8 (HD10) – 17 mS/m (HD40).

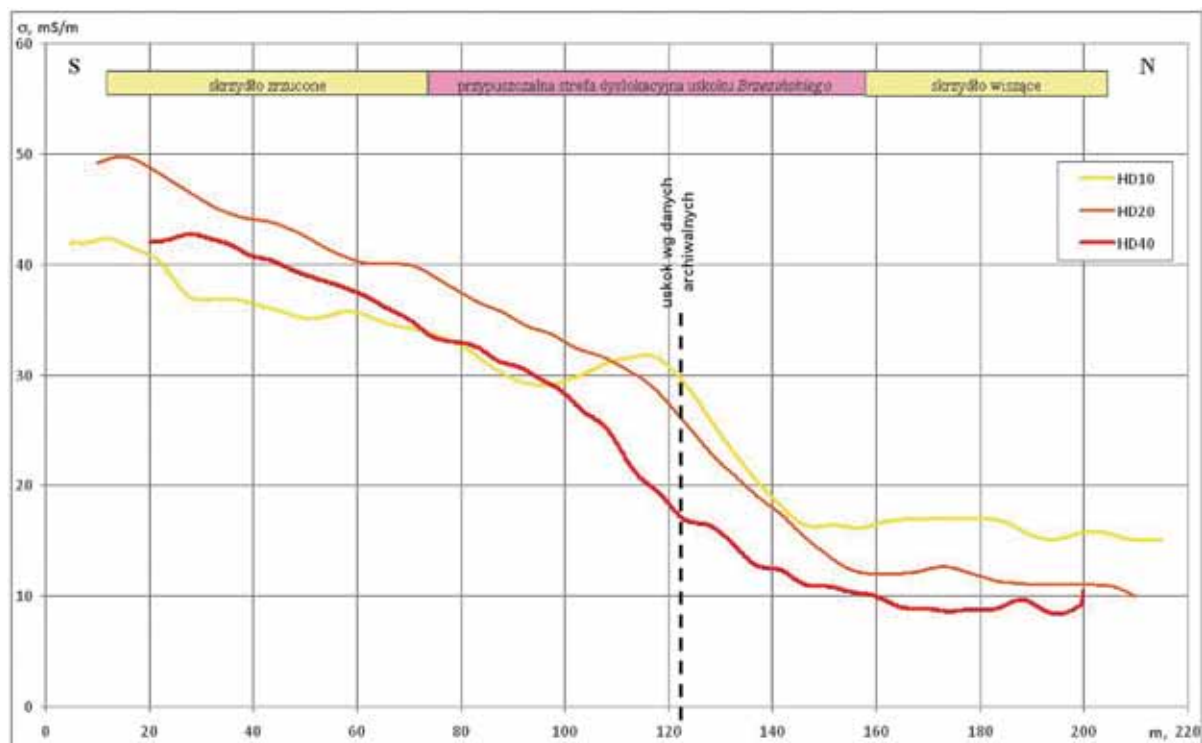
Przy rozstawie HD10 głębokość penetracji podłoża wynosi ok. 7,5 m. Krzywa ta ilustruje budowę utworów czwartorzędowych, których miąższość w rejonie badań wynosi nieco powyżej 10 m. Obserwowana różnica poziomu rejestrowanej przewodności pomiędzy strefą północną a południową może wynikać z faktu, iż w części północnej prowadzona była eksploatacja pokładów węgla, natomiast w części południowej takiej eksploatacji nie było. Towarzyszące głębokiej eksploatacji złóż węgla odkształcenia górotworu doprowadziły do silnej defragmentacji utworów zalegających wyżej, co powoduje rejestrowanie niższych wartości przewodności elektrycznej (wyższych oporów) w części północnej. Rozstawy HD20 (do ok. 15 m p.p.t) i HD40 (do ok. 30 m p.p.t) zasięgiem penetracji obejmują również utwory trzeciorzędowe. Przebieg tych krzywych, poza zmianą opisaną przy krzywej HD10, w strefie północnej i południowej wskazują, że w głębszych partiach górotworu występują utwory o różnych parametrach przewodności. W części południowej skały trzeciorzędowe budujące podłoże powodują podniesienie przewodności elektrycznej względem wartości rejestrowanych dla rozstawu HD10, natomiast w części północnej powodują obniżenie rejestrowanych przewodności poniżej wartości rejestrowanych dla HD10. Świadczy to o zmianie parametrów elektrycznych w skałach trzeciorzędowych wzdłuż linii badawczej, a przez to może sugerować obecność uskoku w podłożu. Granice strefy południowej i północnej wyznaczają zatem obszar od ok. 75 do 160 mb linii pomiarowej (o szerokości ok. 85 m), w którym następująca zmiana przewodności elektrycznej podłoża jest efektem nałożenia czynników związanych z rozluźnieniem górotworu na krawędzi dokonanej eks-

ploatacji górniczej oraz z obecnością w tym miejscu strefy uskokuwej *uskoku brzezińskiego*.

Uszczegółowienie informacji o strefie uskoku *brzezińskiego* stanowią dane z pomiarów przeprowadzonych przy pionowym (VD) ułożeniu dipola (rys. 8). Tak jak przy poziomym ułożeniu dipola anten (HD) na krzywych uzyskanych przy

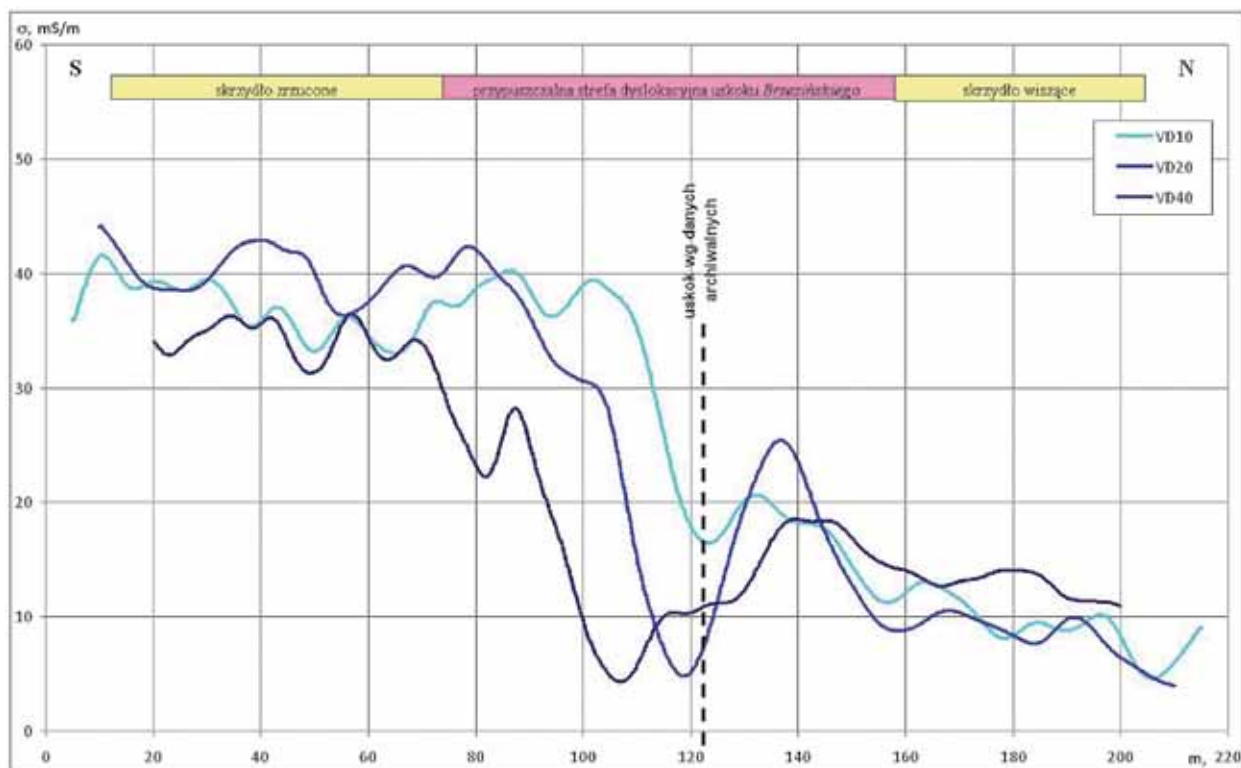
pionowym dipolu anten (VD) utworzy w strefie południowej (skrzydło zrzucone) charakterystyczną wyższą przewodność niż w strefie północnej (skrzydło zawieszane) – objętej eksploatacją podkładów węgla.

W obrębie określonej na podstawie pomiarów przy poziomym ułożeniu dipola (HD) przypuszczalnej strefy uskoku



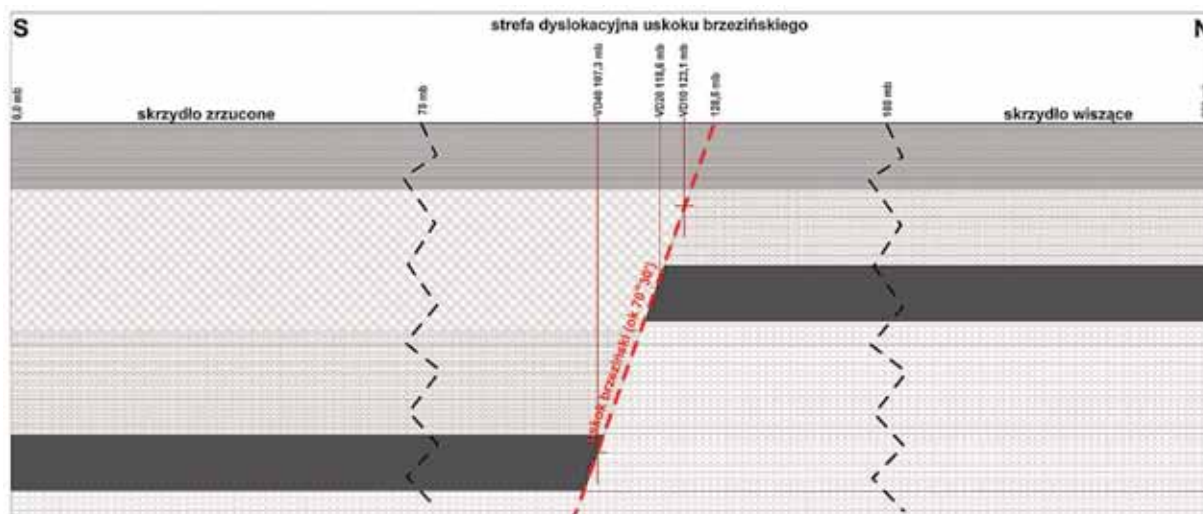
Rys. 7. Wyniki pomiarów konduktometrycznych dla poziomego (HD) ułożenia dipola anten

Fig. 7. Results of conductivity measurements in horizontal dipole mode (HD)



Rys. 8. Wyniki pomiarów konduktometrycznych dla pionowej orientacji dipoli anten (VD)

Fig. 8. Results of conductivity measurements in vertical dipole mode (VD)



Rys. 9. Wizualizacja głównej płaszczyzny uskoku *brzezińskiego* na podstawie wyników pomiarów konduktometrycznych

Fig. 9. Visualization of the Brzeziński fault main plane obtained from conductivity measurements

*brzezińskiego* na każdej krzywej dla pionowego ułożenia dipola (VD) obserwowane są spadki rejestrowanych wartości przewodności elektrycznej, szczególnie dobrze widoczne na krzywej dla rozstawu VD20. Obserwowane tutaj obniżenie rejestrowanych wartości przewodności ma charakter zbliżony do przedstawionego w modelu McNeilla (rys. 5) rozkładu rejestrowanej przewodności elektrycznej ponad stromo zapadającą, relatywnie słaboprzewodzącą strukturą geologiczną. Dlatego można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, iż punkt minimum zarejestrowanej anomalii odpowiada osi struktury powodującej zmianę parametrów elektrycznych pomiędzy południową i północną częścią linii badawczej, a więc głównej płaszczyźnie uskoku *brzezińskiego*.

Dla każdego z rozstawów inne jest położenie miejsca o najniższej amplitudzie rejestrowanego sygnału. Dla rozstawu VD10 minimum amplitudy sygnału przypada na 123,1 mb linii badawczej i pokrywa się z przeniesioną z archiwalnych map górniczych lokalizacją uskoku. Na kolejnych krzywych minimum przesuwa się w kierunku południowym – w stronę skrzydła zrzuconego – zgodnie z kierunkiem zapadania płaszczyzny uskoku podanym na mapach. Położenie tych punktów może stanowić podstawę do oszacowania kąta zapadania uskoku *brzezińskiego* w utworach triasowych. Dla rozstawu VD20 jest to 118,6 mb linii badawczej, a dla VD40 to 107,3 mb. Odnosząc miejsca rejestracji minimalnych amplitud sygnału do głębokości penetracji każdego z rozstawów cewek uzyskuje się obraz położenia trzech punktów w dwuwymiarowej przestrzeni (rys. 9).

Połączenie tych trzech punktów wyznacza prostą o nachyleniu wynoszącym  $70^{\circ}30'$ . Z danych górniczych wiadomo, iż uskoki *brzeziński* charakteryzuje się kątem upadu płaszczyzny w zakresie od ok.  $70^{\circ}$  do ok.  $85^{\circ}$ . Uzyskaną linię można zatem zidentyfikować z główną płaszczyzną uskoku *brzezińskiego*.

## 5. Podsumowanie

Zastosowanie metody konduktometrycznej w wariancie wielopozycyjnych profilowań z zastosowaniem zmiennej ustawienia dipola anten (HD i VD) dostarczyło danych o budowie górotworu na linii badawczej w rejonie uskoku *brzezińskiego*.

Wyniki pomiarów wykonanych przy poziomej orientacji dipola anten (HD) pozwoliły na określenie przybliżonych gra-

nic przeobrażenia skał związanego z rozluźnieniem górotworu na krawędzi dokonanej eksploatacji górniczej oraz wskazują na prawdopodobną obecność w tym miejscu strefy uskokowej. Natomiast pomiary przy pionowej orientacji dipol anten (VD) uszczegółowiły informację o strefie uskoku *brzezińskiego*. Na uzyskanych krzywych pomiarowych możliwe jest oznaczenie miejsc najprawdopodobniej związanych z główną płaszczyzną uskoku. Na tej podstawie określono kierunek zapadania i nachylenie płaszczyzny uskokowej uskoku *brzezińskiego* w przypowierzchniowej warstwie górotworu.

W świetle uzyskanych wyników celowe wydaje się prowadzenie dalszych prac nad geofizycznym obrazowaniem stref uskokowych w różnych warunkach geologicznych i górniczych.

Niniejsza praca została zrealizowana w ramach działalności statutowej Głównego Instytutu Górniczego.

## Literatura

1. Anst L., Kraatz L.: Karte des Oberschlesischen Erzbergbaues, arkusze nr 21A i arkusze nr 22A Dąbrówka Wielka Bytom. Skala 1:10 000. Wyższy Urząd Górniczy, Wrocław 1912.
2. Biernat S.: Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusze M34 – 50D Bytom. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1954.
3. McNeill J.D.: The Application of Electromagnetic Techniques to Environmental Geophysics Surveys in "Ground Conductivity Meters for Environmental Site Evaluation". Geonics Limited, Mississauga, Ontario. Technical manual, 1997, p. 1 – 8.
4. Parasnis D.S.: Principles of Applied Geophysics. Chapman and Hall, London, New York 1986, p. 182 – 248.
5. Sharma P.V.: Environmental and Engineering Geophysics. Cambridge University Press 1997, p. 265 – 296.
6. Materiały archiwalne Laboratorium GIG:
  - A. Materiały z dokumentacji geologicznej złoża węgla kamiennego kopalni Siemianowice dotyczące obszaru górniczego ZG Rozalia (niekompletne): Mapa miąższości utworów czwartorzędowych w skali 1:5000, mapa stropu karbonu w skali 1:5000, mapy eksploatacji pokładów 412, 414, 419, 501, 506, 510, 615, 805 i 816 w skali 1:5000.
  - B. Materiały z dokumentacji geologicznej złoża rud cynku i ołowiu w obrębie ZGH Orzeł Biały (niekompletne): Mapa wyrobisk górniczych w skali 1: 5000 i 1:10 000.